

Doacas
1
FOL
06861

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CPATSA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIAS

José Monteiro Soares



CPATSA

1984

Sistema de irrigação por
1984
FL - 07817



32475-1

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIAS.

José Monteiro Soares-

RESUMO

Em propriedades com recursos hídricos escassos e/ou com topografia muito ondulada, os sistemas de irrigação convencionais tem seu emprego limitado. Com adaptações feitas pelo CPATSA/EMBRAPA, essas propriedades poderão ser exploradas pelo sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacias. Este sistema apresenta as seguintes características: condução da água através de tubulação; aplicação localizada da água através de mangueiras flexíveis; funciona sob condições de baixa e média pressão; aproveitamento de fontes de água com pequenas vazões ou pequenos volumes; não requer a filtração da água de irrigação; aproveita a mão-de-obra familiar; simples quanto a instalação e ao manejo; evita perdas de água por escoamento superficial e apresenta uma alta eficiência de irrigação. Este sistema de irrigação destina-se a exploração de fruteiras.

O custo de investimento deste sistema de irrigação, sob condições de baixa pressão (sem necessidade de bombeamento) representa em média 38% do custo de investimento do sistema de irrigação por aspersão. Sob condição de bombeamento, o custo de investimento desse sistema se equivale ao do sistema de irrigação por aspersão, mas que permite a irrigação em terrenos com declividades bastante elevadas, que normalmente, limitam o emprego dos sistemas de irrigação convencionais.

HOSE PIPE IRRIGATION SYSTEM USING
MICRO - CATCHMENT

José Monteiro Soares

The conventional irrigation systems have limited use on farms with scanty water resources and/or steep slope. The hose pipe irrigation system using micro-catchment, presented in this paper, can be successfully used in those farms due the following characteristics: i. the water is conveyed through pipes; ii. local application of water through flexible hose pipes; iii. the system works under low and medium pressure; iv. possibility of using water sources of low flow and small reservoirs; v. it can be used by family hand labour; vi. it is of simple use and management; vii. it avoids water losses through runoff and presents high irrigation efficiency. This irrigation system is well adapted to vegetable crops.

The cost of this irrigation system under low pressure (i.e. without pumping), is 62% cheaper than the conventional sprinkler irrigation. If pumping is involved the costs of investment are similar.

However, in this case, it is possible to irrigate area with steep slope, which is not the case of the conventional irrigation systems.

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIA

José Monteiro Soares¹

DEFINIÇÃO

Este sistema de irrigação, caracteriza-se pela condução da água através de tubulação e de sua distribuição através de mangueiras flexíveis e pela aplicação localizada da água. É um sistema que pode funcionar sob baixa e média pressão, podendo ainda aproveitar na propriedade, pontos de tomada de água com energia gravitacional, bem como fontes de água com pequenas vazões e pequenos volumes.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este sistema de irrigação apresenta-se bastante diversificado quanto ao tamanho dos módulos irrigáveis, mobilidade do sistema de condução e alternativas de bombeamento de água. O baixo custo de investimento inicial, a simplicidade de instalação e de manejo e a elevada eficiência de irrigação deste sistema, podem permitir a sua adoção por parte do pequeno produtor. Este sistema de irrigação presta-se para a exploração de culturas perenes, e temporárias bem como para o cultivo em solos que apresentam limitações de topografia, textura e profundidade.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVA DE USO

O sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia pode ser utilizado em todo trópico semi-árido, principalmente em propriedades que apresentam escassez de água. O sistema de irrigação móvel necessita da utilização de tubulação com engate rápido, podendo ser de PVC rígido ou de alumínio. Em sistemas de irrigação do tipo fixo com altura manométrica até 2 atm (20 m), pode-se optar pela utilização de tubos de PVC tipo esgoto. Para culturas perenes que apresen-

¹Engº Agrº, M.Sc., Irrigação e Drenagem - EMBRAPA/CPATSA, Petrolina-PE, Caixa Postal, 23, Brasil.

tam espaçamentos entre plantas superiores a 3 m, deve-se optar pelo método de irrigação por mangueiras, utilizando microbacias.

DESCRIÇÃO

A composição de um sistema de irrigação por mangueira está em função do sistema de captação d'água. De um modo geral, pode ser apresentado da seguinte maneira: conjunto motobomba e/ou reservatório, linha principal, linha secundária e mangueira de distribuição.

Conjunto de motobomba: é representado por uma bomba centrífuga acoplada a um motor diesel ou elétrico. Desde que exista na propriedade um ponto de tomada de água com energia gravitacional, suficiente para o funcionamento do sistema de irrigação projetado, o conjunto de bombeamento pode ser excluído do sistema.

Linha principal: a seleção da tubulação principal está em função da perda e carga, velocidade, vazão e mobilidade do sistema. Para um sistema portátil dimensionado funcionar sob baixa pressão, é aconselhado tubos de PVC rígido com engate rápido, de modo a reduzir ao mínimo o tempo gasto para a mudança da tubulação. Para um sistema semi-fixo que funciona sob baixa pressão, é recomendado tubos de PVC rígido tipo esgoto, no trecho em que a tubulação é fixa, de modo a proporcionar a redução dos custos de investimento inicial. O diâmetro da tubulação deverá satisfazer dentro do aspecto econômico o requerimento de desempenho do sistema de irrigação.

Linha secundária: o tipo dessa tubulação deve ser selecionado em função da mobilidade do sistema de irrigação. Para o sistema móvel ou semi-fixo, é aconselhado tubos de PVC rígido dotados de engate rápido. Já para o sistema fixo que requer baixa pressão essas tubulações poderão ser tipo "esgoto".

Mangueira de distribuição: é recomendável uma mangueira de plástico transparente, por ser um material muito flexível. O comprimento e o diâmetro da mangueira associados à sua flexibilidade, concorrem para uma maior funcionabilidade na aplicação d'água de irrigação. No sistema de irrigação, em que a água é aplicada na extremidade da microbacia a mangueira com 50 m de comprimento e 1" ou 1 1/4" de diâmetro,

tem se apresentado como a mais funcional.

Ponto de derivação: dependendo dos comprimentos da parcela e da mangueira de distribuição, a linha lateral pode ter um ou mais pontos de derivação de água. Fig. 1.

As Figs. 2 e 3 mostram esquemas de sistemas de irrigação por mangueira utilizando microbacia para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha, para duas alternativas de bombeamento de água.

Na exploração de culturas perenes, durante a fase de crescimento, em que a planta não cobre totalmente o terreno; deve-se utilizar culturas temporárias em consórcio, visando com melhor aproveitamento dos recursos de solo e água para maior rentabilidade. As Figs. 3A e 4B, mostram o esquema de plantio do consórcio.

Dimensionamento de um sistema de irrigação: o roteiro para o dimensionamento de um sistema de irrigação por mangueira, utilizando microbacias é função das condições locais, bem como das características das culturas a serem exploradas, obedecendo as seguintes etapas:

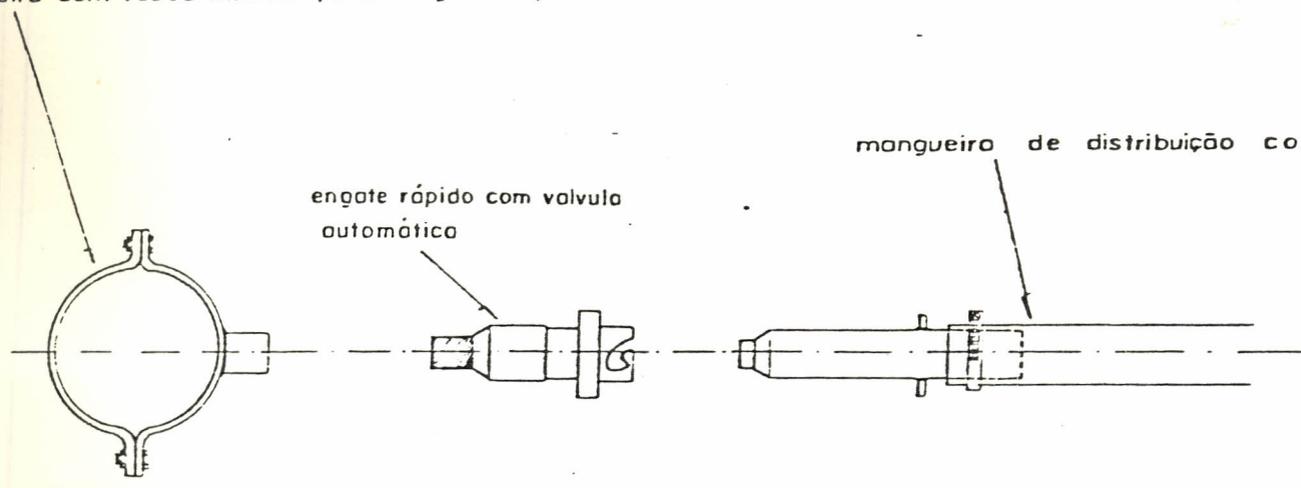
- a) Identificação e caracterização da propriedade - são elementos básicos utilizados na escolha, dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação.
- b) Planejamento agrônômico da irrigação - esta etapa compreende a determinação das necessidades de água para irrigação, bem como o manejo da irrigação.

A disponibilidade de uma boa estimativa da necessidade de água de irrigação, é imprescindível para o projeto de qualquer sistema de irrigação. Portanto, uma estimativa a nível mensal é importante para determinar-se o período de máxima demanda de água. Pois o sistema de irrigação deve ser dimensionado para satisfazer a demanda máxima de água.

O procedimento básico para estimar-se essa necessidade de água é feito da seguinte maneira:

1. Determina-se a evapotranspiração potencial - este parâmetro pode ser determinado por dois processos distintos: evaporação do tanque Classe A ou por fórmulas empíricas.

çodeiro com rosca interna para engate rápido

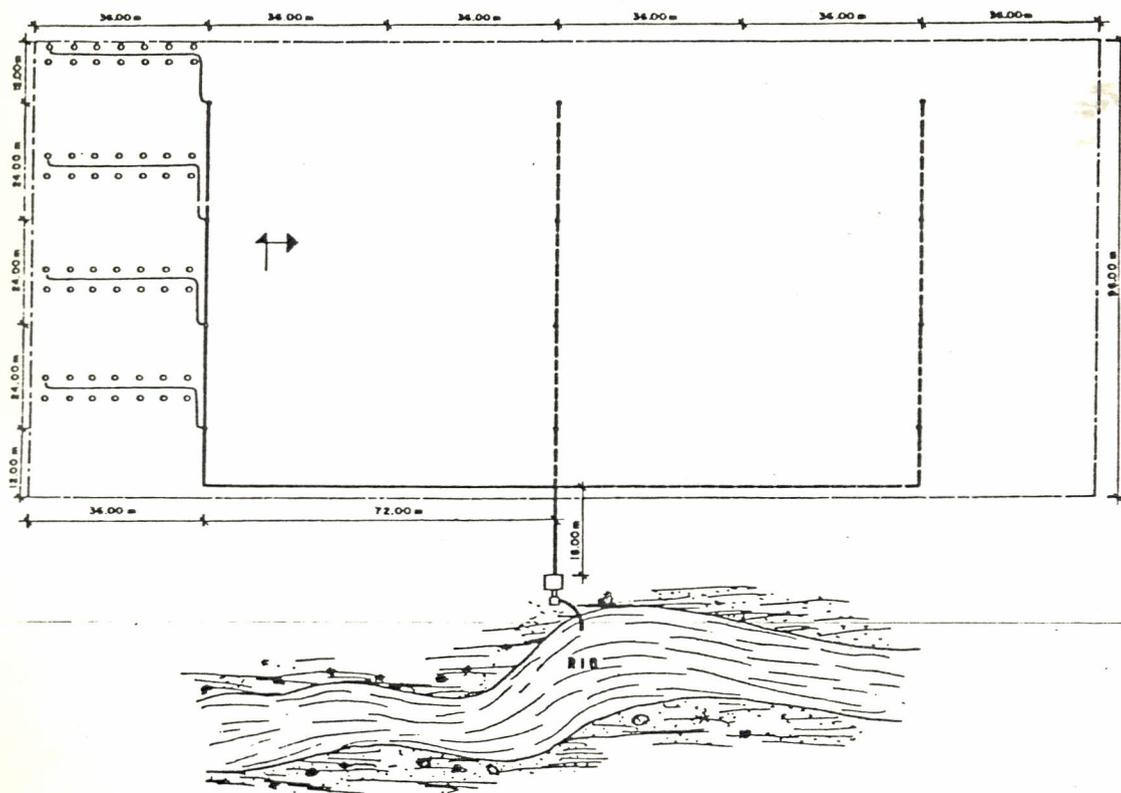


mangueira de distribuição com adaptador

engate rápido com valvula automática

Fig. 1 . . Ponto de derivação com válvula automática e engate rápido para mangueira de distribuição.

Fig. 2

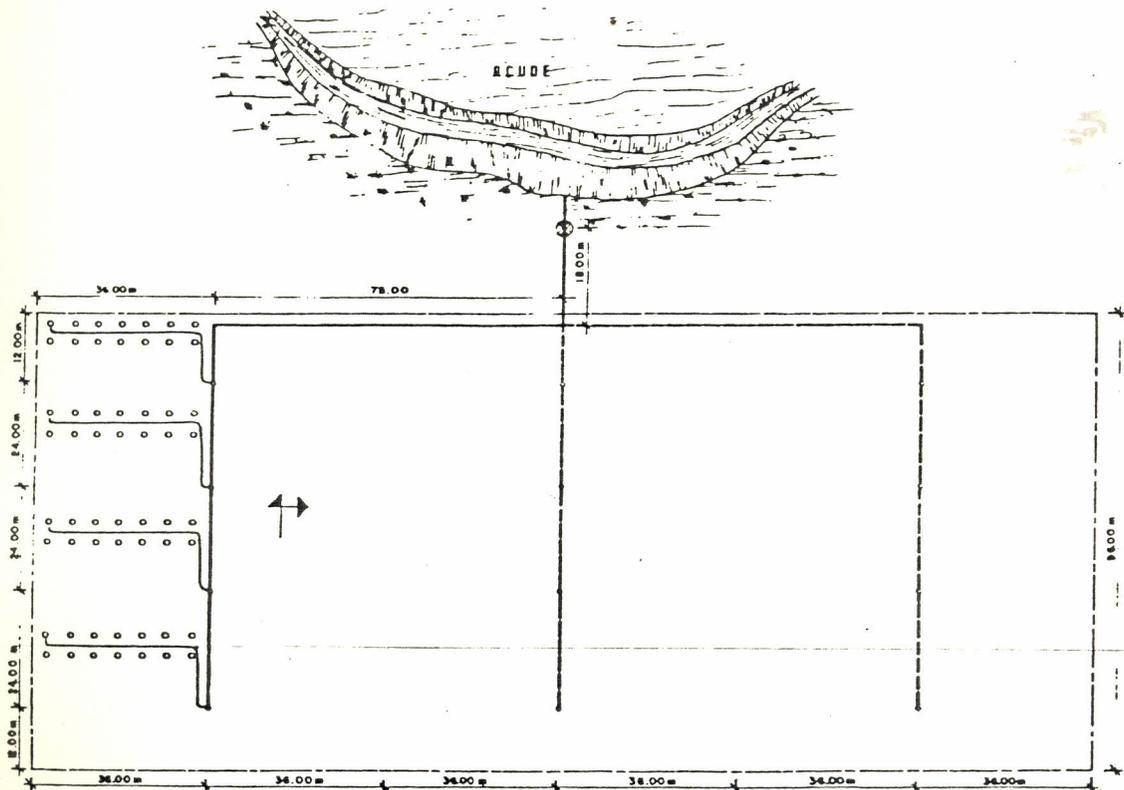


LEGENDA

- Línea de área irrigada
- Mangueira de distribuição
- Línea secundária e pontos de derivação
- Motor bomba
- Línea principal perpendicular móvel

PROJETO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIA COM BOMBAMENTO.		PROPRIEDADE: Faz. Quixodó	
		PROPRIETÁRIO: Monsel João da Silva	
MUNICÍPIO: PETROLINA	ESTADO: PE	ÁREA SINGADA: 2,0 ha	PROJETO:
DATA: 22-08-84	ESCALA: 1 : 1.000	DIRETOR: J. C. Soares	VISTO:

Fig. 2. Sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia com bombeamento de água.



- LEGENDA**
- Limite das áreas irrigadas
 - Mangueira de distribuição
 - Linha secundária e pontos de derivação
 - ⊗ Registro
 - Linha principal parcialmente subter

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIAS/BOMBEAMENTO		PROPRIEDADE: Faz. Pedra	
		PROPRIETARIO: José Carlos da Silva	
MUNICÍPIO: PETROLINA	ESTADO: PE	ÁREA IRRIGADA: 2,0 ha	PROJETO:
DATA: 23-05-84	ESCALA: 1:1000	DESENHO: J. C. Bezerra	VISTO:

Fig. 3. Sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia e sem bombeamento de água.

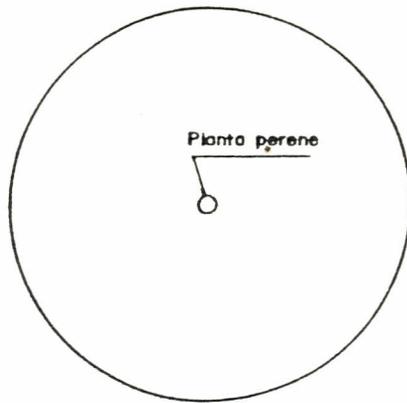
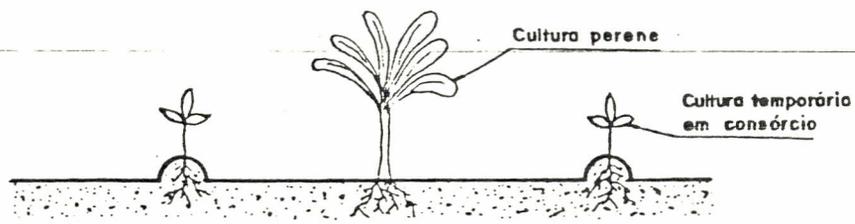


FIG. 4 A. Planta baixa do sistema de plantio utilizada no sistema de irrigação por mangueira com microbacia.



DES. J.C. BEZERRA

FIG. 4 B. Corte transversal do sistema de plantio mostrado na figura 3A.

Valores
da fórmula
do Nord-
2. Os c
gões
Valores
e para as
temporárias
bela 2. Assim

- a) Uso do tanque de evaporação Classe A - a evaporação do tanque multiplicada por um coeficiente K_T , cujo valor depende principalmente das condições do meio em que o tanque é instalado, permite obter a evapotranspiração potencial. Considerando a enorme variação dos coeficientes de tanque, com fins simplista e prático, recomenda-se usar $K_T = 0,80$, assim:

$$ETP = EV \times 0,80$$

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

EV = evaporação do tanque (mm/mês)

- b) Uso da fórmula de Hargreaves - a partir de dados mensais de temperatura e umidade relativa do ar, determina-se a evapotranspiração potencial mensal através da seguinte relação:

$$ETP = FET (32 + 1,8 T) (0,158) (100 - UR)^{1/2}$$

em que:

FET = fator de evapotranspiração (mm/mês), obtido a partir da latitude da região em questão (Tabela 1).

T = temperatura média mensal ($^{\circ}C$), obtida pela seguinte fórmula:
$$T = \frac{t \text{ as } 12 \text{ hs} + 2t \text{ as } 24 \text{ hs} + t \text{ máxima} + t \text{ mínima}}{5}$$

UR = umidade relativa média do ar (5).

Valores de evapotranspiração potencial mensais, calculadas através da fórmula acima, já encontram-se em tabelas para uma série de locais do Nordeste (HARGREAVES, 1974).

2. Os coeficientes de cultivo devem ser obtidos mensalmente, como segue:

Valores de coeficientes de cultivo (K_c) para culturas permanentes e para as fases intermediária e final do ciclo fenológico de culturas temporárias, podem ser obtidos em tabelas (DORENBOS E PRUIT, 1975). Tabela 2. Assim os valores de K_c para as fases iniciais de culturas tem

BELA 1 - Fator de Evapotranspiração Potencial em mm/mês (FET).

AT	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01	2,29	2,12	2,35	2,20	2,14	1,99	2,09	2,22	2,26	2,36	2,23	2,27
02	2,32	2,14	2,36	2,18	2,11	1,96	2,06	2,19	2,25	2,57	2,26	2,30
03	2,35	2,15	2,36	2,17	2,08	1,92	2,03	2,17	2,25	2,39	2,29	2,34
04	2,39	2,17	2,36	2,15	2,05	1,89	1,99	2,15	2,34	2,40	2,32	2,37
05	2,42	2,19	2,36	2,13	2,02	1,85	1,96	2,13	2,23	2,41	2,34	2,41
06	2,45	2,21	2,36	2,12	1,99	1,82	1,93	2,10	2,23	2,47	2,37	2,41
07	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,41
08	2,51	2,24	2,36	2,08	1,93	1,75	1,86	2,05	2,21	2,44	2,42	2,51
09	2,54	2,25	2,36	2,06	1,90	1,71	1,82	2,03	2,20	2,45	2,45	2,54
10	2,57	2,27	2,36	2,04	1,86	1,68	1,70	2,00	2,19	2,46	2,47	2,58
11	2,60	2,28	2,35	2,02	1,83	1,64	1,75	1,98	2,18	2,47	2,50	2,61
12	2,62	2,29	2,35	2,00	1,80	1,61	1,72	1,95	2,17	2,48	2,52	2,64
13	2,65	2,31	2,35	1,98	1,77	1,57	1,68	1,92	2,16	2,48	2,54	2,67
14	2,68	2,32	2,34	1,96	1,73	1,54	1,65	1,89	2,14	2,49	2,57	2,71
15	2,71	2,33	2,33	1,94	1,70	1,50	1,61	1,87	2,13	2,50	2,59	2,74
16	2,73	2,34	2,33	1,91	1,67	1,46	1,58	1,84	2,12	2,50	2,61	2,77
17	2,76	2,35	2,32	1,89	1,63	1,43	1,54	1,81	2,10	2,50	2,63	2,80
18	2,79	2,36	2,31	1,87	1,60	1,39	1,50	1,78	2,09	2,51	2,65	2,83
19	2,81	2,37	2,30	1,84	1,56	1,35	1,47	1,75	2,07	2,51	2,67	2,86
20	2,84	2,38	2,29	1,82	1,56	1,32	1,43	1,72	2,06	2,51	2,69	2,88

TABELA 2. Coeficientes médios da Cultura (Kc), para algumas culturas, irrigadas no TSA, segundo metodologia de Doorenbos e Pruitt, 1975.

Cultura	Frequência de irrigação no período inicial	Kc Médio Mensal					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
Cebola	2	0,90	0,95	1,00	0,90		
	4	0,70	0,90	1,00	0,90		
Cenoura	2	0,90	1,00	1,05	0,95		
	4	0,70	0,90	1,05	0,95		
Feijão Phaseolus	2	0,85	1,10	0,90			
	4	0,60	1,10	0,90			
Feijão Vigna	7	0,55	1,10				
Tomate Industrial	2	0,90	1,00	1,15	1,00		
	4	0,65	0,90	1,15	1,00		
Tomate de Mesa	2	0,85	0,95	1,05	1,20	0,90	
	4	0,65	0,80	1,05	1,20	0,90	
Melão/Melancia	2	0,90	1,00	0,90			
	4	0,65	1,00	0,90			
Alimentação	2	0,80	0,90	1,00	1,05	1,00	0,90
	4	0,55	0,75	0,95	1,05	1,00	0,90
Alho	2	0,85	1,05	1,10			
	4	0,65	1,05	1,10			
Pepolho	2	0,85	0,95	1,00	1,05	0,90	
	4	0,55	0,80	1,00	1,05	0,90	
Pepino	2	0,85	0,95				
	4	0,70	0,95				
Broto		1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	
Banana		1,00 todo o ano*					
Abacaxiz		0,75 todo o ano*					
Amendoas e Nozes		0,70 todo o ano*					
Maçãs		0,60 todo o ano*					

Carreaves, 1975.

porárias, devem ser determinados, para que se obtenha o balanço hídrico completo da cultura considerada.

3. Os valores de coeficientes de cobertura são dados estimados.

4. Determina-se a evapotranspiração real, como segue:

$$ETR = ETP \times Kc \times C$$

em que:

ETR = evapotranspiração real (mm/mês)

5. Os valores de uso consuntivo diário pela fórmula:

$$UC = ETR : D$$

em que:

UC = uso consuntivo diário (mm/dia)

D = número de dias do mês

6. Determina-se os valores de precipitação provável - a precipitação provável (PP) é geralmente usada durante o processo de elaboração de projetos de irrigação. No processo de manejo e operação de áreas irrigadas o que interessa mais é a chuva observada.

Valores de precipitação provável podem ser encontrados em tabelas para uma série muito grande de locais do Nordeste (HARGREAVES, 1973). Para áreas irrigadas, o nível de probabilidade mais utilizado é de 75%.

Caso não se disponha desses em tabelas, pode-se determiná-los pelo método de Weibull, como segue:

a) Obter dados mensais de precipitação de pelo menos 9 anos.

b) Ordenar os dados em ordem decrescente.

c) Determinar as probabilidades de chuva através da seguinte equação:

$$P (\%) = \frac{m}{n+1} \times 100$$

em que:

P = probabilidade de ocorrência de uma determinada quantidade de chuva em porcentagem para áreas irrigadas P = 75%.

m = número de ordem (ordenado da maior para a menor precipitação).

n = número de observações.

7. A precipitação efetiva é calculada pelo método seguinte, em base a um coeficiente de aproveitamento decrescente (CA) a cada 25 mm de incremento de chuva mensal total. Assim a precipitação efetiva é calculada da seguinte fórmula:

$$PE = PP \times f$$

em que:

PE = precipitação efetiva (mm/mês)

f = coeficiente de aproveitamento decrescente. Tabela 3.

TABELA 3. Coeficientes de aproveitamento decrescente e precipitações totais e efetivos mensais.

Precipitação Mensal* (mm)	Coeficiente de Aproveitamento Decrescente (CA)	Precipitação Efetiva (mm)
25	0,95	24
50	0,90	46
75	0,82	66
100	0,65	82
125	0,45	93
150	0,25	99
175	0,05	-

*Precipitações menores de 10 mm não são consideradas.

FONTE: Blaney e Criddle 1962.

8. A necessidade de irrigação líquida é obtida como segue:

$$NIL = ETR - PE$$

em que:

NIL = necessidade de irrigação líquida (mm/mês)

ETR = evapotranspiração real (mm/mês)

PE = precipitação efetiva (mm/mês)

9. Calcula-se a necessidade de irrigação bruta pela equação:

$$NIB = \frac{NIL}{Ei}$$

em que:

NIL = necessidade de irrigação bruta (mm/mês)

Ei = eficiência de irrigação (decimais)

10. Os valores de gasto mensal de água é obtido pela fórmula:

$$Gm = NIB \times 10$$

em que:

Gm = gasto mensal de água (m³/ha x mês)

11. A vazão unitária ou módulo de irrigação é dado por:

$$Qu = \frac{Gm}{3,6 \times h \times D}$$

em que:

Qu = vazão unitária ou módulo de irrigação (l/s x ha)

Gm = gasto mensal (m³/ha x mês)

h = horas de trabalho por dia do mês de máxima demanda

D = número de dias de trabalho no mês considerado

O manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação compreende a determinação de parâmetros importantes, para o manejo da irrigação, ao longo do ciclo fenológico da cultura, como segue:

1. A frequência de irrigação (Fi) deve ser pré-estabelecido. Normalmente para culturas temporárias utiliza-se dois dias, com exceção do feijão caupi, enquanto para fruticultura quatro dias.

2. A lâmina líquida deve ser calculada em base a fórmula:

$$Ll = UC \times Fi$$

em que:

Ll = lâmina líquida de irrigação (mm)

UC = Uso consuntivo

Fi = frequência de irrigação (dia)

No entanto, há necessidade de determinar-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar para a cultura considerada. Ou seja:

$$Lls = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr$$

em que:

Lls = lâmina líquida que o solo pode armazenar (mm)

CC = capacidade de campo (%)

PM = ponto de murchamento (%)

Dap = densidade aparente (g/cm^3)

K = nível de água disponível no solo (%)

Pr = profundidade efetiva das raízes (cm)

Caso a lâmina líquida do mês de maior demanda, calculada em base a frequência de irrigação seja maior que a lâmina líquida que o solo pode armazenar, deve-se reduzir a frequência de irrigação.

3. A lâmina bruta é obtida pela fórmula seguinte:

$$Lb = \frac{Ll}{Ei}$$

em que:

Lb = lâmina bruta (mm)

Ei = eficiência de irrigação (decimais)

4. O volume de água aplicado por planta é dado pela fórmula:

$$Vap = Lb \times C \times Ap$$

em que:

Vap = volume de água aplicado por planta (l)

C = coeficiente de cobertura

A_p = área por planta (m^2)

5. A vazão total do sistema de irrigação é dado por:

$$Q_t = Q_u \times A_t$$

em que:

Q_t = vazão total do sistema de irrigação (l/s)

Q_u = vazão unitária ($l/s \times ha$)

A_t = Área total irrigável (ha)

6. O número de mangueira necessárias em funcionamento simultâneo é obtido pela fórmula:

Em função do esquema do sistema de irrigação seleciona-se o comprimento e o diâmetro da mangueira. Enquanto a vazão da mangueira é escolhida de modo a encontrar-se um número exato de mangueiras em funcionamento simultâneo. A pressão no início da mangueira é obtida em consequência da vazão escolhida. Estes dados são encontrados na Tabela 4.

O número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo é dado por:

$$NMF = \frac{Q_t}{Q_m}$$

em que:

NMF = número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo

Q_t = vazão total do sistema de irrigação (l/s)

Q_m = vazão da mangueira (l/s)

7. O tempo de irrigação por planta é função do volume de água aplicado por planta, bem como da vazão da mangueira. Assim tem-se que:

$$T_{ip} = \frac{V_{ap}}{Q_m}$$

TABELA 4. Vazão l/s em mangueira de PVC flexível em função do diâmetro e comprimento da mangueira, pressão de serviço (hm) no início da mangueira e sem dissipador de energia na saída.

Diâmetro	Comprimento (m)	Pressão de serviço no início da mangueira - hm (m)																							
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,4	9,8	10,2
1"	20	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90	0,96	1,02	1,08	1,14	1,20	1,26	1,32	1,38	1,43	1,49	1,55	1,61	1,67	1,73	1,79	1,85	1,91	1,97	2,03
	30	0,55	0,59	0,63	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,01	1,05	1,09	1,14	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,39	1,43	1,47	1,51
	40	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,64	0,67	0,71	0,75	0,78	0,82	0,85	0,89	0,92	0,96	1,00	1,03	1,07	1,10	1,14	1,17	1,21	1,25	1,28
	50	0,39	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,12
1 1/4"	20	1,67	1,74	1,82	1,89	1,96	2,03	2,10	2,17	2,24	2,31	2,38	2,45	2,52	2,60	2,67	2,74	2,81	2,88	2,95	3,02	3,09	3,16	3,23	3,30
	30	1,13	1,20	1,28	1,35	1,42	1,50	1,57	1,65	1,72	1,80	1,87	1,94	2,02	2,09	2,17	2,24	2,32	2,39	2,46	2,54	2,61	2,69	2,76	2,84
	40	1,07	1,13	1,18	1,24	1,29	1,34	1,40	1,45	1,51	1,56	1,62	1,67	1,73	1,78	1,84	1,89	1,94	2,00	2,05	2,11	2,16	2,22	2,27	2,33
	50	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,37	1,42	1,46	1,50	1,54	1,58	1,62	1,67	1,71	1,75	1,79	1,84	1,88	1,92	1,96	2,00

em que:

T_{ip} = tempo de irrigação por planta (min.)

Q_m = vazão da mangueira (l/s)

8. O número de horas de bombeamento diário é dado por:

$$H_{bd} = \frac{Q_u}{Q_{um}} \times h$$

em que:

H_{bd} = horas de bombeamento diário (h)

Q_u = vazão unitária do mês considerado (l/s x ha)

Q_{um} = vazão unitária do mês de máxima demanda (l/s x ha)

h = horas de trabalho por dia para o mês de máxima demanda

9. O número de horas de bombeamento mensal é calculado pela expressão:

$$H_{bm} = H_{bd} \times D$$

em que:

H_{bm} = horas de bombeamento mensal (h)

D = número de dias do mês

10. A área irrigada por dia é dada pela fórmula seguinte:

$$A_{id} = \frac{A_t}{F}$$

em que:

A_{id} = área irrigada por dia (ha)

A_t = área total do sistema de irrigação (ha)

F = frequência de irrigação do mês considerado (d)

c) Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação - Compreende a determinação de parâmetros, visando o dimensionamento ótimo-econômico do sistema.

1. Dimensionamento da mangueira - O comprimento da mangueira é função do esquema do sistema de irrigação, bem como do espaçamento entre dois pontos de derivação consecutivos. Mangueiras com 1 e 1 1/4" de diâmetro apresentam-se como as mais usadas.

Dimensionamento da linha secundária: o dimensionamento da linha secundária compreende: determinação do diâmetro e comprimento dos tubos e perda de carga ao longo da tubulação devido ao atrito. Figs. 2 e 3.

Perda de carga total: para o cálculo da perda de carga ao longo da linha secundária sugere-se a divisão da tubulação em trechos, dependendo da vazão e do número de mangueiras em funcionamento simultâneo na mesma linha. Neste caso, a perda de carga total é dada por:

$$h_{fs} = h_{fs_1} + h_{fs_1} + \dots + h_{fs_n} = (J_{s_1} L_{s_1} + J_{s_2} + \dots +$$

$$J_{s_n} \cdot L_{s_n}) \frac{1}{100}$$

em que:

h_{fs} = Perda de carga total devido ao atrito (m)

$h_{fs_1}, h_{fs_2} \dots h_{fs_n}$ = Perdas de cargas parciais devido ao atrito em cada trecho da linha secundária (m)

$h_{s_1}, J_{s_2} \dots J_{s_n}$ = Perdas de cargas relativas em cada trecho da linha (m/100 m). Figura 5.

$L_{s_1}, L_{s_2} \dots L_{s_n}$ = Comprimento de cada trecho da linha secundária (m)

Dimensionamento da linha principal: o dimensionamento da linha principal abrange a determinação do diâmetro e comprimento da respectiva linha e perdas de carga devido ao atrito, Figs. 2 e 3.

Perda de carga total na linha principal

$$H_{fp} = \frac{J_p}{100} \cdot L_p$$

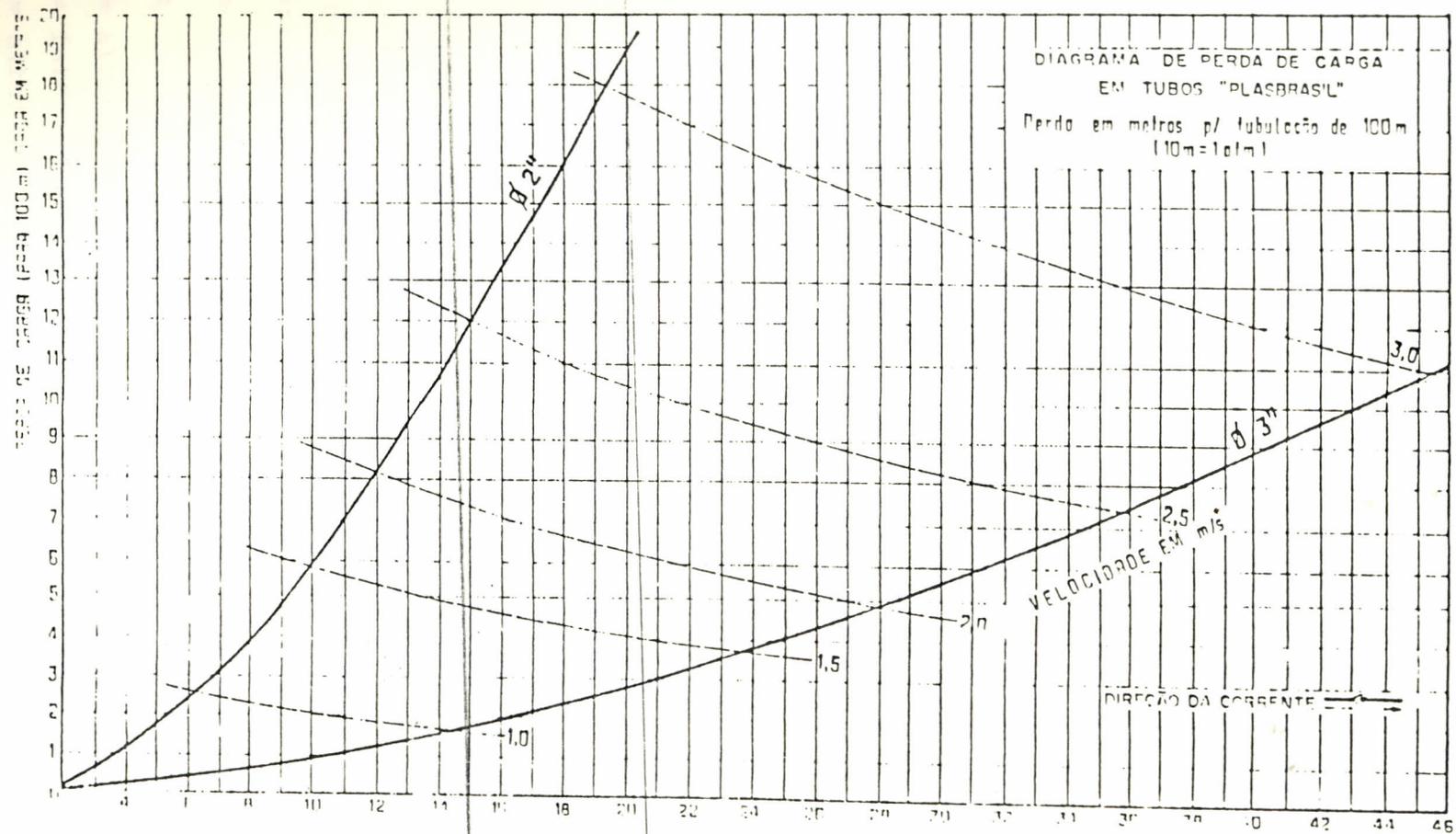


FIG. 5 - Curvas de perdas de carga relativa em tubulação de PVC rígido com engate rápido.

em que:

H_{fp} = perda de carga ao longo da linha principal (m)

J_p = perda de carga relativa (m/100 m). Figura 5

L_p = comprimento da linha principal

Dimensionamento da altura manométrica - A altura manométrica necessária ao funcionamento do sistema de irrigação apresenta-se de forma distinta em função da alternativa de bombeamento.

a) Sem bombeamento - Neste caso, o cálculo da altura manométrica é apresentado pela seguinte fórmula:

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp}) - \Delta St$$

em que:

H_m = altura manométrica necessária (m)

f = fator de correção das perdas localizadas ($f = 1,05$)

ΔSt = desnível do terreno (m) no sentido da linha secundária e principal expresso pela fórmula seguinte:

$$\Delta St = \frac{S}{100} \times L$$

~~S = declividade longitudinal do terreno (%)~~

~~L = comprimento da tubulação entre o ponto de tomada de água e o final da tubulação (m)~~

~~Neste caso, a altura manométrica necessária deve ser menor ou igual a carga hidráulica disponível no ponto de tomada de água.~~

b) Com bombeamento - Neste caso, o cálculo da altura manométrica necessária é dado pela fórmula:

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s)$$

em que:

H_m = altura manométrica necessária (m)

f = fator de correção das perdas localizadas ($f = 1,05$)

h_s = altura de sucção (m)

hr = altura de recalque (m) expresso pela fórmula:

$$hr = \frac{S}{100} \times L$$

S = declividade longitudinal do terreno (%)

h = comprimento da tubulação no sentido longitudinal (m)

Obs.: A altura de recalque também pode ser obtida diretamente no campo pela diferença de cota entre o eixo da bomba e o ponto mais elevado do terreno.

Dimensionamento do conjunto motobomba - Deve-se selecionar uma bomba que apresente o maior rendimento possível. Após a seleção da bomba para uma dada condição, determinam-se os parâmetros como segue:

Potência absorvida no eixo da bomba

$$Pa = \frac{Hm \times Qt}{2,7 \times Eb}$$

em que:

Pa = potência absorvida no eixo da bomba (c.v.)

Eb = eficiência da bomba selecionada (%)

Qt = vazão total do sistema em (m³/h)

Potência do motor - Este parâmetro deve ser determinado como segue:

$$Pm = \frac{Pa}{Em}$$

em que:

Pm = potência do motor em (cv)

Em = eficiência do motor (decimal) Tabela 5.

TABELA 5. Eficiência para motores diesel, elétrico e a gasolina.

Potência (CV)	Eficiência - decimais		
	Motores elétricos	Motores diesel	Motores a gasolina
< 2	0,70		
2 a 5	0,75		
5 a 10	0,80	0,80	0,60
10 a 20	0,85		
> 20			

Os motores elétricos nacionais são normalmente fabricados com as seguintes potências, em CV: 1/2; 3/4; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 100; 125; 150; 200.

Os mais utilizados em irrigação no Nordeste são os de 3.600 rpm (2 polos) e 1.800 rpm (4 polos).

O consumo médio de energia, em conjuntos motobombas, por cv/hora produzido é apresentado na Tabela 6.

TABELA 6. Consumo médio de energia para motores elétricos, diesel e a gasolina.

Fonte de energia	Unidade	Consumo por cv - hora
Óleo diesel	litro	0,25 - 0,35
Gasolina	litro	0,30 - 0,40
Eletricidade	Kilowatt - hora	0,95 - 1,05

Os tipos de chaves elétricas variam em função da potência dos motores (Tabela 7).

TABELA 7. Tipos de chaves elétricas em função da potência dos motores.

Potência do motor (cv)	Tipo de chave elétrica
< 7,5	magnética de proteção
7,5 a 75	estrela triângulo
> 75	compensadora de partida manual ou mecânica, ou série paralela.

A potência do transformador é dado por:

$$P_t = 0,97 \times P_m + Q$$

em que:

P_t = potência do transformador (KVA).

Os transformadores trifásicos são normalmente fabricados com as seguintes potências em KVA: 10; 12,5; 20; 25; 30; 45; 50; 60; 75; 112,5; 150; 225; 300.

No dimensionamento do transformador deve-se levar em consideração, outros consumos de energia existentes tais como: forrageiras; consumo doméstico, etc.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM BOMBAMENTO UTILIZANDO MICROBACIAS

Identificação e Caracterização da Propriedade

Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 8.

TABELA 8. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

Produtor: Manoel Juvino da Silva

Projeto nº 01

Propriedade: Faz. Quixadá

Data: 22.02.84

Município: Petrolina

Estado: PE

Solo

Tipo: Latossolo

Classe: 2 Textura: arenosa

Profundidade: 1,5 m

Declividade longitudinal: 2%

Capacidade de Campo: 15%

Ponto de murchamento: 7%

Densidade aparente: 1,58 g/cm³

Velocidade de infiltração básica: 20 mm/h

Água

Fonte: Açude

Capacidade: 150.000 m³

Volume anual disponível: 45.000 m³

Vazão: - m³/h

Classe: C₂S₁

Outros Dados:

Altura de sucção: 2,0 m

Horas de trabalho/dia: 10 h

Altura de recalque: 2,04 m

Dias de trabalho/semana: 7 d

Tipo de energia: Diesel

Eficiência de irrigação: 70%

Área irrigada: 2 ha

Cultura principal

Bananeira var. Pacovã

Profundidade efetiva da raiz: 60 cm

Espaçamento: 4m x 2m x 2m

Necessidades de Água de Irrigação

A Tabela 9 mostra as necessidades de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia apresentada anteriormente. Apresenta-se de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de janeiro como exemplo.

1. Os valores de ETP são dados obtidos de (HARGREAVES, 1974).

2. Os valores de Kc também são obtidos na Tabela 2.

3. O valor de C é estimado em 0,7.

4. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = Kc \times C \times ETP = 1,0 \times 0,7 \times 206 = 144 \text{ mm}$$

5. Os valores de uso consuntivo são obtidos dividindo-se os valores de ETR pelo número de dias do mês considerado:

$$UC = ETR : D = 144 : 31 = 4,65 \text{ mm/dia}$$

6. Os valores de PP foram obtidos de (HARGREAVES, 1973), a um nível de 75% de probabilidade.

7. A precipitação efetiva é calculada em base a expressão:

$$PE = PP \times f = 10 \times 0,95 = 9,5 \text{ mm}$$

8. A necessidade de irrigação líquida é obtida como segue:

$$NIL = ETR - PE_{\text{efetiva}} = 144 - 9,5 = 134,5 \text{ mm/mês}$$

9. A necessidade bruta é calculada pela expressão:

$$NIB = NIL : E_i = 134,5 : 0,7 = 192,1 \text{ mm}$$

10. Os valores do gasto mensal é obtido pela fórmula:

$$G_m = NIB \times 10 = 192,1 \times 10 = 1921 \text{ m}^3/\text{ha/mês}$$

11. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtido em base ao número de horas de trabalho por dia e ao número de dias do mês:

$$Q_u = \frac{G_m}{3,6 \times h \times D} = \frac{1921}{3,6 \times 10 \times 31} = 1,85 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

Manejo de água de irrigação.

O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabela 10. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, em base aos cálculos para a cultura da bananeira variedade Pacovã, referente ao mês de maior consumo (Novembro) obtido da Tabela 9.

1. A frequência de irrigação foi pré-estabelecida em quatro (4) dias com dez (10) horas de trabalho por dia para o período de máxima demanda.

2. Calcula-se a lâmina líquida em base a frequência e o uso consecutivo diário.

$$Ll = Fi \times UC = 4 \times 4,87 = 19,48 \text{ mm}$$

3. Calcula-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar para a cultura considerada no mês de máxima demanda. Ou seja:

$$Lls = 10 \cdot \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \cdot \frac{13 - 6}{100} \times 1,58 \times 0,30 \times 60 = 19,91 \text{ mm}$$

4. Verifica-se que Ll é menor que Lls . Logo podemos utilizar a lâmina calculada em base a frequência.

5. Determina-se a lâmina bruta.

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{19,48}{0,7} = 27,83 \text{ mm}$$

6. Calcula-se o volume de água a ser aplicado por planta.

$$Vap = Lb \times C \times Ap = 27,83 \times 0,70 \times 6 = 117 \text{ l.}$$

7. A vazão total do sistema de irrigação é dado por:

$$Qt = Qu \times A = 1,93 \times 2 = 3,86 \text{ l/s} = 13,90 \text{ m}^3/\text{h.}$$

8. Calcula-se o número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 50 m de comprimento e 1 1/4" de diâmetro. Deve-se selecionar na Tabela 4, uma vazão que condicione a obtenção de um número

exato de mangueiras. Neste caso, pode-se verificar que uma vazão de 1,04 l/s, apresenta-se como um valor ideal. Ou seja:

$$NMF = \frac{Qt}{Qm} = \frac{3,86}{1,04} = 4 \text{ mangueiras}$$

Para $Qm = 1,04 \text{ l/s}$ tem-se uma pressão de 1,00 m no início da mangueira.

7. O tempo de irrigação por planta é dado por:

$$Tip = \frac{Vam}{60 \times Qm} = \frac{117}{60 \times 1,04} = 1,88 \text{ min.}$$

8. Calcula-se o número de horas de bombeamento diário.

$$Hdb = \frac{Qu}{Qum} \times h = \frac{1,93}{1,93} \times 10 = 10 \text{ h.}$$

9. Determina-se o número de horas de bombeamento mensal.

$$Hbm = Hdb \times D = 10 \times 30 = 300 \text{ h}$$

Para o mês de novembro $D = 30$ dias é igual a 30.

10. Calcula-se a área irrigada por dia.

$$Aid = \frac{At}{Fi} = \frac{2,0}{4} = 0,50 \text{ ha.}$$

Obs. O projeto foi dimensionado em base a sete dias de trabalho por semana com dez (10) horas de trabalho por dia, no período de máxima demanda. Verifica-se que na maioria dos meses do ano, o número de horas de trabalho por dia, oscila em torno de sete (7) horas. Neste caso, pode-se aumentar as horas de trabalho por dia, condicionando as folgas aos domingos. Durante as meses de máxima demanda, esta folga pode também ser obtida, trabalhando-se doze ou mais horas por dia.

TABELA 9. Necessidades de água de irrigação.

Meses	Cultura	ETP (mm)	Kc	C	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	P.Efetiva (mm)	Necessi- dade ir- rig.líq. (mm)	Necessi- dade ir- rig.bru- ta (mm)	Gasto mensal (m ³ /ha x mês)	Vazão uni- tária (ℓ/s x ha)
JAN	Banana var. Pacovã	206	1,0	0,7	144	4,65	6	0	144	206	2.060	1,85
FEV		179	1,0	0,7	125	4,31	8	0	125	179	1.790	1,71
MAR		181	1,0	0,7	127	4,10	11	10	117	167	1.670	1,50
ABR		150	1,0	0,7	105	3,50	1	0	105	150	1.500	1,39
MAI		145	1,0	0,7	102	3,29	0	0	102	146	1.460	1,31
JUN		132	1,0	0,7	92	3,07	0	0	92	131	1.310	1,21
JUL		138	1,0	0,7	97	3,12	0	0	97	139	1.390	1,25
AGO		156	1,0	0,7	109	3,52	0	0	109	156	1.560	1,40
SET		174	1,0	0,7	122	4,07	0	0	122	174	1.740	1,61
OUT		204	1,0	0,7	143	4,61	0	0	143	204	2.040	1,83
NOV		209	1,0	0,7	146	4,87	2	0	146	209	2.080	1,93*
DEZ		206	1,0	0,7	144	4,65	6	0	144	206	2.060	1,85
TOTAL		2080	-	-	1456	—	34	10	1446	2066	20.660	—

ETP = Evapotranspiração potencial (mm)

Kc = Coef. de cultivo

C = Percentagem de área coberta pela planta

ETR = Evapotranspiração real (mm) ou uso consecutivo

PP = Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm)

P.Efet. = Precipitação efetiva (mm)

N.Irrig. líquida = Necessidade de irrigação líquida (mm)

N.Irrig. bruta = Necessidade de irrigação bruta (mm)

UC = Uso consuntivo (mm/dia)

Eficiência de irrigação = 70%

*Mês de maior demanda = 1,93 ℓ/s x ha

Vazão total do sistema de irrigação = 3,86

ℓ/s = 13,90 m³/h

TABELA 10. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação da cultura da banana, var. Pacovã.

Meses	Frequência de irrigação (dias)	Uso Consuntivo (mm)	Lâmina líquida (mm.)	Lâmina bruta (mm.)	Vol. de água aplicada por planta por irrigação (ℓ)	Tempo de irrigação por planta (min)	Horas de bombeamento		Área irrigada por dia (ha)
							diário (h)	mensal (h)	
JAN	4	4,65	18,60	26,57	112	1,92	9,58	297	0,50
FEV	4	4,37	17,24	24,63	103	1,77	8,86	257	0,50
MAR	4	4,10	16,40	23,43	98	1,69	7,77	241	0,50
ABR	4	3,50	14,00	20,00	84	1,44	7,50	216	0,50
MAI	4	3,29	13,16	18,80	79	1,36	6,79	210	0,50
JUN	4	3,07	12,28	17,54	74	1,27	6,27	188	0,50
JUL	4	3,12	12,48	17,83	75	1,29	6,48	201	0,50
AGO	4	3,52	14,08	20,11	84	1,44	7,25	295	0,50
SET	4	4,07	16,28	23,26	98	1,68	8,34	250	0,50
OUT	4	4,61	18,44	26,34	111	1,91	9,45	294	0,50
NOV	4	4,87	19,48	27,83	117	2,01	10,00	300	0,50
DEZ	4	4,65	18,60	26,57	112	1,92	9,58	297	0,50
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	2.976	-

Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação

O sistema de irrigação é do tipo móvel e a área irrigada encontra-se a montante do açude.

1. Dimensionamento da mangueira de distribuição .

Para uma mangueira com 50 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro, saída livre e uma pressão no início da mangueira igual a 1,00 m tem-se uma vazão de 1,04 l/s. Tabela 4. Ou seja:

Para $L_m = 50$ m, $\varnothing = 1 \frac{1}{4}$ ", saída livre e $h_m = 1,00$ m
 $Q_m = 1,04$ l/s. Tabela 4.

2. Dimensionamento da linha secundária .

. Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido, obtêm-se pela Fig. 5, os valores de perda de carga relativa.

. Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Fig. 2, detalhes referentes ao comprimento da tubulação, número e espaçamento entre pontos de derivação. Diante disto, bem como do número de mangueiras em funcionamento simultâneo, tem-se:

- Para o primeiro trecho da tubulação com 2" de diâmetro e uma vazão de 15,0 m³/h, obtêm-se pela Fig. 5, uma perda de carga relativa de 12,00 m/100 m. Ou seja:

Para $\varnothing = 2$ " e $Q_{s_1} = 15,0$ m³/h $\Rightarrow J_1 = 12,00$ m/100 m

- Pode-se observar pela Fig. 5, que a velocidade da água na tubulação ultrapassa o limite permissível de 2,0 m/s. Mas como, este trecho percorrido pela água nesta velocidade é muito curto (12 m), aceita-se esta condição.

- As perdas de cargas relativas para os demais trechos dessa tubulação são obtidos de modo similar, descontando-se as vazões das mangueiras em cada ponto de derivação. Ou seja:

Para $\varnothing = 2$ " e $Q_{s_2} = 11,25$ m³/h $\Rightarrow J_2 = 7,30$ m/100 m

Para $\varnothing = 2$ " e $Q_{s_3} = 7,50$ m³/h $\Rightarrow J_3 = 3,50$ m/100 m

Para $\varnothing = 2$ " e $Q_{s_4} = 3,75$ m³/h $\Rightarrow J_4 = 0,80$ m/100 m.

- Cálculo da perda de carga total na linha secundária:

$$h_{fs} = \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4) = \frac{12,00}{100} \times 12 + \frac{7,30}{100} \times 24 + \frac{3,50}{100} \times 24 + \frac{0,80}{100} \times 24 = 4,22 \text{ m.}$$

3. Dimensionamento da linha principal .

. Esta tubulação não apresenta pontos de derivação, sendo dimensionada como segue:

- Pela Fig. 5, tem-se que para $\varnothing = 3''$ e $Q_t = 15,0 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 1,80$
m/100 m

- Pela Fig. 2, tem-se que o comprimento da linha principal (L) é igual a 90 m (72 + 18).

. Cálculo da perda de carga por atrito.

$$h_{fp} = \frac{J L}{100} = \frac{1,80}{100} \times 90 = 1,62 \text{ m}$$

4. Cálculo da altura manométrica.

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05 (1,00 + 3,75 + 1,62 + 2,04 + 2,00) = 11,42 \text{ m.}$$

5. Escolha da bomba.

. Deve-se escolher uma bomba centrífuga que apresente o melhor rendimento possível, ao atender a condição: $Q_t = 15,00 \text{ m}^3/\text{h} \times H_m = 11,42$ m..

. Selecionou-se uma bomba com as seguintes características: marca: KSB modelo: ETA 40-20 rotação: 1680 rpm rotor: 180 mm de \varnothing e Eficiência = 56%. Figura 6.

. . Cálculo da potência absorvida no eixo da bomba.

$$P_a = \frac{Q_m \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{15,0 \times 11,42}{2,7 \times 56} = 1,13 \text{ CV.}$$

6. Dimensionamento do motor :

. Como a propriedade não é eletrificada, o motor deve ser do tipo diesel.

. Eficiência do motor diesel = 80%

. Cálculo da potência do motor:

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{1,13}{0,80} = 1,41 \text{ cv.}$$

7. A descrição do conjunto motobomba no projeto deve ser feita da seguinte forma:

. Conjunto motobomba, composto de uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca KSB, modelo ETA 40-20, vazão $15,00 \text{ m}^3/\text{h}$ x $11,42 \text{ m}$ de altura manométrica total, com 1680 rpm, rotor 180 mm de \varnothing , eficiência de 56% consumindo no eixo da bomba 1,13 cv e acoplada por meio de luva elástica a um motor diesel yanmar modelo NSB-50 (ou similar) de 4,0 cv, 1800 rpm montado sobre rodas.

A Tabela 11 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários a implantação de um sistema de irrigação por mangueira, utilizando microbacia e com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

Observa-se pela Tabela 11, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de U\$ 1.517,26/ha. O aumento da área irrigada por módulo quando se utiliza conjunto de bombeamento, tende a reduzir o custo de implantação por hectare, tendo em vista a oxiosidade de potência dos motores diesel.

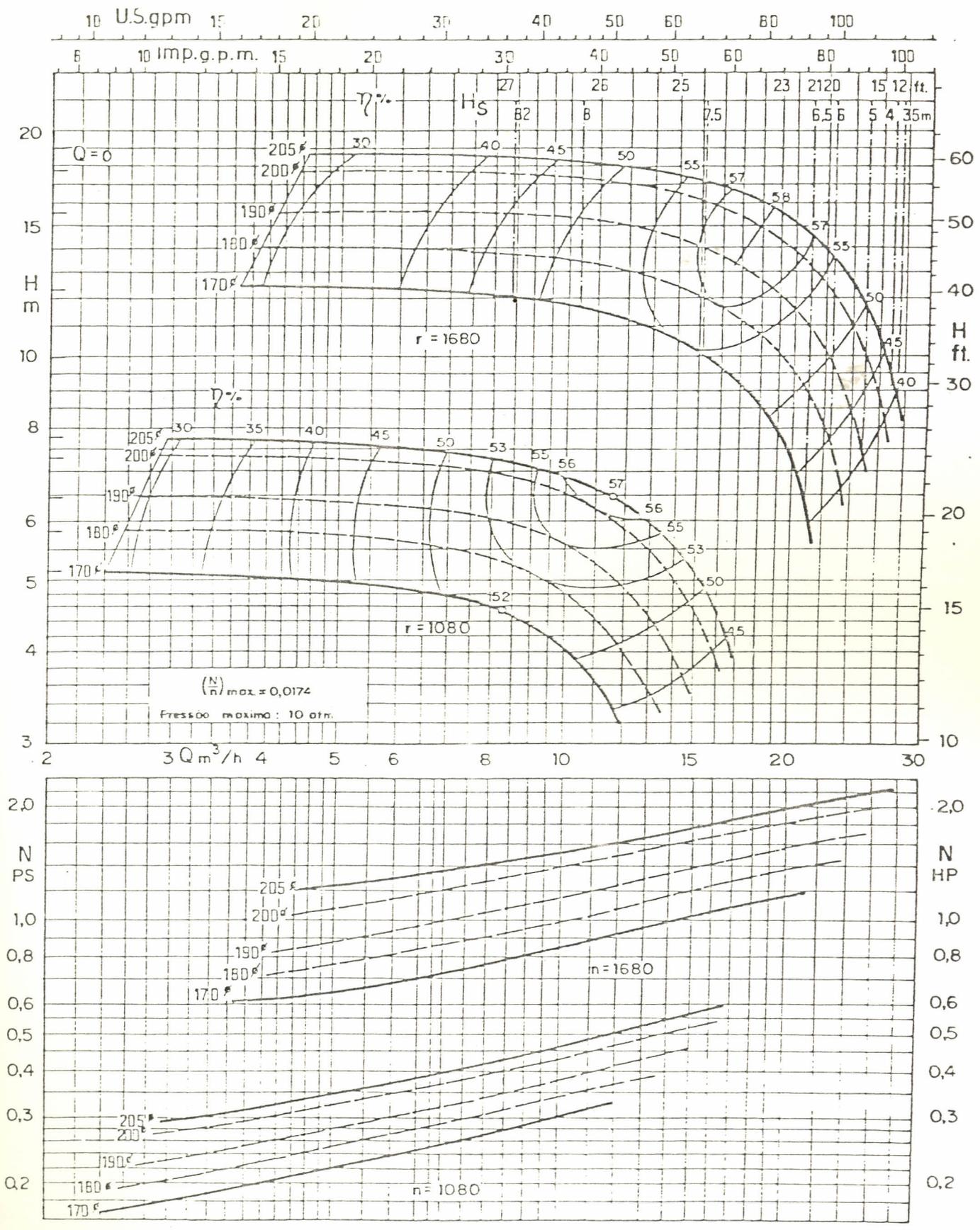


FIG. 6 Curvas características de bomba centrífuga de eixo horizontal marca KSB modelo ETA 40-20 com 1080 e 1680 rpm.

DPS J. C. BEZERRA

TABELA 11. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petrolina-PE).

Discriminação	Unid.	Quant.	VALOR	
			ORTN	US
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	01	0,20	1,50
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	14	24,38	179,48
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	02	1,65	12,12
- Nipel de PVC rígido com engate rápido, rosca/fêmea de 3" de Ø.	Unid.	01	0,37	2,74
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC rígido com engate rápido de 2" de Ø.	Unid.	20	0,56	4,09
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	15	47,34	348,60
- Anéis de vedação de borracha p/cano de PVC rígido com engate rápido e 3" de Ø.	Unid.	20	8,36	6,01
- Redução de PVC rígido com engate rápido de 3" x 2".	Unid.	01	0,39	2,88
- Mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	m	200	43,97	323,74
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo erva.	Unid.	04	2,78	20,47
- Braçadeira sem pé-de-suporte e rosca interna de 1" de Ø para cano de 3" de Ø.	Unid.	04	1,30	9,57
- Braçadeira para mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	Unid.	04	0,88	6,52
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento, 3" de Ø, válvula de pé, nipel e braçadeira.	Unid.	01	46,58	342,26
- Válvula de retenção em bronze c/rosca de 3" de Ø.	Unid.	01	9,58	70,55
- Conjunto motobomba, constituído por uma bomba centrífuga, de eixo horizontal, marca KSB modelo ETA 40-20 com 1680 rpm, rotor com 180 mm de Ø, acoplado através de luva elástica a um motor yanmar marca NSB 50 com potencia de 4,0 cv, com 1800 rpm, montado sobre rodas	Unid.	01	221,42	1.630,38
- Ligação de pressão c/registo, flange, vedações de 3" de Ø.	Unid.	01	9,16	67,42
- Instalação do sistema.	F/D**	04		7,19
TOTAL	-	-	418,92	3035,52

1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,00

** H/D = Homem/Dia.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA SEM BOMBEAMENTO UTILIZANDO MICROBACIAS

Identificação e Caracterização da Propriedade

Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 12.

TABELA 12. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

Produtos: José Carlos da Silva	Projeto nº 02
Propriedade: Faz. Pedra	Data: 22.02.84
Município: Petrolina	Estado: PE
Solo	
Tipo: Latossolo	Classe: 2 Textura: arenosa
Profundidade: 1,5 m	Declividade longitudinal: 2%
Capacidade de Campo: 15%	Ponto de murchamento: 7%
Densidade aparente: 1,58 g/cm ³	Velocidade de infiltração básica: : 20 mm/h.
Água	
Fonte: Açude	Capacidade: 150.000 m ³
Volume anual disponível: 45.000 m ³	Classe: C ₂ S ₁
Outros Dados:	
Carga hidráulica: 4,0 m	Horas de trabalho/dia = 10 h
Desnível do terreno: 2,04 m	Dias de trabalho/semana = 6 d
Área irrigável: 2 ha	Eficiência de irrigação: 70%
Cultura principal	
Bananeira var. Pacovã	Profundidade efetiva da raiz: 60 cm
Espaçamento: 4m x 2m x 2m	

Necessidade de água de irrigação

A Tabela 9 mostra as necessidades de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia apresentada anteriormente.

Manejo de água de irrigação

O manejo de água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabela 13. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, em base aos cálculos para a cultura da bananeira variedade Pacovã, referente ao mês de maior consumo (novembro) obtido da Tabela 9.

1. A frequência de irrigação foi pré-estabelecida em quatro (4) dias com dez (10) horas de trabalho por dia para o período de máxima demanda.
2. Calcula-se a lâmina líquida em base a frequência e ao uso consuntivo.

$$Ll = Fi \times NIld = 4 \times 4,87 = 19,48 \text{ mm}$$

- . Calcula-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar para a cultura considerada no mês de máxima demanda. Ou seja:

$$Lls = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{13 - 6}{100} \times 1,58 \times$$
$$\times 0,30 \times 60 = 19,91 \text{ mm}$$

- . Verifica-se que L é menor que Lls .

TABELA 13. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação da cultura da banana, var. Pacovã.

Meses	Frequência de irrigação (dias)	Uso consuntivo (mm)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Vol. de água aplicada por planta por irrigação (l)	Tempo de irrigação por planta (min)	Horas de irrigação		Área irrigada por dia (ha)
							diário (h)	mensal (h)	
JAN	4	4,65	18,60	26,57	112	1,92	9,58	297	0,50
FEV	4	4,37	17,24	24,63	103	1,77	8,86	257	0,50
MAR	4	4,10	16,40	23,43	98	1,69	7,77	241	0,50
ABR	4	3,50	14,00	20,00	84	1,44	7,50	216	0,50
MAI	4	3,29	13,16	18,80	79	1,36	6,79	210	0,50
JUN	4	3,07	12,28	17,54	74	1,27	6,27	188	0,50
JUL	4	3,12	12,48	17,83	75	1,29	6,48	201	0,50
AGO	4	3,52	14,08	20,11	84	1,44	7,25	295	0,50
SET	4	4,07	16,28	23,26	98	1,68	8,34	250	0,50
OUT	4	4,61	18,44	26,34	111	1,91	9,45	294	0,50
NOV	4	4,87	19,48	27,83	117	2,01	10,00	300	0,50
DEZ	4	4,65	18,60	26,57	112	1,92	9,58	297	0,50
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	2.976	-

3. Determina-se a lâmina bruta.

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{19,48}{0,7} = 27,83 \text{ mm}$$

4. Calcula-se o volume de água a ser aplicado por planta.

$$Vap = Lb \times C \times Ap = 27,83 \times 0,70 \times 6 = 117 \text{ } \ell$$

5. A vazão total do sistema de irrigação é dado por:

$$Qt = Qu \times A = 1,93 \times 2 = 3,86 \text{ } \ell/s = 13,9 \text{ m}^3/h$$

6. Calcula-se o número de mangueiras necessários em funcionamento simultâneo.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 50 m de comprimento e 1 1/4" de diâmetro. Deve-se selecionar na Tabela 4, uma vazão que condicione a obtenção de um número exato de mangueiras. Neste caso, pode-se verificar que uma vazão de 1,04 ℓ/s , apresenta-se como um valor ideal. Ou seja:

$$NMF = \frac{Qt}{Qm} = \frac{3,86}{1,04} = 4 \text{ mangueiras.}$$

Para $Qm = 1,04 \text{ } \ell/s$ tem-se uma pressão de 1,00 m no início da mangueira.

7. O tempo de irrigação por planta é dado por:

$$Tip = \frac{Vam}{60 \times Qm} = \frac{117}{60 \times 1,04} = 1,88 \text{ min.}$$

8. Calcula-se o número de horas de irrigação diária.

$$Hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h = \frac{1,93}{1,93} \times 10 = 10 \text{ h.}$$

9. Determina-se o número de horas de irrigação mensal.

$$Hbm = Hbd \times D = 10 \times 30 = 300 \text{ h}$$

Para o mês de novembro $D = 30$ dias

10. Calcula-se a área irrigada por dia.

$$A_{id} = \frac{A_t}{F_i} = \frac{2,0}{4} = 0,50 \text{ ha.}$$

Obs. O projeto foi dimensionado em base a sete dias de trabalho por semana com dez horas de trabalho por dia, no período de máxima demanda. Verifica-se que na maioria dos meses do ano, o número de horas de trabalho por dia, oscila em torno de sete horas. Neste caso, pode-se aumentar as horas de trabalho por dia, condicionando as folgas aos domingos. Durante os meses de máxima demanda, esta folga pode também ser obtida, trabalhando-se doze ou mais horas por dia.

Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação

Considerando que a área irrigada encontra-se a jusante do açude, o sistema de irrigação deve ser dimensionado, visando o aproveitamento da carga hidráulica do ponto de tomada de água. O sistema de irrigação é do tipo móvel.

1. Determinação de carga hidráulica média no ponto de tomada de água.

A carga hidráulica mínima em base ao volume de água disponível para irrigação é de 4,0 m ($H_d = 4,0$ m).

2. Dimensionamento da mangueira de distribuição.

Para uma mangueira com 50 m comprimento, 1 1/4" de diâmetro, saída livre e uma pressão no início da mangueira igual a 1,00 m, tem-se uma vazão de 1,04 l/s, Tabela 4. Ou seja:

Para $L_m = 50$ m, $\varnothing = 1 \frac{1}{4}$ ", saída livre e $h_m = 1,00 = Q_m = 1,04$ l/s.

3. Dimensionamento da linha secundária considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido (sistema móvel), obtêm-se pela Fig. 5 os valores de perda de carga relativa.

. Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Fig. 3, detalhes referentes ao comprimento da tubulação, número e espaçamento entre pontos de derivação. Diante disto, bem como do número de mangueiras em funcionamento simultâneo, tem-se:

- Para o primeiro trecho da tubulação com 2" de diâmetro e uma vazão de $15,00 \text{ m}^3/\text{h}$, obtém-se pela Fig. 5, uma perda de carga relativa de $12,00 \text{ m}/100 \text{ m}$. Ou seja:

$$\text{Para } \varnothing = 2" \text{ e } Q_{s_1} = 15,00 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 12,00 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Pode-se observar pela Fig. 5, que a velocidade da água na tubulação ultrapassa o limite permissível de $2,0 \text{ m/s}$. Mas como, o trecho percorrido pela água nesta velocidade é muito curto (12 m), aceita-se esta condição.

- As perdas de cargas relativas para os demais trechos dessa tubulação, são obtidos de modo similar. Ou seja:

$$\text{Para } \varnothing = 2" \text{ e } Q_{s_2} = 11,25 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 7,30 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 2" \text{ e } Q_{s_3} = 7,50 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 3,50 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 2" \text{ e } Q_{s_4} = 3,75 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,80 \text{ m}/100 \text{ m}.$$

. Calcula-se a perda de carga total na linha secundária.

$$\begin{aligned} h_{fs} &= \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4) = \frac{12,00}{100} \times 12 + \frac{7,30}{100} \\ &\times 24 + \frac{3,50}{100} \times 24 + \frac{0,80}{100} \times 24 = 4,22 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Dimensionamento da linha principal.

. Esta tubulação não apresenta pontos de derivação, sendo dimensionada como segue:

- Pela Fig. 3, tem-se que o comprimento da linha principal é igual a 190 m ($72 + 18$).

- Pela Fig. 5, tem-se que para $\varnothing = 3"$ e $Q_t = 15,00 \text{ m}^3/\text{h} = J = 1,80 \text{ m}/100 \text{ m}$.

. Calcula-se a perda de carga total na linha principal.

$$h_{fp} = \frac{J L}{100} = \frac{1,80}{100} \times 98 = 1,62 \text{ m.}$$

5. Calcula-se o desnível do terreno.

$$\Delta St = \frac{S L}{100} = \frac{2}{100} \times (84 + 18) + \frac{0}{100} \times 72 = 2,04 \text{ m.}$$

6. Determina-se a altura manométrica.

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp}) - \Delta St = 1,05 (1,00 + 4,22 + 1,62) - 2,04 = 5,14 \text{ m.}$$

7. Relaciona-se a carga hidráulica disponível no ponto de tomada de água com a altura manométrica.

Verifica-se que $H_d < H_m$. Logo, há necessidade de realização de uma segunda tentativa do dimensionamento do sistema, de modo a reduzir o valor da altura manométrica.

8. Redimensiona-se a linha secundária.

Uma das alternativas é o aumento do diâmetro desta tubulação de 2 para 3". Assim, tem-se pela Fig. 5 que:

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s1} = 15,00 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 1,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s2} = 11,25 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 1,10 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s3} = 7,50 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 0,60 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s4} = 3,75 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,20 \text{ m}/100 \text{ m.}$$

Cálculo da perda de carga por atrito.

$$h_{fs} = \frac{1,80}{100} \times 12 + \frac{1,10}{100} \times 24 + \frac{0,60}{100} \times 24 + \frac{0,20}{100} \times 24$$

$$= 0,67 \text{ m.}$$

9. Calcula-se a altura manométrica para a 2a. tentativa.

$$H_m = 1,05 (1,00 + 0,67 + 1,62) - 2,04 = 2,46 \text{ m.}$$

10. Relaciona-se novamente a carga hidráulica disponível com a altura manométrica.

Verifica-se que o simples aumento do diâmetro da tubulação da linha secundária condicionou a redução da altura manométrica a um valor inferior ao da carga hidráulica disponível no ponto de tomada de água. Ou seja $H_d > H_m$. Portanto, aceita-se esta condição.

A Tabela 14 mostra a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários a implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia e sem bombeamento, para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

Pode-se constatar pela Tabela 14, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de U\$ 574,62/ha. Neste caso, o aumento da área irrigada por módulo não condiciona uma redução significativa no custo médio de implantação por hectare.

TABELA 14. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia sem bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petrolina-PE).

Discriminação	Unid.	Quant.	VALOR	
			ORTN	US
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	01	0,40	2,90
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	29	51,53	673,97
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	02	1,65	12,10
- Nipel de PVC rígido com engate rápido, rosca/fêmea de 3" de Ø.	Unid.	02	0,37	5,40
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC rígido rápido de 3" de Ø.	Unid.	40	1,12	12,00
- Mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	m	200	43,97	323,70
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo po erva.	Unid.	04	2,78	20,47
- Braçadeira sem pé-de-suporte e rosca interna de 1" de Ø para cano de 3" de Ø.	Unid.	04	1,30	9,57
- Braçadeira para mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	Unid.	04	0,86	6,50
- Registro de gaveta em bronze de 3" de Ø.	Unid.	01	10,70	78,70
- Instalação do sistema	H/D**	02	0,49	3,60
TOTAL	-	-	155,19	1.149,20

* 1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10,235,00

** H/D = /Homem/dia.

43
J

BIBLIOGRAFIA

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária da UFV, 1982. 463p. il.

DORENBOS, J. & W.O. PRUITT. Crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24, 1975. Rome 179p.

HARGREAVES, G.H. Monthly Precipitation Probabilities for Northeast Brazil. Utah State University. September, 1973. 423p.

HARGREAVES, G.H. Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil. Utah State University. February, 1974. 56p.

SANTOS, E.D. Necessidades de Água de Irrigação para algumas culturas do Sub-médio S. Francisco. EMATER-PE. Recife-PE, 1977. 17p.