

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

**RELATÓRIO  
ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

**“PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO E  
GOTEJAMENTO PARA AS CULTURAS DA BANANA(*Musa sapientum*) E  
MANGA(*Mangifera indica*) NO MUNICÍPIO DE PETROLINA - PE”**

**ESTAGIÁRIA: Renata da Silva Mota**

**ORIENTADOR: Hamilton Medeiros de Azevedo**

**Campina Grande**

**1997**

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

"PROJETOS DE IRRIGAÇÃO TIPO MICROASPERSÃO/GOTEJAMENTO DAS  
CULTURAS DA BANANA(*Musa sapientum*)/MANGA(*Mangifera indica*)  
DESENVOLVIDOS NO MUNICÍPIO DE PETROLINA - PE

Renata da Silva Mota

Relatório apresentado ao curso de  
graduação de Engenharia Agrícola da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento as exigência da  
disciplina Estágio Supervisionado.

Área de Concentração: Engenharia de Água e Solo.

Campina Grande - PB  
1997

Renata da Silva Mota

BANCA EXAMINADORA

APROVADO EM 14/02/97



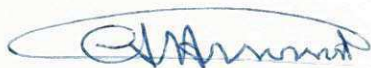
---

Hamilton Medeiros de Azevedo - M.Sc.  
Universidade Federal da Paraíba - Campus II



---

José Dantas Neto - Doutor  
Universidade Federal da Paraíba - Campus II



---

Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Doutor  
Universidade Federal da Paraíba - Campus II



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

Aos homens do campo que com seu suor e dedicação nos alimentam todos os dias.

Em especial, àqueles que acreditam na irrigação como opção e que com ela trabalham respeitando a natureza, DEDICO.

Se seus esforços forem vistos com indiferença não desanime, também o sol ao nascer dá um espetáculo todo especial e mesmo assim a maioria da platéia continua dormindo.

A Deus, por estar sempre presente nas nossas vidas, e a todos aqueles que colaboraram para o meu crescimento como ser humano e como profissional.

Ao meu filho Pedro por fazer parte da minha vida.

Ao Professor Hamilton Medeiros de Azevedo e ao Engenheiro Agrônomo Francisco Fernandes da Costa - Diretor da DSF \_ Irrigação do Vale Ltda. -, pelos ensinamentos e atenção para comigo durante o tempo que estivemos juntos neste trabalho, AGRADEÇO.

## SUMÁRIO

	pág.
LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	II
LISTA DE QUADROS	III
LISTA DE SÍMBOLOS	IV
<b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....	1
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	3
2.1 Descrição da Sequência .....	3
2.2 Dados Básicos .....	4
2.2.1 Identificação e Localização da Propriedade .....	4
2.2.2 Estudo do Solo .....	4
2.2.3 Recursos Hídricos .....	4
2.2.4 Clima .....	4
2.2.5 Cultura .....	5
2.3 Planejamento Agronômico da Irrigação .....	5
2.3.1 Seleção das Culturas.....	5
2.3.2 Plano de Exploração .....	5
2.3.3 Necessidade de Água de Irrigação .....	6
2.3.4 Parâmetros para Manejo de Irrigação .....	6
2.3.5 Quantidades de Água Armazenadas no Solo .....	6
2.4 Dimensionamento do Sistema .....	7
2.4.1 Considerações .....	7
2.4.2 Outras Informações .....	7
2.4.3 Cálculo do Número de Emissores .....	7



2.4.4 Cálculo do Percentual de Área Molhada .....	8
2.4.5 Cálculo da Vazão Média do Projeto .....	10
2.4.6 Dimensionamento das Linhas Porta-emissores.....	13
2.4.7 Dimensionamento das Linhas Ramais .....	14
2.4.7.1 Utilização do ábaco para dimensionamento das linhas ramais .....	15
2.4.7.2 Procedimento para redução de diâmetro .....	16
2.4.7.3 Procedimento para utilização do aplicativo para determinação das linhas ramais.	17
2.4.8 Dimensionamento das Linhas Principais, de Distribuição e da Linha Adutora .....	20
2.4.9 Dimensionamento da Bomba de Sucção .....	21
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>23</b>
3.1 Dados Climáticos .....	23
3.2 Necessidade de Água de Irrigação .....	23
3.3 Parâmetros para Manejo de Irrigação .....	25
3.4 Orçamento do Projeto .....	26
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>5 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>30</b>
<b>6 ANEXOS .....</b>	<b>31</b>
6.1 Anexo 1: Valores do PM segundo Keller e Karmeli .....	32
6.2 Anexo 2: Catálogo de válvulas .....	33
6.3 Anexo 3 : Tabela de especificação do microaspersor .....	34
6.4 Anexo 4 : Tabela de especificação do gotejador .....	35
6.5 Anexo 5 : Ábaco para cálculo de perda de carga .....	36
6.6 Anexo 6 : Catálogo da bomba .....	37
6.7 Anexo 7 : Ficha de dados técnicos .....	38
6.8 Anexo 8 : Memória de cálculo .....	40
6.9 Anexo 9 : Planta do projeto .....	41

**LISTA DE FIGURAS**

	pág.
FIGURA 01 - Área reduzida de implantação do projeto .....	2
FIGURA 02 : Ilustração de área para cálculo do número de emissores .....	8
FIGURA 03 - Disposição dos emissores em relação à cultura da banana .....	9
FIGURA 04 - Disposição dos emissores em relação à cultura da manga .....	10
FIGURA 05 - Pressão de serviço e perda de carga localizada na linha ramal .....	14
FIGURA 06 - Método de Christianssen para redução de diâmetro .....	16
FIGURA 07 - Procedimento para redução de diâmetro das linhas ramais .....	16
FIGURA 08 - Área para exemplo de utilização de planilha de cálculo .....	18

**LISTA DE TABELAS**

	pág.
TABELA 01 - Características das culturas .....	5
TABELA 02 - Informações adicionais .....	7
TABELA 03 - Indicação do comprimento máximo que deve ser adotado para as linhas porta-emissores .....	13
TABELA 04 - Exemplo de utilização da planilha de cálculo para áreas irregulares ..	20
TABELA 05 - Dados da ETP e PE, segundo Hargreaves ( 1974 ) .....	23

**LISTA DE QUADROS**

	pág.
QUADRO 01 - Plano de exploração da cultura irrigada .....	5
QUADRO 02 - Quantidades de água armazenadas nos solos .....	6
QUADRO 03 - Resumo informativo sobre a banana .....	13
QUADRO 04 - Resumo informativo sobre a manga .....	14
QUADRO 05 - Necessidades d'água para irrigação da banana .....	24
QUADRO 06 - Necessidades d'água para irrigação da manga .....	24
QUADRO 07 - Parâmetros para manejo de irrigação da cultura da banana .....	25
QUADRO 08 - Parâmetros para manejo de irrigação da cultura da manga .....	25
QUADRO 09 - Demonstrativo do valor do projeto .....	26
QUADRO 10 - Levantamento de material da estação de bombeamento .....	27
QUADRO 11 - Levantamento de material do sistema de irrigação por microaspersão: banana - 23,06 ha .....	27
QUADRO 12 - Levantamento de material do sistema de irrigação por gotejamento: manga - 19,82 ha .....	28

**LISTA DE SÍMBOLOS**

- PV - Podzólico vermelho amarelo  
Lvd - Latossolo vermelho amarelo  
PE2 - Podzólico vermelho amarelo eutrófico  
Dm - demanda mensal ( $m^3/ha/mês$ )  
Qu - vazão unitária ( $l/s/ha$ )  
Nil - necessidade de irrigação líquida diária ( $mm/dia$ )  
Ll - lâmina líquida ( $mm$ )  
Lv - lâmina de lixiviação ( $mm$ )  
Lb - lâmina bruta ( $mm$ )  
T - tempo de aplicação da lâmina d'água ( $h$ )  
Nu - número de unidades de rega  
Hmt - altura manométrica total ( $mca$ )  
PE DN 16mm - tubo de polietileno de diâmetro nominal de 16mm  
h - horas de trabalho diário  
d - número de dias de trabalho por mês  
n - número de emissores por hectare  
q - vazão do emissor ( $l/h$ )  
J - perda de carga unitária ( $m/100m$ )  
Hbm - horas de bombeamento mensal ( $h$ )  
Nu - número de unidades de rega  
Vm - volume d'água bombeado por mês ( $m^3$ )  
Kw - consumo mensal de energia ( $Kw$ )  
CD - consumo mensal de óleo combustível (litros)

## 1 APRESENTAÇÃO

A agricultura de sequeiro em regiões com baixo índice pluviométrico eleva os riscos de uma baixa produção e coloca o produtor rural em situações desfavoráveis em relação àqueles que produzem com irrigação, ou os que produzem em locais mais favorecidos por recursos d'água naturais. Por isto, a irrigação total ou parcial tem sido cada vez mais, alvo de uso por parte dos produtores agrícolas.

A irrigação localizada representa atualmente a forma mais eficaz de aplicação de água ao solo em regiões de clima árido como o Nordeste brasileiro. Os sistemas de microaspersão e gotejamento, em particular, apresentam eficiência em torno de 90 e 95% desde que aplicados de maneira correta e com manejo adequado.

O dimensionamento do sistema deve respeitar os aspectos agrônômico e de engenharia de irrigação e drenagem otimizando o conjunto água/solo/planta, visando a obtenção de níveis de produtividade que maximizem os lucros e minimizem os custos.

Este relatório apresenta o conteúdo de elaboração de um projeto de irrigação desenvolvido na DSF - Irrigação do Vale Ltda. - no município de Petrolina - PE, onde foi realizado parte deste estágio sob orientação do Engenheiro Francisco Fernandes da Costa. O projeto base deste estágio consistiu da irrigação localizada das culturas da banana - irrigada por microaspersão - e da manga irrigada por gotejamento.

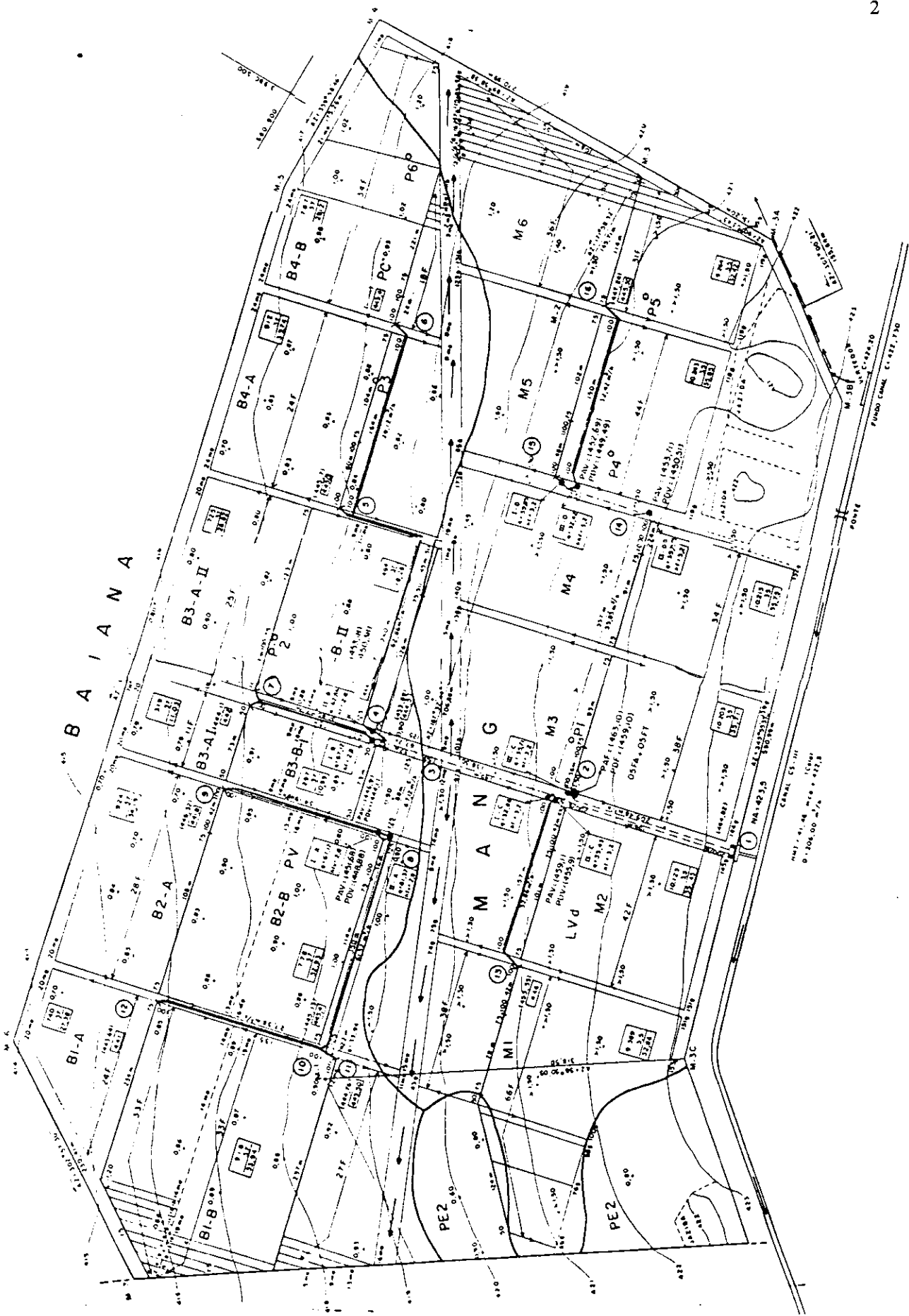


FIGURA 01 - Área reduzida de implantação do projeto

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Descrição da Seqüência**

A elaboração de um projeto de irrigação passa inicialmente pela escolha da(s) cultura(s) , onde diversos fatores devem ser observados: solos, disponibilidade d'água, clima e mercado consumidor. Para este projeto escolheu-se as culturas da manga (para exportação) e da banana, cujas variedades são a Tommy Hadem e a Pacovã respectivamente. Aos dois anos e meio após o plantio a manga será submetida a um stress hídrico para que ocorra a floração mais cedo devendo a primeira colheita da manga ocorrer aos três anos após seu plantio. A produção da banana deverá, portanto, pagar os custos iniciais do projeto uma vez que produzirá a partir do primeiro ano após o plantio. A sua área poderá ser futuramente substituída pela cultura da manga.

Uma vez escolhida a cultura, partiu-se para um estudo topográfico e um estudo pedológico da área de implantação do projeto. Os estudos pedológicos são solicitados pela DSF para áreas iguais ou superiores a 10ha, podendo este parâmetro variar de empresa para empresa. De posse destes estudos, avaliou-se o melhor local de implantação para cada cultura selecionada, bem como as suas localizações dentro da área.

A escolha dos emissores a serem utilizados respeitou principalmente a área molhada exigida por cada cultura.

O projeto em questão situa-se na expansão do Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho (PISNC), à margem direita do Canal CS 111, altura do Km 25, em Petrolina-PE.



## **2.2 Dados Básicos**

### **2.2.1 Identificação e Localização da Propriedade**

Proprietário : Rio Verde Agropecuária LTDA.  
Propriedade : Fazenda Rio Verde ( Lote E 6 - 01 )  
Local : Expansão do PISNC ( Km 25 )  
Município : Petrolina - PE.

### **2.2.2 Estudo do Solo**

Realizou-se na propriedade um estudo pedológico e topográfico para determinação da melhor área para cada cultura. Três manchas de solo ( PV, LVd, PE2 ) foram encontradas na propriedade, sendo as duas primeiras agricultáveis. A disposição das culturas na área foi feita em função das características edafológicas da área.

Os estudos planialtimétricos executados foram representados em escala 1:2000, com curvas de nível eqüidistantes em 1,0 m, conforme revela a planta do projeto no Anexo 9.

### **2.2.3 Recursos Hídricos**

A propriedade está inserida no perímetro irrigado do Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho (PISNC), que é abastecido pelo Rio São Francisco cuja água não apresenta características restritivas sob os aspectos qualitativos para seu uso na irrigação. A vazão disponível na tomada de água é da ordem de 206m<sup>3</sup>/h e a pressão disponível de 60mca.

### **2.2.4 Clima**

As características climáticas da área são apresentados na Tabela 5 (item 3.1).

## 2.2.5 Cultura

Os dados referentes a cultura são apresentados na Tabela 1 (item 2.3.1).

## 2.3 Planejamento Agronômico da Irrigação

### 2.3.1 Seleção das culturas

O planejamento agronômico consiste basicamente na seleção da(s) cultura(s) e no cálculo das necessidades d'água do projeto. Para este projeto foram escolhidas as culturas da manga e da banana pelos motivos já expostos no item 2.1 deste relatório. Apresentamos na Tabela 1 algumas características destas duas culturas necessárias a elaboração do projeto.

TABELA 1 - Características das culturas.

Características	Banana	Manga
Espaçamento (mxm)	5x2x2,5	7x5
Profundidade efetiva das raízes (m)	1,00	1,50
Coefficiente de cultivo (Kc)	0,90	0,75
% de área molhada (%)	>35	25-35
Água utilizável (y)(%)	20	15
Ciclo	permanente	permanente

### 2.3.2 Plano de Exploração

A referida propriedade será explorada o ano inteiro, conforme o Quadro 01.

QUADRO 01 - Plano de exploração da cultura irrigada.

Cultura	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Banana	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Manga	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

O nível de ocupação com as culturas irrigadas ocorrerá a nível de 100% o ano inteiro nas áreas de banana e manga.

### 2.3.3 Necessidade de Água de Irrigação

As necessidades d'água do projeto são apresentadas nos Quadros 04 e 05 (item 3.2). Seus resultados foram obtidos a partir das equações descritas na memória de cálculo (Anexo 8).

### 2.3.4 Parâmetros para Manejo de Irrigação

Os parâmetros para manejo de irrigação são apresentados nos Quadros 06 e 07 (item 3.3). Seus resultados foram obtidos a partir das equações descritas na memória de cálculo (Anexo 8). Foram levados em consideração a quantidade de emissores calculados no item 2.4.3 apresentados na seqüência.

### 2.3.5 Quantidades de Água Armazenadas nos Solos (AD) Considerando-se até 20% (para microaspersão) e 15% (para gotejamento) das suas Capacidades Totais.

QUADRO 02 - Quantidades de água armazenadas nos solos.

Cultura e Unidade do Solo	M (cm)	CC (%)	PMP (%)	Dap (g/cm <sup>3</sup> )	Y ---	Eh (mm)	AD (mm)
BANANA PV Perfil 1	0-20	5,60	3,00	1,39	0,20	200	1,45
	20-50	7,80	3,00	1,43	0,20	300	4,12
	50-100	12,90	4,70	1,42	0,20	500	11,65
Capacidade de armazenamento do solo até 100 cm							17,22
MANGA LVd Perfil 2	0-20	8,10	3,40	1,49	0,15	200	2,10
	20-40	11,80	5,70	1,43	0,15	200	2,62
	40-84	13,90	6,80	1,53	0,15	440	7,17
	84-150	15,40	9,00	1,40	0,15	660	8,87
Capacidade de armazenamento do solo até 150 cm							20,76

- Onde:
- M = Profundidade do solo (cm);
  - CC = Capacidade de campo (%);
  - PMP = Ponto de murcha permanente (%);
  - Dap = Densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>);
  - Y = Água de reposição;
  - Eh = Espessura da camada (mm);
  - AD = Água disponível (mm).

## 2.4 Dimensionamento do Sistema

### 2.4.1 Considerações

O dimensionamento do sistema consiste no cálculo dos parâmetros hidráulicos a serem adotados no projeto para o funcionamento adequado do mesmo. A escolha dos emissores utilizados no projeto devem satisfazer as necessidades em termos de área molhada da cultura, além de fornecer pequenas vazões que é uma das principais características da irrigação localizada.

### 2.4.2 Outras Informações

Apresentamos na Tabela 2 informações adicionais para elaboração do projeto.

TABELA 2 - Informações adicionais.

Especificação	Banana	Manga
Eficiência de irrigação	90%	95%
N <sup>o</sup> de dias de trabalho no mês	26	<b>26</b>
Horas de trabalho por dia	18	18
Área a irrigar (ha)	23,06	19,82
Energia	elétrica	elétrica

### 2.4.3 Cálculo do número de emissores

Faz-se o cálculo para uma área de 1 ha (ver figura 02) , da seguinte forma:

- a) divide-se um lado da área pelo espaçamento adotado entre laterais (linha porta - emissores);
- b) divide-se o outro lado pelo espaçamento entre emissores;
- c) multiplica-se então o primeiro valor (n<sup>o</sup> de laterais/ha) pelo segundo valor (n<sup>o</sup> de emissores/lateral);
- d) no sistema de irrigação por gotejamento adota-se uma folga de 3% devido a mangueira com os emissores in-line (adotada para o projeto) não ficar totalmente estirada.

De acordo com o espaçamento das culturas apresentados no item 2.3.1 e com a seqüência acima descrita, temos que:

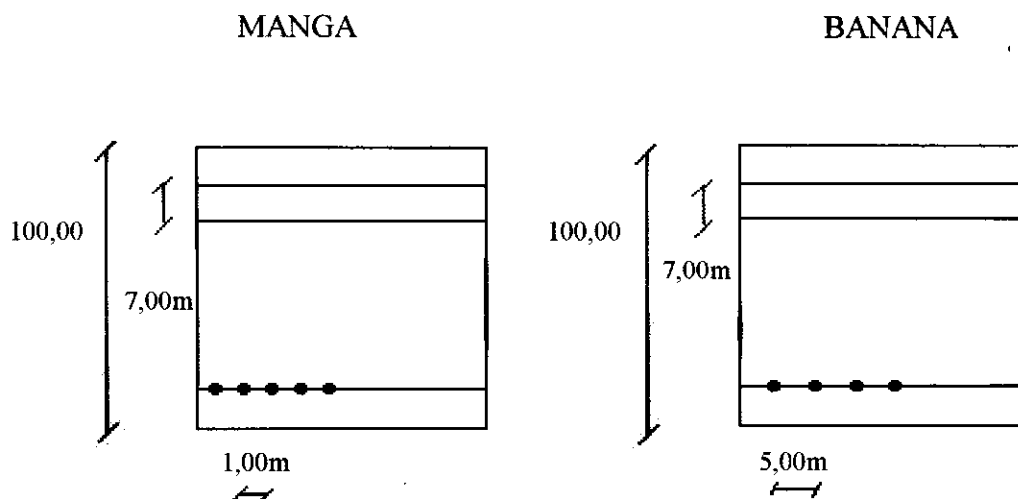


FIGURA 02 : Ilustração de área para cálculo do número de emissores.

a)  $100/7 = 14,3 \times 2 = 28,6$

$100/7 = 14,3$

b)  $100/1 = 100$

$100/5 = 20$

c)  $e_m = 28,6 \times 100 \times 1,03 = 2942/\text{ha}$

$e_b = 14,3 \times 20 = 285/\text{ha}$

Onde:  $e_m$  = número de emissores por hectare para a cultura da manga (gotejador), e

$e_b$  = número de emissores por hectare para a cultura da banana

(microaspersor).

#### 2.4.4 Cálculo do Percentual de Área Molhada

O percentual de área molhada (PM) é determinado em função da área efetivamente molhada e da área abrangida pela copa da cultura.

No caso da banana que é uma cultura muito exigente em água, adotou-se como parâmetro  $PM > 50\%$  (parâmetro utilizado de acordo com a experiência de campo em outros sistemas já instalados e em funcionamento). O emissor adotado para esta cultura foi o **DAN 2001** de fabricação americana (RAIN BIRD), cujas características são as seguintes:

$q = 37,0 \text{ l/h}$  (vazão do emissor);

$E = 5,0 \text{ m}$  (espaçamento entre plantas);

$r = 3,0 \text{ m}$  (raio de alcance do emissor), e

$D = 6,0 \text{ m}$  (diâmetro do molhamento).

A disposição da cultura é a seguinte:

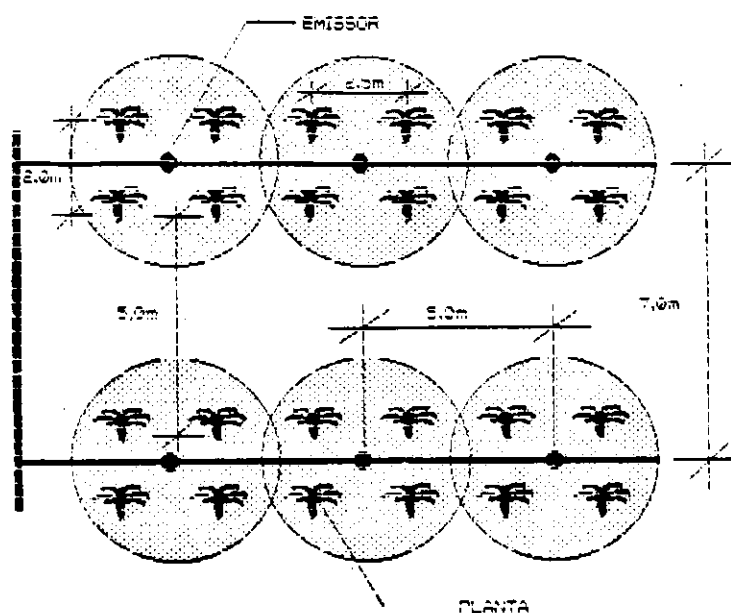


FIGURA 03 : Disposição dos emissores em relação a cultura da manga.

Temos que  $PM = \text{área efetivamente molhada} / \text{área da cultura} = I / II$ ,

onde:  $I = (\pi \times D^2) / 4 = 28,2744 \text{ m}^2$ .

A área da cultura é a área que ela ocupa, e para a disposição em que se encontra esta cultura (renque duplo), temos a seguinte média de ocupação:  $(5+2) / 2 = 3,5\text{m}$ . Teremos portanto a seguinte área ocupada pela cultura:  $3,5 \times 2,5 \times 4 = 35 \text{ m}^2$ .

O PM será portanto:  $PM = (28,2744 / 35) \times 100 = 82\%$ . Este valor na prática não se verifica pois a água bate no tronco da bananeira e reduz o PM.

No caso da manga devemos ter, segundo Keller e Karmeli, um PM entre 25 e 35% para culturas frutíferas de amplo espaçamento. Adotaremos então  $PM \geq 30\%$ . O emissor adotado para esta cultura foi o **RAM 17D** de fabricação israelense (NETAFIM), cujas características são as seguintes:

$q = 3,5 \text{ l/h}$  (vazão do emissor);

$E = 1,0 \text{ m}$  (espaçamento entre emissores);

$C = 1,20$  m (comprimento de faixa molhada, obtida a partir de teste de campo realizado com alguns emissores).

A disposição da cultura é a seguinte:

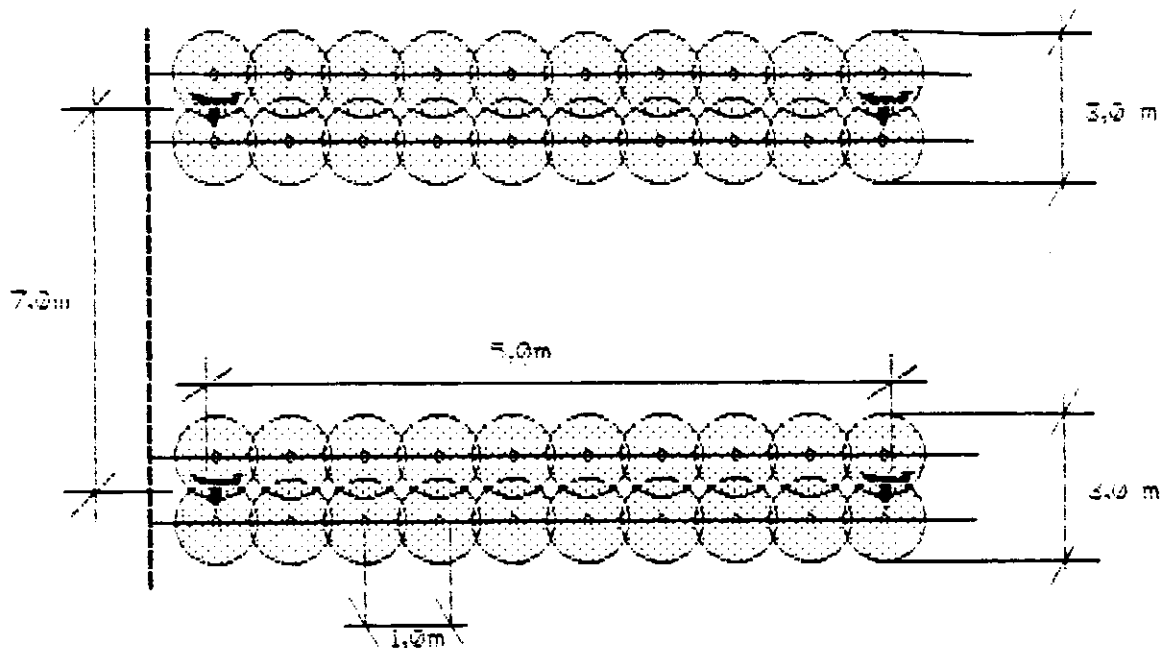


FIGURA 04 : Disposição dos emissores em relação a cultura da manga.

Se adotar-se uma linha gotejo por fileira de plantas ter-se-á:

$$PM = (1,20 / 7) \times 100 = 17,0\% \text{ ( que é menor que os 30\% adotados).}$$

Adotar-se-ão então, duas linhas gotejo:

$PM = (1,20 \times 100 + 20 \times 5,8) / 7 = 33,7\%$ , onde os 20% que multiplica 5,8 foi retirado do Anexo 1 para o espaçamento de 6,0m que é o mais próximo de 7,0m.

#### 2.4.5 Cálculo da Vazão Média do Projeto

De acordo com a Tabela 5, tem-se que o mês de maior demanda é o de novembro: 209mm. Daí :

$$\begin{aligned} \text{a) } U_c &= ETP \times K_c = 209 \times 0,9 = 188,1 \text{ mm/mês (banana)} \\ &= 209 \times 0,75 = 156,75 \text{ mm/mês (manga)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) NIL} &= U_c - PE = 188,1 - 2 = 186,1 \text{ mm/mês (banana)} \\ &= 156,75 - 2 = 154,75 \text{ mm/mês (manga)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) NIB} &= (\text{NIL} / E_f) \times 100 = (186,1 / 0,9) \times 100 = 206,8 \text{ mm/mês (banana)} \\ &= (154,75 / 0,95) \times 100 = 162,9 \text{ mm/mês (manga)} \end{aligned}$$

Sendo assim, calcula-se o turno de rega (T) para cada cultura:

$$T = (385 \times \text{NIB} \times A) / (e \times q \times A), \text{ (horas),}$$

- Onde:
- Uc = Uso consuntivo;
  - ETP = Evapotranspiração potencial (mm/mês);
  - NIL = Necessidade de irrigação líquida (mm/mês)
  - PE = Precipitação efetiva (mm/mês);
  - Ef = Eficiência do sistema (%);
  - NIB = Necessidade de irrigação bruta (mm/mês);
  - e = número de emissores;
  - q = vazão do emissor;
  - A = Área irrigada (ha).

Substituídos os valores na equação acima, encontra-se um turno de rega para a banana (Tb) igual a 7,55h e um turno de rega para a manga (Tm) igual a 6,09h.

Para o cálculo das unidades de rega levar-se-á em consideração que o proprietário solicitou uma área mínima 4,0 ha e uma área máxima de 5,0 ha para facilidades no manejo das culturas.

Para uma jornada diária (JD) de 18 horas calcula-se o número de unidades de rega (UR):

$UR = JD/T$ , e ao aplicar-se os valores de Tb e Tm encontra-se respectivamente o número de unidades de rega da banana (URb) igual a 2 e o número de unidades de rega da manga (URm) igual a 3.

As áreas reservadas para as culturas da banana e da manga são 24,5 e 21,5 ha respectivamente, o que nos dá 4 (quatro) parcelas de 6,1 ha para a banana e 06 (seis) parcelas de 3,5 ha para a banana.

Se a válvula permitir adotar-se-á  $n=4$  para a banana, pois embora a área de cada parcela seja maior que a máxima solicitada, sobre a cultura da banana a partir do 2º ano não se consegue um controle rígido sobre a mesma. A válvula é hidráulica de 2" de



diâmetro . Pelo catálogo da válvula (Anexo 2), para uma vazão requerida pelo projeto (\*), vê-se que a perda de carga é de 2,8 mca (valor este admissível para o projeto).

(\*) cálculo da vazão requerida pelo projeto (banana):

$$n^{\circ} \text{ emissores / ha} = 285 / \text{ha}$$

$$\text{área parcelar} = 6,1 \text{ ha}$$

$$\text{vazão de cada emissor} = 37,0 \text{ l/h}$$

$$Q = 60,85 \text{ m}^3 / \text{h}$$

No caso da MANGA adotaremos  $N = 6$  e teremos 6 parcelas de 3,5 ha cada formando 3 unidades de rega. A área embora menor que a mínima exigida permite melhor operacionalização dos tratos culturais na área.

Divide-se então as áreas de forma a deixar as vazões com valores próximos e que atendam as exigências do projeto. Observa-se que dentro da área total (46,0 ha) existem áreas não aproveitáveis: as áreas cujo perfil é o PE2, as áreas das jazidas e a da rede de drenagem. Além disso, deve-se deixar espaço suficiente para o tráfego dos veículos que irão transportar a produção e espaço para movimentação de pessoal e de utensílios na área. Para tanto deixar-se-á um espaço de 7,0 m entre duas UR funcionando num mesmo período e 14,0 m entre UR funcionando distintamente.

A distribuição das UR deve ser o mais uniforme possível para que as vazões nas mesmas sejam aproximadas, evitando assim a redução na eficiência do sistema. A divisão das áreas é feita por tentativas, não havendo portanto uma regra fixa para esta divisão. Vale a experiência do projetista para realizar esta etapa em menos tempo. Ao dividir-se a área em estudo, calcula-se o número de emissores em cada parcela e a referida vazão requerida. Como existem áreas irregulares, deve-se ajustar o número de emissores até encontrar-se o equilíbrio. Deve-se observar também o comprimento máximo das linhas porta-emissores. Para tanto consulta-se as tabelas de especificação do produto (Anexos 3 e 4) onde encontra-se os comprimentos máximos admissíveis em função do espaçamento adotado entre emissores.

Para este projeto adotou-se uma pressão de serviço de 20 mca no início da linha porta-emissores e 25 mca no início da linha ramal. Os emissores são autocompensantes, o que implica em vazão constante mesmo que haja grande variação de pressão no sistema.

## 2.4.6 Dimensionamento das Linhas Porta-emissores

Encontramos nos Anexos 3 e 4 as seguintes indicações:

TABELA 3 - Indicação do comprimento máximo que deve ser adotado para as linhas porta-emissores.

PRODUTO	E1(m)	$\Delta$ PS (mca)	Pi (mca)	L máx. (m)
RAM 17 D	1,0	5-40	20	207
DAN 2001	5,0	5-40	20	95

Onde: E1 = Espaçamento entre emissores;  
 $\Delta$ PS = Variação de pressão de serviço;  
 Pi = Pressão no início da linha porta-emissor;  
 L máx. = Comprimento máximo da linha porta-emissor.

Para não comprometer o sistema não trabalhar-se-á com os comprimentos máximos e sim com valores um pouco abaixo deste. No caso da manga local-se-á um ponto médio para as quatro primeiras unidades de rega (esquerda e direita) e em seguida será traçada uma linha ramal para cada uma destas unidades, sendo que todas passando por este ponto. Isto facilitará a instalação, pois ter-se-á uma valeta comum para estes ramais. Uma outra linha num ponto médio das unidades M5 e M6 (ver legenda do Quadro 03) será traçada para alimentá-las. No caso da banana serão colocados dois ramais para cada unidade pois, caso contrário trabalharia-se com vazões muito altas (superiores a 60 m<sup>3</sup>/h).

Após algumas tentativas, obteve-se a seguinte divisão:

QUADRO 03 - Resumo informativo sobre a banana.

Válvula	Unidade	Área (ha)	Sub-unidade	N. de fileiras	N. de emissores	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
II-A	B1	5,7	B1-A	33	740	27,38
			B1-B	33	918	33,94
I-A	B2	5,69	B2-A	28	924	34,19
			B2-B	28	778	32,93
I-B	B3	5,84	B3-A-I	11	319	11,03
			B3-A-II	11	725	26,82
			B3-B-I	25	297	10,99
			B3-B-II	25	494	18,28
II-B	B4	5,83	B4-A	24	912	33,74
			B4-B	24	787	29,12
Total	-	23,06	-	-	6892	-

Onde: Bi = Unidade de rega “ i ” da banana;  
 Bi - a = Sub-unidade “a” da unidade de rega “ i ” da banana;  
 Bi-a-I ou II = Parcela I ou II da sub-unidade “a” da unidade de rega “ i ” da banana.

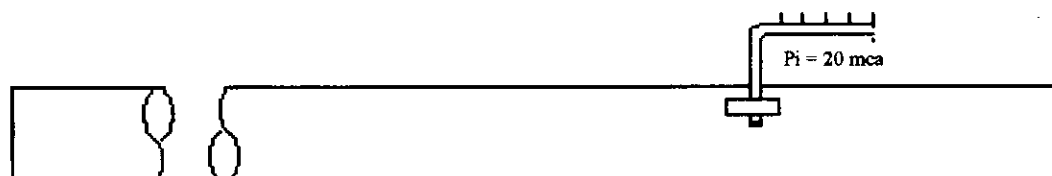
QUADRO 04 - Resumo informativo sobre a manga.

Válvula	Unidade	Área (ha)	N. de fileiras	N. de emissores	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
I-C	M1	3,23	66	9389	32,86
II-C	M2	3,23	42	10123	35,43
III-C	M3	3,39	38	10203	35,71
II-D	M4	3,38	34	10215	35,75
I-D	M5	3,33	44	10243	35,85
III-D	M6	3,26	36	9294	32,42
Total	-	19,82	-	59467	-

Onde: Mj = Unidade de rega “ j ” da manga.

#### 2.4.7 Dimensionamento das Linhas Ramais

Trabalharemos com uma pressão de serviço de 20 mca na saída do ramal e 25 mca na entrada:



Perda de carga localizada devido a saída = 2,0 mca ( não é acumulada)

FIGURA 05 - Pressão de serviço e perda de carga localizada na linha ramal

Estamos iniciando o sistema com 25 mca e perdemos  $20+2 = 22$ mca. Temos portanto a seguinte perda de carga admissível ( $hfR_{ad}$ ) ao longo do ramal:

$$hfR_{ad} = (25 - 22) \pm \Delta g = 3,0 \pm \Delta g ,$$

onde :  $\Delta g$  = desnível ao longo do trecho.

Adotou-se para o projeto uma velocidade máxima de 2,5m/s. Para o dimensionamento das tubulações utilizar-se-á um ábaco para TUBOS PVC JE para pressão nominal de 40 / 60 e 80mca.

O comprimento total dos ramais (Lt) que estão diretamente ligados à válvula é o comprimento medido mais 3,0m, que é o afastamento do ramal até a válvula.

#### 2.4.7.1 Utilização do ábaco para dimensionamento das linhas ramais

Utilização do ábaco, vide Anexo 5 (exemplo):

Para  $Q = 36 \text{ m}^3/\text{h}$  (vazão requerida no ramal - este valor é calculado);

$F = 0,356$  (fator de Christianssen para  $n^\circ$  de saídas igual a 44);

$L = 150,0\text{m}$  (comprimento da linha porta-emissor).

a) Localiza-se " $Q = 36\text{m}^3/\text{h}$ " no ábaco;

b) Sobe-se até tocar na reta que dá a velocidade máxima admissível ( $V=2,5\text{m/s}$ );

c) Observa-se qual o diâmetro mais próximo deste ponto. Neste caso  $D=75\text{mm}$  /  $\text{PN}=40\text{mca}$ . Menor que esse diâmetro não pode, pois a velocidade é maior que a admissível;

d) No ponto encontrado leva-se uma paralela horizontal à direita e encontra-se a perda de carga em  $\text{m}/100\text{m}$  ( $hf\%$ ) para as condições acima. Neste caso  $hf\% = 8,0\text{mca}$ .

e) Procede-se o seguinte cálculo:

$$hfR = (hf\% \times L \times F) / 100 = (8 \times 150 \times 0,356) / 100 = 4,27 \text{ mca}$$

f) No trecho considerado não há desnível, portanto  $\Delta g = 0$  e  $hfR_{ad} = 3,0\text{mca}$ .

Como o valor encontrado no item anterior é superior ao admissível conclui-se que não é possível alimentar o trecho com  $D = 75\text{mm}$ .

g) O diâmetro comercial seguinte é o de 100mm. Procede-se o mesmo cálculo para  $D = 100\text{mm}$  /  $\text{PN} = 40$  e  $Q = 36\text{m}^3/\text{h}$ . No ábaco encontra-se  $hf\% = 2,0\text{mca}$ .

$$hfR = (hf\% \times L \times F) / 100 = (2 \times 150 \times 0,356) / 100 = 1,07 \text{ mca}$$

h) Este valor está muito abaixo do admissível, o que indica que utilizar-se-ão diâmetros diferentes ao longo do trecho. Ou seja, far-se-á redução de diâmetro;

i) O trecho será iniciado com o diâmetro maior e terminado com o menor.



Onde: ① = perda de carga ao longo de todo o trecho, considerando um único diâmetro (D1) e a vazão inicial Q1;

② = perda de carga no 2º trecho admitindo a vazão do referido trecho, porém com diâmetro do trecho anterior;

③ = perda de carga no trecho reduzido admitindo diâmetro e vazão do referido trecho (D2/Q2).

c) Observações:

c.1) Calculamos inicialmente o trecho inteiro pois a vazão no final do comprimento L1 não é igual a zero, e desta forma não poderíamos aplicar o método de Christianssen para o cálculo da perda de carga;

c.2) Se a perda de carga encontrada não estiver próxima da admissível desloca-se o ponto da redução;

Os cálculos acima descritos foram aplicados para as parcelas B2-A, B2-B, B3-A-1, B3-A-II, B3-B-I, B3-B-II e B4-A (para banana), M5, M4, M3 e M2 (para manga) . Para os módulos M1, M6, B1-A, B1-B e B4-B que são geometricamente irregulares, utilizamos a aplicação de um aplicativo desenvolvido pela DSF - Irrigação do Vale, que auxilia no cálculo das perdas de carga e do comprimento dos diâmetros.

#### 2.4.7.3 Procedimento para Utilização do Aplicativo para Determinação das Linhas Ramais

Os ramais com curvas serão dimensionados na planilha de cálculos desenvolvida por funcionários da DSF - IRRIGAÇÃO DO VALE -S/A.

Esta planilha é muito útil quando:

- \_ ocorre curva ao longo do ramal;
- \_ o terreno é declivoso;
- \_ o ramal é longo;
- \_ o número de emissores não é regular ao longo do trecho.

Deve-se estar sempre atento à unidade adotada da vazão e fazer as devidas transformações quando necessário for. Deve-se também somar ou subtrair a perda de carga ao longo do ramal da perda de carga ao longo do trecho. Sendo que a perda de carga ao longo do ramal é considerada para todas as fileiras.

Procedimento: (entrada de dados)

Considere a seguinte área:

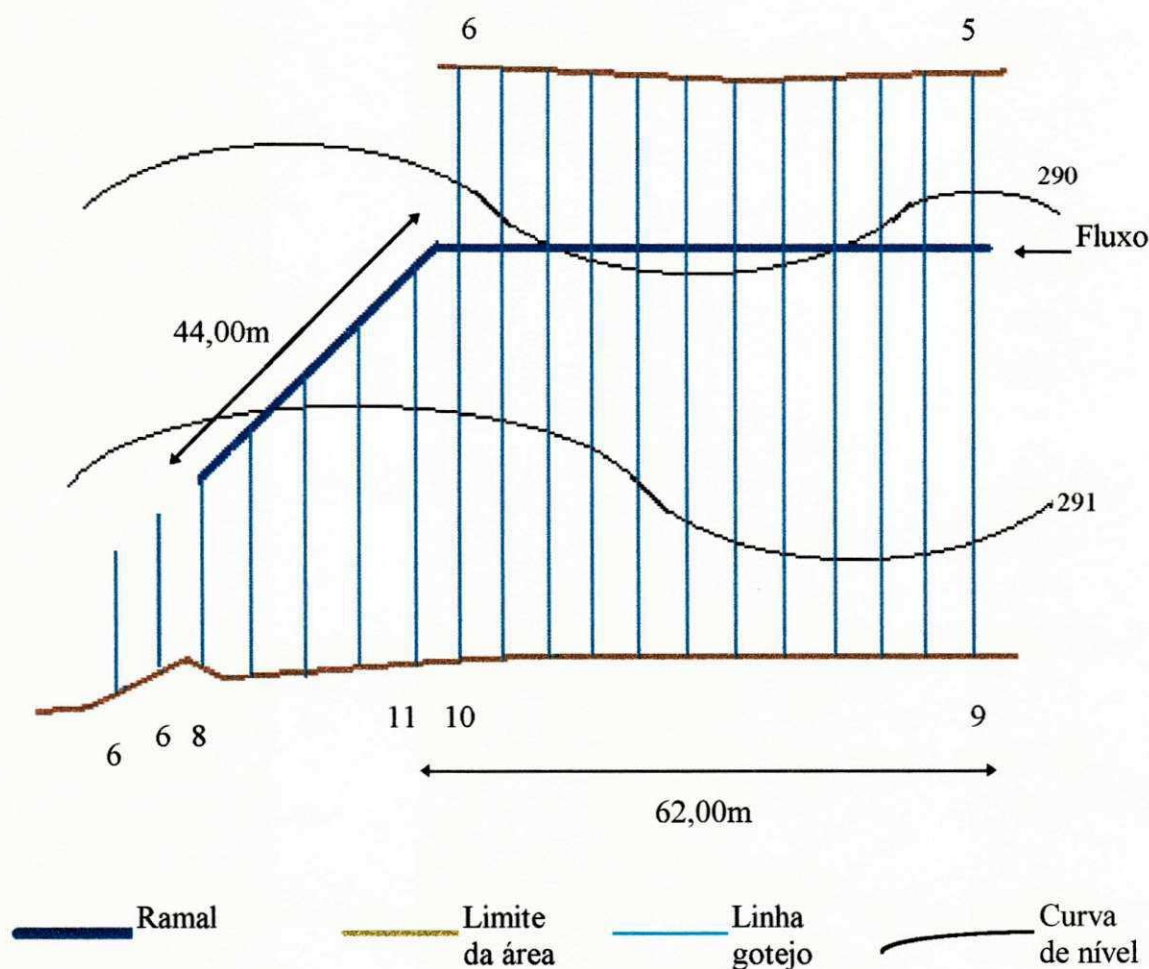


FIGURA 08 : Área para exemplo da aplicação da planilha de cálculos.

$$L_t = 62,00 + 44,00 = 106,00\text{m (comprimento total da linha ramal)}$$

- Inicia-se a contagem a partir da última linha porta-emissor;
- A primeira linha acumulará a quantidade de emissores das últimas linhas que foram conduzidas subterraneamente :  $e(L1) = 6+6+8 = 20$ ;

• A partir daí pode-se proceder de duas formas:

a) colocar o número de emissores de cada fileira;

b) encontrar uma constante que seja somada ou subtraída ao longo trecho conforme esteja o mesmo aumentando ou diminuindo o número de emissores.

Adotar-se-á o método das constantes:

$\{[e_M - e_m] / n^\circ \text{ de fileiras no trecho}\} + e_{ant.}$ , onde:  $e_M$  = número de emissores na fileira maior,  $e_m$  = número de emissores na fileira menor e,  $e_{ant.}$  = número de emissores da fileira anterior. A primeira parcela deste cálculo é o valor da constante e a segunda é o valor do número de emissores na fileira anterior que será um valor acumulado.

Em  $L = 44,00\text{m}$ , tem-se:  $[(11-8)/4] + 8 = 0,75 + 8$ , onde a constante 0,75 será somada uma vez que o número de emissores na última linha do trecho aumentou em relação a primeira. Tem-se, portanto, os seguintes valores:  $e_1=8$ ;  $e_2=8,75$ ;  $e_3=9,50$ ;  $e_4=10,25$ ;  $e_5=11$  (que é o valor do número de emissores na última linha do trecho).

Em  $L = 62,00\text{m}$ , tem-se:  $e_M = 10 + 6 = 16$ , que é o número de emissores na primeira linha, e  $e_m = 9 + 5 = 14$ , que é o número de emissores na última linha. Como o número de emissores está diminuindo subtrai-se o valor da constante do número de emissores da linha anterior:  $16 - [(16-14)/12] = 16 - 0,167$ . Tem-se portanto os seguintes valores:  $e_6=16$ ;  $e_7=15,833$ ;  $e_8=15,666$ ;  $e_9=15,499$ ;  $e_{10}=15,332, \dots, e_{16}=14,33$ ;  $e_{17}=14,163$ ;  $e_{18}=13,993=14$ .

Parte-se então, para colocação dos comprimentos dos trechos e do declive. No trecho de 44,00m está-se subindo em torno de 1,00m. Pode-se perder, portanto, 2,00m (ver hfRad - pág. 15) ao longo de todo o trecho.



Como mostra a Tabela 04, para  $L = 44,00\text{m}$ , tem-se:

TABELA 04 - Exemplo de utilização da planilha de cálculo para áreas irregulares.

Fileira	Número de emissores	Comprimento do trecho	Declive
1	20	44/5	3/18-1,00
2		44/5	3/18-1,00
3		44/5	3/18-1,00
4		44/5	3/18-1,00
5		44/5	3/18-1,00
6		5	3/18
7		5	3/18
8		5	3/18
9		5	3/18
10		5	3/18
11		5	3/18
12		5	3/18
13		5	3/18
14		5	3/18
15		5	3/18
16		5	3/18
17		5	3/18
18		3	3/18

Lançados estes dados, verifica-se: a vazão total do ramal; o comprimento total do ramal e, as perdas de carga ao longo do trecho.

Para análise das perdas de carga, coloca-se o valor que se pode perder ao longo do ramal, na última linha da coluna referida a este item. O Primeiro valor deve estar muito próximo de zero. Caso não esteja, manipula-se os diâmetros até se encontrar um valor próximo a zero ou o próprio zero.

Parte-se então para análise do gráfico. No caso de emissores autocompensantes, a curva da perda de carga poderá diferir da linha piezométrica. Caso não sejam autocompensantes, é indicado manipular-se os diâmetros até que as curvas fiquem quase sobrepostas.

#### 2.4.8 Dimensionamento das Linhas Principais, de Distribuição e da Linha Adutora

Feito o dimensionamento das linhas ramais, passa-se a dimensionar as linhas principais, de distribuição e de adução caso haja.

Para o dimensionamento das referidas linhas adotar-se-á uma metodologia das universidades da França, adaptada às nossas condições. Trata-se da metodologia das cotas relativas. Esta metodologia soma as cotas do terreno às pressões requeridas nos diversos pontos desta pressão.

Para aplicá-la, segue-se as seguintes etapas:

a) encontra-se o ponto crítico (PC);  
 b) segue-se com o PC até a estação de bombeamento(EB);  
 c) em cada ponto que requer pressão soma-se: a pressão no início da linha ramal ( $P_i$ ); a máxima perda admitida ao longo do ramal ( $h_{fr}$ ); o desnível do trecho ( $\pm \Delta g$ ); a perda de carga localizada ( $\lambda$ ). À este total soma-se a cota do terreno.

d) em cada ponto encontra-se a pressão necessária e a pressão existente. Caso a pressão existente seja maior que a necessária em 10%(folga), deve-se fazer uma válvula de escape (VE) ou uma descarga de fundo (DF) dependendo da localização da tubulação. Caso a pressão existente seja menor que a necessária deve-se partir do final para o início da tubulação e fazer redução de diâmetro. Para tanto, utilizar-se-á a seguinte equação:

$$L_{\varnothing m} = \{[h_{fd} - (h_f \% \varnothing_M \times L_t)/100] \times 100\} / (h_f \% \varnothing_m - h_f \% \varnothing_M)$$

sabendo-se que o diâmetro menor ficará ligado ao ramal.

Onde:  $L_{\varnothing m}$  = Comprimento do trecho com diâmetro menor (m);

$h_{fd}$  = Perda de carga admitida no trecho total;

$h_f \% \varnothing_M$  = Perda de carga no trecho de diâmetro maior;

$h_f \% \varnothing_m$  = Perda de carga no trecho de diâmetro menor;

$L_t$  = Comprimento total do trecho (m).

#### 2.4.9 Dimensionamento da Bomba de Sucção

Para o dimensionamento da bomba de sucção necessita-se das seguintes informações:

- Potência necessária no eixo da bomba :  $N_i$ ;
- Potência necessária no motor :  $N_e$ .

Temos que :  $N_i = (Q \times H_{Mt}) / 2,7 \times \eta = (103 \times 42) / 2,7 \times 74 = 21,65 \text{ CV}$ ,

Onde: Q = Vazão do sistema ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

HMt = Altura manométrica total (mca);

$\eta$  = rendimento da bomba (%).

E :  $N_e = N_i \times K = 21,65 \times 1,2 = 25,98 \cong 26 \text{ CV}$ .

Onde: K = Reserva de potência do motor .

Utilizar-se-á uma bomba de 30 CV para que se tenha uma boa folga.

No catálogo Anexo 7 encontramos a seguinte bomba:

Modelo: 3 DBE 133

Q = 105  $\text{m}^3/\text{h}$

HMt = 42 mca

Rotação: 1760 rpm

Rotor :  $\varnothing = 11,40''$

Sucção :  $\varnothing = 4''$

Recalque :  $\varnothing = 3''$  (saída)

Para tubulação de sucção admitimos  $V_{\text{máx.}} = 1,5\text{m/s}$ , e encontramos um diâmetro de 7'' (175mm).

Para o recalque admitimos  $V_{\text{máx.}} = 3,5\text{m/s}$  e encontramos um diâmetro de 5'' (125mm).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Dados climáticos

TABELA 5 - Dados da ETP e PE, segundo Hargreaves ( 1974 ).

Mês	ETP(mm/mês)	PE(mm/mês)	Déficit(mm/mês)
Janeiro	206	6	200
Fevereiro	179	8	171
Março	181	11	170
Abril	150	1	149
Maió	145	0	145
Junho	132	0	132
Julho	138	0	138
Agosto	156	0	156
Setembro	174	0	174
Outubro	204	0	204
<b>Novembro</b>	<b>209</b>	<b>2</b>	<b>207</b>
Dezembro	206	6	200

Fonte: MINTER/SUDENE - Dados Climatológicos Básicos, Hargreaves ( 1974 ).

Dos dados acima verificamos que o mês de novembro é o mês crítico e em função do qual foi feito o dimensionamento do sistema.

#### 3.2 Necessidades de água de irrigação

As equações utilizadas para os cálculos das necessidades d'água encontram-se na memória de cálculo.

QUADRO 05 - Necessidades d'água para irrigação da banana.

Mês	ETP mm/mês	Kc	Uc mm/mês	PE mm/mês	NIL mm/mês	NIB mm/mês	Dm m <sup>3</sup> /há.mês	Qu l/s/ha
JAN	206	0,90	185,4	6,0	179,4	199,4	1994	1,41
FEV	179	0,90	161,1	8,0	153,1	170,1	1701	1,26
MAR	181	0,90	162,9	11,0	151,9	168,8	1688	1,20
ABR	150	0,90	135,0	1,0	134,0	148,9	1489	1,05
MAI	145	0,90	130,5	0,0	130,5	144,5	1445	1,02
JUN	132	0,90	118,8	0,0	118,8	132,0	1320	0,93
JUL	138	0,90	124,2	0,0	124,2	138,0	1380	0,98
AGO	156	0,90	140,4	0,0	140,4	156,0	1560	1,10
SET	174	0,90	156,6	0,0	156,6	174,0	1740	1,23
OUT	204	0,90	183,6	0,0	183,6	204,0	2040	1,44
<b>NOV</b>	<b>209</b>	<b>0,90</b>	<b>188,1</b>	<b>2,0</b>	<b>186,1</b>	<b>207,0</b>	<b>2070</b>	<b>1,47</b>
DEZ	206	0,90	185,4	6,0	179,4	199,4	1994	1,41

QUADRO 06 - Necessidades d'água para irrigação da manga.

Mês	ETP mm/mês	Kc	Uc mm/mês	PE mm/mês	NIL mm/mês	NIB mm/mês	Dm m <sup>3</sup> /há.mês	Qu l/s/ha
JAN	206	0,75	154,5	6,0	148,5	156,3	1563	0,91
FEV	179	0,75	134,2	8,0	126,2	132,9	1329	0,78
MAR	181	0,75	135,7	11,0	124,7	131,3	1313	0,77
ABR	150	0,75	112,5	1,0	111,5	117,4	1174	0,69
MAI	145	0,75	108,7	0,0	108,7	114,4	1144	0,67
JUN	132	0,75	99,0	0,0	99,0	104,2	1042	0,61
JUL	138	0,75	103,5	0,0	103,5	108,9	1089	0,64
AGO	156	0,75	117,0	0,0	117,0	123,2	1232	0,72
SET	174	0,75	130,5	0,0	130,5	137,4	1374	0,80
OUT	204	0,75	153,0	0,0	153,0	161,1	1611	0,94
<b>NOV</b>	<b>209</b>	<b>0,75</b>	<b>156,7</b>	<b>2,0</b>	<b>154,7</b>	<b>162,9</b>	<b>1629</b>	<b>0,95</b>
DEZ	206	0,75	154,5	6,0	148,5	156,3	1563	0,91

Onde: ETP = Evapotranspiração potencial (mm/mês);

Kc = Coeficiente de cultivo;

Uc = Uso consuntivo (mm/mês);

PE = Precipitação efetiva (mm/mês);

NIL = Necessidade de irrigação líquida (mm/mês);

NIB = Necessidade de irrigação bruta (mm/mês);

Dm = Demanda mensal (m<sup>3</sup>/ha.mês);

Qu = Vazão unitária (l/s/ha)

Dos Quadros 05 e 06 tem-se as Necessidades de Irrigação Bruta (NIB) e a Vazão Unitária (Qu) para novembro como o mês crítico para as culturas da banana e da manga. Cabe

esclarecer que foram esses valores de NIB e Qu máxima levados a efeito para o dimensionamento do sistema

### 3.3 Parâmetros para Manejo de Irrigação

QUADRO 07 - Parâmetros para manejo de irrigação da cultura da banana.

MÊS	Nil mm/dia	TR dia	L1 mm	Lv mm	Lb mm	NIB mm/mês	T hora	Nu
JAN	5,98	1,0	5,98	0,0	6,65	199,4	7,28	-----
FEV	5,11	1,0	5,11	0,0	5,68	170,1	6,21	-----
MAR	5,07	1,0	5,07	0,0	5,64	168,8	6,16	-----
ABR	4,47	1,0	4,47	0,0	4,97	148,9	5,44	-----
MAI	4,35	1,0	4,35	0,0	4,84	144,5	5,28	-----
JUN	3,96	1,0	3,96	0,0	4,40	132,0	4,82	-----
JUL	4,14	1,0	4,14	0,0	4,60	138,0	5,04	-----
AGO	4,68	1,0	4,68	0,0	5,20	156,0	5,70	-----
SET	5,22	1,0	5,22	0,0	5,80	174,0	6,35	-----
OUT	6,12	1,0	6,12	0,0	6,80	204,0	7,45	-----
NOV	6,21	1,0	6,21	0,0	6,90	207,0	7,55	2
DEZ	5,98	1,0	5,98	0,0	6,65	199,4	7,28	-----

QUADRO 08 - Parâmetros para manejo de irrigação da cultura da manga.

MÊS	Nil mm/dia	TR dia	L1 mm	Lv mm	Lb mm	NIB mm/mês	T hora	Nu
JAN	5,71	1,0	5,71	0,0	6,01	156,3	5,84	-----
FEV	4,85	1,0	4,85	0,0	5,11	132,9	4,97	-----
MAR	4,79	1,0	4,79	0,0	5,04	131,3	4,91	-----
ABR	4,29	1,0	4,29	0,0	4,42	117,4	4,39	-----
MAI	4,18	1,0	4,18	0,0	4,40	114,4	3,06	-----
JUN	3,81	1,0	3,81	0,0	4,01	104,2	3,90	-----
JUL	3,99	1,0	3,99	0,0	4,20	109,0	4,08	-----
AGO	4,50	1,0	4,50	0,0	4,74	123,2	4,061	-----
SET	5,00	1,0	5,02	0,0	5,29	137,4	5,14	-----
OUT	5,88	1,0	5,88	0,0	6,19	161,1	6,02	-----
NOV	5,95	1,0	5,95	0,0	6,27	162,9	6,09	3
DEZ	5,71	1,0	5,71	0,0	6,01	156,3	5,84	-----

Para elaboração dos Quadros 07 e 08 considerou-se: 285 microaspersores por hectare para a cultura da banana e 2942 gotejadores por hectare para a cultura da manga.

Adotou-se ainda o turno de irrigação igual a um dia para garantir as vantagens inerentes ao método de irrigação localizada.

Para o cálculo da lâmina líquida de irrigação (LI), considerou-se a equação  $LI = Nil \times Tr$ , que só é válida quando os valores obtidos são inferiores ou iguais a capacidade de armazenamento d'água dos solos (ver Quadro 02 - pág. 6).

### 3.4 Orçamento do Projeto

Apresenta-se a seguir o orçamento do projeto. Os custos para elaboração do projeto encontram-se no Quadro 08, e os custos dos equipamentos e peças necessários a implantação do mesmo encontram-se nos Quadros 09, 10 e 11. Os valores dos preços das peças incluem os gastos com implantação e manutenção do projeto. Habitualmente, dá-se ao projeto a validade de um ano, tempo no qual realiza-se visitas periódicas dos técnicos para averiguação das instalações bem como para orientação do pessoal que irá operar com o sistema. Além disso, faz-se uma visita anual na propriedade sem qualquer ônus ao investidor.

QUADRO 09 - Demonstrativo do valor de elaboração do projeto.

Item	Valor/ha (R\$)	Valor Total (R\$)
Visita à propriedade agrícola	-	500,00
Estudo pedológico	40,00	1715,20
Levantamento planialtimétrico	40,00	1715,20
Projeto de irrigação	40,00	1715,20
Projeto de drenagem	40,00	1715,20
Subtotal 1	-	6860,80

QUADRO 10 - Levantamento de material da estação de bombeamento.

Item	Especificação	Quant.	Valor unit. (R\$)	Valor(R\$)
1.01	Conjunto eletrobomba 30CV, IVP, 380/660V, Q = 105m <sup>3</sup> /h, H = 41mca, $\eta$ = 74%, montado sobre base fixa em ferro, com torneira e manômetro	02	5.382,00	10.764,00
1.02	Chave elétrica de proteção automática 30CV, 380/660V, 60Hz, com relés térmicos, sobrecarga e falta de fase, com amperímetro e voltímetro para leitura três fases e lâmpada sinalizadora	02	1.262,00	2.524,00
1.03	Tubo PVC JE LF-06 DN 200	28	111,00	3.108,00
1.04	Tubulação de sucção completa 6"	02	600,00	1.200,00
1.05	Ligação de pressão com registro 4"	02	450,00	900,00
1.06	Barrilete para interligação EB x cabeçal de controle	01	150,00	150,00
1.07	Barrilete para sucção paralela de fertilizantes	02	150,00	300,00
1.08	Conexões diversas, parafusos, vedações, adesivos, etc..	-	-	1.894,00
	Subtotal 2	-	-	20.840,60

QUADRO 11 - Levantamento de material do sistema de irrigação por microaspersão: banana - 23,06 ha

Item	Especificação	Quant	Valor unit. (R\$)	Valor (R\$)
2.01	Conjunto de filtragem AREIA/TELA em aço inox, com capacidade para 125,0 m <sup>3</sup> /h, com retrolavagem automática	01	25.500,00	25.500,00
2.02	Tubo PVC JE LF-04 DN 150	26	71,00	1.846,00
2.03	Tubo PVC JE LF-04 DN 125	67	49,00	3.283,00
2.04	Tubo PVC JE LF-04 DN 100	167	33,00	5.841,00
2.05	Tubo PVC JE LF-04 DN 75	256	21,00	5.376,00
2.06	Tubo PVC JE LF-04 DN 50	34	11,00	374,00
2.07	Microaspersor, Q = 37,0 l/h, PS = 20 mca, completo, autorregulável,	6892	1,95	13.439,40
2.08	Metro de tubo PE DN 16mm, oval, linear	34711	0,30	10.413,50
2.09	Metro de tubo PE DN 16 mm	1006	0,30	302,00
2.10	Válvula hidráulica 2"	04	1.135,00	6.810,00
2.11	Válvula ventosa 1"	02	135,00	270,00
2.12	Conexões diversas, adesivo, pasta lubrificante, vedações, cavaletes, parafusos, etc.	-	-	7.345,49
	Subtotal 3	-	-	80.800,39



QUADRO 12 - Levantamento de material do sistema de irrigação por gotejamento:  
manga - 19,82 ha

Item	Especificação	Quant.	Valor unit. (R\$)	Valor (R\$)
3.01	Conjunto de filtragem AREIA/TELA em aço inox, com capacidade para 85,0 m <sup>3</sup> /h, com retrolavagem automática	01	17.000,00	17.000,00
3.02	Tubo PVC JE LF-04 DN 100	147	33,00	4.851,00
3.03	Tubo PVC JE LF-04 DN 75	102	21,00	2.142,00
3.04	Tubo PVC JE LF-04 DN 50	41	11,00	451,00
3.05	Metro linha gotejo, Q = 3,5 l/h, PS = 20 mca, autorregulável	59467	0,65	38.653,55
3.06	Metro de tubo PE DN 16mm	945	0,30	283,50
3.07	Válvula volumétrica 3"	06	1.450,00	8.700,00
3.08	Válvula ventosa 1"	01	135,00	135,00
3.09	Conexões diversas, adesivo, pasta lubrificante, vedações, cavaletes, parafusos, etc.	-	-	7.032,60
	Subtotal 4	-	-	79.248,60

O valor total do projeto será de R\$ 187.750,39. Para se saber a viabilidade financeira do projeto deve-se fazer uma análise econômica tendo em vista diversos fatores. A produtividade das culturas, o preço de venda das mesmas, o tempo de vida útil dos equipamentos instalados e os custos de depreciação são alguns desses fatores. Apresenta-se como sugestão, a inclusão de análise econômica de projetos para estágios vindouros.

O custo do projeto por hectare é da ordem de R\$ 4.378,50, cujo valor está dentro dos parâmetros avaliados para projetos.

## 4 CONCLUSÕES

Da elaboração deste projeto conclui-se que a hidráulica do sistema pode ser calculada de maneira bastante prática, através dos métodos aqui descritos principalmente em relação as cotas relativas para o dimensionamento das tubulações.

Conclui-se ainda que a divisão de áreas irregulares para este tipo de projeto pode dificultar de certa forma o dimensionamento do sistema cabendo, portanto, ao técnico decidir quanto a uniformidade da área em partes geometricamente regulares ou não.

Em termos financeiros, observa-se que a implantação de um projeto de irrigação apresenta um elevado custo inicial em termos de equipamentos, material e mão-de-obra. Portanto uma análise econômica do projeto é indispensável para que o produtor tenha em vista os benefícios que terá a curto, médio e longo prazo.

## 5 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AZEVEDO, H. M. - Projeto de irrigação localizada. Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Agrícola - CCT/UFPB. Campina Grande -PB,1995.64p.
- BERNARDO, S. - Manual de Irrigação. 4 ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1986. 488p. ilustr.
- GOMES, H. P. - Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento/ Heber Pimentel Gomes. João Pessoa: Ed. Universitária/ UFPB, 1994. 344 p.
- KELLER, J. ; KARMELI, D. - Trickle Irrigation Design Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p
- MEDINA SAN JUAN, J. A. -*Riego por Goteo: Teoria y Práctica* - 3ª edición. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, 1988.
- VIEIRA, L. S. - Manual de Morfologia e Classificação de Solos. Editora Agronômica Ceres Ltda. - S. Paulo 2ª edição, 1983.

**ANEXOS**

### 6.1 Anexo 1 : Valores de PM para aplicação de 40mm d'água por irrigação segundo KELLER e KARMELI.

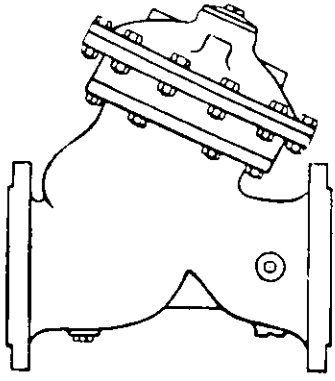
Valores de P para Aplicação de 40 mm d'Água por Irrigação Segundo KELLER e KARMELI

Espaçamento das linhas laterais em metro (Sl)	Vazão por gotejador ou por saída, em litro por hora														
	q = 1,5 ℓ/h			q = 2 ℓ/h			q = 4 ℓ/h			q = 8 ℓ/h			q = 12 ℓ/h		
	Espaçamento recomendado entre gotejadores ao longo da linha lateral (Sg), para solos de textura grossa (G), média (M) e fina (F), em metros														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
Valores de P, em percentagem															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

6.2 Anexo 2 : Catálogo de válvulas

# DISCOS DE CIERRE Estandar

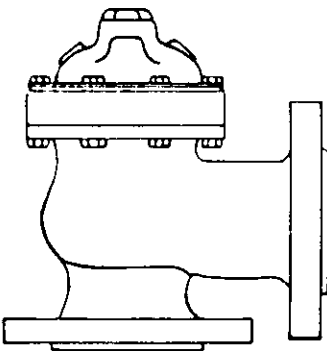
## Diagramas de Flujo



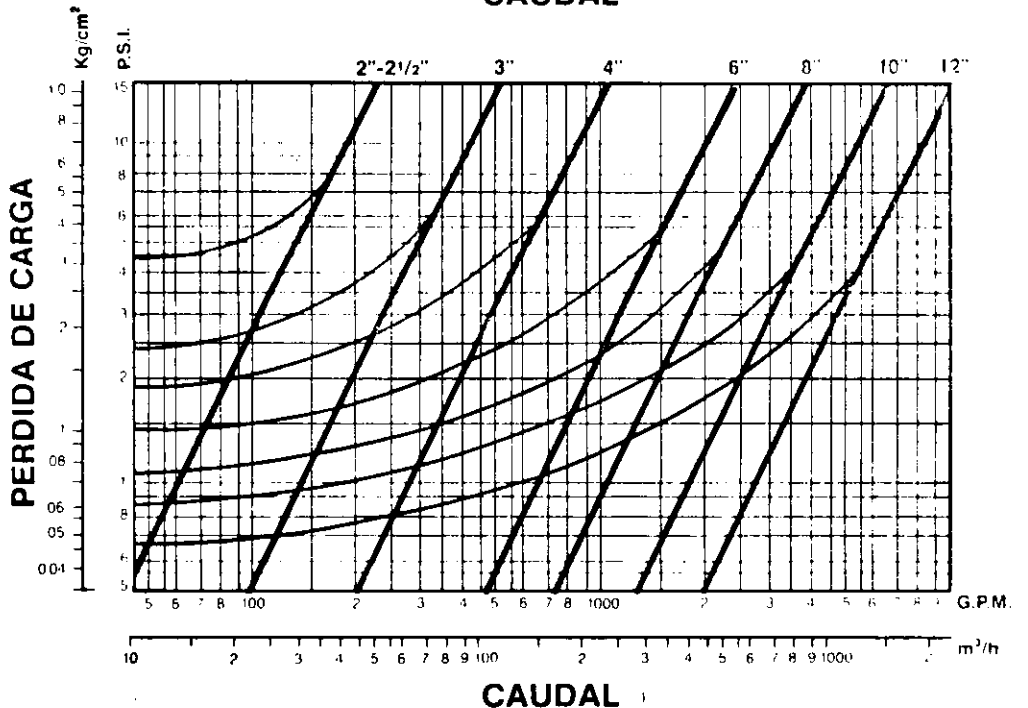
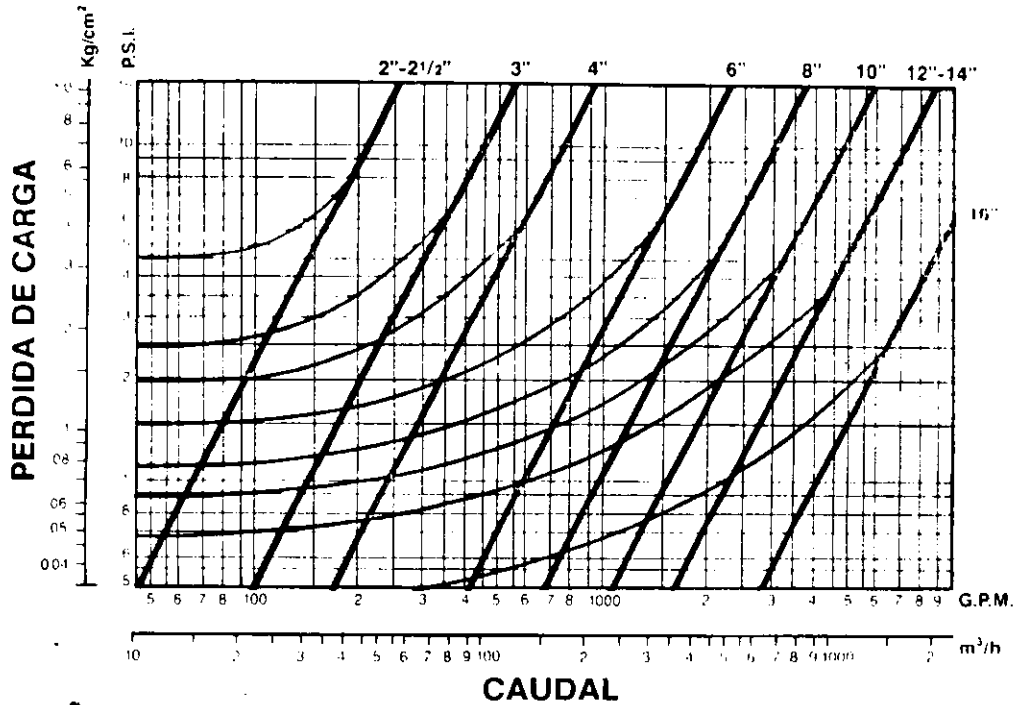
Configuración "Y"

LINEAS RECTAS  
válvula semiabierta

LINEAS CURVAS  
válvulas moduladoras



Configuración ANGULAR



### FACTOR DE FLUJO

TAM.	"Y"		ANGULO		TAM.	"Y"		ANGULO	
	CV	KV	CV	KV		CV	KV	CV	KV
2"	60	50	60	50	8"	970	830	1050	900
2 1/2"	60	50	60	50	10"	1495	1280	1700	1455
3"	140	120	145	125	12"	2290	1960	2650	2270
4"	240	205	275	235	14"	2290	1960		
6"	590	505	650	555	16"	4000	3425		

$C_v \text{ or } K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P / S}}$        $K_v = 0.856 C_v$

**SIMBOLOS**

$C_v$  = factor de flujo g.p.m. a 1 psi de caída.

$K_v$  = factor de flujo: m<sup>3</sup>/h a 1 Kg/cm<sup>2</sup> de caída

$Q$  = flujo: g.p.m. m<sup>3</sup>/h

$p$  = caída de presión psi Kg/cm<sup>2</sup>

$S$  = peso específico agua = 1

### 6.3 Anexo 3 : Tabela de especificação do microaspersor

#### NÚMERO DE EMISSORES POR LATERAL

LATERAL 20 mm D.E. - 16.6 mm D.I.

Vazão l/h	Côr	Pressão Inicial, m.c.a.	Espaçamento entre emissores - m							
			3	4	5	6	3	4	5	6
20	violeta	15	37	33	31	29	111	132	155	174
		20	52	47	43	41	156	188	215	246
		25	61	56	53	51	183	224	265	306
		30	69	62	58	54	207	248	290	324
		35	75	68	63	59	225	272	315	354
35	marrom	15	26	23	21	20	78	92	105	120
		20	36	33	30	28	108	132	150	168
		25	43	39	36	34	129	156	330	204
		30	48	43	40	38	144	172	200	228
		35	52	47	44	41	160	188	220	246
55	verde	15	19	17	16	15	57	68	80	90
		20	27	24	22	21	81	96	110	126
		25	32	29	27	25	96	116	135	150
		30	36	32	30	28	108	128	150	168
		35	39	35	33	31	117	140	165	186
70	laranja	15	16	15	14	13	48	60	70	78
		20	23	21	19	18	69	84	95	108
		25	27	25	23	21	81	100	115	126
		30	31	28	26	24	93	112	130	144
		35	33	30	28	26	99	120	140	156

\* Pressão mínima = 12 mm

#### NÚMERO DE EMISSORES POR LATERAL

LATERAL 25 mm D.E. - 20.8 mm D.I.

Vazão l/h	Côr	Pressão Inicial, m.c.a.	Espaçamento entre emissores - m							
			3	4	5	6	3	4	5	6
20	violeta	15	54	49	45	42	162	196	225	252
		20	76	69	64	60	228	276	320	360
		25	90	82	76	71	270	328	380	426
		30	101	92	85	79	303	368	425	474
		35	110	100	92	87	330	400	460	522
35	marrom	15	38	34	31	29	114	136	155	174
		20	53	48	44	42	159	192	220	252
		25	63	57	53	49	189	228	265	294
		30	70	64	59	55	210	256	295	330
		35	77	69	64	60	231	276	320	360
55	verde	15	28	25	23	22	84	100	115	132
		20	40	36	33	31	120	144	165	186
		25	47	42	39	37	141	168	195	222
		30	53	47	44	41	165	188	220	246
		35	57	52	48	45	171	208	240	270
70	laranja	15	24	22	20	19	72	88	100	114
		20	34	31	28	27	102	124	140	162
		25	40	36	33	31	120	144	165	186
		30	45	41	38	35	135	164	190	210
		35	49	44	41	38	147	176	205	228

\* Pressão mínima = 12 mm

#### PERDA DE CARGA DOS TUBOS

Vazão Comprimento Perda por atrito  
do tubo

l/h	cm	metros
20	60	-
	90	-
	120	-
35	60	-
	90	-
	120	-

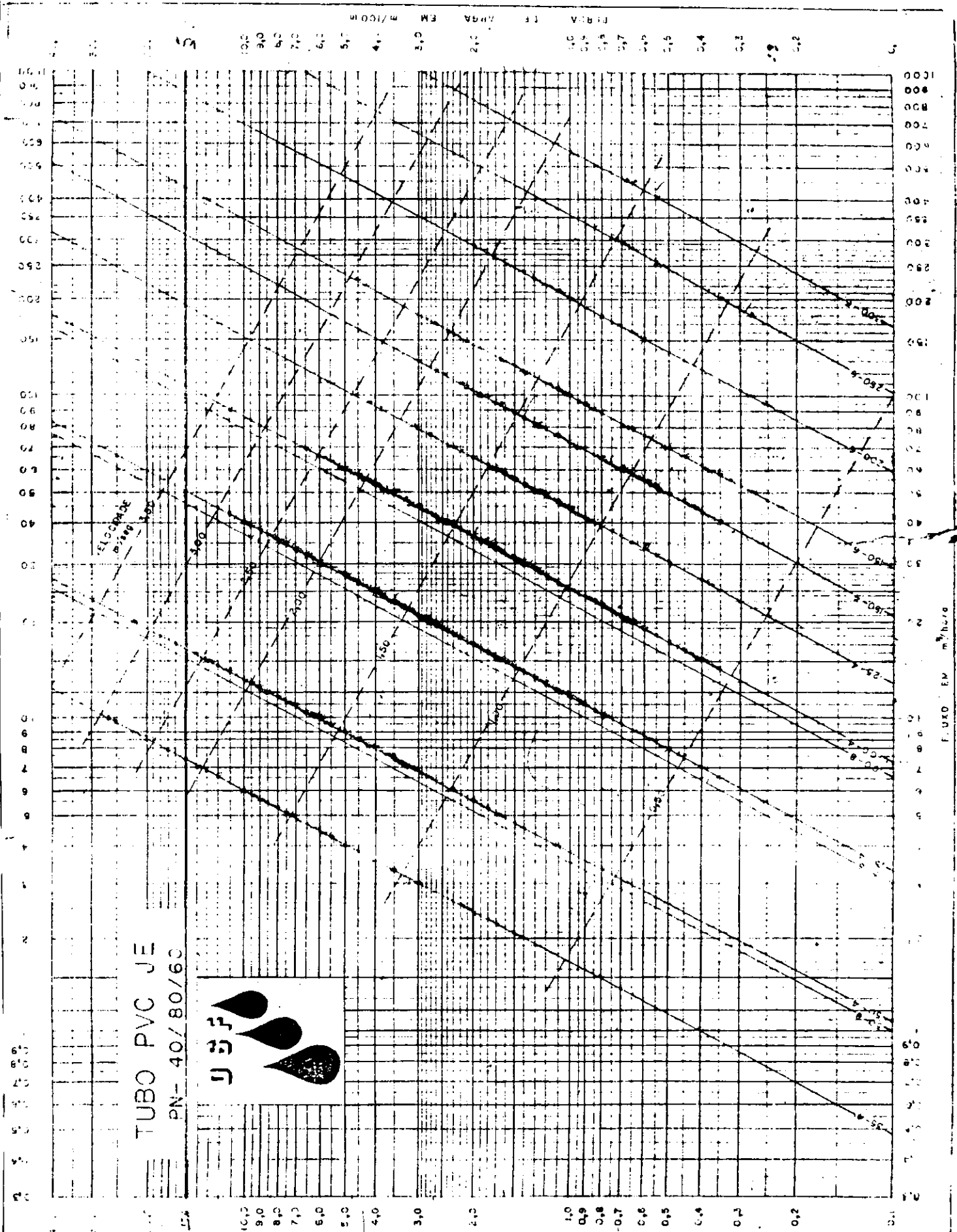
Vazão Comprimento Perda por atrito  
do tubo

l/h	cm	metros
55	60	1,0
	90	1,0
	120	1,2
70	60	1,4
	90	1,8
	120	2,0



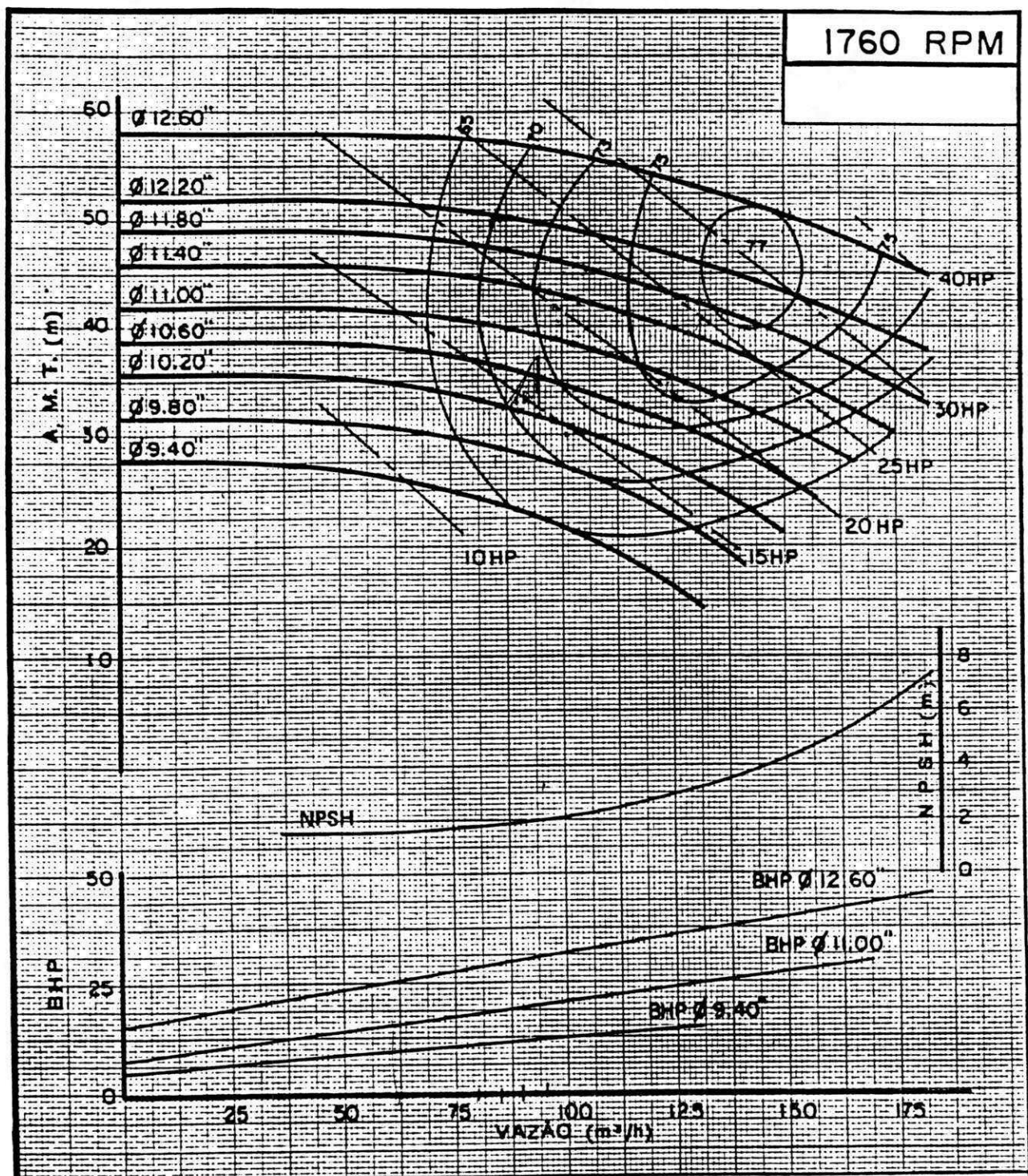


### 6.5 Anexo 5 : Ábaco para cálculo da perda de carga



6.6 Anexo 6 : Catálogo da bomba  
CURVA DE PERFORMANCE

DBE



Sucção Ø 4,00 in. 102 mm. Descarga Ø 3,00 in. 76,2 mm Diâmetro Máximo de sólidos 23,1 mm.

**CONDIÇÕES DE SERVIÇO**

CLIENTE: _____	FLUIDO: _____	DENS.: _____	REND.: _____ %
SERVIÇO: _____	VAZÃO: _____ m³/h	VISC.: _____	BHP: _____ HP
ITEM: _____	AMT: _____ m	NPSH DISP.: _____ m	NPSH REQ.: _____ m
DATA / / POR _____			

Importante: Esta bomba é garantida para um posto das condições de serviço. Outros pontos são aproximados, não garantidos. A vazão e a A.M.T. de projetos são baseadas em testes de fabrica, com água limpa e fria.

**3 DBE 133**

## 6.7 Anexo 7 : Ficha de dados técnicos

### a) Informações Gerais

Cultura	banana	manga
Área irrigada (ha)	23,06	19,82
Espaçamentos (mxm)	5x2x2,5	7x5
Sistema	microaspersão	gotejamento
Eficiência (%)	90	95
Necessidade de irrigação bruta (mmxmês) máxima	207,00	162,90
Turno de rega (dia)	01	01
Número de unidades de rega / posição por dia	02	03
Horas de funcionamento / unidade de rega /posição /dia	7,55	6,09
Horas de funcionamento por dia	15,10	18,27
Dias de trabalho por mês	26	26

### b) Características do Emissor

Tipo	microaspersor	gotejador
Disposição	bailarina	integral
Classe	autorregulável	autorregulável
Vazão (l/h)	37,0	3,5
Número de emissores por hectare	285	2942

### c) Altura Manométrica (Hm)

Pressão no início da linha porta-emissores (m)	20,00
Perda de carga localizada (m)	2,00
Perda de carga na linha ramal (m)	3,52
Perda de carga na linha principal (m)	6,98
Perda de carga na linha de distribuição (m)	5,92
Perda de carga na linha de adução (m)	1,72
Perda de carga na válvula (m)	2,80
Perda de carga no filtro (m)	4,00
Desnível geométrico (m)	-5,10

### d) Conjunto Moto-Bomba (x2)

Vazão (m <sup>3</sup> /h)	105,00
Altura manométrica (mca)	41,84
Rendimento da bomba (%)	74,00
Potência da bomba (cv)	21,55
Potência do motor (cv)	25,00
Rotor (pol.)	11,30

## e) Outras Informações

Metragem das valetas (0,6 x 1,0) :	banana: 2400m
	manga : 1200m
Necessidade de mão-de-obra para operar o sistema :	02 homens permanentes
Necessidade de potência instalada :	50,00 kva

**6.8 Anexo 8 : Memória de cálculo**

$$NIL=Uc - PE(\text{mm/mês})$$

$$NIB=(NIL/E) \times 100(\text{mm/mês})$$

$$Dm=NIB \times 10(\text{m}^3/\text{há} \times \text{mês})$$

$$Qu=Dm / (3,6 \times h \times D) (\text{l/s} \times \text{ha})$$

$$Ll=NIL \times TR(\text{mm})$$

$$Lb=[(Ll + Lv)/E] \times 100(\text{mm})$$

$$AD=[(CC-PM)/100] \times Dap \times Y \times Eh(\text{mm})$$

$$Q=(A \times NIB \times 10) / (D \times h) (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Hf=(L \times J)/100(\text{mca})$$

$$hf=(L \times J \times F)/100(\text{mca})$$

$$Hbm=Nu \times T \times D(H)$$

$$Vm=Q \times Hbm (\text{m}^3)$$

$$Kw=(Ni \times Hbm)/1,1424(Kw)$$

$$CD=(Ni \times Hbm \times \text{gr/cv/h})/860(\text{litros})$$