

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ALUNA: DIANA MARIA EMILIANO MARTINS  
MATRÍCULA: 8411168-1  
ORIENTADOR: HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA  
DEZEMBRO - 1988



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

## Í N D I C E

APRESENTAÇÃO

AGRADECIMENTOS

INTRODUÇÃO

1.0 - TESTES DE UM GOTEJADOR

1.1 - Revisão Bibliográfica

1.2 - Descrição do emissor usado no teste

1.3 - Parâmetros determinados

1.4 - Metodologia

1.5 - Resultados

1.6 - Conclusão

2.0 - PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO COM MÚLTIPLOS ASPERSORES

- Projeto Agrônômico

- Projeto de Engenharia

BIBLIOGRAFIA

## APRESENTAÇÃO:

O presente trabalho relata as atividades do estágio supervisionado realizado no Laboratório de Engenharia de Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, localizado em Campina Grande.

O objetivo deste trabalho foi de ampliar os conhecimentos na área de irrigação através da elaboração de Projetos e Práticas de Laboratório.

AGRADECIMENTOS:

À Deus por permitir que chegasse até aqui sempre iluminando o meu caminho e me dando forças para conduzir de maneira digna e corajosa a minha vida.

Aos meus pais que sempre procurando dar bons exemplos, incentivaram-me e não mediram esforços para me apoiar nos momentos mais difíceis.

Aquelas pessoas amigas que com carinho e compreensão de uma forma ou de outra me ajudaram a enfrentar os embates da vida.

Aos colegas de Engenharia Agrícola que com companheirismo e afeto muito contribuíram com seus incentivos.

Ao meu orientador Hamilton Medeiros de Azevedo e a todos que integram o Laboratório de Engenharia de Irrigação.

À Universidade Federal da Paraíba, especialmente ao Departamento de Engenharia Agrícola, por minha formação profissional.

A todos que de uma forma ou de outra tem contribuído para o progresso da irrigação no Brasil.

## INTRODUÇÃO:

A irrigação é uma operação agrícola, realizada com o objetivo de suprir a necessidade de água das plantas. Não funciona em separado, mas integrada com as outras operações agrícolas, de forma benéfica ou prejudicial, dependendo da habilidade de quem a executa.

O êxito de um projeto de irrigação está na dependência de vários fatores ligados a água, solo e cultura, portanto nunca se deve analisar isoladamente a irrigação.

Uma decisão importante no desenvolvimento do Projeto de irrigação é que seus objetivos sejam claramente definidos antes do planejamento. O que se deve procurar é uma produção ótima, ou seja a melhor para as condições particulares do ambiente.

Antes de começar a investir num projeto, deve ser feito um estudo de viabilidade, para verificar se existe um retorno que justifique o investimento.

Um projeto de irrigação se compõe de duas partes :  
1) Projeto Agrônômico; 2) Projeto de Engenharia. O Projeto Agrônômico constitui-se de dois itens principais: seleção e necessidade d'água das culturas.

Este trabalho consistiu na elaboração de um projeto de irrigação por aspersão e práticas de Laboratório: determinação do coeficiente de fabricação, equação e curva de vazão versus pressão, de emissores de irrigação localizada.

## 1.0 - TESTES DE UM GOTEJADOR:

### 1.1 - Revisão Bibliográfica:

#### 1.1.1 - Gotejadores:

Gotejador é uma estrutura mecânica idealizada para dissipar a pressão da água nas canalizações laterais, de modo a permitir a pequena vazão de alguns litros por hora. O gotejador é a peça principal do método de irrigação por gotejo e deve preencher os seguintes requisitos (Keller and Karmeli, 1975).

- 1 - fornecer uma vazão relativamente baixa, constante e uniforme;
- 2 - apresentar um orifício de saída do fluxo relativamente grande;
- 3 - Ser barato, resistente e compacto.

A vazão dos gotejadores pode variar desde 0,5 a 10 litros por hora sob uma pressão de serviço variando em torno de 10m.c.a., se bem que existem gotejadores que trabalham sob pressões de 2m.c.a. até 30 m.c.a., dependendo do tipo utilizado. O critério prático para o dimensionamento das canalizações de um sistema de irrigação por gotejo tem o valor máximo permitido para a variação da vazão em 10% do valor médio, visando uma uniformidade razoável do projeto.

Como o orifício de fluxo do gotejador é geralmente reduzido variando de 0,3 a 1,0mm, sua confecção deverá ser exata e bastante uniforme, pois pequenas variações poderão causar grandes diferenças na vazão.

Poderíamos classificar os gotejadores de diversas maneiras desde o material com que são construídos, o tipo de conexão

na lateral, processo de dissipação da pressão, sistema de distribuição de água, etc.

Os principais gotejadores são:

- Microtubos
- Gotejador com longo percurso integrado
- Gotejador tipo orifício
- Tubos perfurados
- Microgotejadores

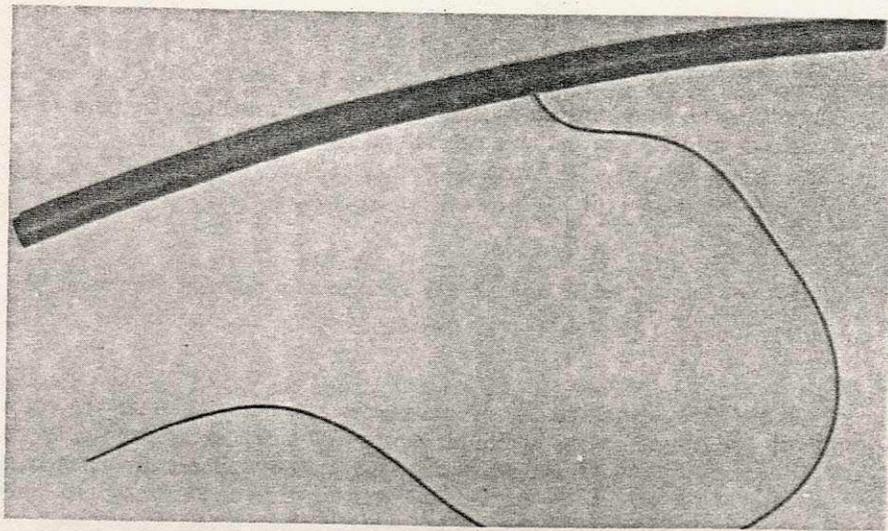
- MICROTUBOS:

O microtubos também denominado Spaghetti, foi o precursor da irrigação por gotejamento. Ele consiste em um simples pedaço de microtubo, o qual é inserido na linha lateral. É um tipo clássico de escoamento em longo percurso, e a perda de carga ao longo do microtubo é função direta do seu comprimento. Sendo assim a vazão do microtubo é função da pressão disponível na linha lateral do diâmetro e do comprimento do microtubo. Normalmente os diâmetros internos dos microtubos variam de 0,5 a 1,5mm.

Como existe variações de pressão ao longo da linha lateral, para uniformizar a vazão, pode-se usar microtubos de comprimentos diferentes ao longo da linha lateral. Esta variação não precisa ser individual, podendo ser em grupo de cinco ou dez microtubos.

Os microtubos além de sua simplicidade, eles possibilitam ajustar o seu comprimento, antes ou após a instalação no campo, a fim de ajustar a vazão. Porém são mais sensíveis à variação da vazão com a variação da temperatura e a mudança de posição da extremidade livre devido a ação do vento ou dos tratamentos culturais.

- GOTEJADORES COM LONGO PERCURSO INTEGRADO:



Gotejamento por microtubo.

Baseado no mesmo princípio dos tradicionais microtubos, porém com maior uniformidade e menor susceptibilidade a danos mecânicos o longo percurso do fluxo em peças compactas através de aspiral ou labirintos.

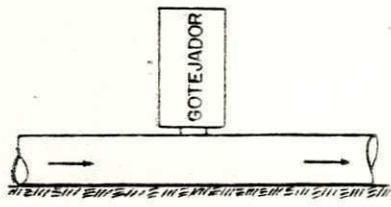
Atualmente, mercado brasileiro existem três modelos de tipo de gotejador ou seja:

- gotejador da Agrotec, cuja vazão nominal é de 4 l/h a pressão de serviço de 10m.c.a, com conexão na linha
- Gotejador DANGOTAS, cuja vazão nominal é de 4 l/h a uma pressão de serviço de 10m.c.a., com conexão na linha, e adapta-se a linhas laterais com diâmetro de 12.5 a 16 mm.
- Gotejador IRRIGA, com quatro saídas, cuja vazão nominal é de 13 l/h sendo a vazão por saída de 3,25 l/h a uma pressão de serviço de 10m.c.a., com conexão sobre a linha, e adapta-se a linhas laterais com 3/8 de polegadas (9,5mm).

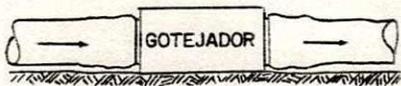
- GOTEJADOR TIPO ORIFÍCIO:

São os tipos de gotejadores em que a perda de carga é devido ao fluxo d'água, através de pequenos orifícios.

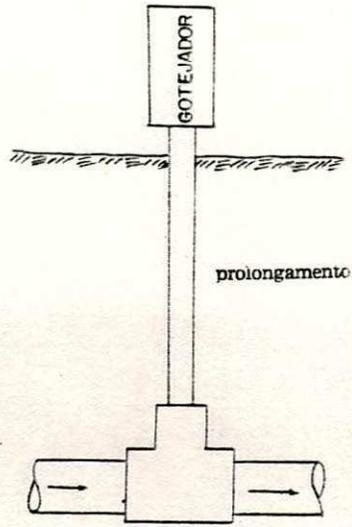
Este tipo de gotejador requer, para pequenas vazões, orifícios com diâmetros muito pequenos. Por exemplo, para uma vazão de 5 l/h, com  $H = 10\text{m.c.a.}$  e  $cd = 0,7$  a área do orifício será de  $0,14\text{ mm}^2$  e seu diâmetro de 0,42 mm.



b) gotejador «sobre a linha»



a) gotejador «na linha»



c) gotejador «no prolongamento»

Tipos de conexão do gotejador na linha lateral.

Para alimentar a perda de carga de modo que permita, maior área de fluxo, os fabricantes construíram vários modelos de gotejadores do tipo orifício. Atualmente, no mercado brasileiro há, deste tipo o gotejador da IRTEC, cuja vazão nominal é de 4 l/h a uma pressão de serviço de 10m.c.a., com conexão sobre a linha.

- TUBOS PERFORADOS:

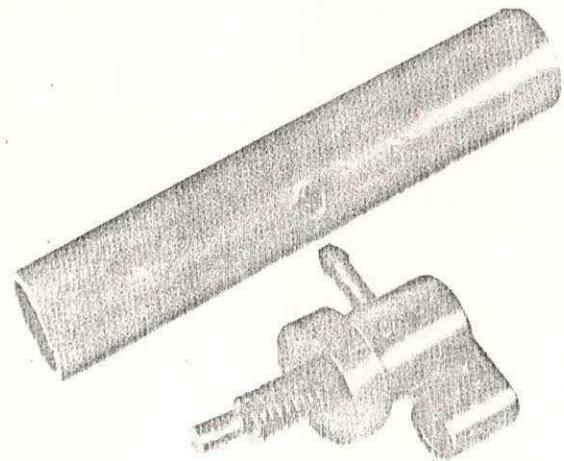
É o mesmo princípio do anterior, ou seja, vazão a través de orifícios, porém para diminuir o custo e simplificar a construção, os orifícios são perfurados diretamente na parede dos tubos com pequenos espaçamentos entre orifícios. Sendo assim, forma-se uma faixa molhada na superfície do solo. Podendo ser usado na irrigação de culturas com plantio em linha e com pequeno espaçamento entre plantas, como por exemplo, cana-de-açúcar, hortigranjeiros em geral cebola, alho, etc.

Atualmente no mercado brasileiro, a IRTEC fabrica um tubo perfurado de câmara simples de diâmetro 13mm, com orifícios de 0,13mm de diâmetro e espaçados entre si de 60cm, cuja vazão nominal é de 1,62 l/h a uma pressão de serviço de 4,2m.c.a.

- MICROGOTEJADORES:

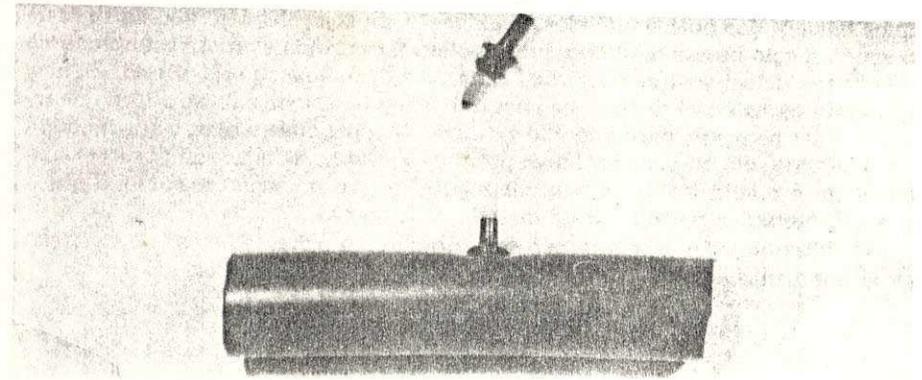
São gotejadores de tamanho muito pequeno, geralmente com formato de bocais e providos de diafragma para regular a vazão. São conectados sobre linha. Seu custo unitário é bem inferior ao dos demais.

Atualmente no mercado brasileiro a IRTEC fabrica um tipo de microgotejador, cuja válvula é um pedaço de silicone, com vazão nominal de 3,8 l/h para pressão de serviço variando entre 5 a 30m.c.a., o que permite dimensionar linhas laterais com maior compr

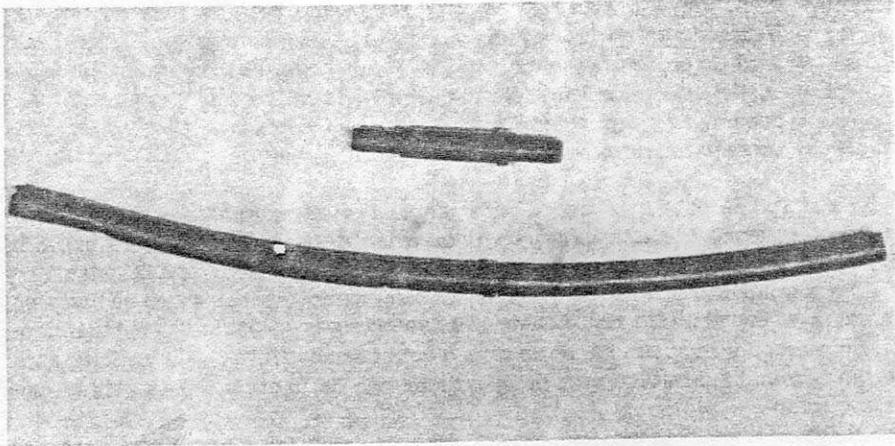


Gotejador «IRTEC».

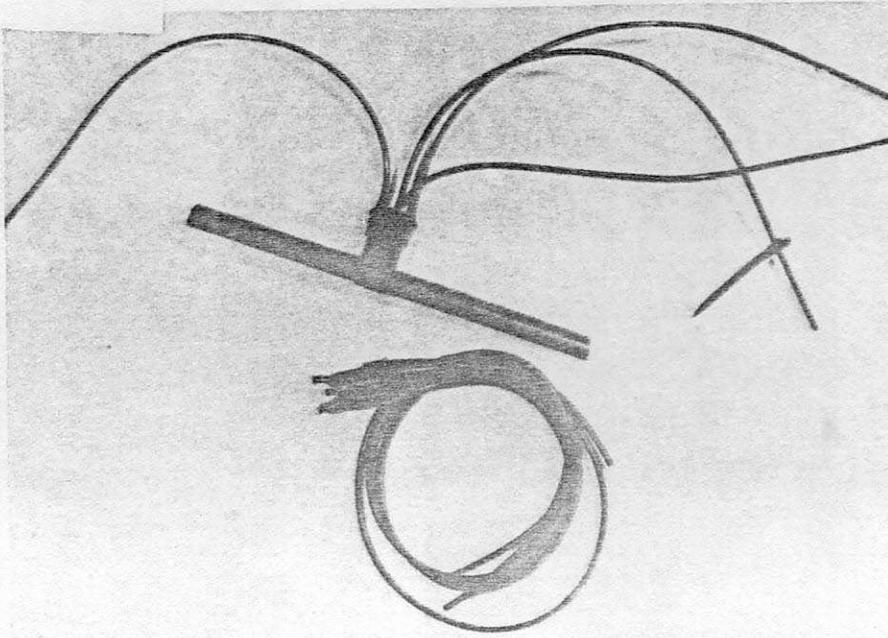
Tubos perfurados



Microgotejador da IRTEC



Gotejador «DANGOTAS».



Gotejador «IRRIGA».

mento.

1.2 - Descrição do emissor, usado no teste:

Gotejador com longo percurso integrado.

DANTAS

Vazão nominal = 4 l/h

Ps = 10m.c.a., com conexão na linha adapta -  
se a linhas laterais com diâmetros de 12,5 ou 16mm.

1.3 - Parâmetros determinados:

1.3.1 - Coeficiente de variação de fabricação.

É impossível fabricar duas peças exatamente iguais .  
As pequenas diferenças que aparecem em dois emissores idênticos cau-  
sam variação na taxa de fluxo, que não são desprezíveis. Isto porque  
as dimensões críticas das passagens de fluxo do emissor tendem a  
ser pequenas e dificultam uma fabricação precisa. Variações no tama-  
nho de passagens, forma e acabamento da superfície são pequenas em  
tamanho absoluto, mas representam uma percentagem de variação relati-  
vamente grande.

O coeficiente de fabricação (CV) é usado como uma  
medida de variações antecipadas na descarga de uma amostra de novos  
emissores.

$$CV = \frac{T}{q}$$

onde:

CV = coeficiente de variação de fabricação

T = desvio padrão das vazões da amostra

q = média das vazões da amostra.

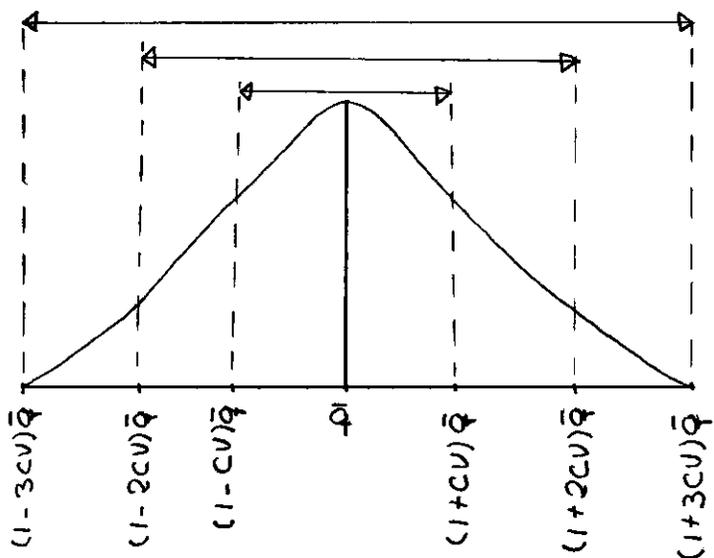
Este coeficiente depende do desenho do emissor, dos materiais utilizados em sua fabricação e do cuidado e tolerância admitidas na mesma. Seu valor varia 0,02 a 0,20.

Gotejadores e Microaspersores.

CV	0,04	excelentes
0,04	CV	0,07 médios
0,07	CV	0,11 marginais
0,11	CV	0,15 deficientes
0,15	CV	geralmente inaceitáveis

O significado físico de CV se deduz ao saber que todas as vazões da amostra escolhida se distribuem de acordo com a curva de distribuição normal e portanto:

- 1) Todas as vazões observadas estão compreendidas no intervalo  $(1 \pm CV) q$
- 2) Aproximadamente 95% das observações se encontram compreendidas no intervalo  $(1 \pm CV) q$ .
- 3) Se são tomados as  $n/4$  observações de valores mais baixos do total das  $n$  vazões medidas, sua média será igual a  $(1 - 1,27 CV) q$ .
- 4) Os 68% das observações realizadas estarão no intervalo  $(1 \pm CV) q$ .



Exemplo prático da determinação do coeficiente de variação de fabricação.

Um lote de 25 emissores foram submetidos a uma pressão de 25m.c.a. e suas vazões em l/h foram:

3,82	4,12	4,10	3,92	4,01
4,60	4,10	3,95	4,30	3,60
3,90	4,05	3,90	3,75	3,80
4,07	4,15	3,30	4,20	4,35
3,95	3,97	4,00	3,85	4,40

a) Coeficiente de variação de fabricação.

$$CV = \frac{T}{q}$$

onde:

$$T =$$

CV = coeficiente de variação de fabricação

T = desvio padrão

qi = vazão do emissor i, em l/h

q = vazão média em l/h

n = número de emissores da amostra

$$n = 25$$

$$q = 4,0064 \text{ l/h}$$

$$T = 0,264$$

$$CV = \frac{0,264}{4,0064} \quad Cv = 0,066 \quad CV = 6,6\%$$

$$0,04 \quad CV \quad 0,07 - \text{médios}$$

b) Se o emissor for instalado no projeto numa proporção de 4 emissores por planta, o coeficiente de variação de fabricação do sistema será:

$$CV_s = \frac{CV}{e} \quad e = 4$$
$$CV = 6,6\%$$

onde:

CVs = coeficiente de variação de fabricação do sistema

e = número de emissores por planta.

$$CVS = 3,3\%$$

### 1.3.2 - Equação do Emissor:

Na irrigação localizada, com a normalmente alta frequência de irrigação, a capacidade de armazenamento de água do solo é de menor importância que nos tradicionais. A principal propriedade do solo determinado a distância entre os gotejadores será a condutividade hidráulica do solo como uma função do conteúdo de água. Esta propriedade do solo, juntamente com a vazão do emissor, e a duração de aplicação, irá determinar o tamanho e a forma do bulbo molhado, que é a base do projeto de irrigação localizada.

Na irrigação localizada é muito importante a seleção adequada do tipo de emissor (gotejador ou microaspersor) às condições locais de solo, planta e clima, bem como as características de vazão, de espaçamento e de frequência de irrigação.

A vazão do emissor pode ser representada pela equação:

$$q = K H^x$$

onde:

$q$  = vazão (l/h) ,

$H$  = pressão (m) ,

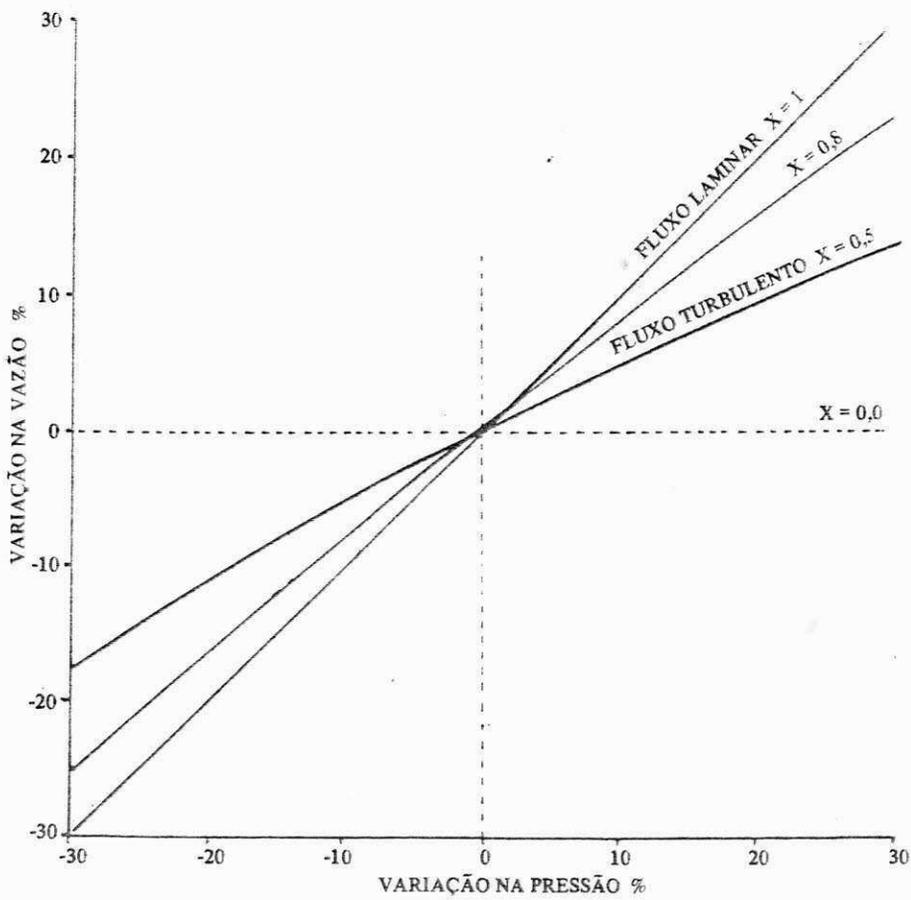
$K$  e  $x$  = constantes.

O expoente  $n$  depende do regime de fluxo do emissor. A maioria dos emissores tem fluxo turbulento, representado por  $n = 0,5$ . Isto significa que a vazão irá variar com a raiz quadrada da pressão. Nos emissores que apresentam um regime de fluxo aproximadamente laminar,  $x = 0,7 - 0,8$ . Neste caso, a vazão varia com a variação de pressão mais acentuadamente, que no outro caso, necessitando assim laterais mais curtas ou maiores diâmetros, para igual limite de variação de vazão no projeto. Quando  $x$  se aproxima de zero, a variação de vazão diminui, ficando constante quando  $n = 0$ , independentemente da variação de pressão na linha (emissores compensadores)

No dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação localizada, o critério de projeto mais usado é não permitir que ocorra uma variação de mais de 10% na vazão dos emissores de uma área operando simultaneamente. Deste modo, os diâmetros adequados nas linhas laterais e de distribuição serão selecionados, distribuindo-se aproximadamente metade da perda de carga admissível para cada tipo de canalização.

### 1.3.3 - Curva Vazão x Pressão:

O comportamento hidráulico de um emissor depende do comprimento, conformação e seção dos condutos. Keller e Karmeli (1975) recomendam que, no dimensionamento de um sistema de irrigação por gotejo, o critério adotado seja permitir uma variação máxima de 10% na vazão dos gotejadores funcionando simultaneamente. A perda de carga permissível para produzir esta variação na vazão dependerá do tipo de gotejador e do seu regime de fluxo, ou seja, para produzir uma diferença de vazão de 10% dos gotejadores de carga máxima será



- Relacionamento entre vazão e pressão para gotejadores tendo diferentes regimes de fluxo (Keller and Karmeli, 1975).

ser

lho  
ica-

va-  
rsus  
pela

en-  
nde  
nem  
m é  
dra-  
atro  
nsa-  
lhor

no  
e de  
iste-  
a de  
arga  
lor e  
gote-  
a de-  
ilen-  
viço.

da ordem de 10% da pressão de serviço. Nos gotejadores de fluxo turbulento esta perda de carga máxima pode atingir 20% da pressão de serviço.

A vazão está relacionada com a pressão da água na entrada do emissor e é expressa pela equação:

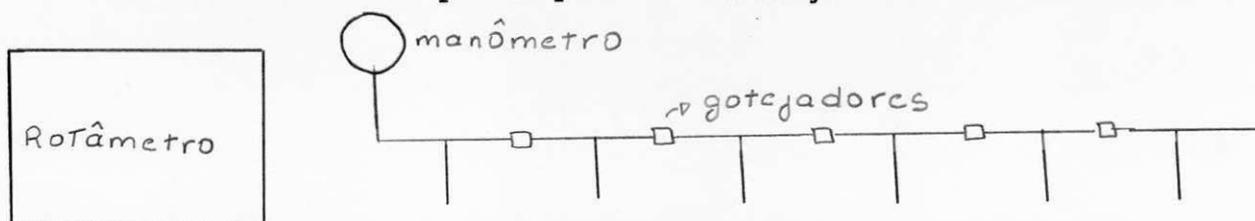
$$q = K.H^X$$

#### 1.4 - Metodologia:

Os testes foram realizados na sala de testes do Laboratório de Engenharia de Irrigação.

Material utilizado:

- Rotâmetro - medidor de vazão (l/h)
- Manômetro
- Gotejadores da Dantas espaçados de 1,25m
- Suporte para a tubulação.



As medidas da vazão para cada gotejador foram feitas para 1 min, utilizando 5 gotejadores para as pressões de 4,7, 13 e 16m.c.a. com cinco repetições e 12 gotejadores para pressão de 10m.c.a. (pressão de serviço do gotejador) para a determinação do coeficiente de variação de fabricação.

Medições:

P m.c.a	VOLUME (ml)					V (ml)	q (l/h)
	1	2	3	4	5		
4	43	44	44,5	44,5	43,5	43,9	2,634
7	52,5	53,5	54	54	53	53,4	3,204
10	67	70	70	70	69	69,2	4,152
13	74,5	78	79	79,5	77,5	77,7	4,662
16	83	85	82	82	83,5	83,1	4,986

1.5 - Resultados:

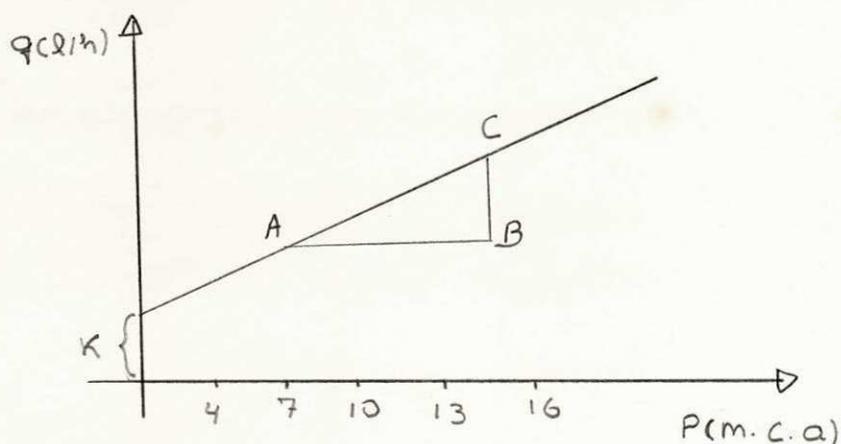
1.5.1 - Equação do Emissor:

$$q = K.H^x$$

q (l/h)

Papel log-log

CURVA DE PRESSÃO x VAZÃO



$$x = \frac{BC}{AB} = \frac{2,3}{5} \quad x = 0,46$$

$$K = 1,4$$

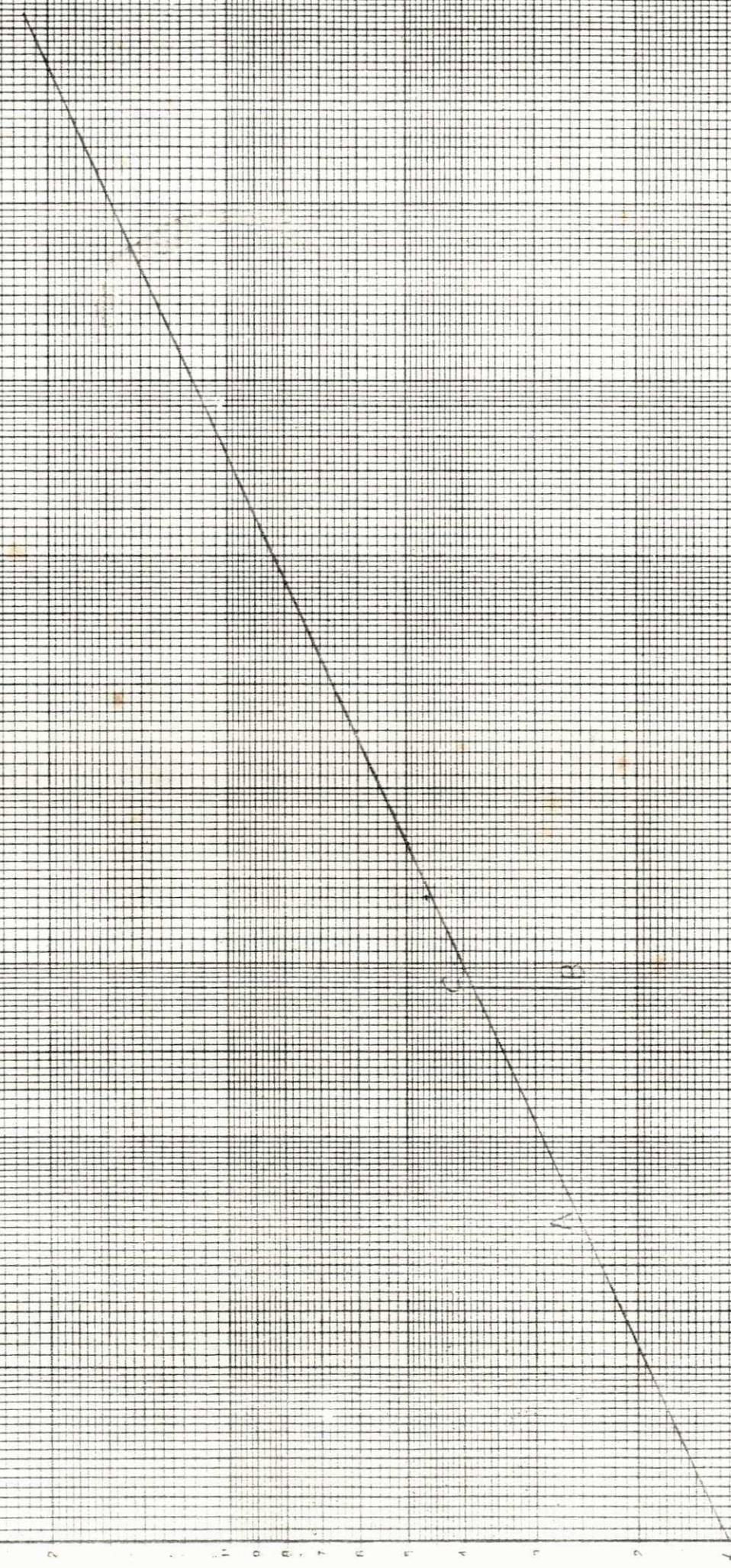
$$q = 1,4 H^{0,46}$$

1.5.2 - Determinação do coeficiente de variação de fabricação.

12 emissores submetidos a pressão de 10m.c.a.

BEL  
100  
P  
700/h

Curva Pressão x Vazão



$q$ (l/h)			
4,008	4,14	4,128	3,852
4,092	4,35	4,074	4,152
4,11	4,194	4,116	4,14

$$CV = \frac{T}{\bar{q}}$$

$$\bar{q} = 4,113$$

$$T = 0,1156$$

$$CV = \frac{0,1156}{4,113}$$

$$Cv = 0,028$$

#### 1.6 - Conclusão:

O coeficiente de variação de fabricação (CV) 0,04, o que classifica o gotejador testado de excelente qualidade.

O parâmetro  $x$  da equação do emissor  $q = KH^x$  foi igual a 0,46 o que classifica o gotejador de fluxo turbulento.

## 2 PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO COM MÚLTIPLOS ASPERSORES.

### DADOS BÁSICOS:

1 - ÁGUA Eficiência estimada através do quadro

2: 70%

Fonte: Rio

Quantidade: 50 l/s

Qualidade: C<sub>1</sub> S<sub>1</sub>

2 - SOLO

Profundidade (cm)	0-30	30-60	60-100
Textura	Franco-argiloso	Franco-argiloso	Franco-argiloso
Drenagem	Boa	Boa	Boa
Cc (%)	22	24	26
PnP (%)	11	13	14
Da (g/cm <sup>3</sup> )	1,38	1,36	1,34
Ib (mm/h)	12	-	-

3 - PLANTA

Cultura: capim elefante

Água a repor (y) = 40%

Altura da Planta: 2m

KC = 1,1

Prof. raízes: 1,0m

Espaçamento = 1m x Fileira contínua

4 - CLIMA

Continental seco quente

Velocidade do Vento = 6 km/hora

Evapotranspiração de referência (quadro 1) = 183mm\*

Precipitação Provável ao nível de 80% de Probabilidade e precipitação média (quadro 1).

---

\* Mês de maior demanda

5 - TOPOGRAFIA (Fig. 1 - croqui da área)

$$\text{Área} = 200 \times 200\text{m} = 40.000\text{m}^2$$

6 - INFORMAÇÕES GERAIS

Regime de Trabalho = 7 dias/semana

jornada de trabalho = 12 horas/dia

QUADRO 1 - Evapotranspiração de referência ETR, precipitação provável ao nível de 80% de probabilidade (Pp) e precipitação média (P).

MESES	ETR mm	Pp mm
Janeiro	174	1
Fevereiro	134	12
Março	118	15
Abril	114	15
Mai	109	8
Junho	108	5
Julho	121	1
Agosto	146	0
Setembro	159	0
Outubro	177	0
Novembro	174	0
Dezembro	183	0
TOTAL	1717	-
Pp anual mm	-	274
Prec. Média	-	498

QUADRO 2 - Eficiência de aplicação em % do sistema de irrigação por aspersão.

Manual de ANES (1952)

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO mm	E V A P O T R A N S P I R A Ç Ã O		
	5mm	5 a 7,5mm	7,5mm
	VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO		6,4 km/h
25	68	65	62
50	70	68	65
100	75	70	68
125	80	75	70
	VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO		6,4 a 16 km/h
25	65	62	60
50	68	65	62
100	70	68	65
125	75	70	68
	VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO		16 a 24 km/h
25	62	60	58
50	65	62	60
100	68	65	62
125	70	68	65

PROJETO AGRONÔMICO:

1 - SELEÇÃO E PROGRAMA DE CULTIVO:

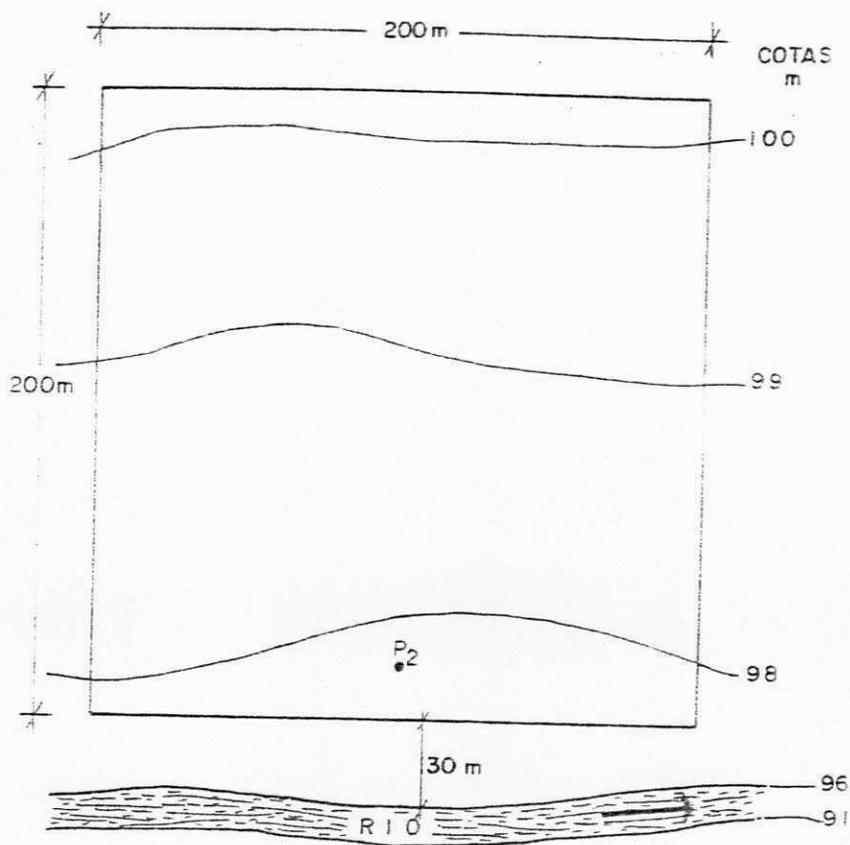
A cultura selecionada pelo agricultor foi a forrageira perene de corte, capim elefante.

2 - NECESSIDADE D'ÁGUA DO PROJETO:

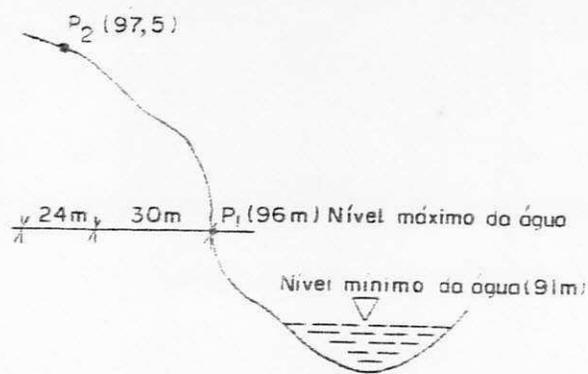
O cálculo foi feito com base na equação de hargreaves (hargreaves, 1974) ver Quadro 3.

QUADRO 3 - Necessidade d'água do Projeto em mm/mês e mm/dia (igual ao uso consuntivo por se tratar de uma única cultura).

MESES	EVAPOTRANSPIRAÇÃO	COEFICIENTE	USO CONSUNTIVO	
	DE REFERÊNCIA mm/mês	DO CULTIVO	mm/mês	mm/dia
Janeiro	174	1,1	191	6,2
Fevereiro	134	1,1	147	5,3
Março	118	1,1	130	4,2
Abril	114	1,1	125	4,2
Maiο	109	1,1	120	3,9
Junho	108	1,1	119	4,0
Julho	121	1,1	133	4,3
Agosto	146	1,1	161	5,2
Setembro	159	1,1	175	5,8
Outubro	177	1,1	195	6,3
Novembro	174	1,1	191	6,4
Dezembro	183	1,1	201	6,5



a) Croqui da área.



b) Perfil do recalque.

FIG. 1 - Informações topográficas.

### 3 - LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

#### 3.1 - Lâmina Inicial

##### 3.1.1 - Líquido ( $L_1$ )

$$L_1 = \frac{Cc - P_M \times Da \times P}{100} \quad (3.1)$$

onde:

$L_1$  = lâmina inicial líquida: mm

Cc = Capacidade de campo médio: 24%

$P_M$  = Ponto de murchamento Permanente: 13%

Da = densidade aparente média: 1,36 g/cm<sup>3</sup>

P = Profundidade efetiva das raízes: 1.000mm

Substituindo-se na equação 3.1, tem-se:

$$L_1 = \frac{24-13}{100} \times 1.36 \times 1.000 = 150\text{mm}$$

##### 3.1.2 - Bruta ( $L_{1.1}$ )

$$L_{1.1} = \frac{L_1}{E_f} \times 100 \quad (3.2)$$

onde:

$L_{1.1}$  = lâmina inicial bruta: mm

$L_1$  = lâmina inicial líquida: 150mm

Ef = eficiência de irrigação (Quadro 2) = 70%

Substituindo-se na equação 3.2, tem-se:

$$L_{1.1} = \frac{150}{70} \times 100 = 214 \text{ mm}$$

### 3.2 - Lâmina de Reposição:

#### 3.2.1 - Líquida ( $L_2$ ):

$$L_2 = L_1 \times \frac{y}{100} \quad (3.3)$$

onde:

$L_2$  = lâmina de reposição líquida: mm

$L_1$  = lâmina inicial líquida: 150mm

$y$  = água a repor: 40%

Substituindo-se na equação 3.3, tem-se:

$$L_2 = 150 \times \frac{40}{100} = 60 \text{ mm}$$

#### 3.2.2 - Bruta:

$$L_{2.1} = \frac{L_2}{E_f} \times 100 \quad (3.4)$$

onde:

$L_{2.1}$  = lâmina de reposição bruta: mm

$L_2$  = lâmina de reposição líquida: 60mm

$E_f$  = eficiência de irrigação (Quadro 2): 70%

Substituindo-se na equação 3.4, tem-se:

$$L_{2.1} = \frac{60}{70} \times 100 = 86 \text{ mm}$$

#### 3.2.3 - Lâmina de reposição bruta corrida.

$$L_{2.2} = L_{2.1} \times \frac{7}{DT} \quad (3.5)$$

onde:

$L_{2.2}$  = lâmina de reposição bruta corrigida: mm

$L_{2.1}$  = lâmina de reposição bruta: 86 mm

DT = dias de trabalho por semana: 7 dias

Substituindo-se na equação 3.5, tem-se:

$$L_{2.2} = 86 \times \frac{7}{7} = 86 \text{ mm}$$

#### 4 - BALANÇO HÍDRICO:

##### 4.1 - Metodologia

$(L_i + P_p + L_{ca}) - \bar{U}_c$	L.....	Excesso
$(L_i + P_p + L_{ca}) - \bar{U}_c$	0.....	Deficit (4.1)
$(L_i + P_p + L_{ca}) - \bar{U}_c$	L.....	Armazenamento
	0	ou Esgotamento

onde:

$L_i$  = armazenamento do solo no início do período: mm

$P_p$  = Precipitação Provável ao nível de 80% de probabilidade (ver quadro 1): mm

$L_{ca}$  = água de ascensão capilar (considerada igual a zero): mm

$\bar{U}_c$  = Uso consuntivo médio do Projeto (ver quadro 3): mm

L = armazenamento d'água no solo igual a lâmina de reposição líquida: mm

Substituindo-se na equação 4.1, e calculando-se mês a mês, tem-se o resultado apresentado no quadro 4.

QUADRO 4 - BALANÇO HÍDRICO

MESES	$\bar{U}_c$	Pp	EXCESSO	DEFICIT	ARMAZENA- MENTO	ESGOTAMEN- TO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Janeiro	191	1	-	190	-	-
Fevereiro	147	12	-	135	-	-
Março	130	15	-	115	-	-
Abril	125	15	-	110	-	-
Maiο	132	8	-	112	-	-
Junho	119	5	-	114	-	-
Julho	133	1	-	132	-	-
Agosto	161	0	-	161	-	-
Setembro	175	0	-	175	-	-
Outubro	195	0	-	195	-	-
Novembro	191	0	-	191	-	-
Dezembro	201	0	-	201	-	-
TOTAIS	1.900	-	-	1.843	-	-

5 - REQUERIMENTO DE IRRIGAÇÃO

5.1 - Requerimento Anual

a - Líquido

$$RA = \text{deficit mensal} \quad (5.1)$$

onde:

RA = quantidade líquida anual igual ao somatório dos  
deficites mensais, ver quadro 4: mm

$$RA = 1.843 \text{ mm}$$

b) Bruta

$$RAB = \frac{RA}{Ef} \times 100 \quad (5.2)$$

onde:

RAB = quantidade bruta anual: mm

RA = quantidade líquida anual: 1.843 mm

Ef = eficiência do sistema. Ver quadro 2: 70%

Substituindo-se na equação 5.2, tem-se:

$$RAB = \frac{1.843}{70} \times 100 = 2.633 \text{ mm}$$

#### 5.2 Requerimento de Irrigação Para o Mês de maior Demanda:

a - Líquido

Rm = deficit do mês mais crítico que é dezembro. Ver quadro 4.

$$Rm = 201 \text{ mm}$$

b - Bruto

$$RmB = \frac{L_1}{Ef} \times 100 \quad (5.2)$$

onde:

RmB = requerimento bruto do mês de maior demanda  
mm

RM = requerimento líquido do mês de maior demanda ,  
ver quadro 4: 201 mm

Substituindo na equação 5.3, tem-se:

$$RMB = \frac{201}{70} \times 100 = 287 \text{ mm}$$

## 6 - FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO

$$F = \frac{L_2}{U_c} \quad (6.1)$$

onde:

F = frequência de irrigação: dias

$L_2$  = lâmina de reposição líquida: 60 mm

$U_c$  = uso consuntivo diário para o mês de maior de  
manda: 6,5 mm

Substituindo-se na equação 6.1, tem-se:

$$F = \frac{60}{6,5} = 9 \text{ dias}$$

## 7 - TEMPO DE APLICAÇÃO

### 7.1 - Mínimo

$$T_{\min} = \frac{L_{2.2}}{I_b}$$

onde:

$T_{\min}$  = Tempo mínimo de aplicação: h

$L_{2.2}$  = lâmina de reposição bruta  
corrigida: 86 mm

$I_b$  = infiltração básica: 12 mm/h

Substituindo-se na equação 7.1, tem-se:

$$T_{\min} = \frac{86}{12} = 7,16 \text{ h}$$

### 7.2 - Máximo

$$T_{\max} = J \quad (7.2)$$

onde:

$I_{\max}$  = tempo máximo de aplicação: h

J = jornada diária de trabalho (ver dados básicos): 12 h.

Substituindo-se na equação 7.2, tem-se:

$$T_{\max} = 12 \text{ horas}$$

#### 8 - NÚMERO MÁXIMO DE MUDANÇAS

$$N_m = \frac{J}{T_{\min} + T_m} \quad (8.1)$$

onde:

$N_m$  = número máximo de mudanças por dia

J = jornada diária de trabalho: 12 h

$T_{\min}$  = tempo mínimo de aplicação: 7,16 h

$T_m$  = Tempo necessário para fazer a mudança da lateral: 1 h.

As empresas de Projeto de irrigação adotam a relação de 1 homem para cada 10 ha de área irrigada por aspersão em média. O tempo médio que um homem gasta para uma lateral de 108 mm com 6 aspersores é de 45 min, ou seja, 0,75 h.

Substituindo-se os valores acima na equação 8.1, tem-se:

$$N_m = \frac{12}{7,15 + 1} = 2$$

## PROJETO DE ENGENHARIA

### 1 - REGRAS GERAIS

#### 1.1 - Direção das Tubulações com relação a topografia.

- A tubulação principal deve ser colocada perpendicular a curva de nível.

- A tubulação lateral deve ser instalada em nível.

#### 1.2 - Direção da lateral com relação ao vento:

- A lateral deve ficar perpendicular ou em  $45^{\circ}$  com a direção do vento.

#### 1.3 - Variação de carga

- Principal: a variação de carga entre a primeira e a última posição, deve ser igual ou menor que 30 por cento da Pressão de serviço do aspersor.

- Lateral: a variação de carga nas tubulações, com aspersores deve ser igual ou menor que 20 por cento da pressão de serviço do aspersor.

1.4 - Número de laterais: para grandes áreas recomenda-se aumentar o número de laterais e diminuir o número de mudanças.

1.5 - Mudanças manual: deve evitar grandes caminhadas.

1.6 - Solo: observar as manchas de solo.

### 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS LATERAIS

#### 2.1 - Aspectos a considerar:

- Local da fonte d'água
- Tamanho e forma da área
- Regras gerais

## 2.2 - Definição:

Decidiu-se pela Principal no centro da área e perpendicular a curva de nível, e, a lateral em nível e em  $45^{\circ}$  com a direção do vento. Ver. Fig.2.

## 3 - SELEÇÃO DOS ASPERSORES

### 3.1 - Fatores de Seleção:

#### a - Precipitação do aspersor:

- Mínima: Função do clima. Ver tabela 2, item 2.2.

$$P_{\min} = 5 \text{ mm/h}$$

- Máxima: Função da infiltração básica do solo  
 $P_{\max} = 12 \text{ mm/h}$ , ou através da tabela 2, item 2.3, quando não se tem dados de infiltração básica.

#### b - Relação bico, pressão do aspersor:

Função da velocidade do vento. Ver tabela 2, item 2.1.

#### c - Espaçamento do aspersor:

Função da velocidade do vento. Ver tabela 2, item 2.4.

### 3.2 - Escolha do projeto:

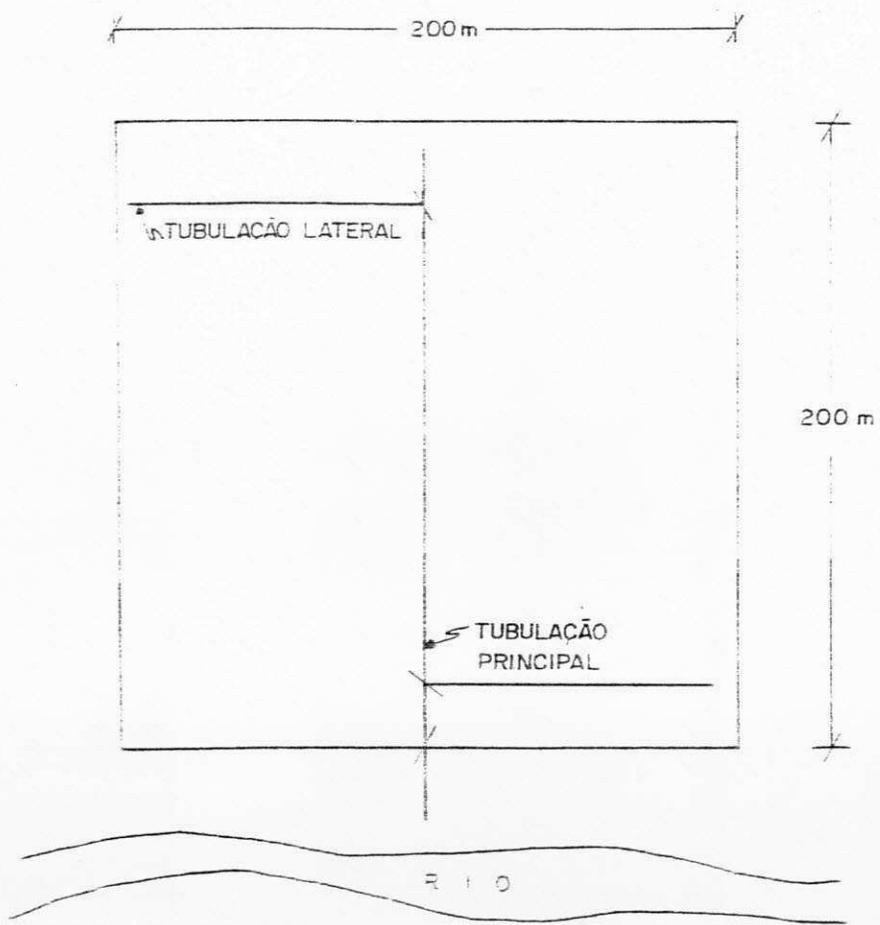


FIG. 2 - Distribuição das tubulações em campo.

De posse dos tipos de aspersores e suas características, ver tabela 3, procede-se a escolha do aspersor que atenda os parâmetros considerados na seleção: precipitação mínima e máxima, relação bico, pressão e espaçamento.

O aspersor selecionado para o projeto foi o ZED 30 da ASBRASIL que apresenta as seguintes características, tabela 1, ZED 30 é um aspersor de pressão média de acordo com a classificação apresentada na tabela 2, ítem 2.5.

TABELA 1 - Características do Aspersor ZED 30 Selecionado

Bocal	Ps	Dm	Vazão	Espaçamento	Área	Precipitação
mm	m	m	m <sup>3</sup> /h	m	molhada m <sup>2</sup>	mm/h
5 x 5,5	35	33,2	3,93	k8 x 24	432	9,10

a - Verificação do aspersor selecionado quanto ao espaçamento entre aspersor na lateral.

$$C_1 = \frac{F \times Dm}{100} \quad (3.1)$$

onde:

$C_1$  = espaçamento entre aspersores: m

F = fator função da velocidade do vento, (tabela 2)  
60%

Dm = diâmetro molhado pelo aspersor: 33,2 m

Substituindo-se na equação 3.1, tem-se:

$$C_1 = \frac{60 \times 33,2}{100} = 19,9 \text{ m}$$

A verificação feita, mostra que a distância entre aspersores na lateral pode ser de até 19.9m, demonstrando que o espaçamento adotado de 18m, garante um recobrimento superior ao exigido.

b - Verificação do aspersor quanto ao espaçamento entre laterais:

$$C_2 = \frac{F \times Dm}{100} \quad (3.1)$$

onde:

$C_2$  = espaçamento entre aspersores: m

F = fator da velocidade do vento (Tabela 2). No caso do exemplo, a lateral esta a  $45^\circ$  com a direção do vento e o F pode ser considerado igual a 65%.

Substituindo-se os valores acima na equação 3.1, tem-se:

$$C_2 = \frac{65 \times 33,2}{100} = 21,6 \text{ m}$$

O espaçamento adotado foi de 24m e o recomendado foi de 21,6m, verificando-se um déficit no recobrimento entre laterais de 2,4m que corresponde a 10%. Entretanto o recobrimento entre aspersores na lateral, excedeu 1,9m correspondendo a 10,5%, compensando o déficit de recobrimento entre laterais.

3.3 - Tempo de funcionamento por mudança:

a - Tempo necessário para aplicar a lâmina inicial.

$$T_i = \frac{L_{1.1}}{P} \quad (3.1)$$

TABELA 2 - Parâmetros usados na seleção de aspersores

2.1 - Relação ótima bico/pressão em função do vento

In	B I C O mm	Velocidade do Vento	
		0 - 3 km/h Pressão m	8 - 24 km/h Pressão m
5/32	4	25 - 35	
3/16	4,8	28 - 42	32 - 35
7/32	5,5	32 - 46	32 - 39
1/4	6,25	35 - 49	
5/32 x 1/8	4 x 3	25 - 32	
3/16 x 1/8	5 x 3	28 - 39	28 - 35
7/32 x 3/16	5,5 x 5	32 - 42	32 - 35
1/4 x 7/32	6,25 x 5	35 - 46	35 - 39
9/32 x 7/32	7 x 5,5	39 - 50	
3/16 x 7/32	8 x 5,5	39 - 53	
3/8 x 7/32	9,5 x 5,5	28 - 56	

2.2 - Precipitações mínimas em função do clima

Clima	Aplicação Mínima
Marítimo fresco	2,5 - 4 mm/hora
" quente	4 - 5 "
Continental seco brando	4 - 5 "
" " quente	5 - 7,6 "
Desértico fresco	7,6 - 12,7 "
" quente	12,7 - 19 "

2.3 - Precipitação máxima para cada tipo de solo

Solo	mm/hora
Leve	19 - 12,7
Médio	12,7 - 6,4
Pesado	6,4 - 2,6

2.4 - Espaçamento do Aspersor

Velocidade média do vento	% de diâmetro molhado
Calmo	65%
Até 6,5 km/hora	60%
6.5 a 12,7 km/hora	50%
> 12,7 "	30%

2.5 - Classificação dos aspersores em função da pressão

Baixa	5 - 20 m
Moderada média	20 - 35 "
Média	35 - 50 "
Alta	> 50 "

TABELA 3 - DADOS TÉCNICOS DO ASPERSOR ZED-30

Diâmetro dos bocais em mil.	Pressão de serviço em atm.	Alcance ou raio em mm.	Vazão em l/hora em m <sup>3</sup> .	Espacamento em mm.	Área Útil Irrigada em m <sup>2</sup> .	Precipitação por hora em mm.
4,5x4,8	2,0	14,0	2,33	12x18	316	10,70
	2,5	14,7	2,60	18x18	324	8,03
	3,0	15,6	2,84	18x18	324	8,76
4,5x5,5	2,0	15,5	2,31	12x18	276	12,55
	2,5	15,0	2,24	18x18	324	8,28
	3,0	16,0	2,32	8x18	324	10,25
5,0x5,5	2,5	16,0	2,32	18x18	324	10,25
	3,0	16,1	2,60	18x24	432	8,03
	3,5	16,6	2,93	3x24	432	8,03
	4,0	17,0	4,20	3x24	432	8,03
5,0x6,5	2,5	17,0	4,04	18x24	432	8,03
	3,0	17,6	4,42	18x24	432	8,03
	3,5	18,5	4,77	24x24	576	8,03
	4,0	19,2	5,11	24x24	576	8,03
5,0x7,5	2,5	17,0	4,86	18x24	432	11,50
	3,0	18,0	5,34	18x24	432	12,50
	3,5	19,2	5,76	24x24	576	10,00
	4,0	20,0	6,17	24x24	576	10,71
6,0x7,5	2,5	17,0	5,54	18x24	432	12,83
	3,0	17,7	6,06	18x24	432	14,04
	3,5	18,5	6,55	24x24	576	11,36
	4,0	19,0	7,00	24x24	576	12,14
5,0x8,5	3,0	18,0	7,11	18x24	432	16,48
	3,5	18,5	7,69	24x24	576	13,34
	4,0	19,0	8,21	24x24	576	14,25
	4,5	19,5	8,72	24x24	576	15,10
5,0x9,5	3,0	18,5	8,30	24x24	576	14,40
	3,5	19,0	8,98	24x24	576	15,58
	4,0	20,0	9,58	24x24	576	16,48
	4,5	21,5	10,10	24x30	720	14,08

DADOS TÉCNICOS DO ASPERSOR ZE-30

4,5	2,5	14,00	1,22	12x18	276	8,84
	3,0	14,25	1,33	15x18	324	8,15
	3,5	14,75	1,44	18x18	324	7,46
	4,0	15,25	1,54	18x18	324	6,77
5,0	2,5	14,50	1,50	18x18	324	4,60
	3,0	14,75	1,64	8x18	324	4,06
	3,5	15,00	1,77	8x18	324	3,48
	4,0	15,25	1,90	8x18	324	3,07
5,0	2,5	16,25	2,16	18x18	324	6,96
	3,0	16,50	2,36	18x24	432	6,46
	3,5	17,25	2,56	18x24	432	5,96
	4,0	17,75	2,75	18x24	432	5,46

onde:

$T_i$  = tempo necessário para aplicar a lâmina inicial  
bruta: h

$L_{1.1}$  = lâmina inicial bruta: 214 mm

$P$  = Precipitação do aspersor: 9,10 mm/h

Substituindo-se os valores acima na equação 3.1, tem

se:

$$T_i = \frac{214}{9,10} = 23,5 \text{ h} \quad \text{ou} \quad 23 \text{ h; } 30 \text{ min}$$

b - Tempo necessário para aplicar a lâmina de reposição bruta corrigida.

$$T_2 = \frac{L_{2.2}}{P} \quad (3.2)$$

onde:

$F_2$  = Tempo de funcionamento para aplicar a lâmina  
de reposição bruta corrigida: h

$L_{2.2}$  = lâmina de reposição bruta corrigida: 86 mm

$P$  = Precipitação do aspersor: 9.10 mm/h

Substituindo-se os valores acima na equação 3.2 ,

tem-se:

$$T = \frac{86}{9,10} = 9,45 \text{ h} \quad \text{ou} \quad 9 \text{ h; } 27 \text{ min}$$

#### 3.4 - Calendário Anual de Rega.

$$T = \frac{U_c \times F}{P} \times \frac{100}{E_f} \times \frac{7}{D_t} \quad (3.3)$$

onde:

T = Tempo de irrigação: h

Uc = uso consuntivo: mm/dia

F = Frequência de irrigação: 9 dias

Ef = Eficiência de irrigação: 70%

Dt = Dias de trabalho por semana: 7 dias

$$T = \frac{Uc \times 9}{9,1} \times \frac{100}{70} \times 7,7 = 1,41Uc \quad (3.4)$$

Calculando-se o tempo de irrigação para cada mês pela equação (3.4), tem-se os resultados no Quadro 5.

QUADRO 5: Calendário anual de rega

MÊS	UC mm/dia	TEMPO DE IRRIGAÇÃO		TEMPO TOTAL DE BOMBEAMENTO MENSAL (h)
		h	h:min	
Janeiro	6,16	8,68	8:41	225,7
Fevereiro	5,07	7,14	7:08	185,6
Março	4,19	5,91	5:55	153,7
Abril	4,17	5,87	5:52	152,6
Maio	4,26	6,00	6:00	156,0
Junho	3,97	5,59	5:36	145,3
Julho	4,29	6,05	6:03	157,3
Agosto	5,19	7,32	7:19	190,3
Setembro	5,80	8,23	8:14	214,0
Outubro	6,29	8,87	8:52	230,6
Novembro	6,37	8,98	8:59	233,5
Dezembro	6,48	9,14	9:08	237,6

#### 4 - MANEJO DO SISTEMA

##### 4.1 - Número de mudanças por dia:

$$Nm = \frac{J}{Ff + Tm}$$

onde:

Nm = número de mudanças por dia

J = jornada de trabalho: 24 h.

Tf = Tempo de funcionamento para aplicar a lâmina de reposição bruta corrigida: 9,45 h.

Tm = Tempo necessário para fazer a mudança da lateral: 1 h (Ver item 8 do projeto agrônômico).

Substituindo-se os valores acima na equação 4.1 ,

tem-se:

$$Nm = \frac{24}{9,45 + 1} = 1,15$$

O valor do Nm foi aproximado para 1.

##### 4.2 - Área irrigada por mudança:

$$Am = \frac{A}{F \times Nm} \quad (4.2)$$

onde:

Am = área irrigada por mudança: m<sup>2</sup>

A = área total a ser irrigada: 40.000m<sup>2</sup>

F = frequência de irrigação: 9 dias

Nm = número de mudanças por dia: 1

Substituindo-se os valores acima na equação 4.2 ,

tem-se:

$$Am = \frac{40.000}{9 \times 1} = 4.444,4m^2$$

#### 4.3 - Número de aspersores:

a - Número mínimo função da área a irrigar.

$$Na_1 = \frac{Am}{a} \quad (4.3)$$

onde:

$Na_1$  = número mínimo de aspersores

$Am$  = área irrigada por mudança:  $4.444m^2$

$a$  = área irrigada por aspersor:  $432m^2$

Substituindo-se os valores acima na equação 4.3 ,

tem-se:

$$Na_1 = \frac{4.444}{432} = 10,28$$

b - Número máximo função da vazão disponível.

$$Na_2 = \frac{Qd}{q} \quad (4.4)$$

onde:

$Na_2$  = número máximo de aspersores

$Qd$  = vazão disponível: 50 l/s

$q$  = vazão do aspersor: 1,1 l/s

Substituindo-se os valores acima na equação 4.4 ,

tem-se:

$$Na_2 = \frac{50}{1,1} = 45,5$$

c - Número de aspersores adotados.

O número de aspersores deve ser maior ou igual ao número mínimo calculado, igual ou menor que o número máximo, e igual

ou múltiplo do número de aspersores que cabe ao longo de cada lateral que nesse exemplo mede 100m, ver figura 2.

$$Na_3 = \frac{CL}{C_1}$$

onde:

$Na_3$  = número de aspersor função do comprimento de cada lateral

$CL$  = comprimento de cada lateral

$C_1$  = espaçamento do aspersor na lateral: 18m

Substituindo-se os valores acima na equação 4.5 ,

tem-se:

$$Na_3 = \frac{100}{18} = 5,6$$

O número de aspersor adotado foi 12.

#### 4.4 - Comprimento das Laterais:

$$C = Na \times C_1 \quad (4.6)$$

onde:

$C$  = comprimento das laterais: m

$Na$  = número de aspersores:

$C_1$  = espaçamento de aspersores: 18m

Substituindo-se os valores acima na equação 4.6 ,

tem-se:

$$C = 12 \times 18 = 216m$$

#### 4.5 - Número de laterais:

$$N_L = \frac{C}{C_L} \quad (4.7)$$

onde:

$N_L$  = número de laterais

$C$  = comprimento das laterais: 216m

$C_L$  = comprimento de cada lateral: 100m

Substituindo-se os valores acima na equação 4.7 ,

tem-se:

$$N_L = \frac{216}{100} = 2$$

4.6 - Área irrigada por lateral:

$$AIL = \frac{N_a \cdot a}{N_L} \quad (4.8)$$

onde:

$AIL$  = área irrigada por lateral: m

$N_a$  = número total de aspersores ( $N_{a_3} \times N_L$ ): 12

$a$  = área irrigada por aspersor: 432 m<sup>2</sup>

$N_L$  = número de laterais: 2

$N_{a_3}$  = número de aspersores por lateral: 6

Substituindo-se os valores acima na equação 4.5 ,

tem-se:

$$AIL = \frac{12}{2} \times 432 = 2.592m^2$$

5 - DIMENSIONAMENTO DAS LATERAIS:

5.1 - Dados:

- Declividade (S): 0%

- Aspersores

$N_{a_3}$  = número de aspersores: 6

$q$  = vazão do aspersor: 3,93 m<sup>3</sup>/ha

PS = Pressão de serviço: 35m

- Lateral : Fig. 3 e 4

CL = comprimento: 102m (109-6)

qL = vazão: m<sup>3</sup>/h

qL = Na x q

qL = Na x q = 6 x 3,93 = 23,58 m<sup>3</sup>/h

F = Fator de correção função do número de aspersores na lateral, ver tabela 4: 0,433

V = velocidade máxima admissível: 2,5 m/s

hfa = perdas admissíveis: m

$$hfa = 0,2Ps = 0,2 \times 35 = 7m$$

5.2 - Seleção de diâmetro (Aço zincado "Perrot"), método por tentativa: ver quadro 5.

5.3 - Redução de diâmetro:

5.3.1 - Metodologia (Ver Fig. 6)

$$hf = hf_1 (Q_1; \varnothing_1; L) - hf_2 (Q_2; \varnothing_2; L_2) + hf_3 (Q_2; \varnothing_2; L_2) \quad (5.1)$$

onde:

hf = perda de carga ao longo da lateral

hf<sub>1</sub> (Q<sub>1</sub>; ϕ<sub>1</sub>; L) = perda de carga ao longo da lateral função da vazão, comprimento total e maior diâmetro.

hf<sub>2</sub> (Q<sub>2</sub>; ϕ<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>) = perda de carga no trecho onde o

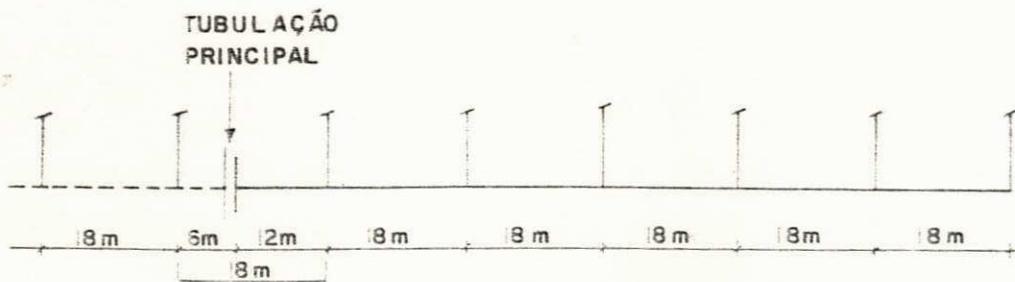


FIG. 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS ASPERSORES NA LATERAL

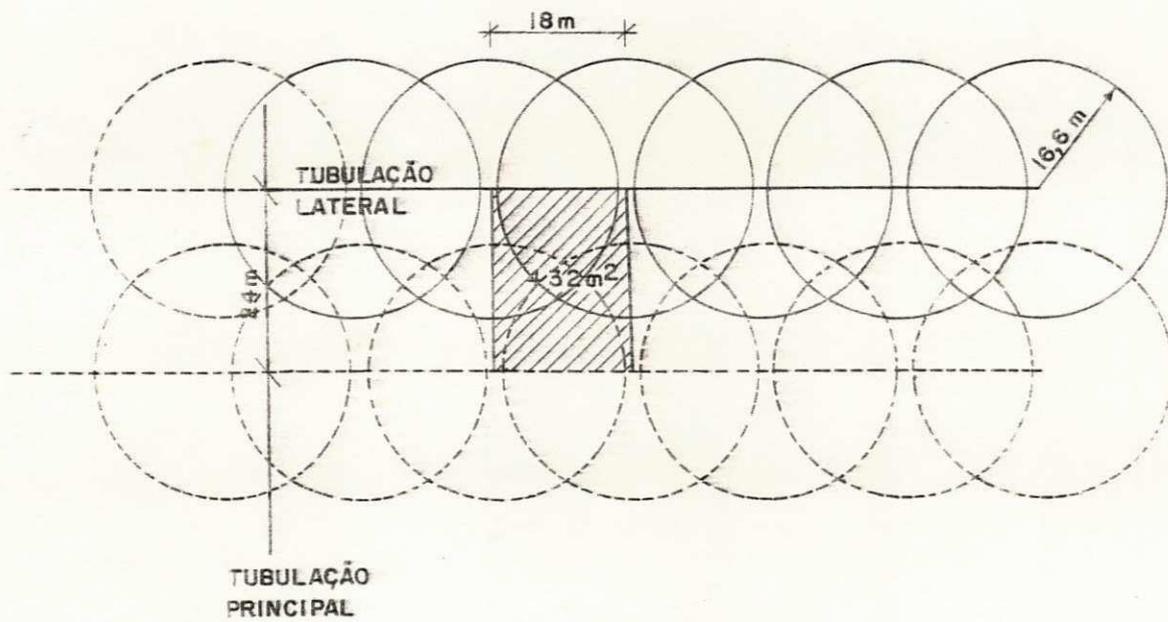


FIG. 4 - RECOBRIMENTO DOS ASPERSORES AO LONGO DA LATERAL E ENTRE LATERAIS

TABELA 4 - Valores de F em função do número de aspersores  
(Fórmula de Scobey)

Nº DE ASPERSORES	F	Nº DE ASPERSORES	F
1	1,000	19	0,372
2	0,634	20	0,370
3	0,528	21	0,369
4	0,480	22	0,368
5	0,451	23	0,367
6	0,433	24	0,366
7	0,419	25	0,365
8	0,410	26	0,364
9	0,402	27	0,364
10	0,396	28	0,363
11	0,392	29	0,363
12	0,388	30	0,362
13	0,384	35	0,359
14	0,381	40	0,357
15	0,379	50	0,355
16	0,377	100	0,350
17	0,375	> 100	0,345
18	0,373		

TABELA 5 - Seleção de diâmetro de lateral por tentativa

TENTATIVA	$\phi$ mm	L m	Q m <sup>3</sup> / h	V m/s	J m/100m	F -	hf m	O B S
1ª	50	102	23,58	>2,5	-	0,433	-	V > 2,5 m/s
2ª	70	102	23,58	2,0	5,0	0,433	2,20	hf = 2,2 << hf <sub>a</sub> = 7m
3ª*	70	102	23,58	2,0	5,0	0,433	2,20	Redução do diâmetro 70 mm para 50 mm hf = 3,94 << hf <sub>a</sub> = 7 m (ver item 5.3)
	70	54	11,79	1,0	1,5	0,528	0,42	
	50	54	11,79	1,5	7,5	0,528	2,14	
4ª*	70	102	23,58	2,0	5,0	0,433	2,20	hf = 5,5 < hf <sub>a</sub> = 7m (Ver item 5.3)
	70	72	15,72	1,2	2,2	0,480	1,06	
	50	72	15,72	2,4	12,5	0,480	4,32	

Onde:

$\phi$  = diâmetro do tubo

L = comprimento da lateral

Q = vazão da lateral

V = velocidade da água no tubo

J = Perda de carga m/100 m (Fig. 5)

f = fator de correção função do número de aspersores

Tabela 4

hf = perda de carga ao longo da lateral

$$hf_l = F \times J \times \frac{L}{100}$$

$\Delta h$  = desnível do terreno

- Positivo quando a direção do fluxo está em aclave.

- Negativo quando a direção do fluxo está em declive.

\*Ver redução de diâmetro item 5.2.4

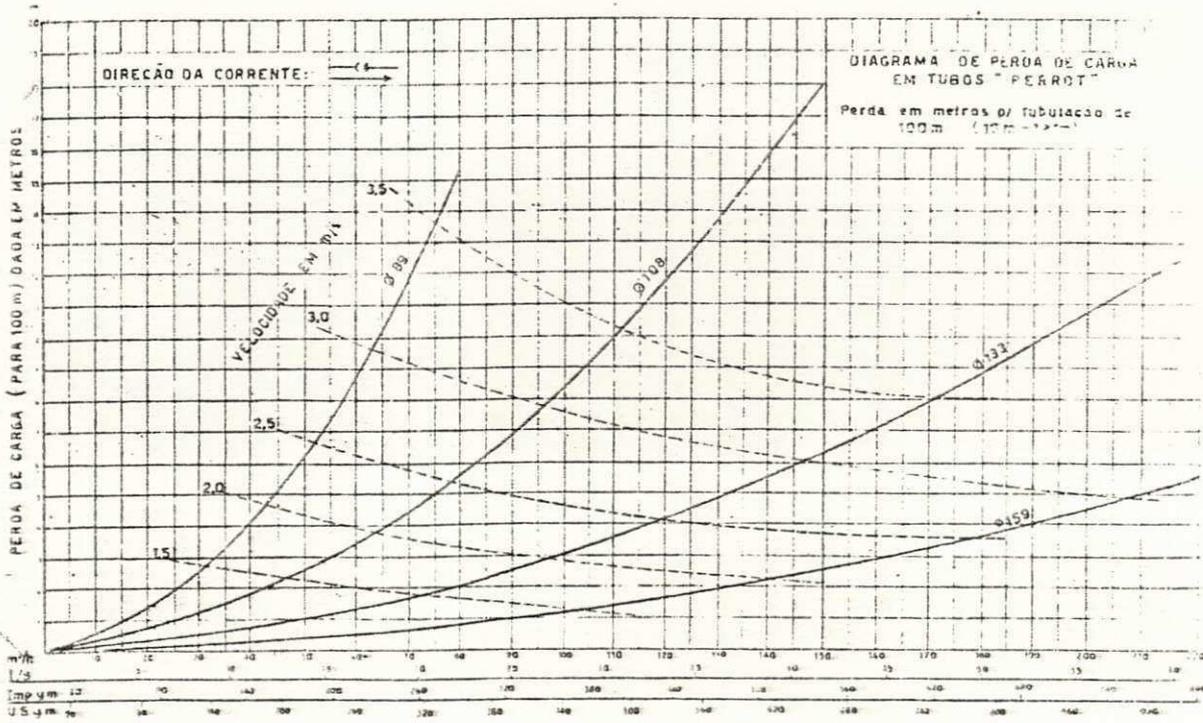
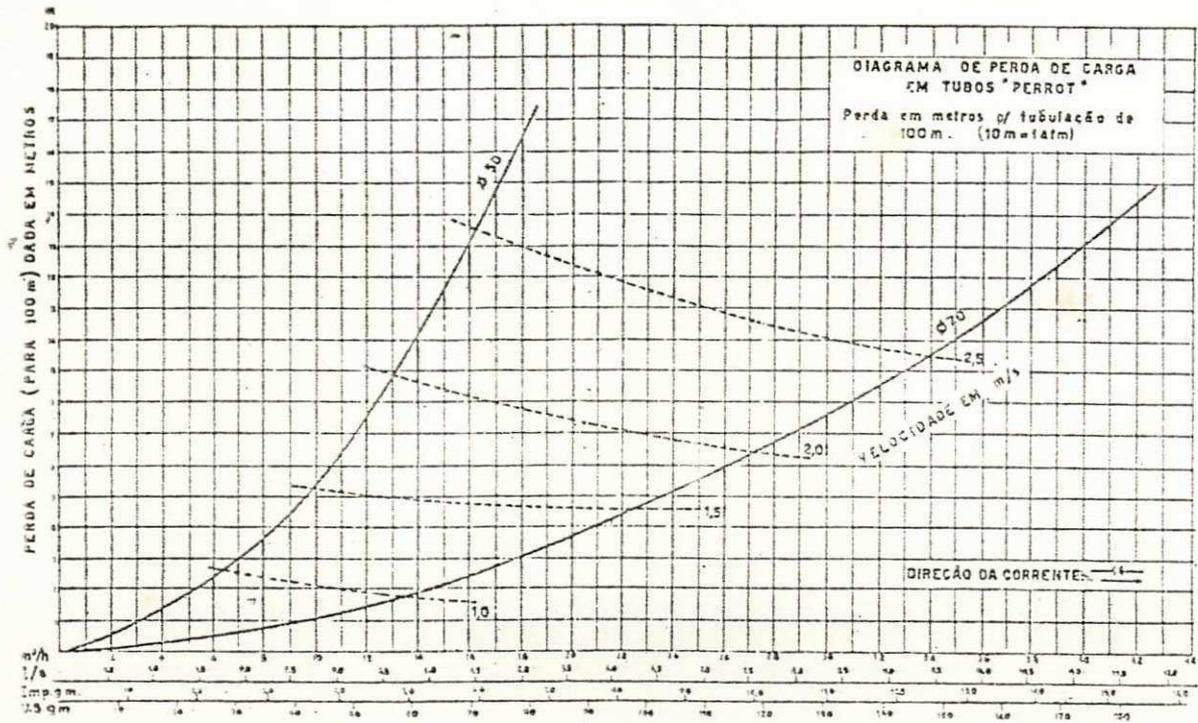
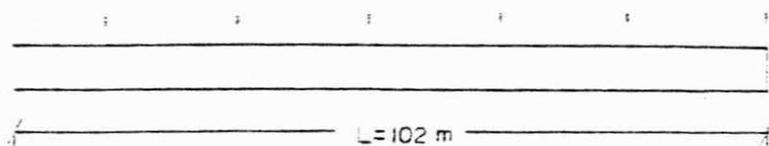
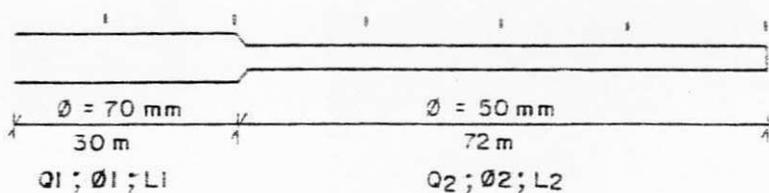


FIGURA 5 - ÁBACO DE PERDA DE CARGA DE TUBOS DE AÇO ZINCADO MARCA PERROT



a) Alternativas 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>: sem redução de diâmetro.



b) Alternativas 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>: com redução de diâmetro .

FIG. 6 - Distribuição dos diâmetros na tubulação lateral.  $Q$  = vazão;  $\varnothing$  = diâmetro do tubo; e  $L$  = comprimento do tubo; (a) e (b) alternativas estudadas.

diâmetro foi reduzido, função da vazão no início do trecho reduzido, diâmetro maior e comprimento do trecho.

$Hf_3 (Q_2; \varnothing_2; L_2)$  = perda de carga no trecho onde o diâmetro foi reduzido, função do vazão no início do trecho reduzido, diâmetro menor e comprimento do trecho.

Aplicando-se a metodologia ver tabela 5, tem-se os seguintes resultados:

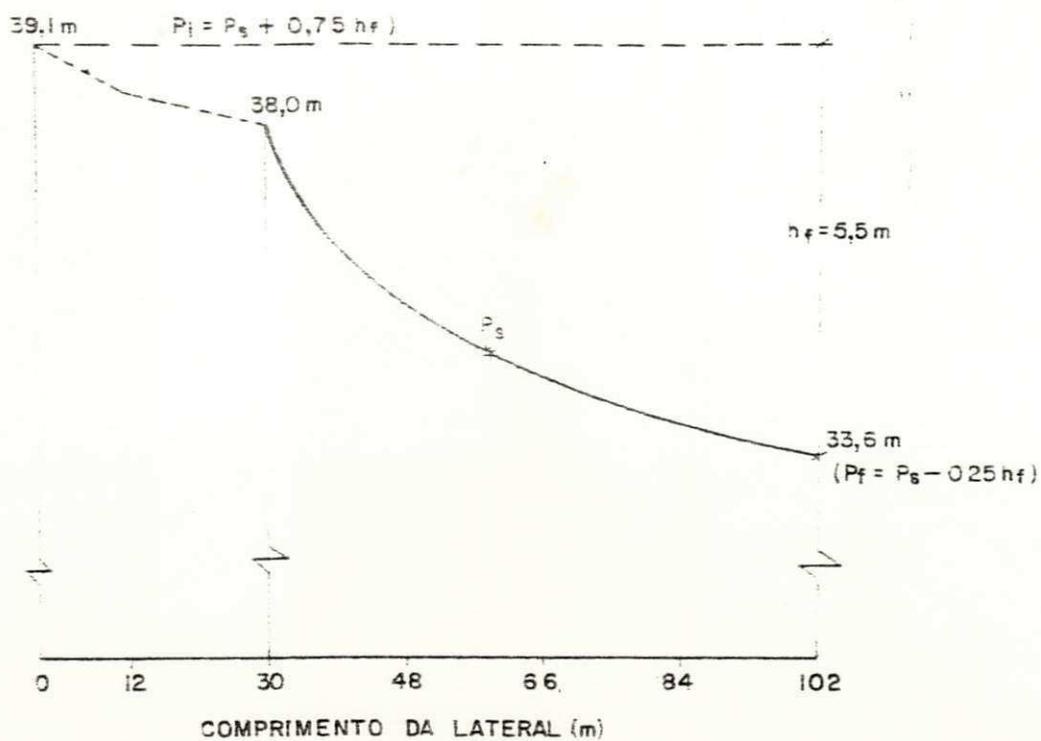
S O L U Ç Ã O	TENTATIVAS	
	3 <sup>a</sup> *	4 <sup>a</sup>
$hf = (Q_1 = 23,58m^3/h; \varnothing_1 = 70mm; L = 102m)$	2,2m	2,2m
$hf_2 = (Q_2 = 15,72m^3/h; \varnothing_1 = 70mm; L_2 = 72m)$	0,42m	1,06m
$hf_3 = (Q_2 = 15,72m^3/h; \varnothing_2 = 50mm; L_2 = 72m)$	2,14m	4,32m
$hf = hf_1 - hf_2 + hf_3$	3,94m	5,5m

\*  $Q_2 = 11,79m^3/h$  e  $hf_2$  e  $L_2 = 54m$

### 5.3.2 - Diâmetros selecionados:

Adotou-se então a 4<sup>a</sup> tentativa por se aproximar, mais do valor de perda de carga admissível e pela impossibilidade de se aumentar o comprimento do trecho com diâmetro reduzido por exceder a velocidade admissível de 2,5m/s.

### 5.4 - Distribuição de carga na lateral. Fig. 7.



$P_i$  = PRESSÃO NO INICIO DA LATERAL  
 $P_f$  = " " " FINAL " "  
 $P_s$  = PRESSÃO DE SERVIÇO  
 $h$  = PERDA DE CARGA AO LONGO DA LATERAL

FIG. 7 - DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO AO LONGO DA LATERAL

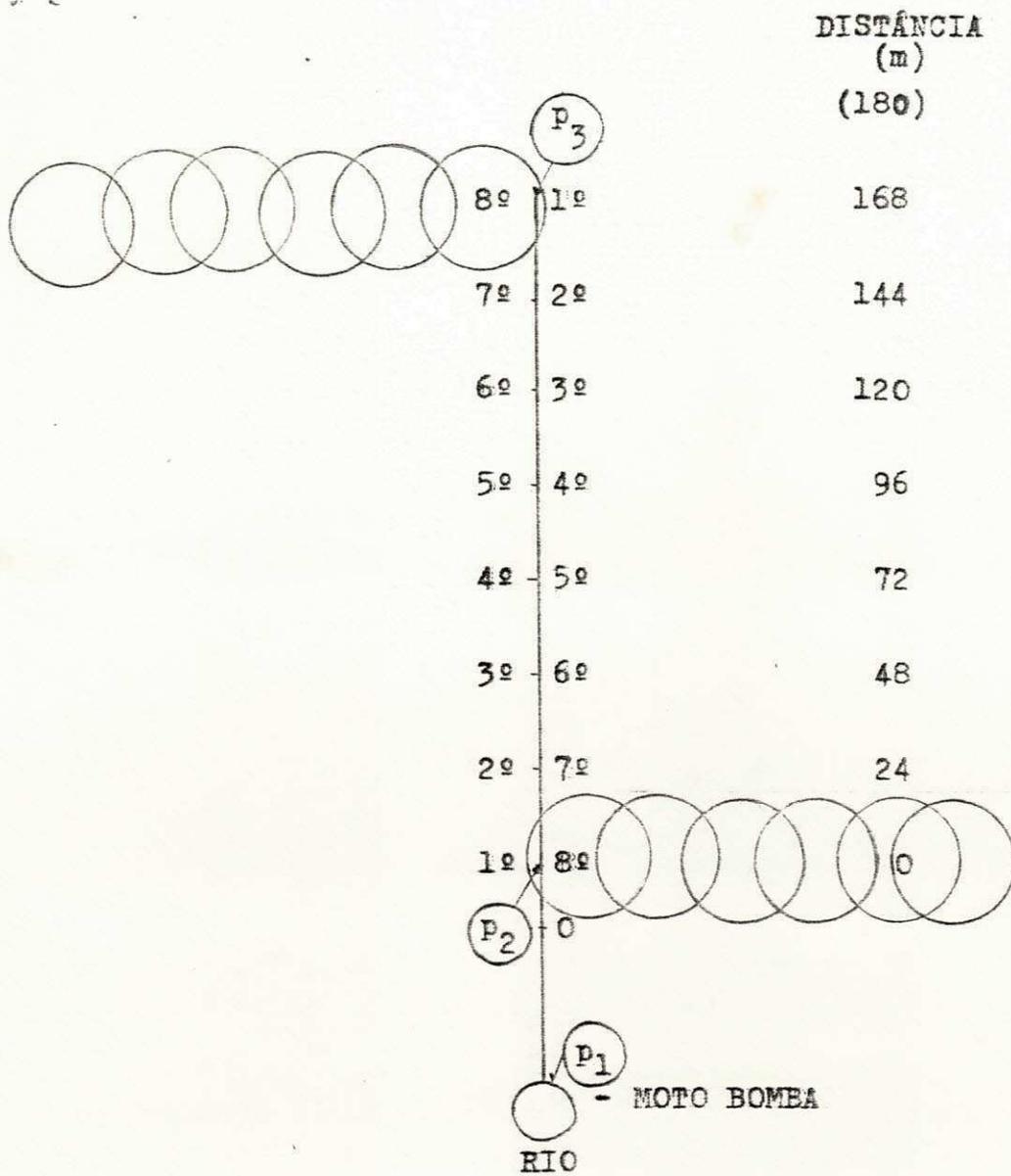


FIG. 8 - LOCALIZAÇÃO DAS LATERAIS AO LONGO DA PRINCIPAL

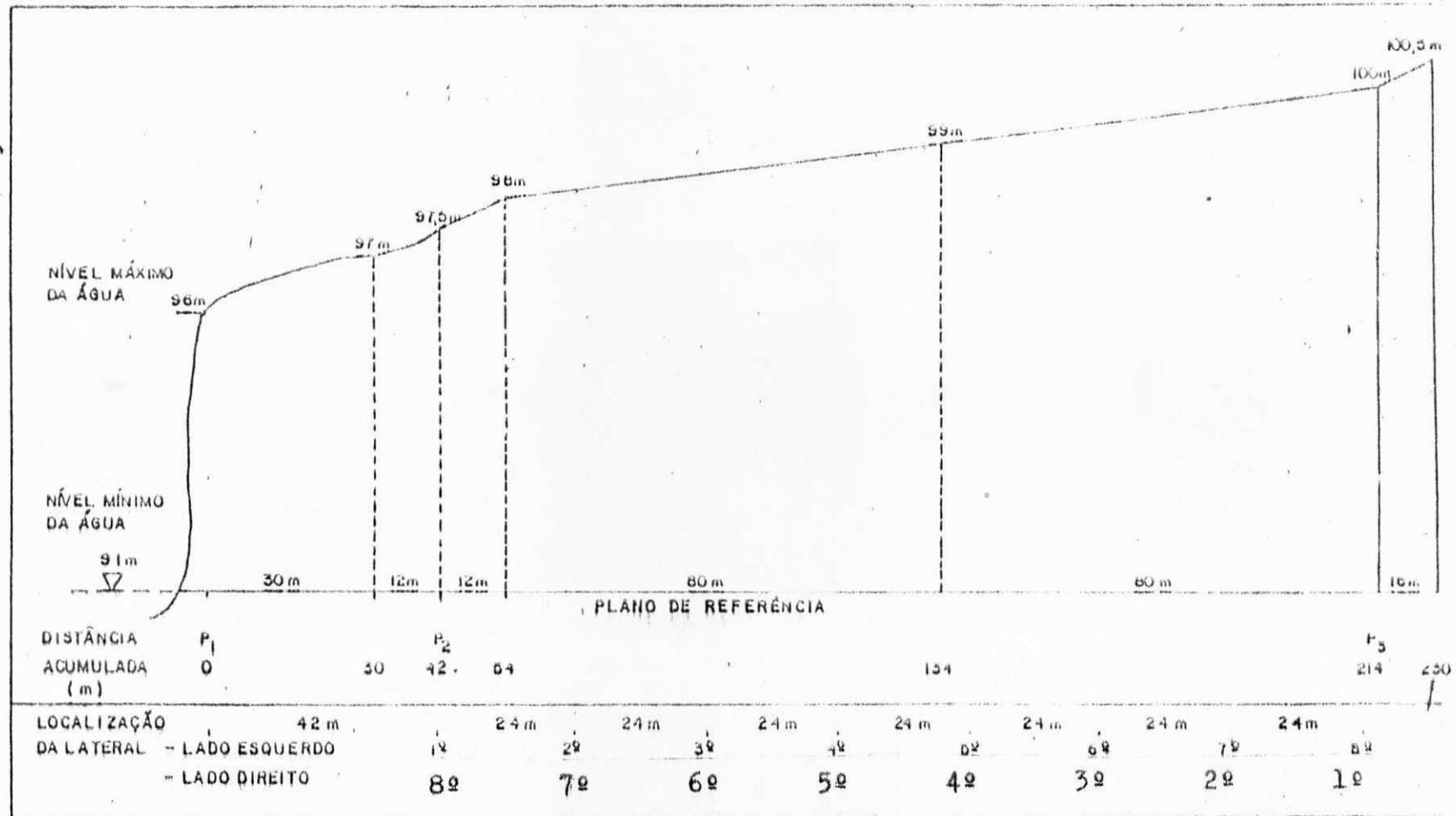


Fig. 9 - Perfil do terreno ao longo da principal e localização das posições ocupadas pela lateral, sendo P<sub>1</sub> o local de saída da bomba, P<sub>2</sub> o início da principal (primeira tomada para lateral) e P<sub>3</sub> final da principal (última tomada para lateral).

5.4.1 - Pressão no início da lateral:

$$P_i = P_s + 0,75 h_f \quad (5.2)$$

onde:

$P_i$  = pressão no início da lateral:

$P_s$  = pressão de serviço do aspersor: 35m

$h_f$  = perda de carga ao longo da lateral:

5,5m (ver Ítem 5.3).

Substituindo-se os valores acima na equação 5.2 ,

tem-se:

$$P_i = 35 + 0,75 \times 5,5 = 39,12\text{m}$$

5.4.2 - Pressão no final:

$$P_f = P_s - 0,25 h_f \quad (5.3)$$

onde:

$P_f$  = pressão no final da lateral: m

$P_s = h_{f_1}$ , Ver 5.3.1.

Substituindo-se os valores acima na equação 5.3 ,

tem-se:

$$P_f = 35 - 0,25 \times 5,5 = 33,6\text{m}$$

5.4.3 - Pressão no início do trecho reduzido:

$$P_r = P_i - h_f (L_1) \quad (5.4)$$

onde:

$P_r$  = pressão no início do trecho reduzido: m

$P_i$  = pressão no início da lateral: 39,12m

$h_f (L_1)$  = perda de carga no trecho que antecede o

diâmetro reduzido, ver Fig. 6 e tabela 5:2,2 -  
1,06 = 1,14.

Substituindo-se os valores acima na equação 5.4 ,  
tem - se:

$$Pr = 39,1 - 1,1 = 38m$$

## 6 - TUBULAÇÃO PRINCIPAL E ADUTORA:

### 6.1 - Dados:

a - Vazão (Q)

$$Q = N_L \times qL \quad (6.1)$$

onde:

Q = vazão da principal

$N_L$  = número de laterais: 2

$qL$  = vazão da lateral:  $23,58m^3/h$

Substituindo-se os valores acima na equação 6.1 ,  
tem-se:

$$Q = 2 \times 23,58 = 47,16m^3/h$$

b - comprimento (Fig.8) = 1,68m

c - Desnível do terreno (  $H = P_3 - P_2$  ), ver Fig. 9 = 2,5m

d - Perda de carga admissível ( $h_{fa}$ )

- Para valores de  $H$  (desnível do terreno) pequeno, muito menor que 0,30s, não se faz necessário o uso de reguladores de pressão. A variação de pressão admissível (  $P$  ) é igual a 0,3Ps e a perda de carga admissível é calculada da seguinte maneira:

$$h_{fa} = P - H \quad (6.2)$$

onde:

$h_{fa}$  = perda de carga admissível: m

$P$  = variação de pressão admissível ao longo da principal, entre a primeira e a última saída de laterais, ver figuras 8 e 9, Pontos  $P_2$  e  $P_3$  respectivamente:

$$P = 0,3P_s = 0,3 \times 35 = 10,5\text{m}$$

$H$  = desnível do terreno: 2,5m

Substituindo-se os valores acima na equação 6.2 ,

tem-se:

$$h_{fa} = 10,5 - 2,5 = 8\text{m}$$

- Para valores de  $H$ , próximos ou superiores a  $0,3P_s$ , torna-se necessário o uso de reguladores de pressão nas saídas das laterais e a perda de carga admissível fica igual ou superior a variação da pressão admissível ( $0,3P_s$ ). Nesse caso a variação de carga provocada pelo desnível e pelas perdas por atrito, são controladas por reguladores de pressão, instalados no início de cada lateral; para garantirem uma pressão igual em todos os ramos. A seleção do diâmetro passa a ser função da velocidade máxima admissível de 2,5 m/s.

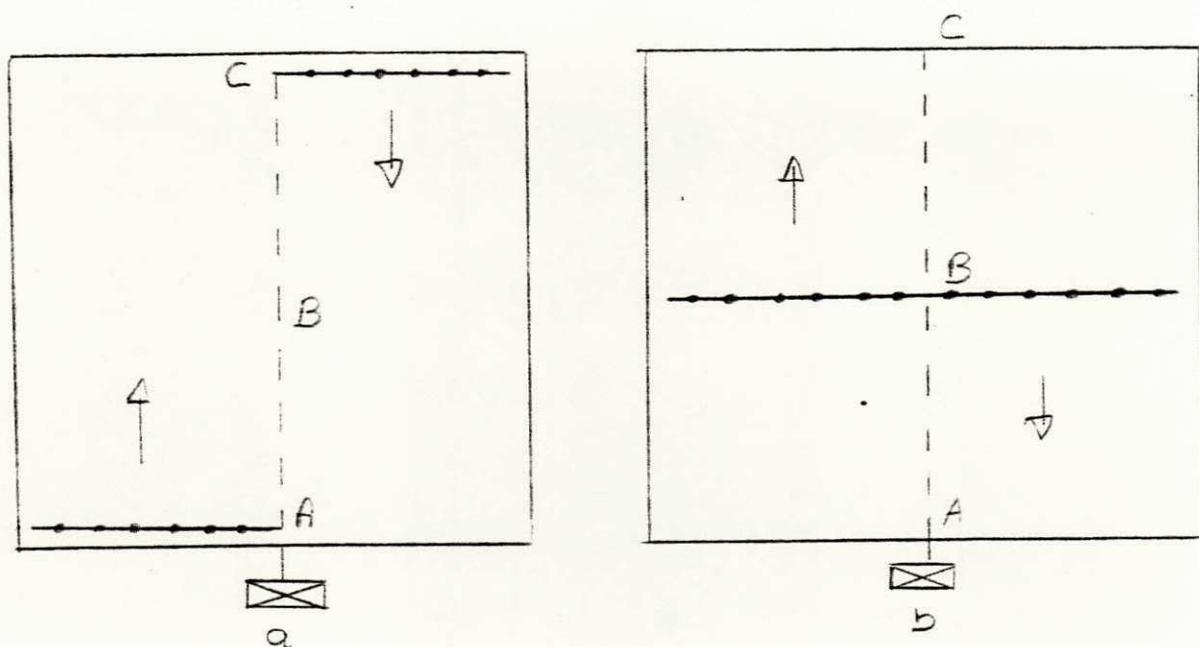
## 6.2 - Seleção do diâmetro:

Dimensionamento com duas laterais rotativas em torno da linha principal.

Neste projeto, quando as duas linhas laterais estive

rem no ponto B (Fig. ), a linha principal terá que conduzir a vazão das duas laterais ( $2qL$ ) até o ponto B, e não haverá fluxo além do ponto B. No trecho B-C, a vazão nunca excederá a vazão de uma lateral e quando uma lateral estiver no ponto c, a outra estará no ponto A (Fig. ) e a vazão em toda principal será a de uma lateral apenas.

Determinação do diâmetro que, conduzindo a vazão das duas laterais ( $2qL$ ) no trecho A-B ( $L_1$ ), causará uma perda de carga igual ou um pouco maior do que a perda de carga por atrito permitida em toda linha principal ( $hf_1$ ).



6.2.1 - Quando as duas laterais estiverem no ponto B

$$L_1 = 16812 = 84m$$

$$hf_1 = 8m$$

onde:

$L_1$  = metade do comprimento da linha principal em m.

$hf_1$  = perda de carga permitida ao longo da linha principal em m.

Perda de carga média, no trecho  $L_1$ :

$$\frac{8}{84} = 0,0952 \text{ m/m}$$

$$\text{Vazão} = 2qL = 47,16 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$d_1 = 89 \text{ mm}$$

$$hfd_1 = 0,058 \text{ m/m}$$

$$X_1 = L_1 = 84 \text{ m}$$

$hfd_1$  = perda de carga no diâmetro  $d_1$  com vazão  $2aL$ , em m/m.

$X_1$  = Trecho do comprimento  $L_1$ , com diâmetro ( $d_1$ ). Portanto no trecho  $L_1$ , devem-se usar 84m (14 tubos) com 89mm de diâmetro.

6.2.2 - Quando as duas linhas laterais estiverem nas extremidades da linha principal, pontos A e C.

$$L_2 = L_1 = 84 \text{ m}$$

$$\text{Vazão} = 1qL = 23,58 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$hf_2 = hf_1 - E_2 = 8 - 1,25 = 6,75 \text{ m}$$

A perda de carga médio no trecho  $L_2$ , com vazão  $23,58 \text{ m}^3/\text{h}$  será:

$$\frac{6,74 - 0,05 \times 84}{84} = 0,03 \text{ m/m}$$

$$d_2 = 70 \text{ mm}$$

$$hfd_2 = 0,05 \text{ mm}$$

Portanto no trecho  $L_2$ , devem-se usar 84m (14 tubos) com 70mm de diâmetro.

### 6.3 - Seleção do diâmetro da adutora.

Adutora	$\varnothing$ mm	Comp. m	J m/100m	hf m
1 $\varnothing$	89	42	1,8	0,8

Portanto na adutora devem-se usar 42m (7 tubos) com 89mm de diâmetro.

### 6.4 - Distribuição de carga ao longo da principal. Fig. 10.

## 7 - DIMENSIONAMENTO DO MOTOBOMBA:

### 7.1 - Dados:

$$Q = \text{vazão do sistema: } 47,16\text{m}^3/\text{h}$$

$$H_m = \text{altura manométrica (Fig. 10)}$$

$$H_m = (P_i + H_{fP} + H_a + H + H_S) \cdot 1,05$$

onde:

$$P_i = \text{pressão no início da lateral: } 39,1\text{m}$$

$$H_{fP} = \text{perda de carga na tubulação adutora mais principal: } 0,8 + 7,8 = 8,6\text{m}$$

$$H_a = \text{altura do aspersor: } 2\text{m}$$

$$H = \text{desnível do terreno: } 10-96 = 4\text{m}$$

$$H_S = \text{altura de sucção: } 96-91 = 5\text{m}$$

Substituindo-se os valores acima na equação 7.1 ,

tem-se:

$$H_m = (39,1 + 8,6 + 2 + 4 + 5) \times 1,05 = 61,6\text{m}$$

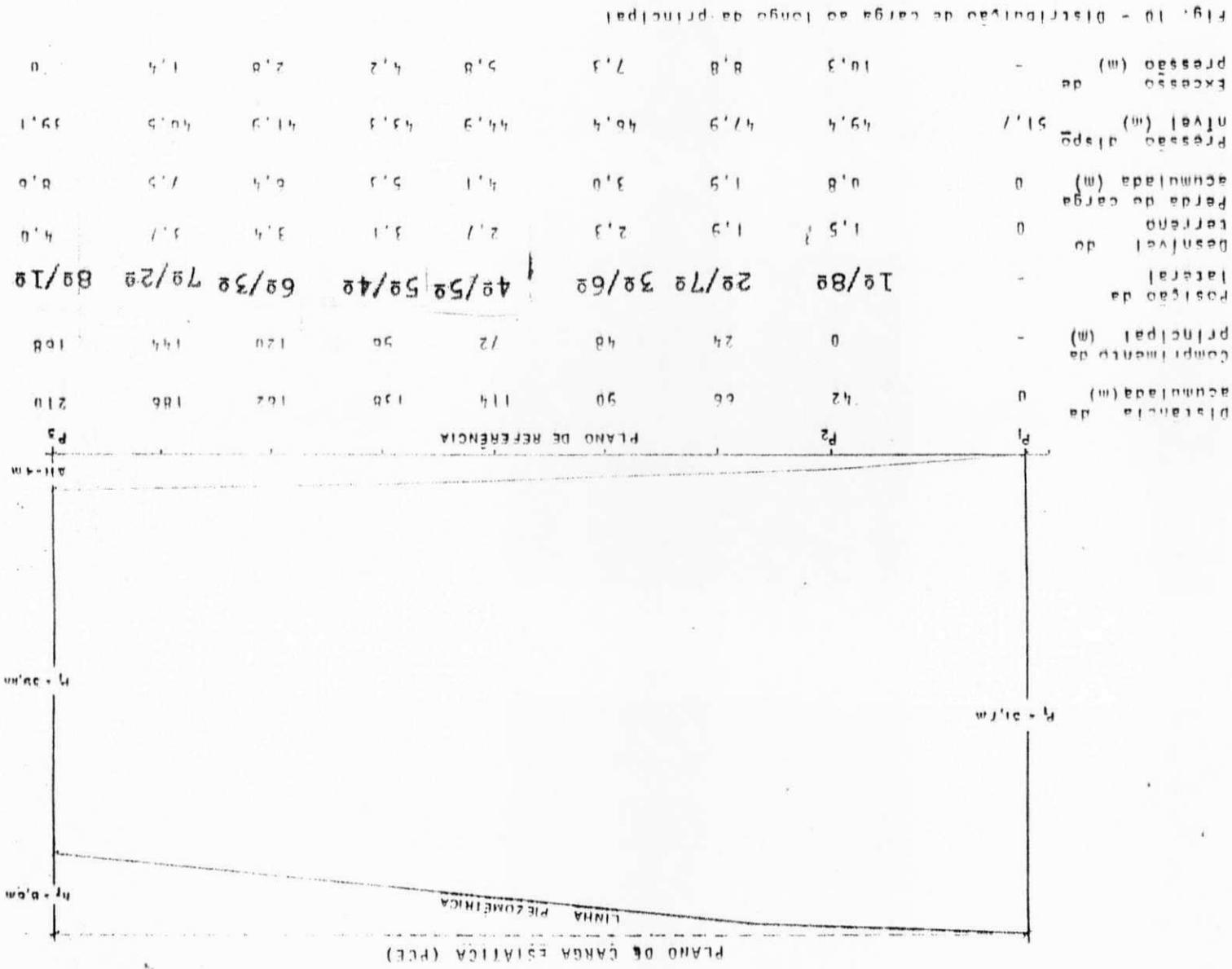


Fig. 10 - Distribuição de carga ao longo da principal

## 7.2 - Seleção da bomba em função do mercado.

Bomba KSB ETANORM 40-200

RPM = 3.500

Rotor = 192 mm

Potência = 17 HP

Rendimento: 64%

## 7.3 - Motor:

Potência = 1,2 x 17 = 20 HP

Rotação = 3.500

## 8 - ÁREA TOTAL IRRIGADA:

$$AI = AIL \times NPL \times NL \quad (8.1)$$

onde:

AI = área total irrigada: m<sup>2</sup>

AIL = área irrigada por lateral: 2,592m<sup>2</sup>

NPL = número de posições ocupadas por lateral: 8

NL = número de laterais: 2

Substituindo-se os valores acima na equação 8.1 ,

tem-se:

$$AI = 2.592 \times 8 \times 2 = 41.472\text{m}^2$$

9 - RELAÇÃO DE MATERIAL

Nº de Ordem	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.
01	Conjunto motobomba elétrico com chave de ligação, para vazão de 48m <sup>3</sup> /h e altura manométrica 61,6m.	-	1
02	Tubulação de sucção completa 89m x 5m (c/válvulas de pê).	-	1
03	Curva de saída da bomba 90° 89mm com roscas e luvas de enchimento com bujão para escovar a bomba.	-	1
04	Ligação de pressão completa 89mm com registro, engate rápido fêmea R2. 112 F 89mm.	-	1
05	Curva dupla para a ligação da bomba a linha mestra com altura de 0,9m e engate n 89 x F 89mm.	-	1
06	Tubos linha mestra, principal e lateral em aço zincado:		
	89 mm	m	126
	70 mm	m	144
	50 mm	m	144
07	Derivação com nível de rosca de 2 1/2, um engate macho e um fêmea tipo		

Nº de Ordem	DISCRIMINAÇÃO	UNID:	QUANT.
	TDN		
	MF 89,, x 2 1 1/2"	-	4
	70 mm x 2 1/2"	-	4
08	Válvula de derivação com rosca interna UDR 2 1/2"	-	8
09	Tampões finais: 70mm	-	2
	50mm	-	2
10	Cotovelo de derivação c/ chave para válvu- la UDR, Tipo CDC de 2 1/2" x F 70mm.	-	2
11	Aspersor Tipo ZED-30, Bocal 5,5 x 5	-	12
12	Tubo de saída para as- persor com engate rá- pido, para válvula Tipo ERVA, de 1" x 2m com Tripé.	-	12
13	Engate rápido com vâl- vula automática de 1", Tipo ERVA para aspersores.	-	12
14	Brocadeira com pé de suporte e rosca inter- na tipo BBSR para en- gate rápido com vâl- vula tipo ERVA, nas di- mensões:		
	1" x 70mm	-	4
	1" x 50mm	-	8



BIBLIOGRAFIA:

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 1987. 4a. edição, Viçosa, UFV.

OLITTA, A. F. L. Os métodos de irrigação. 1987. 1a. edição, Nobel  
São Paulo.

PNI. Curso de elaboração de projetos de irrigação.  
1986 - Fundação CTH - Brasília.

AZEVEDO, H. N. Irrigação por Aspersão. Universidade Federal da Paraíba - Campus II - Campina Grande - PB.

DAKER, A. Irrigação e drenagem, A água na agricultura, 1984. 3ª. V.  
6a. edição, Freitas Bastos S/A. Rio de Janeiro.

TIBAU, A. O. Técnicas modernas de Irrigação, 1977.  
2a. edição. Nobel - São Paulo.