

PL
632
ANTONIO LISBOA DE SOUZA FILHO

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE
APLICAÇÃO DE ÁGUA NUM SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

Monografia apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Mossoró para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

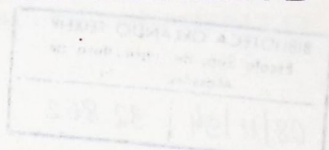
MOSSORÓ

R.G. DO NORTE - BRASIL

AGOSTO 1994

ANTONIO LISBOA DE SOUZA FILHO

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE
APLICAÇÃO DE ÁGUA NUM SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO



Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

Monografia apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Mossoró para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

631.584
5719a

MOSSORÓ

R.G. DO NORTE - BRASIL

AGOSTO 1974

ANTONIO LISBOA DE SOUZA FILHO

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE
APLICAÇÃO DE ÁGUA NUM SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

Monografia apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Mossoró para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM: 12 / 08 / 1994

S. Espinola
Fco. das Chagas da S. Espinola

Profº - ESAM

Membro

Rob. Filho
Francisco de Q. Porto Filho

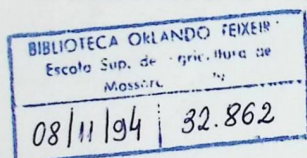
Profº - ESAM

Membro

Francisco das Chagas Nogueira
Francisco das Chagas Nogueira

Profº - ESAM

Orientador



Nº 19127

Ficha catalográfica preparada pelo setor de catalogação e classificação da Biblioteca "Orlando Teixeira" da ESAM.

S719a Souza Filho, Antonio Lisboa de
Avaliação da eficiência de aplicação de água num sistema de irrigação por gotejamento. / Antonio Lisboa de Souza Filho. - Mossoró, RN: ESAM, 1994.

46p.

1. Sistema de irrigação - Gotejamento
2. Sistema de irrigação - Eficiência de aplicação de água.
- I. Título.

CDD: 627.52

Aos
meus pais, Toinho e Irani, por
proporcionarem, esse momento máximo em
minha vida.

As
irmãs, Cláudia, Cleide e Idelania,
irmão Edivanio, sobrinhos João
Eduardo e Micael, sobrinhas Josiane e
Micaela, namorada Carminha e cunhado
Sales, pelo apoio, amizade e carinho que
me transmitem.

A
CASA DO ESTUDANTE DE MOSSORO, pelo
amparo e lição na minha vida estudantil.

Aos
colegas de residência, Severino,
Valdenor, Manoel Antonio, Medeiros e
Antonio Albuquerque, pelo companheirismo
e incentivo.

A
Todos aqueles que lutam por uma
sociedade justa, igualitária e
democrática.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela razão da existência e sua presença em todos os momentos da minha vida.

Ao Professor Francisco das Chagas Nogueira, pela amizade e orientação prestada durante este trabalho.

Aos professores Francisco das Chagas da Silva Espínola e Francisco de Queiroz Porto Filho, pela colaboração na elaboração e correção deste trabalho.

Ao professor Everaldo Bernadino de Souza, pelas ilustrações.

Aos professores Francisco Ernesto Sobrinho, Francisco Xavier de Oliveira Filho e Francisco Praxedes de Aquino, pelo auxílio na interpretação de dados e na confecção do presente trabalho.

A equipe técnica administrativa da Fazenda VIVA AGROINDUSTRIAL, pela oportunidade da realização dos testes de campo.

Aos Funcionários do Departamento de Engenharia agrícola pela amizade e colaboração.

A Todos que finalmente de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS

DADOS BIOGRAFICOS DO AUTOR

Antonio Lisboa de Souza Filho, filho de Antonio Lisboa de Souza e Francisca Irani de Freitas Souza, nasceu em Portalegre-RN, aos 8 de outubro de 1970.

Concluiu o 1º grau na Escola Estadual 29 de Março em Portalegre-RN, e o 2º grau no Centro de Educação Integrada Professor Eliseu Viana, em Mossoró-RN.

Ingressou no curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, em março de 1989.

Foi bolsista de iniciação científica do CNPq durante o período de um ano.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Uniformidade de distribuição de água	03
2.2. Fatores que afetam a uniformidade de distribuição	05
2.3. Avaliação da uniformidade de aplicação de água	06
2.4. Equações utilizadas para avaliar os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta	08
2.4.1. Equações utilizadas durante a elaboração de projetos	08
a - Coeficiente de uniformidade	08
b - Coeficiente de uniformidade absoluta.	09
2.4.2. Equações para projetos já instalados.....	09
a - Coeficiente de uniformidade	10
b - Coeficiente de uniformidade absoluta.	10
2.5. Análise dos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta.....	11

2.6. Eficiência	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Localização do experimento	16
3.2. Método de irrigação	18
3.3. Procedimento para realização dos testes	18
3.3.1. Seleção das unidades operacionais	18
3.3.2. Seleção das subunidades de irrigação	19
3.3.3. Seleção dos emissores	19
3.4. Determinações realizadas durante os testes	19
3.4.1. Pressões	19
3.4.2. Vazões	21
3.4.3. Textura do solo	22
3.4.4. Avaliação da uniformidade de distribuição de água	23
3.4.5. Eficiência de aplicação	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	
4.1. Pressões	24
4.2. Vazões	27
4.3. Coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta	33
4.4. Eficiência	35
5. CONCLUSÕES.....	37
6. RESUMO.....	39
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
APENDICE	45

INTRODUÇÃO

A irrigação é uma prática milenar de aplicar água ao solo para fornecer a umidade ideal ao desenvolvimento das culturas. A aplicação de água ao solo pode ser realizada através de vários métodos, a irrigação localizada é um deles. O grande interesse atual pelo método da irrigação localizada, foi despertado, principalmente, pelos resultados de economia de água, aliados a um substancial aumento na produção das culturas (OLITTA, 1984). Este método consiste na aplicação de pequenas quantidades de água, na fração do volume do solo explorada pelas raízes das plantas, com grande frequência, de maneira a manter os níveis de umidade exigidos pelas mesmas.

Dentre as vantagens da irrigação localizada destaca-se o eficiente uso da água, em razão da baixa quantidade perdida por percolação profunda e evaporada da superfície do solo (DENICULI et al., 1980). A sua principal desvantagem é o entupimento dos gotejadores com partículas minerais e/ou orgânicas, precipitação de sais e/ou sedimentação de partículas de argila e silte, não retidas pela filtragem. A obstrução dos emissores, diminui a uniformidade com que a água é distribuída no campo, afetando

o rendimento da cultura. Esta uniformidade é avaliada, através dos coeficientes de uniformidade (CU) e uniformidade absoluta (CUa), que dependem exclusivamente da vazão nos emissores, o que permitirá a obtenção de dados indispensáveis para a operação e o manejo adequado do sistema de irrigação.

A eficiência de aplicação, é um parâmetro de fundamental importância para o manejo correto da irrigação, portanto a sua determinação torna-se indispensável quando se pretende administrar racionalmente a água de irrigação.

Este trabalho tem como objetivo principal, avaliar a eficiência de aplicação da água no campo, num sistema de irrigação por gotejamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Uniformidade de aplicação de água

O método de irrigação localizada, caracteriza-se, basicamente, pela aplicação de água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes das plantas, de forma pontual ou contínua, geralmente com distribuição pressurizada, através de pequenas vazões e curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura (PINTO et al. 1988).

Na irrigação localizada, a aplicação de água é feita por meio de dispositivos especiais denominados emissores, que são peças conectadas às linhas laterais, capazes de dissipar a pressão disponível na linha lateral e aplicar vazões pequenas e constantes (OLITTA, 1984). A variação da vazão dos emissores está relacionada com a uniformidade de aplicação de água ao longo da linha lateral.

A uniformidade de distribuição de água na irrigação é um aspecto técnico de grande importância, pois incide tanto na produtividade das culturas irrigadas como no aproveitamento da água, que sendo recalçada a grandes alturas, exige consumo maior de energia e consequentemente, maiores custos (SOLOMON, 1978).

SAN JUAN (1981) relata que com uniformidade baixa, haverão diferenças consideráveis entre a água fornecida às plantas, e portanto, o cultivo não será homogêneo e o rendimento diminuirá. Para solução do problema é sugerido o aumento da dose de água de irrigação, de forma que as plantas em condições menos favoráveis recebam a água que precisam, isto trará como consequência, um excedente de água com relação às suas necessidades, que se perderá. Esta medida pode diminuir também os rendimentos por excesso de água em alguns casos, e sempre exigirá maiores quantidades de água e portanto um super-dimensionamento do sistema e maiores necessidades de energia e fertilizantes, elevando os custos de produção.

Outro meio que permite melhorar esta uniformidade, proposto por VERMEIREN e JOBLING (1986), é o uso de emissores com diferentes vazões no sistema, mas esta possibilidade requer normas de fabricação, instalação e de manutenção dos emissores, consideradas em geral pouco práticas.

A uniformidade de aplicação da água, é um fator de fundamental importância para o manejo correto da irrigação, para fornecer a água demandada pelas plantas cultivadas. Portanto deve ser mantida em níveis consideráveis, que são facilmente obtidos na irrigação localizada, quando bem dimensionada e manejada.

2.2. Fatores que afetam a uniformidade de distribuição

Teoricamente é preciso que a distribuição de água realizada pelo sistema, seja totalmente uniforme, ou melhor, cada emissor deve proporcionar exatamente a quantidade de água para a qual foi fabricado, apesar das variações inevitáveis de pressão na tubulação. Mas na prática, as vazões dos emissores são muito variáveis, o que diminui a uniformidade de aplicação de água às plantas (VERMEIREN e JOBLING, 1986).

A uniformidade de aplicação de água ao longo da linha lateral, na irrigação localizada, está intimamente relacionada com a diversificação da vazão dos emissores, que segundo Howell e Hiller, citados por PINTO et al. (1988), esta variação é devido às perdas de energia da água por atrito ao longo da tubulação e nas inserções dos emissores; ganhos ou perdas de energia de posição; qualidade da matéria prima e dos processos de fabricação dos emissores; obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor.

Para Wu e Gitlin, citados por SOUSA e AGUIAR NETO (1992), a variação da vazão dos emissores é uma função do comprimento da linha lateral, pressão de entrada, espaçamento dos emissores e da razão do fluxo total.

Segundo ABREU et al. (1989), a uniformidade de aplicação de água na irrigação localizada, dependerá das diferenças de pressão na tubulação, causadas pelas perdas de

carga e a topografia do terreno; falta de uniformidade na fabricação dos emissores; variação das características do emissor com seu uso e possíveis obstruções ou envelhecimento; variação da temperatura da água; e da variação de fabricação dos reguladores de pressão, quando existem. KELLER e KARMELI (1975), acrescentam outros fatores que são: eficiência de filtração; variação de pressão permitida; pressão usada no cabeçal de controle; pressão de serviço do sistema e, tratamento para dissolver mineral em depósito na tubulação e/ou emissores.

2.3. Avaliação da uniformidade de aplicação de água

Os sistemas de irrigação localizada, com suas características inerentes, segundo SOUSA et al. (1992), devem ser avaliados tanto na uniformidade de aplicação, quanto na distribuição de água no solo, para verificar seus efeitos nas perdas por percolação profunda e no volume do solo explorado pelo sistema radicular das culturas.

A uniformidade de aplicação de água, é um fator de fundamental importância para o manejo correto da irrigação, e depende da variação da vazão dos emissores do sistema, portanto a sua determinação, através dos coeficientes de uniformidade (CU) e uniformidade absoluta (CUa), torna-se indispensável quando se pretende administrar racionalmente a água de irrigação.

o manejo adequado da irrigação, que segundo OLIVEIRA et al. (1988), é um fator fundamental para o seu funcionamento em níveis econômicos.

2.4. Equações utilizadas para avaliar os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta

2.4.1. Equações utilizadas durante a elaboração de projetos

a. Coeficiente de uniformidade

KELLER e KARMELI (1975), sugeriram para determinar o coeficiente de uniformidade, em projetos a serem implantados, a equação (1), também citada por WALKER (1979), SAN JUAN (1981), VERMEIREN e JOBLING (1986), PINTO et al. (1988), ABREU et al. (1989) e SOUSA e AGUIAR NETO (1992).

$$CU = 100 (1 - 1,27 \cdot CVF/\sqrt{e}) \cdot Q_{\min}/Q_{\text{med}} \quad (1)$$

Onde:

CU= Coeficiente de uniformidade (%);

CVF= Coeficiente de variação do fabricante (décimos);

e= Número de emissores por planta;

$Q_{\min}$ = Vazão do emissor submetido a menor pressão (l/h);

Q_{med} = Vazão do emissor submetido a pressão média (l/h).

Segundo SAN JUAN (1981), esta equação apresenta dois fatores importantes: o primeiro refere-se a relação

entre as vazões mínima e média, que reflete a dose mínima da água por planta; e o segundo fator está relacionado com a confecção do emissor, através do coeficiente de variação do fabricante.

b. Coeficiente de uniformidade absoluta

KELLER e KARMEI (1975), recomendam, para determinar o coeficiente de uniformidade absoluta, em projetos a serem implantados, a equação (2), também citada por WALKER (1979), SAN JUAN (1981), VERMEIREN e JOBLING (1986), PINTO et al. (1988) e ABREU et al. (1989).

$$CU_a = 100(1 - 1,27 \cdot CVF / \sqrt{e})^{1/2} (Q_{min} / Q_{med} + Q_{med} / Q_{max}) \quad (2)$$

Onde:

CU_a = Coeficiente de uniformidade absoluta (%);

CVF = Coeficiente de variação do fabricante (décimos);

e = número de emissores por planta;

Q_{min} = Vazão do emissor submetido a menor pressão (l/h);

Q_{med} = Vazão do emissor submetido a pressão média (l/h);

Q_{max} = Vazão do emissor submetido a pressão máxima (l/h).

2.4.2. Equações para projetos já implantados

As equações empregadas para avaliar os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta, em projeto implantados, fornecem a uniformidade com que a água está sendo aplicada pelos emissores, no campo.

a. Coeficiente de uniformidade

KELLER e KARMELI (1975), propõem a equação (3), para estimar o coeficiente de uniformidade, em projetos já implantados, e citada por WALKER (1979), OLLITA (1984), VERMEIREN e JOBLING (1986) e BERNARDO (1989).

$$CU = (Q_{\min}/Q_{\text{med}}) 100 \quad (3)$$

Onde:

CU= Coeficiente de uniformidade (%);

$Q_{\min}$ = Vazão média dos 25% (1/4) menores valores coletados (l/h);

Q_{med} = Média de todas as vazões coletadas (l/h).

b. Coeficiente de uniformidade absoluta

A equação (4), surgida por KELLER e KARMELI(1975), é citada por WALKER (1979), VERMEIREN e JOBLING (1986) e PINTO et al. (1988), para determinar o coeficiente de uniformidade absoluta, em projetos já implantados.

$$CUa = (Q_{\min}/Q_{\text{med}} + Q_{\text{med}}/Q_{\max}) 100/2 \quad (4)$$

Onde:

CUa= coeficiente de uniformidade absoluta (%);

$Q_{\min}$ = Vazão média dos 25% (1/4) menores valores coletados (l/h);

Q_{med} = Média de todas as vazões coletadas (l/h);

$Q_{\max}$ = Vazão média dos 12,5% (1/8) maiores valores coletados (l/h).

2.5. Análise dos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta

Na avaliação de um sistema de irrigação localizado a ser implantado, para obter uma vazão satisfatória em todas as plantas cultivadas, SAN JUAN (1981), recomenda que o coeficiente de uniformidade deve ficar compreendido entre 90 e 94%. Para WALKER (1979) e VERMEIREN e JOBLING (1986), os valores devem ser iguais ou superiores a 94%. Por outro lado KELLER e KARMELI (1975), ressaltam que não se pode considerar projetos com valores do coeficiente de uniformidade absoluta inferior a 90%.

Segundo VERMEIREN e JOBLING (1986), os valores do coeficiente de uniformidade determinados em campo, devem ficar entre 85 e 95%. Para SAN JUAN (1981) quando os valores dos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta forem inferior a 90 e 92%, respectivamente, deve-se indentificar as causas desta baixa uniformidade e tratar de solucioná-las.

SOUZA (1994) e GRANGEIRO (1994), encontraram valores médios de 90,24 e 90,50% para os coeficientes de uniformidade, e de 86,73 e 86,74% para os coeficientes de uniformidade absoluta, respectivamente, num sistema de irrigação por gotejamento, para a região de Mossoró-RN.

Hill e Keller, citados por ABREU et al. (1987), desenvolveram trabalhos para avaliar o coeficiente de uniformidade na irrigação localizada, considerando a resposta da cultura à aplicação de água; valor da colheita; custo da água, energia, mão-de-obra, fertilizantes e da instalação, em função da uniformidade da irrigação, e recomendam os valores para os coeficientes de uniformidade relacionados na Tabela 1, em função do espaçamento dos emissores e da topografia do terreno.

TABELA 1. Valores do coeficiente de uniformidade em função do emissor e da topografia do terreno.

TIPO DO EMISSOR	TOPOGRAFIA DO SOLO	CU PARA AS ZONAS ARIDAS
Emissor com espaçamento > de 4m em cultivo permanente	.Uniforme ($\leq$ 2% pendente)	90 à 95%
	.Terreno em pendente (>2%) ou ondulado.	85 à 90%
Emissor com espaçamento < 2.5m em cultivos permanentes ou semipermanentes.	.Uniforme	85 à 90%
	.Terreno em pendente ou ondulado	80 à 90%
Mangueiras de gotejamento em cultivos de hortaliças.	.Uniforme	80 à 90%
	.Pendentes ou ondulados	70 à 85%

Os limites mínimos do coeficiente de uniformidade, asseguram água suficiente para o desenvolvimento da cultura sem perdas significativas na sua produtividade.

2.6. Eficiência de aplicação

Nem toda a água aplicada à cultura é aproveitada pela mesma. Uma parte se perde na condução e outra no terreno por evaporação e percolação profunda, esta última como consequência da má distribuição da água pelo sistema de irrigação (SAN JUAN, 1981).

De acordo com a citação anterior, a irrigação localizada, apresenta alta eficiência de aplicação de água. Visto que o solo umedece em círculo em volta do ponto de emissão, e este círculo geralmente fica abaixo da folhagem da planta, portanto a evaporação é praticamente nula. Admitindo-se que não há escoamento superficial, as perdas de água ficam reduzidas, praticamente, as por percolação profunda.

Segundo KELLER e KARMELI (1975), a eficiência de irrigação é a porção da água total que se aplica no terreno, que é utilizada pela cultura. E ressaltam que esta eficiência, é obtida em função do produto entre a relação de transpiração e o coeficiente de uniformidade, equação (5).

$$Ea = RT \times Cu \quad (5)$$

Onde:

Ea= eficiência de aplicação de água na irrigação(%);

RT= relação de transpiração;

CU= coeficiente de uniformidade.

A Relação de Transpiração, é a relação entre a água transpirada e a água aplicada à planta (KELLER e KARMELI, 1975).

Para SAN JUAN (1981), a diferença entre a água aplicada e a transpirada, se deve fundamentalmente as perdas por percolação profunda, e ressalta que, a avaliação da relação de transpiração no campo é especialmente difícil, visto que dentro do bulbo úmido, as variações de tensão de umidade são muito reduzidas para poder detectar a percolação profunda, e afirma que os valores normais da relação de transpiração, estão compreendidos entre 0,8 e 0,9.

KELLER e KARMELI (1975), propuseram a Tabela 2, para determinação da relação de transpiração em função da profundidade do sistema radicular da cultura, e da classe textural do solo.

TABELA 2 - Relação de Transpiração.

PROFUNDIDADE DO SISTEMA RADICULAR (m)	TEXTURA DO SOLO			
	CASCALHO	ARENOSA	MÉDIA	FINA
< 0,75	0,91	0,91	0,95	1,00
0,75 à 1,50	0,91	0,95	1,00	1,00
> 1,50	0,95	1,00	1,00	1,00

Segundo VERMEIREN e JOBLING (1986), os padrões de infiltração no solo, dependem principalmente do equilíbrio entre as forças capilares e gravitacionais. Em solos de

textura fina (argilosos ou limoargilosos), as forças capilares são fortes e a gravidade pode ser quase desprezível, sendo a infiltração horizontal às vezes maior que a vertical. Já em solos arenosos profundos, as forças capilares são débeis e a gravidade tem uma influência mais marcante. A componente vertical do fluxo é maior e a componente horizontal mais reduzida, o que forma um bulbo maior no sentido vertical.

PINTO et al. (1988), recomendam que após a implantação do sistema de irrigação localizada, deve-se proceder à avaliação para verificar a uniformidade de distribuição de água e a eficiência da irrigação, procurando-se assim, corrigir falhas por ventura existentes, e adquirindo subsídios para desenvolvimento e aperfeiçoamento dos sistemas de irrigação localizada. BERNARDO (1987), recomenda que seja determinada a uniformidade do sistema a cada dois anos de funcionamento, enquanto SOUSA et al. (1993), aconselham a avaliação pelo menos duas vezes por ano, além de inspeções periódicas a fim de detectar problemas de obstrução.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Os testes de campo do presente trabalho, foram realizados em uma área de 160 ha, cultivada com melão (*Cucumis melo* L. hibr. Gold Mine), na fazenda Viva Agroindustrial Ltda., localizada no município de Mossoró-RN, à aproximadamente 45 Km do campus da Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, (Figura 1).

Mossoró está localizada na latitude 5° 11' S, longitude 37° 20' WGr e altitude de 18m. Segundo a classificação de Koeppen, o clima de Mossoró é do tipo BSWH', isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono. Na classificação climática de Thornthwait, o clima no local do experimento enquadra-se no tipo Dd'Aa', ou seja, semi-árido, megatérmico e com pequeno ou nenhum excesso de água durante o ano (CARMO FILHO et al., 1989).

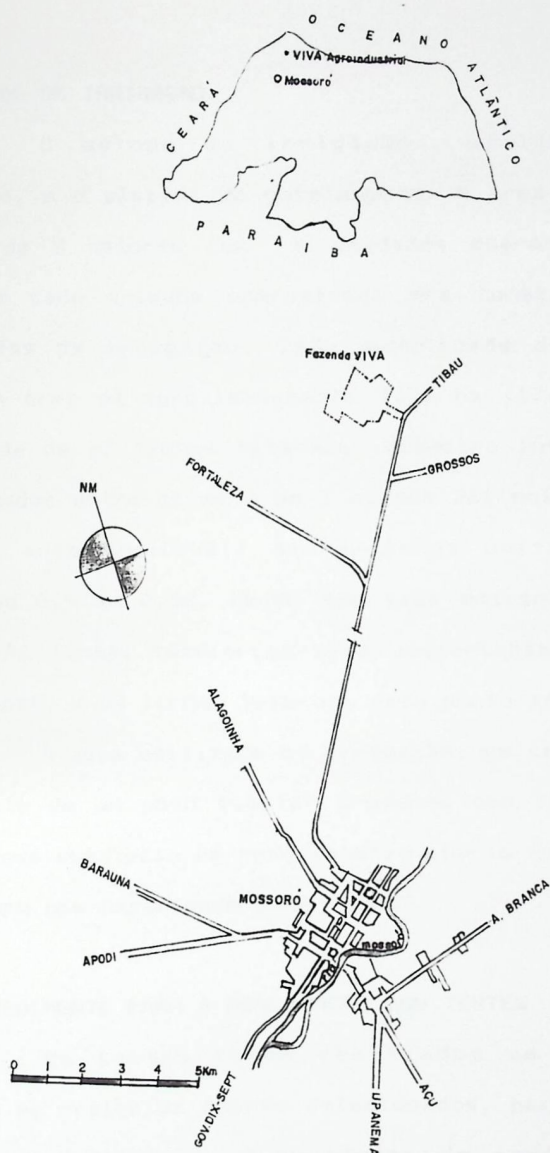


Figura 1 - Localização da Fazenda Viva Agroindustrial

3.2. MÉTODO DE IRRIGAÇÃO

O método de irrigação utilizado foi o localizado, e o sistema de gotejamento. A área irrigada era composta de 2 setores com 6 unidades operacionais cada. Sendo que cada unidade operacional era constituída por 6 subunidades de irrigação. Cada subunidade de irrigação tinha uma área de aproximadamente 2,26 ha (174 x 130 m) e constituída de 67 linhas laterais (diâmetro interno de 10,3 mm) espaçadas entre si de 2 em 2 m, com 261 emissores (Katif 2,3 l/h, auto-regulável) distanciados uniformemente na lateral de 0,5 em 0,5m, sendo que cada emissor abastecia 2 plantas. As linhas terciárias eram alimentadas por uma das extremidades, e as linhas laterais pelo ponto médio.

A água utilizada na irrigação, em cada setor, era proveniente de um poço tubular profundo com vazão média de $250\text{m}^3/\text{h}$, que abastecia um reservatório aberto revestido de polietileno com capacidade para 1200m^3 .

3.3. PROCEDIMENTO PARA A REALIZAÇÃO DOS TESTES

Os testes foram realizados em cada setor, obedecendo os critérios abaixo relacionados, para seleção das unidades operacionais, subunidades de irrigação e dos emissores.

3.3.1. SELEÇÃO DAS UNIDADES OPERACIONAIS

Foram selecionadas em cada setor as unidades

operacionais extremas (pontos mais desfavoráveis) e as medianas (pontos intermediários), de acordo com a topografia do terreno e dimensões do sistema de irrigação, (Figura 2).

3.3.2. SELEÇÃO DAS SUBUNIDADES DE IRRIGAÇÃO

As subunidades de irrigação selecionadas, foram as 6 que compõem cada unidade operacional escolhida.

3.3.3. SELEÇÃO DOS EMISSORES

A seleção dos emissores seguiu a metodologia proposta por KELLER e KARMELI (1975), que propõem:

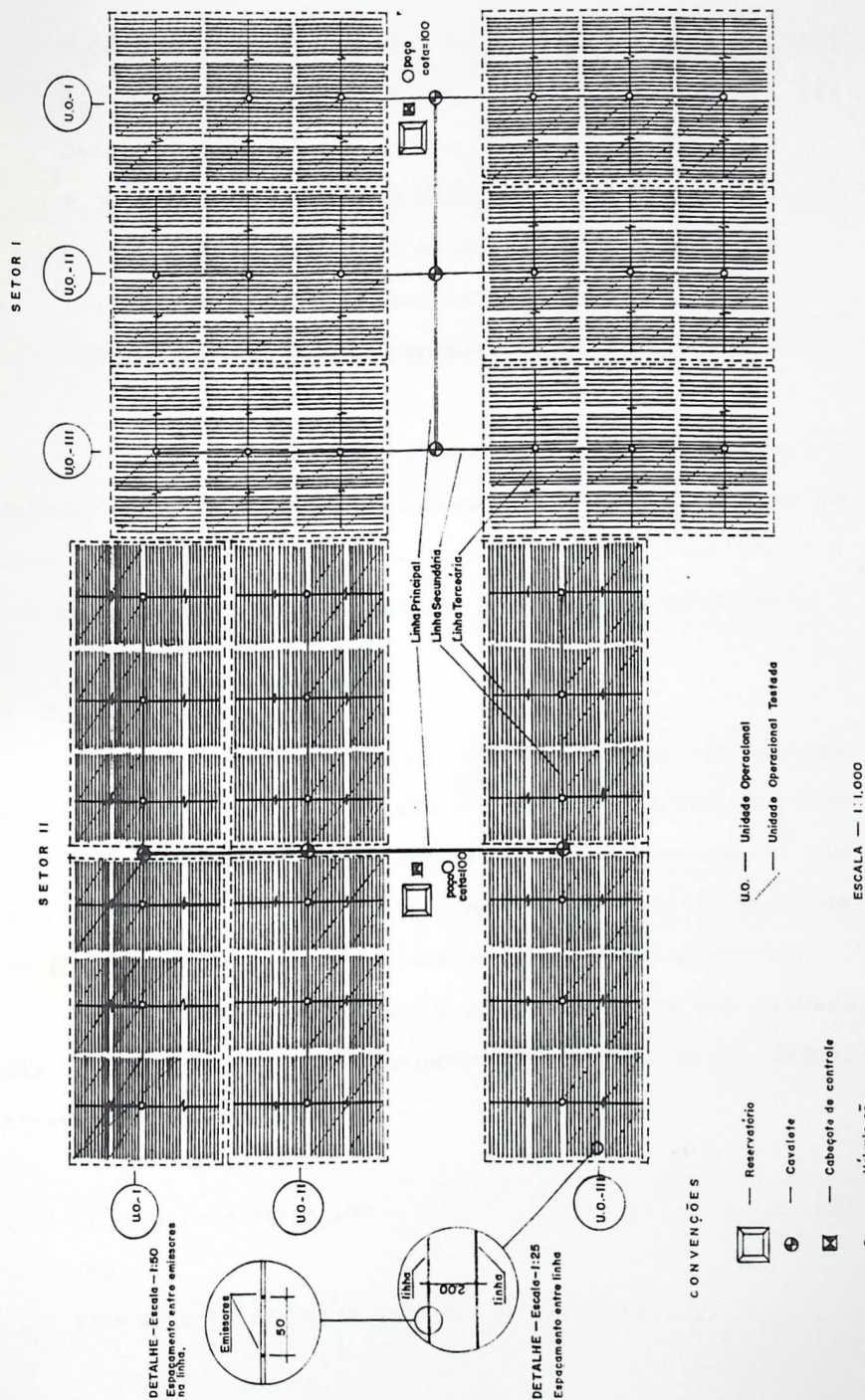
- 1- Na linha terciária, selecionar a primeira lateral, as laterais situadas a $1/3$ e $2/3$ do número de laterais, e a última;
- 2- Em cada lateral selecionada, efetuar as medições de vazão no primeiro emissor, nos emissores situados a $1/3$ e a $2/3$ do número de emissores na lateral, e no último emissor.

3.4. DETERMINAÇÕES REALIZADAS DURANTE OS TESTES

3.4.1. PRESSÕES

As pressões foram medidas com manômetros tipo Bourdon, com precisão de 0,01 MPa e previamente calibrados no laboratório de Hidráulica da Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, através das equações (6) e (7).

Figura -2 PROJEÇÃO ORTOGRÁFICA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO



$$P_1C = 0,982 P_{1lida} + 0,265 \quad (6)$$

$$P_2C = 1,042 P_{2lida} + 0,118 \quad (7)$$

Onde:

P_1C = Pressão corrigida no manômetro 1 (Kgf/cm²);

P_2C = Pressão corrigida no manômetro 2 (Kgf/cm²);

P_{1lida} = Pressão lida no manômetro 1 (Kgf/cm²);

P_{2lida} = Pressão lida no manômetro 2 (Kgf/cm²).

As leituras das pressões foram realizadas no cabeçal de controle após a filtragem da água; no início de cada subunidade de irrigação selecionada (válvula ram), e nos extremos de cada linha lateral escolhida na subunidade.

3.4.2. VAZÕES

As vazões foram obtidas nos emissores selecionados, através do método volumétrico direto com três repetições. Com o auxílio de uma proveta e um cronômetro, com precisões de 0,2 ml e 0,01 s, respectivamente. O tempo de medição foi fixado em 30 segundos para todos os emissores.

Para a estimativa do erro de medição das vazões, utilizou-se o procedimento sugerido por BAJPAI et al.(1980), através da equação (8).

$$Erq = [dv/v + dt/t] 100 \quad (8)$$

Onde:

Eqr = erro relativo de medição de vazão (%);

dv/v = erro relativo de medição do volume;

dt/t = erro relativo de medição do tempo.

3.4.3. TEXTURA DO SOLO

Foram coletadas amostras de solos compostas, em cada unidade operacional selecionada, de 20 em 20 cm, até uma profundidade de 80 cm, em 6 pontos, sendo 1 por subunidade de irrigação.

No Laboratório de Física do Solo da Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, foram determinadas as análises granulométricas do solo pelo método da pipeta, metodologia proposta pela EMBRAPA (1979), e sua classificação textural pelo triângulo equilátero, cujos resultados encontram-se na Tabela 1A. Estes resultados foram ajustados à Tabela 2, através da classificação textural proposta pela EMBRAPA (1988) Tabela 3. Os resultados desse ajuste encontram-se na Tabela 2A.

TABELA 3 - Classificação textural do solo proposta pela EMBRAPA (1988).

TEOR DE ARGILA (%)	TEXTURA DO SOLO
≥ 60	Muito argilosa
36 à 59	Argilosa
15 à 35	Média
< 15	Arenosa

3.4.4. AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE AGUA

Para análise e avaliação da uniformidade de distribuição de água pelos gotejadores, foram estimados os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta. A metodologia utilizada para avaliar estes coeficientes foi a proposta por KELLER e KARMELI (1975), para projetos já implantados, e as equações empregadas foram as (3) e (4), respectivamente.

3.4.5. EFICIENCIA DE APLICAÇÃO

A eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação, foi determinada pela metodologia proposta por KELLER e KARMELI (1975), utilizando a equação (5).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pressões

A Tabela 4, apresenta os valores médios das pressões, obtidos no início das subunidades de irrigação e nas extremidades das linhas laterais; a variação de pressão entre o cabeçal de controle e o início de cada subunidade de irrigação, para os dois setores.

No setor I, a pressão no início das subunidades de irrigação, alcançou valores compreendidos entre 0,175 e 0,428MPa, com uma média de 0,298MPa e coeficiente de variação de 27,66%, considerado alto (GOMES, 1987). Quanto as pressões nas extremidades das laterais, estas oscilaram de 0,027 à 0,302MPa, com valor médio de 0,143 e 0,145MPa, para a extremidades 1 e 2, respectivamente. Com respeito aos coeficientes de variação, segundo GOMES (1987), os valores encontrados são considerados muito altos, tendo em vista que estes variaram entre 75,31 e 71,89% para as extremidades 1 e 2, respectivamente.

TABELA 4 - Valores médios das pressões no início das subunidades de irrigação e nas extremidades das linhas laterais; variação da pressão e perda de carga entre o cabeçal de controle e o início de cada subunidade de irrigação.

UNIDADE OPERACIO	SUBUNID DE IRRIG	SETOR							
		I				II			
		PRESSÃO (MPa)				PRESSÃO (MPa)			
		VAR. DA PRES.				VAR. DA PRES.			
		INICIO DAS SUBUNID	EXTREMIDADE DA LATERAL	1	2 (MPa)	INICIO DAS SUBUNID	EXTREMIDADE DA LATERAL	1	2 (MPa)
I	1	0,343	0,221	0,234	0,149	0,238	0,110	0,097	0,275
	2	0,328	0,155	0,177	0,149	0,243	0,120	0,102	0,286
	3	0,343	0,206	0,218	0,128	0,165	0,027	0,033	0,275
	4	0,312	0,089	0,091	0,128	0,249	0,107	0,112	0,275
	5	0,359	0,233	0,243	0,170	0,217	0,085	0,101	0,286
	6	0,349	0,208	0,224	0,170	0,175	0,027	0,027	0,275
MÉDIA I		0,339	0,185	0,198	0,149	0,215	0,079	0,079	0,279
II	1	0,186	0,027	0,027	0,096	0,312	0,149	0,164	0,128
	2	0,375	0,256	0,239	0,096	0,328	0,195	0,211	0,107
	3	0,359	0,284	0,284	0,075	0,343	0,184	0,215	0,117
	4	0,428	0,302	0,302	0,149	0,338	0,218	0,226	0,107
	5	0,291	0,144	0,171	0,159	0,322	0,208	0,245	0,191
	6	0,412	0,283	0,219	0,159	0,333	0,240	0,204	0,138
MÉDIA II		0,342	0,216	0,207	0,122	0,329	0,199	0,211	0,131
III	1	0,175	0,027	0,027	0,191	0,296	0,199	0,214	0,149
	2	0,191	0,027	0,027	0,159	0,301	0,224	0,216	0,170
	3	0,291	0,027	0,040	0,170	0,333	0,214	0,193	0,138
	4	0,196	0,027	0,035	0,180	0,217	0,070	0,060	0,138
	5	0,217	0,027	0,027	0,170	0,175	0,057	0,038	0,159
	6	0,207	0,027	0,027	0,180	0,228	0,059	0,045	0,159
MÉDIA III		0,213	0,027	0,031	0,175	0,258	0,137	0,128	0,152
MÉDIA GER		0,298	0,143	0,145	0,149	0,267	0,138	0,139	0,187
CV (%)		27,66	75,31	71,89	21,67	23,32	52,98	56,12	37,20

A variação de pressão entre o cabeçal de controle e o início de cada subunidade de irrigação, atingiu valores entre 0,075 e 0,191MPa, com média de 0,149MPa, enquanto que o coeficiente de variação, apresentou um valor de 21,67%, que segundo GOMES (1987), é considerado alto.

Para o setor II, obteve-se pressões no início de cada subunidade de irrigação variando de 0,165 à 0,343MPa, com valor médio de 0,267MPa, e coeficiente de variação de 23,32% julgado alto (GOMES, 1987). As pressões nas extremidades das linhas laterais variaram de 0,027 à 0,240MPa, com média de 0,138MPa, para a extremidade 1 e de 0,027 à 0,245MPa, com média de 0,139MPa, na extremidade 2, os coeficientes de variação oscilaram de 52,98 à 56,12% para as extremidades 1 e 2, respectivamente, considerados muito altos.

Quanto a variação de pressão entre o cabeçal de controle e o início de cada subunidade de irrigação, alcançou valores entre 0,107 e 0,286MPa, com média de 0,187MPa e coeficiente de variação de 37,20%, classificado por GOMES (1987) como muito alto.

Os resultados vêm mostrar o não controle eficiente das pressões no momento das irrigações. O que fica evidenciado quando se analisa os coeficientes de variação das pressões entre o cabeçal de controle e o início de cada subunidade de irrigação e das pressões no início destas. Para uma melhor interpretação dos resultados, a análise das

pressões será efetuada dividindo-a em duas partes, a primeira correspondente ao trecho do cabeçal de controle ao início de cada subunidade de irrigação e a segunda dentro das subunidades de irrigação.

No primeiro segmento, as variações de pressão, conforme dados de GOMES (1987), foram consideradas de altas à muito altas, haja visto que o coeficiente da variação oscilou de 21,67 à 37,20%, nos setores I e II respectivamente.

Essas variações podem ser atribuídas, principalmente, às obstruções nos filtros e nos rotores das bombas, por algas desenvolvidas nos reservatórios de água; ao desnível topográfico acentuado, principalmente no setor II; as variações do nível de água no reservatório e oscilações na voltagem. Estas causas das variações nas pressões, estão de acordo com as citadas por KELLER e KARMEI (1975), PINTO et al. (1988) e ABREU et al. (1989).

Também ficou evidenciado variações nas pressões do sistema de irrigação, quando se processava a lavagem dos filtros.

Uma análise mais detalhada na Tabela 4, revela que a unidade operacional III no setor I, apresentou uma pressão média no início das subunidades de irrigação de 0,213MPa que representa 62,56% das pressões médias nas outras, do mesmo setor, isto se justifica em razão da distância e posição topográfica daquela em relação ao cabeçal de controle. Comportamento semelhante é observado no setor

II, sendo que as pressões no início das subunidades de irrigação, nas unidades operacionais I e III são menores do que na II.

No segundo segmento, as variações das pressões foram mais marcantes, com coeficiente de variação oscilando de 52,98 à 75,31%, considerados muito altos segundo (GOMES, 1987).

As variações aqui observadas, podem ter sido causadas pela obstrução dos emissores por fragmentos de algas e/ou de produtos utilizados na fertirrigação; variação topográfica dentro das subunidades de irrigação e reguladores de pressão no início das subunidades de irrigação, não devidamente, ajustados. Em concordância, com essas causas, estão as citadas por KELLER e KARMELI (1975), PINTO et al. (1988) e ABREU et al. (1989).

As pressões observadas nas extremidades das linhas laterais no setor I, mostram uma irregularidade muito grande nas mesmas, principalmente, na unidade operacional III, onde a média varia de 0,027 à 0,031 MPa, portanto fora da faixa ideal de atuação dos emissores, que trará como consequência, diferenças significativas nas vazões dos mesmos. Enquanto no setor II as maiores variações foram verificadas na unidade operacional I.

Apesar da pressão de serviço média está dentro da faixa de variação suportada pelo emissor, constatou-se que, dentro das subunidades de irrigação existiam emissores

trabalhando com pressões fora da mesma.

4.2. Vazões

A Tabela 5, apresenta as vazões média das subunidades de irrigação bem como os erros obtidos durante as medições das mesmas, nos dois setores de irrigação. Nas Tabelas 6 e 7, são mostradas as vazões dos emissores, nas subunidades de irrigação, nos setores I e II, respectivamente.

O erro médio na determinação das vazões variou de 1,17 à 1,20%, que segundo KRAATZ e MAHAJAN (1976), é aceitável, tendo em vista que para este caso, o erro deverá está entre 1 e 5%.

As vazões médias nas subunidades de irrigação, foram semelhantes nos setores I e II e, praticamente, igual a prevista pelo fabricante (gotejador Katif, 2,3 l/h auto-compensante). No primeiro setor, obteve-se um valor médio de 2,30 l/h e no segundo de 2,39 l/h, com coeficiente de variação de 8,22 à 10,58%, classificados, segundo GOMES (1987), como baixo e médio, respectivamente.

Apesar da vazão média das subunidades de irrigação, em cada setor, está próxima a vazão nominal do gotejador testado, esta situação não representa a realidade das vazões dos emissores dentro de cada subunidade. Anasando-se as Tabelas 6 e 7, observa-se que as vazões dos emissores oscilaram de 0,35 a 3,84 l/h, enquanto que os

coeficientes de variação tiveram amplitude de 3,02 à 45,62%, considerados por GOMES (1987), como baixo e muito alto.

TABELA 5 - Valores médios das vazões nos emissores e seus respectivos erros.

UNIDADE OPERACIO	SUBUNIDADE DE IRRIGAÇÃO	SETOR			
		I		II	
		VAZÃO(1/h)	ERRO(%)	VAZÃO(1/h)	ERRO(%)
I	1	2,45	1,03	2,35	
	2	2,47	1,02	2,21	1,14
	3	2,41	1,05	1,74	1,25
	4	2,39	1,05	2,13	1,80
	5	2,53	0,99	2,47	1,32
	6	2,43	1,05	2,35	1,05
MÉDIA I		2,45	1,03	2,21	1,11
II	1	2,41	1,06	2,48	
	2	2,34	1,07	2,57	1,01
	3	2,43	1,03	2,65	0,97
	4	2,31	1,10	2,67	0,95
	5	2,20	1,15	2,73	0,95
	6	2,40	1,05	2,46	0,92
MÉDIA II		2,35	1,08	2,59	1,02
III	1	2,14	1,34	2,52	
	2	2,10	1,40	2,71	1,03
	3	1,97	1,31	2,27	1,03
	4	2,05	2,06	2,19	1,22
	5	1,89	1,68	2,12	1,48
	6	2,40	1,08	2,43	1,66
MÉDIA III		2,09	1,48	2,37	1,20
MÉDIA GER		2,30	1,20	2,39	1,27
CV(%)		9,22	23,30	10,58	21,45

TABELA 6 - Valores das vazões nas subunidades de irrigação do setor I.

UNID	SUB- UNID	PONTOS SELECIONADOS - VAZÃO (l/h)																	
DE	IRRIG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MED	CV(X)
I	1	2,07	2,48	2,32	2,50	2,51	2,72	2,46	2,54	2,43	2,56	2,46	2,48	2,67	2,45	2,58	2,03	2,45	7,49
	2	2,57	2,52	2,68	2,21	2,44	2,72	2,55	2,62	1,99	2,35	2,41	2,49	2,36	2,49	2,47	2,71	2,47	7,65
	3	2,41	2,50	2,55	2,49	2,21	2,67	2,53	2,37	1,92	2,55	2,36	2,45	2,46	2,57	2,69	1,91	2,41	9,45
	4	2,60	2,47	2,42	1,92	2,21	2,37	2,52	2,35	2,05	2,31	2,54	2,56	2,22	2,27	2,54	2,91	2,39	9,92
	5	2,58	2,63	1,88	2,65	2,32	2,53	2,47	2,49	2,74	2,62	2,90	2,42	2,71	2,44	2,52	2,59	2,53	8,27
	6	2,63	2,63	2,60	2,36	2,60	2,59	2,66	2,38	2,15	2,56	2,63	1,87	2,36	2,07	2,55	2,23	2,43	9,86
II	1	2,83	2,58	2,41	1,81	1,80	2,90	2,46	2,08	2,17	2,31	2,63	2,16	2,87	2,73	2,20	1,64	2,41	15,89
	2	2,53	2,35	2,41	2,46	2,45	2,42	2,56	2,41	2,39	2,12	2,39	2,31	2,14	2,07	2,40	2,13	2,34	6,45
	3	2,46	2,49	2,44	2,27	2,66	2,45	2,29	2,38	2,33	2,08	2,45	2,50	2,58	2,54	2,52	2,49	2,43	5,72
	4	2,34	2,56	2,52	2,41	2,41	2,11	2,33	2,65	2,22	2,49	2,12	1,87	1,72	2,23	2,45	2,48	2,31	10,93
	5	2,36	2,41	2,43	2,03	1,68	2,00	2,71	1,97	2,30	1,89	2,37	2,26	2,04	2,13	2,30	2,29	2,20	11,51
	6	2,64	2,48	2,46	2,63	2,19	2,44	2,50	1,87	2,32	2,22	2,32	2,44	2,49	2,53	2,56	2,51	2,40	8,10
III	1	2,37	2,56	2,62	1,08	1,29	2,39	2,08	2,48	1,03	2,77	2,69	2,51	2,33	2,70	2,34	1,07	2,14	29,80
	2	2,48	2,90	2,34	2,38	2,25	2,45	2,01	0,88	2,57	2,47	1,85	2,41	1,39	1,40	2,73	1,14	2,10	28,55
	3	1,86	2,89	2,57	1,24	0,67	2,59	2,68	0,45	0,80	2,37	2,32	2,57	1,73	2,35	3,18	1,23	1,97	43,20
	4	1,13	2,73	2,12	2,83	2,50	2,88	1,91	2,72	0,75	2,55	2,82	1,82	0,68	2,04	1,95	1,36	2,05	36,13
	5	2,02	2,26	2,13	1,22	2,00	2,26	2,77	0,73	1,12	3,15	2,87	0,89	0,35	2,58	2,76	1,20	1,89	45,62
	6	3,00	2,61	2,90	2,51	1,66	2,68	2,86	1,69	2,47	2,14	2,42	1,90	2,40	2,96	1,69	2,52	2,40	19,13

TABELA 7 - Valores das vazões nas subunidades de irrigação do setor II.

UNID DE IRRIG	SUB- UNID IRRIG	PONTOS SELECIONADOS - VAZÃO (l/h)																MED CV(%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
I	1	2,37	2,57	2,53	1,87	1,91	2,90	2,40	2,18	2,44	2,03	2,67	2,57	1,54	2,12	3,09	2,44	2,35	16,90
	2	1,81	2,32	2,50	2,22	2,55	0,89	2,38	1,89	2,01	2,54	2,44	2,66	2,13	2,24	2,14	2,67	2,21	19,81
	3	2,20	2,95	2,68	1,64	1,84	2,87	1,17	1,06	2,49	1,50	1,44	0,78	0,97	1,69	0,70	1,84	1,74	41,87
	4	1,58	2,44	2,42	2,23	1,82	2,67	2,21	2,06	1,99	2,24	2,16	1,91	1,62	2,08	2,83	1,81	2,13	16,39
	5	2,27	1,88	2,59	2,56	2,52	2,39	2,47	2,34	1,64	2,79	2,55	2,44	2,27	2,62	3,28	2,87	2,47	15,20
	6	2,08	2,20	2,41	1,99	2,15	2,72	2,06	2,42	2,09	2,90	2,54	2,58	2,13	2,65	2,26	2,35	2,35	11,52
II	1	2,49	2,63	2,58	2,50	2,46	2,46	2,48	2,33	2,35	2,61	2,59	2,45	2,32	2,45	2,53	2,49	2,48	3,79
	2	2,56	2,77	2,64	2,68	2,38	2,48	2,48	2,46	2,41	2,76	2,75	2,66	2,45	2,54	2,57	2,62	2,57	4,94
	3	2,55	2,67	2,91	2,47	2,75	2,72	2,66	2,77	2,26	2,58	2,82	2,60	2,53	2,65	2,97	2,53	2,65	6,60
	4	2,50	2,54	2,73	2,53	2,50	2,66	2,69	2,05	2,81	3,12	2,51	2,87	2,66	2,95	2,75	2,88	2,67	9,17
	5	2,84	2,63	2,78	2,62	2,69	2,77	2,68	2,72	2,79	2,66	2,82	2,64	2,83	2,75	2,69	2,88	2,73	3,02
	6	2,55	2,40	2,64	2,74	2,42	2,56	2,27	2,36	2,48	2,38	2,27	2,34	2,69	2,63	2,31	2,34	2,46	6,26
III	1	2,89	2,12	1,93	2,81	2,82	2,54	2,26	2,81	2,28	2,92	2,12	2,53	2,64	2,23	2,74	2,71	2,52	12,68
	2	2,58	2,66	3,46	2,87	2,29	2,90	2,71	2,95	2,70	1,44	2,86	2,74	2,71	2,86	2,92	2,71	2,71	15,31
	3	2,36	1,90	2,21	2,62	1,60	2,92	2,92	2,79	2,85	2,38	1,61	1,15	2,57	2,41	2,51	1,58	2,27	24,17
	4	1,54	2,96	2,00	1,52	2,26	1,79	2,45	3,31	3,04	1,84	2,01	1,17	2,13	1,92	3,40	1,70	2,19	30,49
	5	1,31	2,47	2,44	1,68	2,78	3,84	2,16	2,68	1,38	2,01	2,15	1,99	2,08	0,88	3,05	1,04	2,12	36,40
	6	2,11	2,26	3,22	2,41	3,08	2,46	2,30	2,09	3,43	2,27	2,03	3,13	2,52	1,20	1,75	2,68	2,43	23,84

Observando-se ainda, as Tabelas 6 e 7, detecta-se que, nas unidades operacionais III do setor I, e I e III do setor II, ocorreram as maiores variações nas vazões, procedimento idêntico ao verificado nas pressões.

4.3. Coeficiente de uniformidade e uniformidade absoluta

A Tabela 8, apresenta os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta nos setores I e II do sistema de irrigação.

Os valores médios do coeficiente de uniformidade variaram de 30,30 à 89,92% com média de 71,90% no setor I, e de 39,23 à 95,06% com média de 71,74% no setor II. Quanto ao coeficiente de uniformidade absoluta, oscilou de 44,26 à 90,13% com média de 76,40% no setor I, e de 49,94 à 94,46% com média de 75,01% no setor II.

Uma análise da Tabela 8, demonstra que os valores médios dos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta, foram semelhantes nos dois setores do sistema de irrigação. Apreciando-se estes coeficientes, verifica-se que a distribuição de água não é boa, tendo em vista que os valores encontram-se abaixo dos recomendados. As causas desta má uniformidade de distribuição podem ser atribuídas às variações de vazão entre as unidades operacionais e dentro das subunidades de irrigação (0,35 à 3,84 l/h), Tabelas 6 e 7.

Os valores médios para os coeficientes de

uniformidade e uniformidade absoluta, obtidos neste trabalho encontram-se abaixo dos recomendados por SAN JUAN (1981), VERMEIREN e JOBLING (1986), e aos encontrados por SOUZA (1994) e GRANGEIRO (1994).

TABELA 8 - Coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta.

UNIDADE OPERACIO	SUBUNIDADE DE IRRIGACAO	SETOR			
		I		II	
		Cu (%)	CUa (%)	Cu (%)	CUa (%)
I	1	85,74	86,63	67,44	70,34
	2	88,43	88,07	63,43	71,64
	3	85,67	87,78	47,62	53,17
	4	85,61	85,69	64,64	66,55
	5	87,76	88,50	78,73	79,40
	6	82,51	86,60	72,42	77,43
MÉDIA I		85,95	87,21	65,71	69,76
II	1	78,63	80,54	91,73	91,45
	2	87,53	88,79	90,72	90,84
	3	89,92	90,13	88,12	87,63
	4	81,78	84,07	87,64	85,89
	5	80,84	81,89	95,06	94,46
	6	84,65	86,87	92,28	91,79
MÉDIA II		83,89	85,38	90,93	90,34
III	1	51,79	62,75	75,20	77,78
	2	52,24	59,95	77,37	79,17
	3	30,30	44,90	58,34	66,40
	4	39,74	52,77	50,28	55,80
	5	31,71	44,26	39,23	49,94
	6	69,38	74,96	51,10	60,46
MÉDIA III		45,86	56,60	58,59	64,93
MÉDIA GER		71,90	76,40	71,74	75,01

Analisando-se a Tabela 8, nota-se que no setor I a unidade operacional III, e no setor II as unidades

Operacionais I e III, apresentam os menores valores para os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta. Isto retrata as variações observadas nas vazões daquelas unidades operacionais. Estes coeficientes baixos concorreram para uma redução na uniformidade média do sistema. Assim para se elevar a distribuição média de água do projeto, terá que, primeiramente, ajustar os coeficientes daquelas unidades operacionais.

Nos setores I e II, verifica-se que o coeficiente de uniformidade absoluta é sempre maior que o coeficiente de uniformidade, esta diferença é de 6,26 e 4,56%, respectivamente. Isto indica a existência de um número menor de emissores trabalhando com vazões máximas do que com vazões mínimas.

4.4. Eficiência de aplicação

A Tabela 9, apresenta o coeficiente de uniformidade; a relação de transpiração e a eficiência de aplicação nos dois setores de irrigação.

A eficiência do sistema de irrigação oscilou de 27,57 à 81,83% com média de 65,43% no setor I, e de 35,70 à 86,50% com média 65,28% no setor II.

Estes resultados demonstram uma baixa eficiência no desempenho do sistema de irrigação, não alcançando o valor mínimo, recomendado por VERMEIREN e JOBLING (1986) e SAN JUAN (1981), que é de 81,90%.

A má performance do sistema de irrigação é atribuída, principalmente, a baixa uniformidade de distribuição de água pelos emissores, que teve como origem, a irregularidade muito grande observada nas vazões dos emissores dentro das subunidades de irrigação.

TABELA 9 - Eficiência de aplicação.

UNIDADE OPERACIO	SUBUNID DE IRRIG	SETOR					
		I			II		
		R T	Cu (%)	EFIC. (%)	R T	Cu (%)	EFIC. (%)
I	1	0,91	85,74	78,02	0,91	67,74	61,37
	2	0,91	88,43	80,47	0,91	63,43	57,72
	3	0,91	85,67	77,96	0,91	47,62	43,33
	4	0,91	85,61	77,91	0,91	64,64	58,82
	5	0,91	87,76	79,86	0,91	78,73	71,64
	6	0,91	82,51	75,08	0,91	72,42	65,90
MÉD. I			85,95	78,22		65,71	59,80
II	1	0,91	78,63	71,55	0,91	91,73	83,47
	2	0,91	87,53	79,65	0,91	90,72	82,56
	3	0,91	89,92	81,83	0,91	88,12	80,19
	4	0,91	81,78	74,42	0,91	87,64	79,75
	5	0,91	80,84	73,56	0,91	95,06	86,50
	6	0,91	84,65	77,03	0,91	92,28	83,97
MÉD. II			83,89	76,34		90,93	82,74
III	1	0,91	51,79	47,13	0,91	75,20	68,43
	2	0,91	52,24	47,54	0,91	77,37	70,41
	3	0,91	30,30	27,57	0,91	58,34	53,09
	4	0,91	39,74	36,16	0,91	50,28	45,75
	5	0,91	31,71	28,86	0,91	39,23	35,70
	6	0,91	69,38	63,14	0,91	51,10	46,50
MÉD. III			45,86	41,73		58,59	53,31
MÉD. GER		0,91	71,90	65,43	0,91	71,74	65,28

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, chegou-se às seguintes conclusões:

1 - A pressão de serviço apresentou variações muito altas durante os testes de campo, principalmente, nas extremidades das linhas laterais, demonstrando a não existência de um controle eficiente nas mesmas, em todo o sistema de irrigação.

2 - Houve uma grande variação de vazão dentro das subunidades de irrigação, apresentando uma amplitude de 0,35 à 3,84 l/h, apesar dos seus valores médios aproximarem-se da vazão nominal do gotejador.

3 - A distribuição de água foi inadequada, reflexo das variações ocorridas nas vazões dentro das subunidades de irrigação, o que proporcionou baixos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta.

4 - No sistema de irrigação, existe um maior número de emissores operando com vazões mínimas do que com máximas, fato este retratado pelos menores valores médios assumidos pelo coeficiente de uniformidade .

5 - A eficiência de aplicação encontrada, está abaixo dos padrões da irrigação localizada.

6. RESUMO

Na irrigação localizada, a água é aplicada, numa fração do volume do solo explorada pelas raízes das plantas, através de pequenas vazões em alta frequência, portanto, requer alta eficiência na aplicação, para manter níveis de unidade ideais para a cultura. O presente trabalho foi conduzido com a finalidade de avaliar um sistema de irrigação por gotejamento, para isso, foi determinada a uniformidade de aplicação de água no campo e a relação de transpiração, pela metodologia de (KELLER e KARMELI, 1975).

Os resultados demonstraram que não houve controle eficiente no sistema de irrigação, tendo em vista que a pressão apresentou variações muito altas, principalmente, nas extremidades das linhas laterais, em razão, dentre outros fatores, da distância e posição topográfica da subunidade de irrigação em relação ao cabeçal de controle. Estas variações afetaram as vazões dentro das referidas subunidades e consequentemente a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação de água no campo. Os valores médios obtidos, foram de 71,60 e 71,74% para o coeficiente de uniformidade, de 76,40 e 75,01% para o coeficiente de

uniformidade absoluta, e de 65,43 e 65,28% para a eficiência, nos setores I e II, respectivamente, valores estes baixos para os padrões da irrigação localizada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, D. A. et al. El riego localizado. Curso internacional sobre riego y drenaje. Tenerife-Espanha: Centro Nacional de Tecnologia de Regadios, 1989. 317p.
- BAJPAI, A. C. et al. Matemática para engenheiros. São Paulo: Hemus, 1980. v.2, p 220-486.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 5.ed. Viçosa, MG: UFV, 1987. 488p.
- CARMO FILHO, F. , OLIVEIRA, O. F. Mossoró: um município do semi-árido: características climáticas e aspectos florestais. Mossoró, RN: ESAM, 1989. 62p. (Coleção Mossoroense, 672, série B).
- DENICULI, W. et al. Uniformidade de distribuição de água em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. Revista Ceres Viçosa, MG, v.27, n.150, p. 155-162, 1980.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Critérios para distinção de classes de solos e de

- fases de unidade de mapeamento. Rio de Janeiro, 1988. 67p.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 12. ed. Piracicaba, SP: NOBEL, 1987. 467p.
- GRANGEIRO, L. C. Avaliação da uniformidade de distribuição de fertilizantes, via água, em irrigação por gotejamento. Mossoró, RN: ESAM, 1994. p. Monografia (Graduação em Agronomia)- ESAM, 1994.
- ISRATEC. Catálogo gotejador auto-regulável Katif. São Paulo, sem data.
- KELLER, J. , KARMELI, D. Trinckle irrigation design. Glendora, California: Rain Bird, 1975. 133p.
- KRAATZ, D. B. , MAHAJAN, I. K. Estructuras y dispositivos para medicio de água. In: ----- . Pequenas obras hidráulicas. Roma: FAO, 1976. V.2, p. 161-268. (Estudio sobre riego y avenamiento, 26).
- OLIVEIRA, F. J. P., BOAS, L. C. V. , KAIMOTO, L. S. A. Controle racional de sistemas de irrigação localizada conceitos e resultados. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGACÃO E DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis. Anais ... Florianópolis,SC: ABID, 1988. v.1, p. 23-40.
- OLITTA, A. F. L. Os métodos de irrigação. 1.ed. São Paulo: NOBEL, 1984. 267p.
- PINTO, J. M., SOARES, J. M. , NASCIMENTO, J. Análise de coeficiente de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE

- IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis. Anais ...
 Florianópolis: ABID, 1988. V.1. p.309-326.
- SAN JUAN, J. A. M. Riego por goteo teoria y práctica. 2.ed.
 Madrid: Mundi-prensa, 1981. 216p.
- SILVA, J. S. Variação espacial dos coeficientes de
 uniformidade e uniformidade absoluta, na irrigação
 localizada. Mossoró, RN:ESAM, 1993. 41p. Monografia
 (Graduação em Agronomia)-ESAM, 1993.
- SOLOMON, K. Variability of sprinkler coefficient of
 uniformity. IN:Agricultural Irrigation Analistic, Rain Bird
 Technical Services, Logan, Utah. América Society of
 Agricultural Engineers, 1978. 10p.
- SOUSA, V. F. & AGUIAR NETTO, A. O. Avaliação da uniformidade
 de funcionamento em sistema de irrigação por gotejamento em
 área cultivada com citrus. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE
 ENGENHARIA AGRÍCOLA, . 21., 1992, e SIMPOSIO DE ENGENHARIA
 AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1., 1992, Santa Maria. Anais ...
 Santa Maria, RS: SBEA, 1992. V.2 "B", p. 77-86.
- SOUSA, V. F., MELLO JUNIOR, A. V., DANTAS NETO, J.
 Considerações sobre uso e manejo de aplicação de
 fertilizantes através de sistemas de irrigação localizada.
 In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993,
 Ilhéus. Anais ... Ilhéus, BA: SBEA, 1993. V.4. p.
 2539-2545.
- SOUSA, V. F. et al. Redistribuição de água em solo de
 textura arenosa sob irrigação por gotejamento. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 21., 1992, e
SIMPOSIO DE ENGENHARIA AGRICOLA DO CONE SUL, 1., 1992,
Santa Maria. Anais ... Santa Maria, RS:SBEA, 1992. v.2 "B",
p. 963-973.

SOUZA, G. H. F. Efeitos da variação da vazão do injetor de
fertilizante em diferentes tempos de aplicação na
uniformidade de distribuição de adubo em irrigação por
gotejamento. Mossoró, RN: ESAM, 1994. 58p. Monografia
(Graduação em Agronomia)- ESAM, 1994.

VERMEIREN, L. , JOBLING, G. A. Riego localizado. Roma: FAO,
1986. 203p. (Estudio FAO, Riego y Drenaje, 36).

WALKER, W. R. S. Sprinkle and trinckle irrigation. 4.ed.
Colorado: Department of Agricultural and Chemical
Engineering Colorado state University, 1979. 175p.

A P E N D I C E

TABELA 1A - Resultados das análises granulométricas do solo.

UNIDADE	PROFUNDIDADE	SETOR									
		I					II				
		FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)					FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				
		AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	CLASSE	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	CLASSE
OPERACIO	AMOSTRA (cm)										
I	0 - 20	55,5	36,5	3,0	5,0	AREIA	64,5	30,5	2,0	3,0	AREIA
	20 - 40	53,5	35,5	2,5	8,5	AREIA	65,5	30,0	1,0	3,5	AREIA
	40 - 60	52,5	31,0	3,0	13,5	ARE FRAN	62,0	32,0	1,5	4,5	AREIA
	60 - 80	49,5	30,5	3,5	13,5	ARE FRAN	63,0	29,5	1,5	5,0	AREIA
II	0 - 20	54,0	38,0	3,0	5,0	AREIA	63,0	33,0	1,5	2,5	AREIA
	20 - 40	54,5	37,0	2,0	6,5	AREIA	66,0	29,0	1,0	4,0	AREIA
	40 - 60	51,5	39,0	2,0	7,5	AREIA	63,0	31,5	1,0	4,5	AREIA
	60 - 80	56,0	31,0	2,5	10,5	ARE FRAN	65,5	28,0	1,5	5,0	AREIA
III	0 - 20	63,5	30,5	1,5	4,5	AREIA	60,5	35,0	1,5	3,0	AREIA
	20 - 40	59,0	34,5	1,5	5,0	AREIA	61,0	35,0	0,5	3,5	AREIA
	40 - 60	60,0	32,0	2,0	6,0	AREIA	66,5	28,0	1,0	3,5	AREIA
	60 - 80	55,0	36,0	2,0	7,0	AREIA	56,0	37,5	1,5	5,0	AREIA

TABELA 2A - Classificação textural do solo, (EMBRAPA, 1988).

UNIDADE	PROFUNDIDADE	SETOR									
		I					II				
		FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)					FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				
		AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	CLASSE	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	CLASSE
OPERACIO	AMOSTRA (cm)										
I	0 - 20	55,5	36,5	3,0	5,0	ARENOSA	64,5	30,5	2,0	3,0	ARENOSA
	20 - 40	53,5	35,5	2,5	8,5	ARENOSA	65,5	30,0	1,0	3,5	ARENOSA
	40 - 60	52,5	31,0	3,0	13,5	ARENOSA	62,0	32,0	1,5	4,5	ARENOSA
	60 - 80	49,5	30,5	3,5	13,5	ARENOSA	63,0	29,5	1,5	5,0	ARENOSA
II	0 - 20	54,0	38,0	3,0	5,0	ARENOSA	63,0	33,0	1,5	2,5	ARENOSA
	20 - 40	54,5	37,0	2,0	6,5	ARENOSA	66,0	29,0	1,0	4,0	ARENOSA
	40 - 60	51,5	39,0	2,0	7,5	ARENOSA	63,0	31,5	1,0	4,5	ARENOSA
	60 - 80	56,0	31,0	2,5	10,5	ARENOSA	65,5	28,0	1,5	5,0	ARENOSA
III	0 - 20	63,5	30,5	1,5	4,5	ARENOSA	60,5	35,0	1,5	3,0	ARENOSA
	20 - 40	59,0	34,5	1,5	5,0	ARENOSA	61,0	35,0	0,5	3,5	ARENOSA
	40 - 60	60,0	32,0	2,0	6,0	ARENOSA	66,5	28,0	1,0	3,5	ARENOSA
	60 - 80	55,0	36,0	2,0	7,0	ARENOSA	56,0	37,5	1,5	5,0	ARENOSA

UFERSA SIGAA - BIBLIOTECAS



SIGAA

2010075828