



SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido - CPATSA
Petrolina, PE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: José Sarney

Ministro da Agricultura: Iris Rezende Machado

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Presidente: Ormuz Freitas Rivaldo

Diretores: Ali Aldersi Saab

Derli Chaves Machado da Silva

Severino de Melo Araújo

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS

José Monteiro Soares



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Tópico Semi-Árido - CPATSA
Petrolina, PE

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

EMBRAPA-CPATSA

BR 428, km 152

Telefone: (081) 961 4411

Telex: (081) 1878

Caixa Postal 23

56300 Petrolina, PE

Tiragem: 6.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Manoel Abílio de Queiroz - Presidente

Paulo César Fernandes Lima

Luiz Maurício Cavalcante Salviano

Assessoria técnico-científica deste trabalho:

Hugo Orlando Carvalho Guerra

Arnóbio Anselmo de Magalhães

Soares, José Monteiro

Sistemas de irrigação por mangueiras. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1986.

130p. ilustr. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 13).

1. Irrigação-Mangueiras. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. II. Título. III. Série.

CDD - 631.7

APRESENTAÇÃO

O CPATSA, às margens do Rio São Francisco, em plena caatinga nordestina, vê-se rodeado de grandes perímetros de irrigação de iniciativa governamental e também de pequenas áreas irrigadas por iniciativa de pequenos e médios agricultores.

Nos últimos dez anos, a prática da chamada pequena irrigação - irrigação de pequenas áreas em propriedades particulares - vem crescendo em todo o Nordeste.

A opção dos agricultores, na prática, foi por métodos e sistemas de irrigação simplificados, pela facilidade de manejo e custo compatível com os sistemas produtivos das pequenas propriedades do Semi-Árido. O sistema de irrigação por mangueiras tem estas características e vem sendo adotado por muitos agricultores, com a orientação e validação prática dos técnicos da EMATER.

Este trabalho, SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS, reúne quatro modalidades: 1. sistema de irrigação por mangueiras utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados; 2. sistema de irrigação por mangueiras utilizando microbacias; 3. sistema de irrigação por mangueiras com aspersor manual e 4. sistema de irrigação por mangueiras com aspersores. No trabalho mostram-se opções de irrigação adequadas não só à região e às diversas culturas, como também sua viabilidade operacional.

Sobretudo a extensão rural e técnicos ligados ao desenvolvimento agrícola têm aqui, portanto, subsídios para tomada de decisões e observações de detalhes tecnológicos referentes a esse sistema de irrigação.

RENIVAL ALVES DE SOUZA
Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Tópico Semi-Árido.

SUMÁRIO

RESUMO/ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO.....	9
1. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS.....	12
DEFINIÇÃO.....	13
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	13
APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO.....	13
DESCRIÇÃO.....	13
SISTEMA DE PLANTIO.....	14
ROTEIRO PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS...	14
A. Identificação e Caracterização de Propriedade.....	19
B. Planejamento Agrônômico da Irrigação.....	19
C. Manejo da Irrigação.....	27
D. Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Irrigação.....	30
PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM BOMBEAMENTO UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS (Exemplo/Modelo).....	36
PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA SEM BOMBEAMENTO UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS (Exemplo/Modelo).....	45
2. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIAS.....	51
DEFINIÇÃO.....	53
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	53
APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO.....	53
DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	53
PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS COM BOMBEAMENTO UTILIZANDO MICROBACIAS (Exemplo/Modelo).....	58
PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS SEM BOMBEAMENTO UTILIZANDO MICROBACIAS (Exemplo/Modelo).....	68
3. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS COM ASPERSOR MANUAL.....	77
DEFINIÇÃO.....	79
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	79
APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO.....	79

SISTEMA DE PLANTIO.....	79
DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	81
PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL E COM BOMBEAMENTO (Exemplo/Modelo).....	86
PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL E SEM BOMBEAMENTO (Exemplo/Modelo).....	97
4. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERORES.....	107
DEFINIÇÃO.....	109
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	109
APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO.....	109
DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	109
PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM DOIS ASPERORES.....	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS

José Monteiro Soares¹

RESUMO - Em propriedades com recursos hídricos escassos e/ou com topografia muito ondulada, os sistemas de irrigação convencionais têm seu emprego limitado. Com as adaptações feitas pelo CPATSA-EMBRAPA, essas propriedades poderão ser exploradas pelo sistema de irrigação por mangueiras utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados, microbacias, aspersor manual e terminal. Estes quatro sistemas apresentam as seguintes características: condução da água através de tubulações; aplicação localizada da água através de mangueiras flexíveis; funcionamento sob condições de baixa e média pressão; aproveitamento de fontes de água com pequenas vazões ou pequenos volumes; não requerimento da filtragem da água de irrigação; aproveitamento da mão-de-obra familiar; manejo e instalação simples, além de evitarem-se perdas de água por escoamento superficial e apresentarem alta eficiência de irrigação. Estes sistemas de irrigação destinam-se à exploração de culturas anuais ou perenes. Os custos de investimentos destes sistemas de irrigação, sob condições de baixa pressão (sem necessidade de bombeamento), representam em média 38% do custo de investimento do sistema de irrigação por aspersão. Sob condições de bombeamento, os custos de investimentos desses sistemas se equivalem aos do sistema de irrigação por aspersão, mas permitem a irrigação em terrenos com declividades bastante elevadas, que, normalmente, limitam o emprego dos sistemas de irrigação convencionais.

Termos para indexação: recursos hídricos, irrigação por mangueira, custos, dimensionamento.

HOSE PIPE IRRIGATION SYSTEMS

ABSTRACT - The conventional irrigation systems have limited use on farms with scanty water resources and/or steep slope. The hose pipe irrigation system using short, closed and leveled furrows, micro-catchment, manual sprinkler and terminal sprinkler, presented in this paper, can be successfully used in those farms due to 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 costs of these irrigation systems under low pressure (i.e. without pumping), is 62% cheaper than conventional sprinkler irrigation. If pumping is involved the costs of investment are similar. However, in these cases, it is possible to irrigate areas with steep slope, which is not the case of the conventional irrigation systems.

Index terms: water resources, hose pipe irrigation, costs, management.

¹ Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS

José Monteiro Soares¹

INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil a irrigação concentra-se quase que exclusivamente nas proximidades das grandes represas e às margens do Rio São Francisco. Mas, existe nesta região uma grande quantidade de pequenas fontes de água subutilizadas, constituídas por 70 mil açudes e 25 mil poços profundos, além de inúmeros pequenos riachos que podem ser barrados.

Assim, os sistemas de irrigação por mangueiras destinam-se ao aproveitamento dessas fontes de água que encontram-se disseminadas em toda região Nordeste e ao incentivo da prática de irrigação ao nível de pequena propriedade agrícola (89% dos estabelecimentos rurais possuem área menor que 50 ha). Para isto foram realizadas algumas adaptações, bem como a apresentação de uma metodologia para o dimensionamento destes sistemas, visando oferecer a extensionistas e produtores outras alternativas de sistemas de irrigação.

Reunidos neste volume estão quatro sistemas de irrigação por mangueiras, a saber:

1. Sistema de irrigação por mangueiras utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados;
2. Sistema de irrigação por mangueiras utilizando microbacias;
3. Sistema de irrigação por mangueiras com aspersor manual;
4. Sistema de irrigação por mangueiras com aspersores.

Sugestões ou críticas que possam contribuir para o aperfeiçoamento deste trabalho serão bem aceitas.

¹ Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Sêmi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.



SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS
UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS

1. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS

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, tendendo a aproveitar, na propriedade, pontos de tomada de água com energia gravitacional, bem como fontes de água com pequenas vazões ou pequenos volumes.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados apresenta-se bastante diversificado quanto ao tamanho dos módulos irrigáveis, mobilidade do sistema de condução e alternativas de bombeamento. O custo de investimento inicial, relativamente menor que os sistemas convencionais de irrigação, 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 tanto de culturas temporárias quanto perenes, bem como para o cultivo em terrenos que apresentam limitações topográficas.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO

O sistema de irrigação por mangueiras utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados pode ser aplicado em todo trópico semi-árido, principalmente em propriedades que apresentam escassez de água. A tubulação do sistema de irrigação do tipo móvel deve ser dotado do engate rápido, para reduzir o tempo na mudança das tubulações. Para os sistemas do tipo fixo que funcionam a baixa pressão, esta tubulação pode ser de PVC rígido tipo esgoto. Para valores maiores de carga hidráulica, esta tubulação deve ser de PVC azul com engate rápido. Para culturas anuais ou perenes de pequeno espaçamento, deve-se optar pelo método de irrigação por sulcos curtos, fechados e nivelados, ou sulcos em contorno. O bombeamento da água pode ser feito diretamente para a parcela irrigada ou para um reservatório que apresente uma carga hidráulica aceitável. Neste sistema de irrigação as culturas devem ser plantadas na linha d'água, ao longo do solo.

DESCRIÇÃO

A composição de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados está em função do sistema de captação d'água, pois as áreas irrigadas podem estar situadas a jusante ou a montante da fonte de água. De um modo geral pode ser apresentada da seguinte maneira: conjunto motobomba e/ou reservatório, linha principal, linha secundária, linha lateral e mangueira de distribuição.

Conjunto Motobomba - É representado por uma bomba centrífuga acoplada a um mo

tor 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 das perdas de carga, velocidade, vazão e mobilidade do sistema. Para um sistema móvel dimensionado para funcionar sob baixa e média pressão, aconselham-se tubos de PVC rígido azul 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 (20 m), recomendam-se 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 - Os tipos dessa tubulação devem ser selecionados em função da mobilidade do sistema de irrigação. Para o sistema móvel ou semi-fixo, aconselham-se tubos PVC rígido dotados de engate rápido. Já para o sistema que requer baixa pressão, essas tubulações poderão ser de PVC rígido 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 funcionalidade na aplicação da água de irrigação. No sistema de irrigação, em que a água é aplicada na extremidade do sulco, a mangueira com 25 m de comprimento e 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 (Figura 1.1).

As Figuras 1.2 e 1.3 mostram esquemas de sistemas de irrigação por sulcos utilizando mangueira para módulos irrigáveis de 2 ha, para duas alternativas de bombeamento.

SISTEMA DE PLANTIO

Neste sistema de irrigação o plantio deve ser feito na linha d'água ao longo do sulco, de um ou ambos os lados do sulco, dependendo do espaçamento da cultura (Figuras 1.4A e 1.4B).

ROTEIRO PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS

O dimensionamento de um sistema de irrigação por mangueiras deve ser baseado em dados tais como cultura, características físico-hídricas do solo, quantidade e qualidade da água disponível para irrigação, clima e topografia. Do mesmo modo devem-se considerar fatores econômicos e de manejo como eficiência de aplicação, práticas culturais, tipos de culturas, tempo disponível para a irrigação, etc.

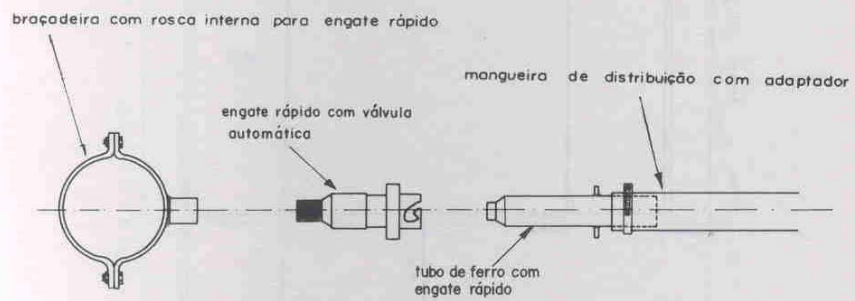


FIG. 1.1. Ponto de derivação com válvula automática e engate rápido para mangueira de distribuição.

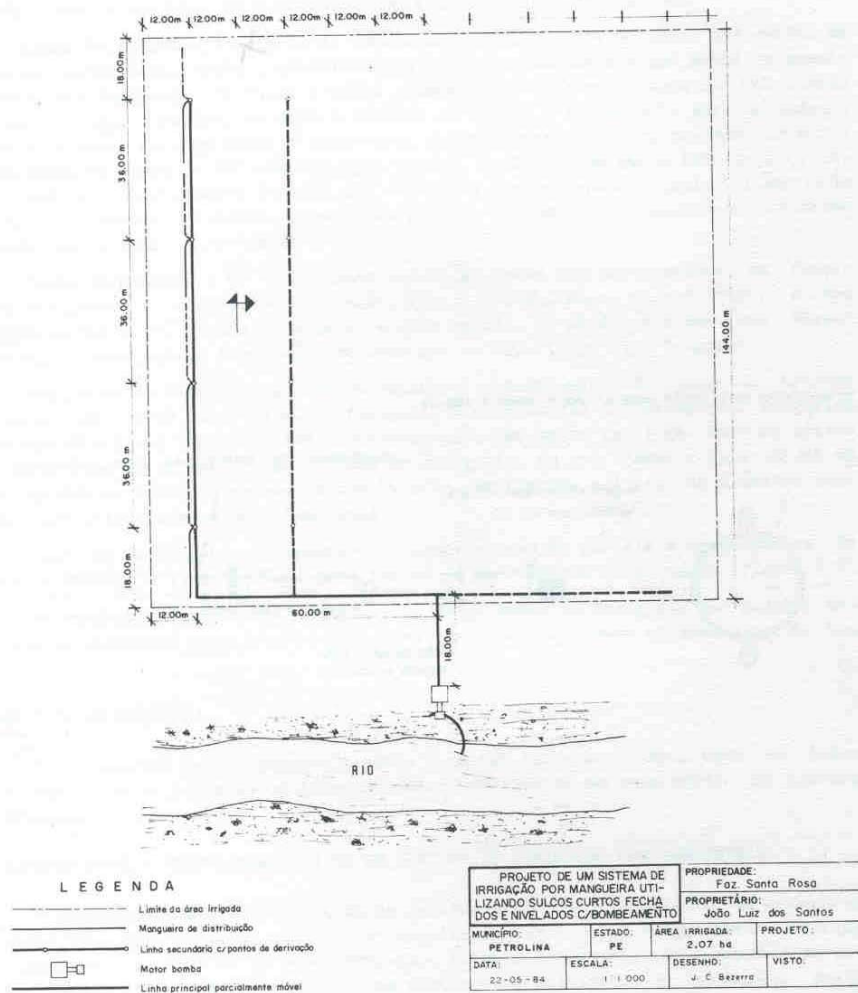


FIG. 1.2. Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados com bombeamento de água.

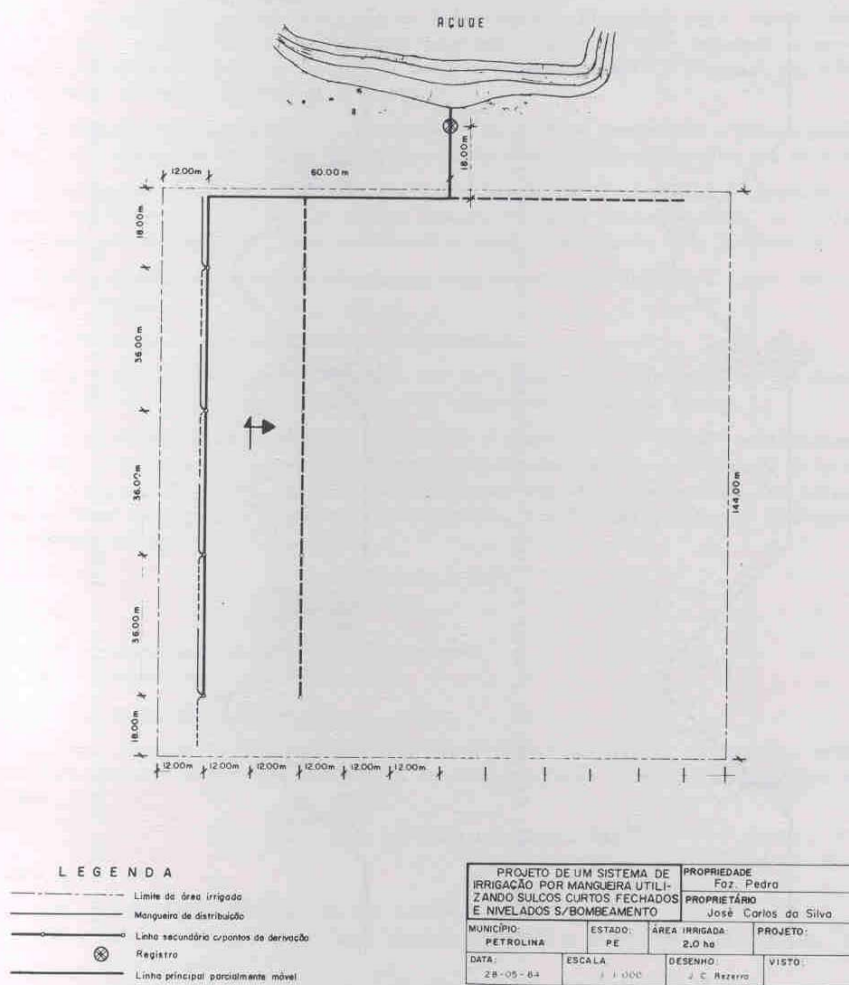


FIG. 1.3. Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados sem bombeamento de água.

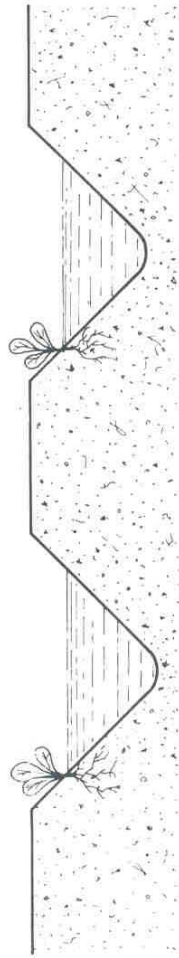


FIG. 1.4A. Sistema de plantio na linha d'água com uma fileira de plantas por sulco.

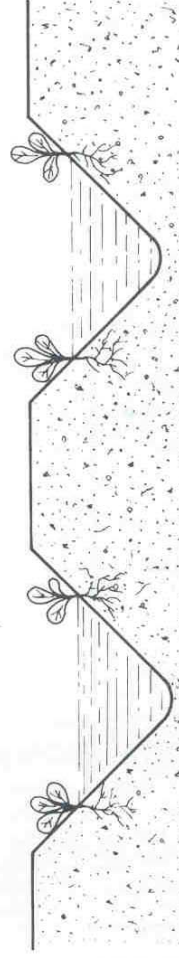


FIG. 1.4B. Sistema de plantio na linha d'água com duas fileiras de plantas por sulco.

DES. J. C. BEZERRA

O processo para o dimensionamento de um sistema de irrigação envolve as fases discriminadas a seguir.

A. Identificação e Caracterização da Propriedade - Elementos para estabelecer critérios e reunir informações básicas necessárias para definir esquemas alternativos preliminares e, posteriormente, fazer o dimensionamento e esquematisar o funcionamento e manejo do sistema proposto.

B. Planejamento Agrônomo da Irrigação - Esta etapa compreende a determinação das necessidades de água para irrigação, assim como o dimensionamento dos sulcos.

A estimativa da necessidade de água de irrigação em 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 do projeto.

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

1. Determina-se a evapotranspiração potencial.

Este parâmetro pode ser determinado por dois processos distintos: ou por fórmulas empíricas ou diretamente com dados da evaporação do tanque classe A.

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 simplistas e práticos, recomenda-se usar $K_T = 0,75$, assim:

$$ETP = Et \times 0,75$$

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

Et = evaporação do tanque (mm/mês)

b. **Uso de Fórmulas Empíricas:**

b.1. **Fórmula de Hargreaves** - A partir de dados mensais de temperatura e de umidade relativa do ar, determina-se a evapotranspiração potencial mensal como segue:

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

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

FET = fator de evapotranspiração (mm/mês), obtido a partir da latitude da região em questão (Tabela 1.1)

T = temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$), obtida pela seguinte fórmula:

$$T = \frac{t \text{ às } 12 \text{ h} + 2t \text{ às } 24 \text{ h} + t \text{ máxima} + t \text{ mínima}}{5}$$

UR = umidade relativa média do ar (%).

TABELA 1.1. Fator de Evapotranspiração Potencial em mm/mês (FET).

LAT S	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	1,19	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	2,4
07	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,4
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	2,83
18	2,79	2,30	2,31	1,87	1,66	1,33	1,50	1,78	1,09	2,51	2,63	2,85
19	2,81	2,37	2,30	1,84	1,56	1,33	1,47	1,75	2,07	2,51	2,67	2,86
20	2,84	1,38	2,33	1,82	1,50	1,31	1,43	1,72	2,06	2,51	2,63	2,83

Fonte: Hargreaves, 1974.

A fórmula de Hargreaves apresenta uma correlação de 0,68 em relação à evapotranspiração potencial medida, mas apresenta como vantagem valores de evapotranspiração potencial mensais em tabelas para uma série de municípios do Nordeste.

b.2. Fórmula de Benevides e López - A partir de dados mensais de temperatura e de umidade relativa do ar, determina-se a evapotranspiração potencial mensal como segue:

$$ETP = 1,21 \times 10^{\frac{7,45 T}{234,7 + T}} \times (1 - 0,01 UR) + 0,21 T - 2,30$$

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

T = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$)

UR = umidade relativa média do ar (%)

A fórmula de Benevides e López apresenta a melhor correlação (0,86) em relação à evapotranspiração potencial medida, quando comparada com as demais fórmulas em píricas. Porém, para o seu uso, é necessário recorrer à série de dados climatológicos da região onde se pretende determinar os valores de ETP.

2. Os coeficientes de cultivo devem ser obtidos mensalmente, como seguem. Valores de coeficientes de cultivo (K_c) para culturas permanentes e para as fases intermediárias e final do ciclo fenológico de culturas temporárias podem ser obtidos de tabelas segundo Doorenbos & Pruitt (1975), como na Tabela 1.2. Assim, os valores de K_c para as fases iniciais de culturas temporárias devem ser determinados, para que se obtenha o balanço hídrico completo da cultura considerada.

Portanto, para a obtenção destes valores de K_c , deve-se construir a curva correspondente ao ciclo fenológico da cultura considerada com base no valor de ETP referente ao mês de plantio da cultura.

Portanto, o valor de K_c inicial pode ser obtido, através da Figura 1.5, com base no valor de ETP referente ao mês de plantio da cultura escolhida e da frequência de irrigação inicial.

Com o valor de K_c obtido, através da Figura 1.5, e com os valores de K_c tabelados, faz-se um gráfico do ciclo fenológico completo da cultura para obter-se o valor de K_c correspondente à fase de desenvolvimento vegetal (Figura 1.6).

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

$$ETR = ETP \times K_c$$

em que:

ETR = evapotranspiração real (mm/mês).

TABELA 1.2. Coeficientes médios de Cultivo (kc), para algumas culturas irrigadas no TSA, segundo metodologia de Doorenbos e Pruitt (1975).

Culturas	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	0,80		
	4	0,65	0,90	1,15	0,90		
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			
Pimentão	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
Milho	2	0,85	1,05	1,10	0,8		
	4	0,65	1,00	1,10	0,8		
Repolho	2	0,85	0,95	1,00			
	4	0,60	0,90	1,00			
Pepino	2	0,85	0,90	0,95	0,85		
	4	0,60	0,85	0,95	0,85		
Algodão	7	0,50	0,70	1,05	1,2	1,10	0,80
Arroz		1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	
Banana		1,00	todo o ano*				
Citrus		0,75	todo o ano*				
Cirigüelas e Nozes		0,70	todo o ano*				
Uva		0,60	todo o ano*				

*Hargreaves, 1975.

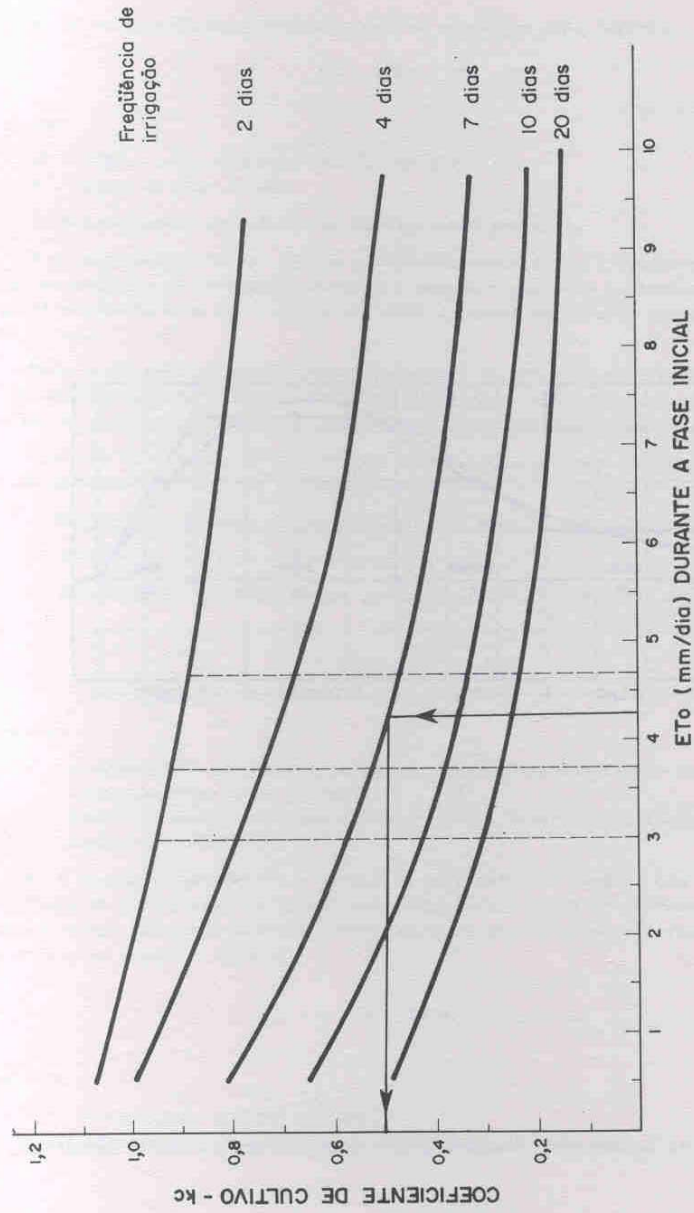


FIG. 1.5. K_c médio na fase inicial em função do nível médio da ETR (durante a fase inicial) e a frequência de irrigação. (Doorenbos e Pruitt, 1975).

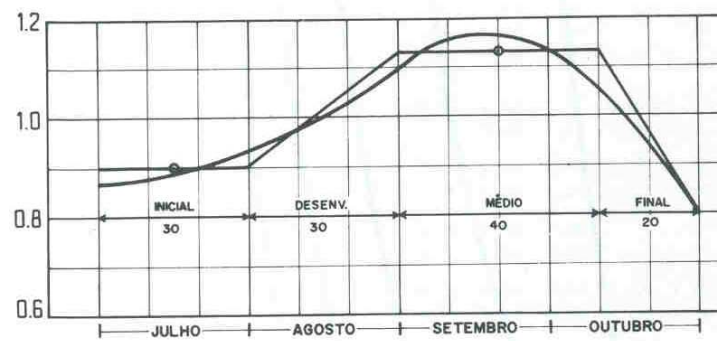


FIG. 1.6. Curva de desenvolvimento vegetativo da cultura do tomate industrial.

4. Os valores de uso consuntivo diário são dados pela fórmula:

$$UC = ETRd = ETR : D$$

em que:

UC = ETRd = uso consuntivo diário (mm/dia)

D = número de dias do mês

5. Determinam-se os valores de precipitação provável.

A precipitação provável (PP) é geralmente usada durante o processo de elaboração de projetos de irrigação. Durante o manejo e operação da irrigação, a chuva atual observada deve ser considerada para a tomada de decisão sobre quando e quanto irrigar.

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 para a precipitação provável é de 75%.

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

- a) Obter dados mensais de precipitação com mais de dez 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

6. A precipitação efetiva é calculada pelo método a seguir, com base em um coeficiente de aproveitamento decrescente (CA) a cada 25 mm de incremento de chuva mensal total (Blaney & Criddle 1962). Assim, a precipitação efetiva é calculada com base na seguinte fórmula:

$$PE = PP \times f$$

em que:

PE = precipitação efetiva (mm/mês)

* f = coeficiente de aproveitamento decrescente (Tabela 1.3).

TABELA 1.3. Coeficiente de aproveitamento decrescente e precipitações totais e efetivas mensais.

PRECIPITAÇÃO MENSAL* (mm)	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO DECRESCENTE (CA)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA (mm)
10	1,00	10
25	0,95	24
50	0,90	45
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 como significativo aporte para a irrigação, portanto não são indicadas na tabela.
FONTE: Blaney & Criddle 1962.

7. 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)

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

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

em que:

NIB = necessidade de irrigação bruta (mm/mês)
Ei = eficiência de irrigação (decimais)

9. Os valores de gasto mensal de água são obtidos pela fórmula:

$$Gm = NIB \times 10$$

em que:

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

10. A vazão unitária de irrigação é dada por:

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

em que:

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

Gm = gasto mensal ($m^3/ha \times \text{mês}$)

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

D = número de dias de trabalho no mês considerado

C. Manejo da Irrigação - O manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação compreende a determinação de parâmetros importantes para o manejo da água de irrigação ao longo do ciclo fenológico dos cultivos, como segue.

1. A frequência de irrigação deve ser preestabelecida. Normalmente para culturas temporárias varia de dois a três dias, enquanto para culturas perenes esta variação é de quatro dias.

2. A lâmina líquida deve ser calculada com base na fórmula:

$$Ll = UC \times Fi$$

em que:

Ll = lâmina líquida de irrigação (mm)

UC = uso consuntivo (mm/dia)

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 com base na frequência de irrigação, seja maior do que a lâmina líquida que o solo pode armazenar, deve-se reduzir a frequência de irrigação.

3. A lâmina bruta é obtida pela fórmula:

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

em que:

Lb = lâmina bruta (mm)

Ei = eficiência de irrigação (decimais)

4. Volume de água aplicado por sulco. Dado pela fórmula:

$$Vas = Lb \times As = Lb \times Cs \times Lms$$

em que:

Vas = volume de água aplicado por sulco (l)

As = área irrigada por sulco (m²) = Cs x Lms

Cs = comprimento do sulco (m)

Lms = largura molhada do sulco ou espaçamento entre sulco, quando os bulbos molhados entre sulcos se tocam.

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

$$Q_t = Q_u \times A_t = Q_u \times L \times C$$

em que:

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

Q_u = vazão unitária (l/s x ha)

A_t = área total irrigada (ha)

L = largura da área irrigada (m)

C = comprimento da área irrigada (m)

6. Vazão da mangueira.

O número de mangueiras necessárias, em funcionamento simultâneo por hectare, varia de duas a três. Em função do esquema de irrigação, selecionam-se o comprimento e o diâmetro da mangueira. A pressão no início da mangueira é obtida em consequência da vazão. Estes dados são encontrados na Tabela 1.4.

A vazão da mangueira é dada por:

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

em que:

Q_m = vazão da mangueira (l/s)

NMF = número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo

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

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

$$T_{is} = \frac{V_{as}}{60 \times Q_m}$$

em que:

T_{is} = tempo de irrigação por sulco (min)

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)

TABELA 1.4.4. Vazão Q e s em mangueira de PVC flexível em função do diâmetro e comprimento da mangueira, pressão de serviço (hm) no início da mangueira e s sem dissipador de energia na saída.

Comprimento m (m)	Diâmetro mm	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	0,06	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	0,50	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	1,07	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	1,90	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

Q_u = vazão unitária do mês considerado ($\ell/s \times ha$)
 Q_{um} = vazão unitária do mês de máxima demanda ($\ell/s \times ha$)
 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 de trabalho por mês

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

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

em que:

A_{id} = área irrigada por dia (ha)
 A_t = área total do sistema de irrigação (ha)
 F_i = frequência de irrigação do mês considerado (dias)

D. Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Irrigação - Compreende a determinação de parâmetros, visando ao dimensionamento ótimo-econômico do sistema.

1. Dimensionamento da mangueira.

O comprimento da mangueira é dado em 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. A Tabela 1.4 mostra valores de vazão em função do comprimento e diâmetro da mangueira, bem como da pressão no início da mangueira (hm).

2. Dimensionamento da linha secundária.

O dimensionamento da linha secundária compreende determinação do diâmetro, comprimento dos tubos e perda de carga ao longo da tubulação (Figuras 1.2 e 1.3).

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 por atrito é dada por:

$$h_{fs} = h_{fs_1} + h_{fs_2} + \dots + h_{fs_n} = (J_{s_1} L_{s_1} + J_{s_2} L_{s_2} + \dots + J_{s_n} L_{s_n}) \frac{1}{100}$$

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 (m)

$J_{s_1}, J_{s_2} \dots J_{s_n}$ = perdas de cargas relativas em cada trecho da linha (mm/100 m) (Figura 1.7).

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

3. Dimensionamento da linha principal.

O dimensionamento da linha principal abrange a determinação do diâmetro, comprimento da respectiva linha e perdas de carga devido ao atrito (Figuras 1.2 e 1.3).

Perda de carga da linha principal.

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

em que:

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

J_p = perda de carga relativa (m/100 m) (Figura 1.7)

L_p = comprimento da linha principal (m)

4. 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:

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

em que:

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 à carga hidráulica disponível do ponto de tomada de água.

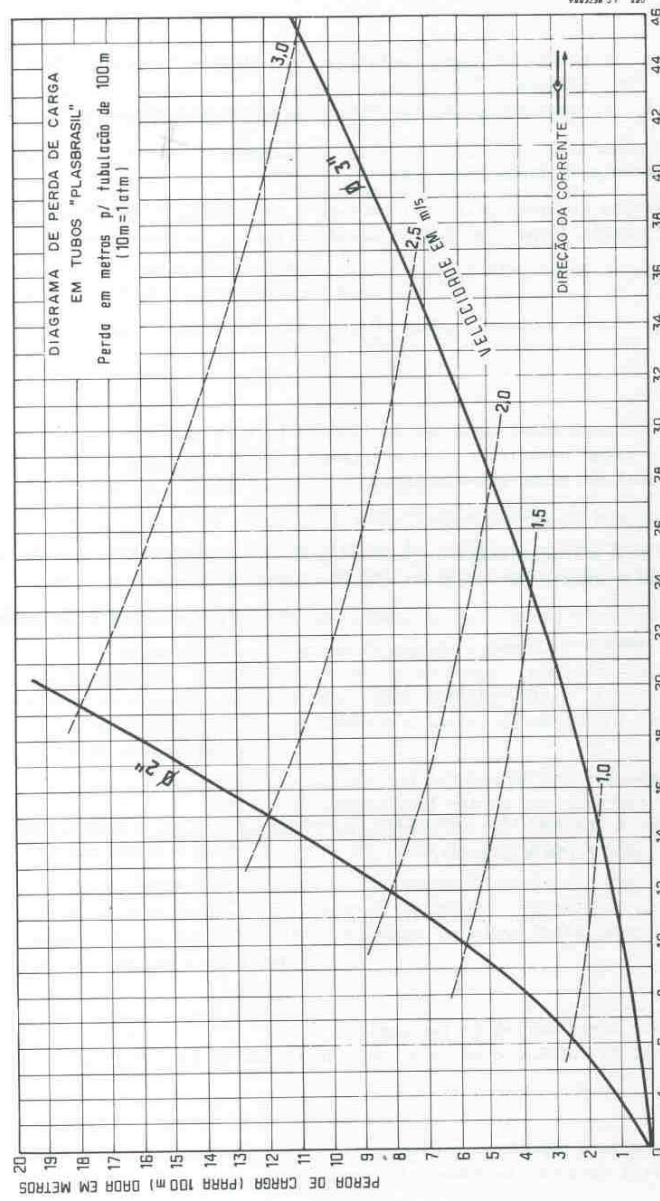


FIG. 1.7. Curvas de perdas de carga relativa em tubulação de PVC rígido com engate rápido.

b. Com bombeamento - neste caso, o cálculo da altura manométrica necessária é dada 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)

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

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

em que:

S = declividade longitudinal do terreno (%)

L = 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.

5. 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 seguem.

a. Potência absorvida no eixo da bomba:

$$P_a = \frac{H_m \times Q_t}{2,7 \times E_b}$$

em que:

P_a = potência absorvida no eixo da bomba (cv)

E_b = eficiência da bomba selecionada (%)

Q_t = vazão total do sistema (m³/h)

b. Potência do motor.

Este parâmetro deve ser determinado de conformidade como segue:

$$P_m = \frac{P_a}{E_m}$$

em que:

P_m = potência do motor em (cv)

E_m = eficiência do motor (decimal)(Tabela 1.5).

TABELA 1.5. 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	0,95		

FONTE: Santos (1977).

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 pólos) e 1.800 rpm (4 pólos).

O consumo médio de energia, em conjuntos motobombas, por cv-hora é apresentado na Tabela 1.6.

TABELA 1.6. Consumo médio de energia para motores elétricos, diesel e gasolina.

FONTE DE ENERGIA	UNIDADE	CONSUMO/cv-HORA
óleo diesel	litro	0,25-0,35
gasolina	litro	0,30-0,40
eletricidade	kilowatt-hora	0,95-1,05

FONTE: Santos (1977).

Os tipos de chaves elétricas variam em função da potência dos motores (Tabela 1.7).

TABELA 1.7. 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 15	estrela triângulo
< 15	compensadora de partida manual ou mecânica, ou série paralela

FONTE: Santos (1977).

c. A potência do transformador é dada por:

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

em que:

P_t = potência do transformador (KVA)

Os transformadores trifásicos são normalmente fabricados com as seguintes potências em KVA: 10; 12,5; 15; 20; 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 BOMBEAMENTO UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS (Exemplo/Modelo)

Identificação e Caracterização da Propriedade - Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 1.8.

TABELA 1.8. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

PRODUTOR: João Luiz dos Santos	PROJETO Nº 03				
PROPRIEDADE: Faz. Santa Rosa	DATA: 26.02.84				
MUNICÍPIO: Petrolina	ESTADO: PE				
SOLO					
TIPO: Latossolo	CLASSE: 2 TEXTURA: Arenosa				
PROFUNDIDADE: 1,5 m	DECLIV.LONGITUDINAL = 3%				
CAPACIDADE DE CAMPO: 15%	PONTO DE MURCHAMENTO = 7%				
DENSIDADE APARENTE: 1,56 g/m³	VELOC.DE INFILT.BÁSICA = 18 mm/h				
ÁGUA					
FONTE: Rio	VAZÃO: 300 m³/h				
VOLUME ANUAL DISPONÍVEL: m³	CLASSIFICAÇÃO: C ₂ S ₁				
OUTROS DADOS					
ALTURA DE SUÇÃO: 2,00 m	HORAS DE TRABALHO/DIA = 10 h				
ALTURA DE RECALQUE: 4,86 m	DIAS DE TRABALHO/SEMANA = 7 d				
TIPO DE ENERGIA: Diesel	EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO = 70%				
CULTURA:	ÁREA	PROFUNDIDADE EFETIVA DA RAIZ - cm			
	ha	1º MÊS	2º MÊS	3º MÊS	4º MÊS
FEIJÃO PHASEOLUS	2,07	20	40	40	
TOMATE INDUSTRIAL	2,07	20	40	40	40
ESPAÇAMENTO P/FEIJÃO: 0,50 m x 0,20 m, com uma fileira por sulco					
ESPAÇAMENTO P/TOMATE: 1,20 m x 0,50 m, com uma fileira por sulco					

Necessidade de Água de Irrigação - A Tabela 1.9 mostra as necessidades de água de irrigação, calculadas de acordo com a metodologia apresentada anteriormente. Neste segmento, a maioria dos dados são encontrados em tabelas, para facilidade dos cálculos. Porém, apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de março como exemplo.

1. Valores de ETP são dados já calculados, obtidos de Hargreaves (1974).
2. Os valores de Kc também são dados tabelados obtidos na Tabela 1.2.
3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = ETP \times Kc = 181 \times 0,60 = 109 \text{ mm}$$

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

$$UC = ETR : D = 109 : 31 = 3,5 \text{ mm/dia}$$

5. Os valores de PP são encontrados de acordo com a metodologia apresentada, a um nível de 75% de probabilidade de ocorrência.

6. A precipitação efetiva é calculada com base na metodologia apresentada anteriormente (Tabela 1.3).

$$PE = PP \times f = 10 \times 1,00 + 1 \times 0,95 = 11 \text{ mm}$$

7. A necessidade de irrigação líquida é obtida:

$$NIL = ETR - PE = 109 - 11 = 98 \text{ mm}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada com base na eficiência do sistema de irrigação escolhido:

$$NIB = NIL : Ei = 98 : 0,7 = 140 \text{ mm}$$

9. Os valores do gasto mensal são obtidos pela fórmula:

$$Gm = NIB \times 10 = 140 \times 10 = 1.400 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$$

10. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtido com base no número de horas de trabalho por dia e no número de dias de trabalho do mês:

$$Qu = \frac{Gm}{3,6 \times h \times D} = \frac{1.400}{3,6 \times 10 \times 31} = 1,25 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

Manejo de Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabela 1.10. A seguir exemplificamos o preenchimento desta tabela, com base nos cálculos para a cultura do tomate industrial, referentes ao mês de maior demanda (setembro) obtidos na Tabela 1.9.

1. A frequência de irrigação foi preestabelecida em quatro dias, com dez horas de trabalho por dia.

2. Calcula-se a lâmina líquida com base na frequência e no uso consuntivo.

$$Ll = Fi \times UC = 4 \times 6,67 = 26,68 \text{ mm}$$

TABELA 1.9. Necessidade de água de irrigação.

Meses	Cultura	ETP (mm)	Kc	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	P. Efet. (mm)	N. Irrig. Líquida (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto mensal (m³/ha/mês)	Vazão unitária (l/s x ha)
JAN		206	-	-	-	6	0	-	-	-	-
FEV		179	-	-	-	8	0	-	-	-	-
MAR	Feijão	281	0,60	109	5,51	11	11	098	140	1.400	1,25
ABR	Phaseolus	150	1,10	165	5,50	1	0	165	236	2.360	2,19
MAI		145	0,90	130	4,19	0	0	130	186	1.860	1,67
JUN		132	-	-	-	0	0	-	-	-	-
JUL	Fomate	138	0,65	90	2,90	0	0	90	129	1.290	1,16
AGO	Industrial	156	0,90	140	4,52	0	0	140	200	2.000	1,79
SET		174	1,15	200	6,67	0	0	200	286	2.860	2,69*
OUT		204	1,00	204	6,58	0	0	204	291	2.910	2,61
NOV		209	-	-	-	2	0	-	-	-	-
DEZ		206	-	-	-	6	0	-	-	-	-
TOTAL		2.080	-	1.019	-	34	10	1.009	1.469	14.690	-

ETP	=	Evapotranspiração potencial (mm)	N. Irrig. Líquida	=	Necessidade Irrigação Líquida (mm)
Kc	=	Coefficiente de cultivo	N. Irrig. Bruta	=	Necessidade Irrigação Bruta (mm)
ETR	=	Evapotranspiração real (mm)	Eficiência de irrigação = 70%		
PP	=	Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm)	*Mês de maior consumo	=	setembro = 2,69 l/s x ha
P. Efet.	=	Precipitação efetiva (mm)	Área total irrigada	=	2,07 ha
UC	=	Uso consuntivo (mm/dia)	Vazão do sistema	=	5,57 l/s ou 20,04 m³/h.

TABELA 1.10. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação das culturas do feijão phaseolus e do tomate industrial.

Meses	Cultura	Frequência de irrigação (dias)	Uso Consuntivo (mm/dia)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Vol. de água aplicada por sulco por irrigação (t)	Tempo de irrigação por sulco (min)	Horas de bombeamento		Área irrigada por dia (ha)
								diário (h)	mensal (h)	
JAN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	Feijão	4	5,51	22,04	31,49	173	2,15	4,68	145	0,52
ABR	Phaseolus	4	5,50	22,00	31,43	173	2,15	8,14	244	0,52
MAI		4	4,19	16,76	23,94	132	1,64	6,21	193	0,52
JUN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	Tomate	4	2,90	11,50	16,57	146	1,82	4,31	134	0,52
AGO	Industrial	4	4,52	18,00	25,83	227	2,82	6,65	206	0,52
SET		4	6,67	26,68	38,11	335	4,17	10,00	300	0,52
OUT		4	6,58	26,32	37,60	331	4,12	9,70	301	0,52
NOV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ		-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		-	-	-	-	-	-	-	1.523	-

Nº de mangueiras: 4 Vazão por mangueira: 1,34 t/s

Cultura: Tomate industrial

Comprimento do sulco: 11 m

Espacamento 1,20 x 0,50 m

Largura molhada por sulco: 0,80 m

Área por sulco com uma fileira de plantas: 11,00 x 0,50 = 5,50 m². Área por sulco com uma fileira de plantas: 11,00 x 0,80 = 8,80 m².

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

$$L_{ls} = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{15 - 7}{100} \times 1,56 \times 0,50 \times 40 = 24,96 \text{ mm}$$

Verifica-se que L_l é praticamente igual a L_{ls} .

3. Determina-se a lâmina bruta:

$$L_b = \frac{L_l}{E_i} = \frac{26,68}{0,7} = 38,11 \text{ mm}$$

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

$$Vap = L_b \times A_s = L_b \times C_s \times L_{ms} = 38,11 \times 11,0 \times 0,8 = 335 \text{ l}$$

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

$$Q_t = Q_u \times A_t = 2,69 \times 2,07 = 5,57 \text{ l/s} = 20,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

Em função do esquema do sistema de irrigação, selecionou-se uma mangueira com 20 m de comprimento e 1" de diâmetro. Neste exemplo foram consideradas duas mangueiras por hectare. Com a vazão calculada e as características da mangueira, pode-se encontrar na Tabela 1.4 a pressão no início da mangueira. Assim, tem-se que:

$$Q_m = \frac{Q_t}{NMF \times A_t} = \frac{5,57}{2 \times 2,07} = 1,34 \text{ l/s}$$

Para $Q_m = 1,34 \text{ l/s}$ tem-se uma pressão de 5,53 m no início da mangueira (Tabela 1.1).

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

$$T_{is} = \frac{Vap}{60 Q_m} = \frac{335}{60 \times 1,34} = 4,17 \text{ min}$$

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

$$H_{bd} = \frac{Q_u}{Q_{um}} \times h = \frac{2,69}{2,69} \times 10 = 10 \text{ h}$$

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

$$H_{bd} = H_{bd} \times D = 10 \times 30 = 300 \text{ h}$$

Para o mês de setembro $D = 30$ dias.

10. Calcula-se a área irrigada por dia:

$$A_{id} = \frac{A_t}{F_i} = \frac{2,07}{4} = 0,52 \text{ ha}$$

Obs.: Este projeto foi dimensionado para trabalhar sete dias por semana, com dez horas de trabalho por dia. Verifica-se que, na maioria do período de cultivo, o

O cálculo da perda de carga total ao longo da linha é dado por:

$$h_{fp} = \frac{L_p}{100} \times L_p = \frac{2,90}{100} \times 78 = 2,26 \text{ m}$$

4. Dimensionamento da altura manométrica.

O cálculo da altura manométrica é dado pela fórmula:

$$H_m = f(h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05 (5,53 + 1,67 + 2,26 + 4,86 + 2,00) = 17,08 \text{ m}$$

5. Escolha da bomba:

. Deve-se escolher uma bomba centrífuga que apresente o melhor rendimento possível, ao atender a condição:

$$Q_t = 20,04 \text{ m}^3/\text{h} \text{ e } H_m = 17,08 \text{ m}$$

. Selecionou-se uma bomba com as seguintes características: marca-Worthington, modelo-D.800, rotação-1740 rpm, rotor-7,40" de ϕ e eficiência=62% (Figura 1.8).

. Calculou-se a potência absorvida no eixo da bomba, pela fórmula:

$$P_a = \frac{Q_t \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{20,04 \times 17,08}{2,7 \times 62} = 2,04 \text{ cv}$$

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:

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{2,04}{0,80} = 2,56 \text{ cv}$$

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

. Conjunto motobomba, composto de uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca Worthington, modelo D-800, vazão 20,04 m³/h x 17,08 m de altura manométrica total, com 1740 rpm, rotor reduzido para 7,40" de ϕ , eficiência 62%, consumindo no eixo da bomba 2,04 cv e acoplada por meio da luva elástica e um motor diesel Yanmar modelo NSB 50 (ou similar) de 4,0 cv, com 1800 rpm, montado sob rodas.

A Tabela 1.11 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários à implantação de um sistema de irrigação por mangueira, utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,07 ha.

Observa-se pela Tabela 1.11 que o custo médio de implantação deste sistema, de irrigação, para as condições apresentadas, é de US\$ 1.582,82/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 ociosidade de potência dos motores diesel, principalmente para um tamanho de módulo irrigável de 2,07 ha.

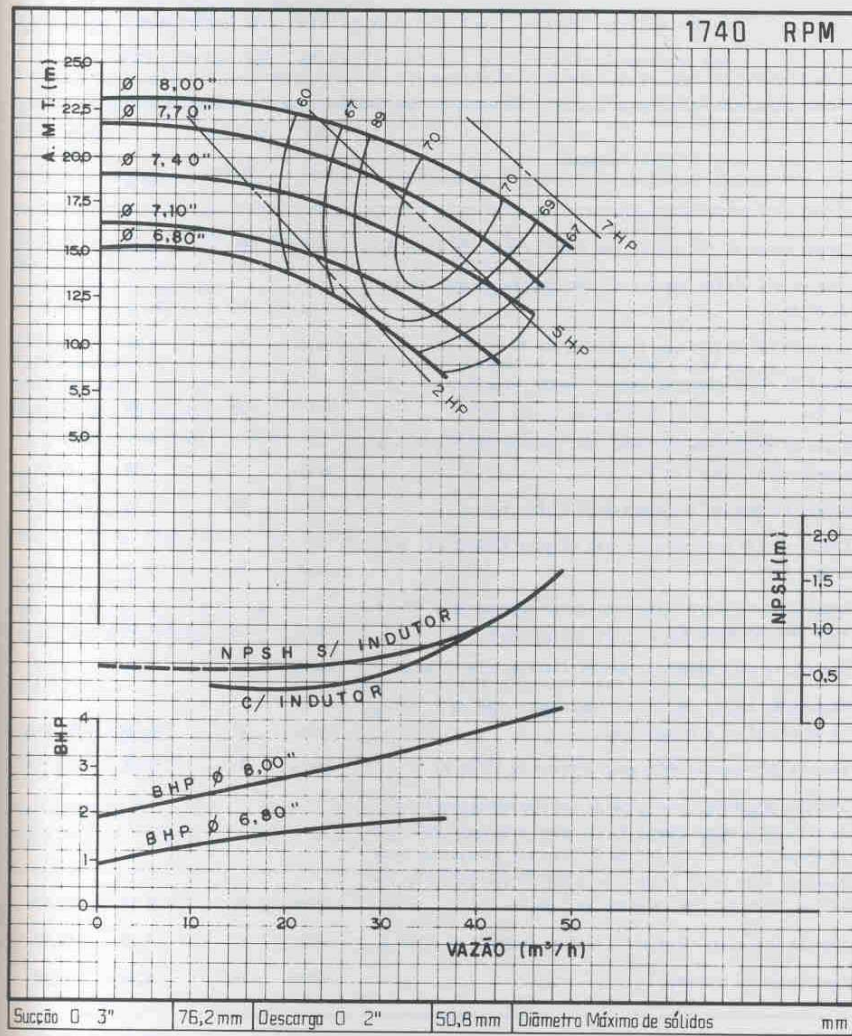


FIG. 1.8. Curvas de rendimento da bomba centrífuga marca Worthington modelo D-800.

TABELA 1.11. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petrolina, PE).

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor	
			ORTN	US*
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	01	0,04	2,96
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	unid.	34	107,31	790,16
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	02	1,65	12,12
- Nípel 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 3" de Ø.	unid.	40	1,63	12,08
- Mangueira de PVC flexível com 1" de Ø.	m	80	17,59	129,52
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo erva e tubo.	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" de Ø.	unid.	04	0,85	6,52
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento, 3" de Ø, válvula de pé, nípel e braçadeira.	unid.	01	45,58	342,26
- Válvula de retenção em bronze c/roscas de 3" de Ø.	unid.	01	9,58	70,55
- Conjunto motobomba, constituído por uma bomba centrífuga, de eixo horizontal, marca Worthington modelo D=800, com 1740 rpm, rotor com 7,40" de Ø, acoplado através de luva elástica a um motor Yanmar marca NSB 50 com potência de 4,0 cv, com 1800 rpm, montado em fixa.	unid.	01	229,80	1.692,09
- Ligação de pressão c/registro, flange, vedações de 3" de Ø.	unid.	01	9,16	67,42
- Instalação do sistema.	H/D**	04	0,98	7,19
TOTAL			428,65	3.165,65

*1 dólar = Cr\$ 1.390,00 (Preços de abril de 1984): **H/D = Homem/dia.
ORTN = Cr\$ 10.235,07

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA SEM BOMBEAMENTO UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS (Exemplo/Modelo)

Identificação e Caracterização da Propriedade - Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 1.12.

TABELA 1.12. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

PRODUTOR: João Carlos da Silva
 PROPRIEDADE: Faz. Pedra
 MUNICÍPIO: Petrolina

PROJETO Nº 02
 DATA: 22.02.84
 ESTADO: PE

SOLO

TIPO: Latossolo
 PROFUNDIDADE: 1,5 m
 CAPACIDADE DE CAMPO: 15%
 DENSIDADE APARENTE: 1,58 g/cm³

CLASSE: 2 TEXTURA: Arenosa
 DECLIV.LONGITUDINAL: 2%
 PONTO DE MURCHAMENTO: 7%
 VELOC.DE INFILT.BÁSICA| 20 mm/h

ÁGUA

FONTE: Açude
 VOLUME ANUAL DISPONÍVEL: 31.000 m³

CAPACIDADE: 100.000 m³ VAZÃO: m³/h
 CLASSE: C₂S₁

OUTROS DADOS

CARGA HIDRÁULICA: 4,00 mm
 DESNÍVEL DO TERRENO: 3,24 m

HORAS DE TRABALHO/DIA: 10 h
 EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO: 70%

CULTURA:

	ÁREA	PROFUNDIDADE EFETIVA DA RAIZ - cm			
	ha	1º MÊS	2º MÊS	3º MÊS	4º MÊS
FEIJÃO PHASEOLUS	2,07	20	40	40	40
TOMATE INDUSTRIAL	2,07	20	40	40	40

ESPAÇAMENTO P/FEIJÃO: 0,50 m x 0,20 m, com uma fileira de plantas por sulco
 ESPAÇAMENTO P.TOMATE: 1,20 m x 0,50 m, com uma fileira de plantas por sulco

Necessidade de Água de Irrigação - Utilizaram-se os cálculos do exemplo anterior.

Manejo de Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabela 1.13. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, com base nos cálculos para a cultura do tomate industrial, referentes ao mês de maior demanda (setembro) obtidos na Tabela 1.9.

1. A frequência de irrigação foi preestabelecida em quatro dias com dez horas de trabalho por dia.

2. Calcula-se a lâmina líquida com base na frequência e no uso consuntivo.

$$Ll = Fi \times UC = 4 \times 6,67 = 26,68 \text{ mm}$$

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

$$Lls = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{15 - 7}{100} \times 1,56 \times 0,50 \times 40 = 24,96 \text{ mm}$$

Verifica-se que Ll é praticamente igual a Lls .

3. Determina-se a lâmina bruta:

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{26,68}{0,7} = 38,11 \text{ mm}$$

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

$$Vas = Lb \times As = Lb \times Cs \times Lms = 38,11 \times 11,0 \times 0,8 = 335 \text{ l}$$

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

$$Qt = Qu \times At = 2,69 \times 2,07 = 5,57 \text{ l/s} = 20,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. Calcula-se a vazão da mangueira:

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 20 m de comprimento e 1" de diâmetro. Utilizaram-se três mangueiras por hectare. Neste caso, pode-se verificar que a vazão da mangueira é dada por:

$$Qm = \frac{Qt}{NMF \times At} = \frac{5,57}{3 \times 2,07} = 0,90 \text{ l/s}$$

Para $Qm = 0,90 \text{ l/s}$, tem-se uma pressão de 2,60 m no início da mangueira (Tabela 4.4).

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

$$Tip = \frac{Vas}{60 Qm} = \frac{335}{60 \times 0,90} = 6,20 \text{ min}$$

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

$$Hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h = \frac{2,69}{2,69} \times 10 = 10 \text{ h}$$

TABELA 1.13. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação das culturas do feijão phaseolus e do tomate industrial.

Meses	Cultura	Frequência de irrigação (dias)	Uso Consumitivo (mm/dia)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Vol. de água aplicada por sulco por irrigação (l)	Tempo de irrigação por sulco (min)	Horas de bombeamento		Área irrigada por dia (ha)
								diário (h)	mensal (h)	
JAN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	Feijão	4	5,51	22,04	31,49	173	3,20	4,68	145	0,54
ABR	Phaseolus	4	5,50	22,00	31,43	173	3,20	8,14	244	0,54
MAI		4	4,19	16,76	23,94	132	2,44	6,21	193	0,54
JUN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	Tomate	4	2,90	11,60	16,57	146	2,70	4,31	134	0,54
AGO	Industrial	4	4,52	18,00	25,83	227	4,20	6,65	206	0,54
SET		4	6,67	26,68	38,11	335	6,20	10,00	300	0,54
OUT		4	6,58	26,32	37,60	331	6,13	9,70	301	0,54
NOV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ		-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		-	-	-	-	-	-	-	1.523	-

Nº de mangueiras: 6 Vazão por mangueira: 1,34 l/s.

Cultura: Feijão Phaseolus
Comprimento do sulco: 11 m
Espaçamento: 0,50 x 0,20 m
Largura molhada por sulco: 0,50 m
Área por sulco com duas fileiras de plantas: 11,0 m².

Cultura: Tomate Industrial
Comprimento do sulco: 11 m
Espaçamento: 1,20 x 0,50 m
Largura molhada por sulco: 0,80 m
Área por sulco com uma fileira de plantas: 11,0 x 0,80 = 8,80 m².

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:

$$Aid = \frac{At}{Fi} = \frac{2,07}{4} = 0,52 \text{ ha}$$

Obs.: Este projeto foi dimensionado para trabalhar sete dias por semana com dez horas de trabalho por dia. Verifica-se que na maioria do período de cultivo, o número de horas de trabalho por dia varia de cinco a seis horas. Neste caso, o agricultor pode trabalhar mais horas por dia o que condiciona a folga aos domingos. Durante o período de máxima demanda, pode-se trabalhar doze ou mais horas por dia o que pode, também, condicionar as folgas aos domingos.

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 da carga hidráulica média no ponto de tomada de água.

A carga hidráulica média com base no volume de água disponível para irrigação é de 4,0 m ($Hd = 4,00$ m).

2. Dimensionamento da mangueira de distribuição.

Para uma mangueira com 20 m de comprimento, 1" de diâmetro, saída livre e uma vazão de 0,90 l/s tem-se uma pressão no início da mangueira igual a 2,60 m (Tabela 1.4).

Para $Lm = 20$ m, $\phi = 1$ ", saída livre e $Qm = 0,90$ l/s $m \Rightarrow hm = 2,60$ m.

3. Dimensionamento da linha secundária.

Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido (sistema móvel), obtêm-se pela Figura 1.7 os valores de perda de carga relativa.

Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Figura 1.3, 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 3" de diâmetro e uma vazão de 20,04 m³/h, através da Figura 1.7, uma perda de carga relativa de 2,90 m/100 m. Ou seja:

Para $\phi = 3$ " e $Qs_1 = 20,04$ m³/h $\Rightarrow J_1 = 2,90$ m/100 m.

Pode-se observar pela Figura 1.7 que a velocidade da água na tubulação não ultrapassa o limite permissível de 2,0 m/s.

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

$$\text{Para } \phi = 3'' \text{ e } Qs_2 = 13,36 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 1,60 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3'' \text{ e } Qs_3 = 6,68 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 0,50 \text{ m}/100 \text{ m}.$$

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

$$hfs = \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4) = \frac{2,90}{100} \times 18 + \frac{1,60}{100} \times 36 + \frac{0,50}{100} \times 36 = 1,24 \text{ m}$$

4. Dimensionamento da linha principal.

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

Pela Figura 1.3, tem-se que o comprimento da linha principal é igual a 102 m (84 + 18).

Pela Figura 1.7 tem-se que para $\phi = 3''$ e $Qt = 20,04 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 2,90 \text{ m}$ até a primeira linha secundária. Entre a primeira e a segunda linha, a vazão é reduzida a metade ($10,02 \text{ m}^3/\text{h}$) $\Rightarrow J_2 = 1,00 \text{ m}/100 \text{ m}$.

Calcula-se a perda de carga:

$$hfp = \frac{J_1}{100} \times L_1 + \frac{J_2}{100} \times L_2 = \frac{2,90}{100} \times (18 + 60) + \frac{1,00}{100} \times 24 = 2,50 \text{ m}$$

5. Calcula-se o desnível do terreno:

$$\Delta St = \frac{S \cdot L}{100} = \frac{2}{100} \times (108 + 18) + \frac{0}{100} \times 60 = 2,52 \text{ m}$$

6. Determina-se a altura manométrica:

$$Hm = f(hm + hfs + hfp) - \Delta St = 1,05 (2,60 + 1,24 + 2,50) - 2,52 = 3,84 \text{ m}$$

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

Verifica-se que $Hd = Hm$. Logo, aceita-se esta condição.

A Tabela 1.14 mostra a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários à implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados e sem bombeamento, para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

Pode-se constatar pela Tabela 1.14 que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de US 535,63 ha. Neste caso, o aumento da área irrigada por módulo não condiciona uma redução significativa no custo médio de implantação por hectare.

TABELA 1.14. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados sem bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petroлина, PE).

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor	
			ORTN	US*
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	01	0,04	2,96
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	unid.	43	135,72	999,32
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	02	1,65	12,12
- Nípel de PVC rígido com engate rápido rosca/fêmea de 3" de Ø.	unid.	02	0,74	5,48
- Anéis de vedação de borracha para caso de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	06	2,44	18,12
- Mangueira de PVC flexível com 1" de Ø.	m	80	17,59	129,52
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo erva.	unid.	06	4,17	30,70
- Braçadeira sem pé de suporte e rosca interna de 1" de Ø para cano de 3" de Ø.	unid.	06	1,95	14,36
- Braçadeira para mangueira de PVC flexível com 1" de Ø.	unid.	06	1,32	9,78
- Tê de PVC com engate rápido e 3" de Ø M x FF.	unid.	01	1,20	8,84
- Registro de gaveta em bronze com 3" de Ø.	unid.	01	10,70	78,77
- Instalação de um sistema	H/D**	02	0,49	3,60
TOTAL			178,01	1.313,57

*1 dólar = Cr\$ 1.390,00 (Preços de abril de 1984).

ORTN = Cr\$ 10.235,07

**H/D = Homen/dia



SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIAS

2. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO MICROBACIAS

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 ou pequenos volumes.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este sistema de irrigação apresenta-se bastante diversificado quando ao tamanho dos módulos irrigáveis, mobilidade do sistema de condução e alternativas de bombeamento de água. Um menor 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 ALTERNATIVAS 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. A esta mesma pressão e em sistemas do tipo móvel podem ser utilizados também tubos de esgoto com engate rápido de PVC azul. Para culturas perenes, que apresentam espaçamentos entre plantas superiores a 3 m, deve-se optar pelo método de irrigação por mangueiras utilizando microbacias.

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 um melhor aproveitamento dos recursos de solo e água para maior rentabilidade. As Figuras 2.1A e 2.1B mostram o esquema de plantio do consórcio.

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O roteiro para o dimensionamento de um sistema de irrigação por mangueira, utilizando microbacias, é feito em 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.

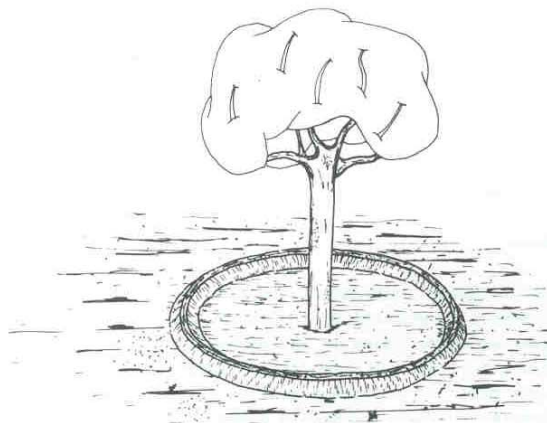
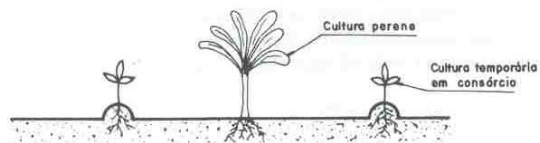


FIG. 2.1A. Planta baixa do sistema de plantio utilizado no sistema de irrigação por mangueira com microbacia.



DES. J.C. INZERRA

FIG. 2.1B. Corte transversal do sistema de plantio mostrado na Figura 2.1A.

B. Planejamento Agrônomo 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 em 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 maneira apresentada anteriormente, no sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados.

C. 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 preestabelecida. Normalmente, para culturas temporárias, utilizam-se dois dias, com exceção do feijão caupi, enquanto que para fruticultura utilizam-se quatro dias.

2. A lâmina líquida deve ser calculada com base na fórmula:

$$Ll = UC \times Fi$$

em que:

Ll = lâmina líquida de irrigação (mm)

UC = uso consuntivo (mm/dia)

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/cm³)

K = nível de água disponível no solo (%)

Pr = profundidade efetiva das raízes (cm)

Caso a lâmina líquida do mês de maior demanda, calculada com base na 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:

$$V_{ap} = Lb \times C \times A_p$$

em que:

Vap = volume de água aplicado por planta (l)

C = coeficiente de cobertura (decimais)

Ap = área por planta (m²)

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

$$Q_t = Q_u \times A_t$$

em que:

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

Qu = vazão unitária (l/s x ha)

At = área total irrigável (ha)

6. Vazão da mangueira.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionam-se o comprimento e o diâmetro da mangueira. Recomenda-se o uso de 2 a 3 mangueiras por hectare. A vazão da mangueira é determinada pela fórmula seguinte:

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

em que:

Qm = vazão da mangueira (l/s)

NMF = número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo por hectare

A pressão no início da mangueira é obtida em consequência das características da mangueira e da vazão obtida (Tabela 1.4).

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

$$T_{ip} = \frac{V_{ap}}{60 Q_m}$$

em que:

Tip = tempo de irrigação por planta (min)

Qm = 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:

Hbd = horas de bombeamento diário (h)

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

Qum = 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:

$$Hbm = Hbd \times D$$

em que:

Hbm = horas de bombeamento mensal (h)

D = número de dias do mês

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

$$Aid = \frac{At}{Fi}$$

em que:

Aid = área irrigada por dia (ha)

At = área total do sistema de irrigação (ha)

Fi = frequência de irrigação do mês considerado (dias)

D. Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Irrigação - Compreende a determinação de parâmetros, visando o dimensionamento ótimo-econômico do sistema. É feito de modo similar ao do sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados. A única diferença é que a mangueira de distribuição deve possuir um comprimento que irrigue a planta situada no ponto mais distante em relação ao ponto de derivação na tubulação secundária.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM BOMBEAMENTO UTILIZANDO MICROBACIAS
(Exemplo/Modelo)

Identificação e Caracterização da Propriedade - Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 2.1.

TABELA 2.1. 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	DECLIV.LONGITUDINAL: 2%
DENSIDADE APARENTE: 1,58 g/cm ³	PONTO DE MURCHAMENTO: 7%
	VELOC.DE INFILT.BÁSICA: 20 mm/h
ÁGUA	
FONTE: Açude	CAPACIDADE: 150.000 m ³
VOLUME ANUAL DISPONÍVEL: 45.000 m ³	VAZÃO: m ³ /h CLASSE: C ₂ S ₁
OUTROS DADOS	
ALTURA DE SUÇÃO: 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 EFET.DA RAIZ: 60 cm
ESPAÇAMENTO: 4 m x 2 m x 2 m	

Necessidade de Água de Irrigação - A Tabela 2.2 mostra as necessidades de água de irrigação, calculadas de acordo com a metodologia apresentada anteriormente. A 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 K_c também são obtidos na Tabela 1.2.

3. O valor de C é estimado em 0,7.

4. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = K_c \times ETP = 1,0 \times 206 = 206 \text{ mm}$$

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

$$UC = ETR : D = 206 : 31 = 6,64 \text{ mm/dia}$$

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

7. A precipitação efetiva é calculada com base na expressão:

$$PE = PP \times f = 0 \times 0,95 = 0$$

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

$$NIL = ETR - PE = 206 - 0 = 206 \text{ mm/mês}$$

9. A necessidade bruta é calculada pela expressão:

$$NIB = NIL : E_i = 206 : 0,7 = 294 \text{ mm}$$

10. Os valores do gasto mensal são obtidos pela fórmula:

$$G_m = NIB \times 10 \times C = 294 \times 10 \times 0,70 = 2.058 \text{ m}^3/\text{ha-mês}$$

11. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtido com base no número de horas de trabalho por dia e no número de dias do mês:

$$Q_u = \frac{G_m}{3,6 \times h \times D} = \frac{2.058}{3,6 \times 10 \times 31} = 1,84 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

Manejo de Água de Irrigação - O manejo de água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabela 2.3. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela com base nos cálculos para a cultura da bananeira variedade Pacovã, referentes ao mês de maior consumo (novembro) obtidos na Tabela 2.2.

1. A frequência de irrigação foi preestabelecida em três dias com dez horas de trabalho por dia para o período de máxima demanda.

2. Calcula-se a lâmina líquida com base na frequência e o uso consuntivo diário.

$$L_L = F_i \times UC = 3 \times 6,97 = 20,91 \text{ mm}$$

TABELA 2.3. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação da cultura da banana var. Pacovã.

[illegible]

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

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

Verifica-se que $L\&$ é praticamente igual a $L\&s$. Logo podemos utilizar a lâmina calculada com base na frequência.

3. Determina-se a lâmina bruta.

$$Lb = \frac{L\&}{Ei} = \frac{20,91}{0,7} = 29,87 \text{ mm}$$

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

$$Vap = Lb \times C \times Ap = 29,87 \times 0,70 \times 6 = 125 \text{ l}$$

Obs.: O espaçamento 4 m x 2 m x 2 m é equivalente ao espaçamento 3 m x 2 m o que implica $Ap = 6 \text{ m}^2$.

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

$$Qt = Qu \times At = 1,94 \times 2,07 = 4,02 \text{ l/s} = 14,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. Determina-se a vazão necessária por mangueira.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 50 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro e duas mangueiras por hectare (Figura 2.2). Assim, tem-se:

$$Qm = \frac{Qt}{NMF \times At} = \frac{4,02}{2 \times 2,07} = 0,97 \text{ l/s}$$

Para $Qm = 0,97 \text{ l/s}$, tem-se uma pressão de aproximadamente 0,80 m no início da mangueira, considerando que a mangueira tem 50 m de comprimento e 1 1/4" de ϕ .

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

$$Tip = \frac{Vam}{60 \times Qm} = \frac{125}{60 \times 0,97} = 2,15 \text{ min}$$

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

$$Hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h = \frac{1,94}{1,94} \times 10 = 10 \text{ h}$$

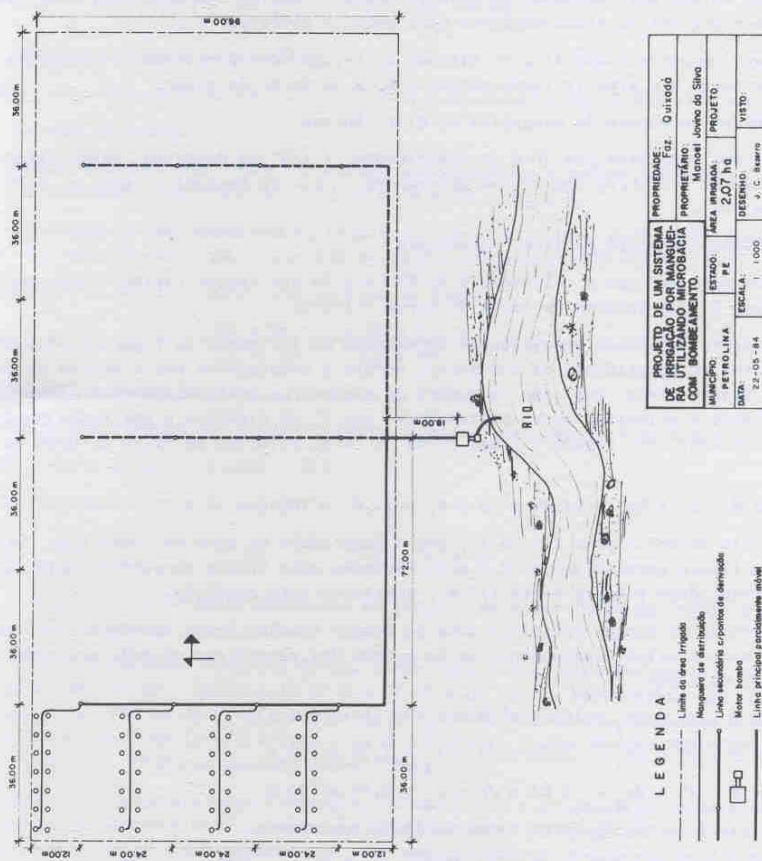
9. Determina-se o número de horas de bombeamento mensal.

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

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

10. Calcula-se a área irrigada por dia.

$$Aid = \frac{At}{Fi} = \frac{2,07}{4} = 0,52 \text{ ha}$$



Obs.: O projeto foi dimensionado com base em 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 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 - 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 vazão de 0,97 l/s, tem-se uma pressão no início da mangueira igual a 0,80 m (Tabela 1.4).

2. Dimensionamento da linha secundária.

Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido, obtêm-se, pela Figura 1.7, os valores de perda de carga relativa.

Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Figura 2.2 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 14,46 m³/h, através da Figura 1.7, uma perda de carga relativa de 12,00 m/100 m. Ou seja:

$$\text{Para } \phi = 2" \text{ e } Q_{s1} = 14,46 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 12,00 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Pode-se observar pela Figura 1.7 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:

$$\text{Para } \phi = 2" \text{ e } Q_{s2} = 10,85 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 7,30 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 2" \text{ e } Q_{s3} = 7,23 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 3,50 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 2" \text{ e } Q_{s4} = 3,62 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

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 Figura 1.7 tem-se que para $\phi = 3"$ e $Q_t = 14,46 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 1,80 \text{ m}/100 \text{ m}$.

Pela Figura 2.2 tem-se que o comprimento da linha principal (L_p) é igual a 90 m (72 + 18).

Cálculo da perda de carga por atrito:

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

4. Cálculo da altura manométrica.

$$H_m = f(h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05(0,80 + 4,22 + 1,62 + 2,04 + 2,00) = 11,21 \text{ m}$$

5. Escolha da bomba.

. Deve-se escolher uma bomba centrífuga que apresente o melhor rendimento possível, ao atender a condição: $Q_t = 14,46 \text{ m}^3/\text{h} \times H_m = 11,21 \text{ m}$.

. Selecionou-se uma bomba com as seguintes características: marca-KSB, modelo-ETA 40-20, rotação-1680 rpm, rotor-180 mm de ϕ e eficiência=56% (Figura 2.3).

. Cálculo da potência absorvida no eixo da bomba:

$$P_a = \frac{Q_m \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{14,46 \times 11,21}{2,7 \times 56} = 1,07 \text{ cv}$$

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:

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{1,07}{0,80} = 1,34 \text{ cv}$$

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 $14,46 \text{ m}^3/\text{h} \times 11,21 \text{ m}$ de altura manométrica total, com 1680 rpm, rotor 180 mm de ϕ , eficiência de 56% consumindo no eixo da bomba 1,07 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 2.4 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários à implantação de um sistema de irrigação por mangueiras utilizando microbacia com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

Observa-se pela Tabela 2.4 que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de US 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 ociosidade de potência dos motores diesel.

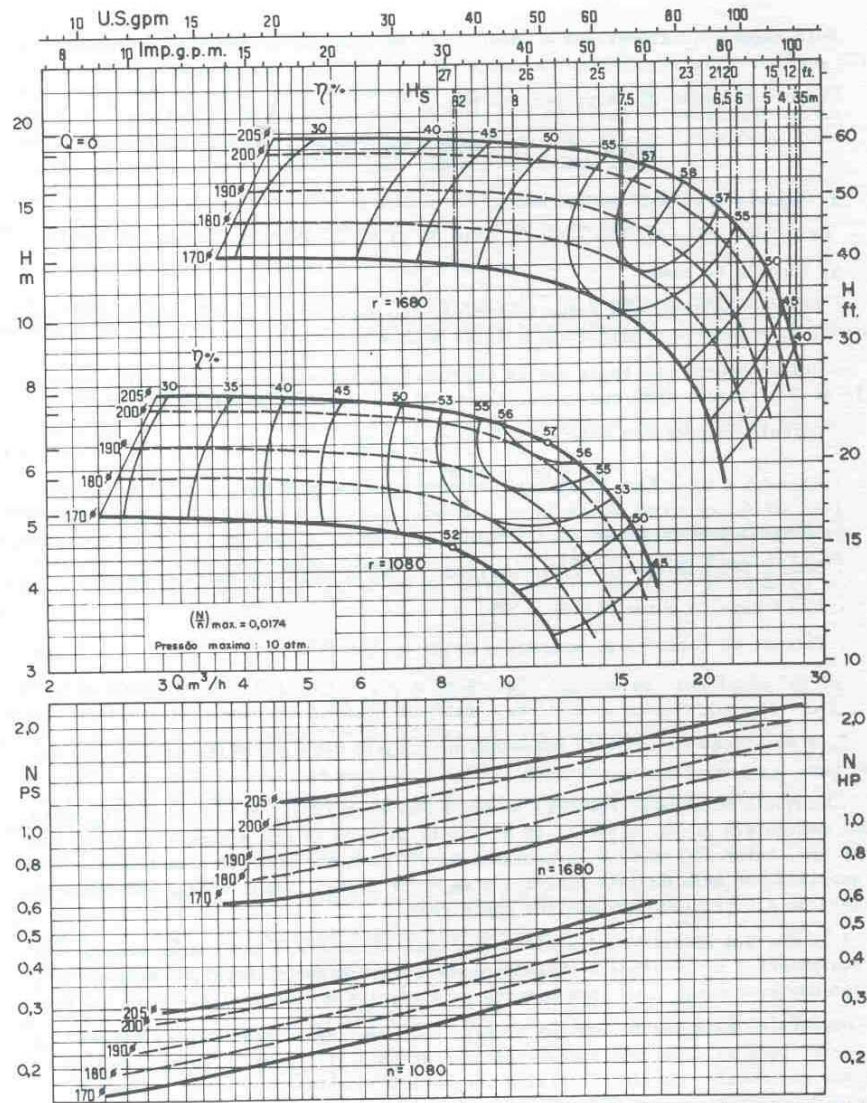


FIG. 2.3. Curva característica de bomba centrífuga de eixo horizontal marca KSB modelo ETA 40-20 com 1680 rpm.

TABELA 2.4. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando do microbacia com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petrolina, PE).

Discriminação	Unidade	Quantidade	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
- Nípel 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 e adaptador de ferro com engate rápido.	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, nípel 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 potência de 4,0 cv, com 1800 rpm, montado sobre rodas.	unid.	01	221,42	1.630,38
- Ligação de pressão c/registro, flange, vedações de 3" de Ø.	unid.	01	9,16	67,42
- Instalação do sistema.	H/D**	04		7,19
TOTAL			418,92	3.035,52

*1 dólar = Cr\$ 1.390,00 (Preços de abril de 1984).

ORTN = Cr\$ 10.235,07

**H/D = Homem/dia.

Necessidade de Água de Irrigação - Utilizaram-se os cálculos realizados no exemplo anterior.

Manejo da Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação para o projeto é mostrado na Tabela 2.6. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, com base nos cálculos para a cultura da bananeira variedade pacovã, referente ao mês de maior consumo (novembro) obtidos na Tabela 2.2.

1. A frequência de irrigação foi preestabelecida em três dias com dez horas de trabalho por dia para o período de máxima demanda.

2. Calcula-se a lâmina líquida com base na frequência e no uso consuntivo.

$$Ll = Fi \times UC = 3 \times 6,97 = 20,91 \text{ mm}$$

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

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

Verifica-se que Ll é praticamente igual a Lls , logo aceita-se a condição imposta.

3. Determina-se a lâmina bruta:

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{20,91}{0,7} = 29,87 \text{ mm}$$

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

$$Vap = Lb \times C \times Ap = 29,87 \times 0,70 \times 6 = 125 \text{ l}$$

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

$$Qt = Qu \times At = 1,94 \times 2,07 = 4,02 \text{ l/s} = 14,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. Calcula-se a vazão necessária por mangueira.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 50 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro e duas mangueiras por hectare (Figura 2.4). Assim, tem-se que:

$$Qm = \frac{Qt}{NMF \times At} = \frac{4,02}{2 \times 2,07} = 0,97 \text{ l/s}$$

Para $Qm = 0,97 \text{ l/s}$; $Lm = 50 \text{ m}$ e $\phi m = 1 \frac{1}{4}"$; tem-se $Hm = 0,80 \text{ m}$ (Tabela 1.4)

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

$$Tip = \frac{Vam}{60 \times Qm} = \frac{125}{60 \times 0,97} = 2,15 \text{ min}$$

TABELA 2.6. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação da cultura da banana var. Pacova.

[illegible]

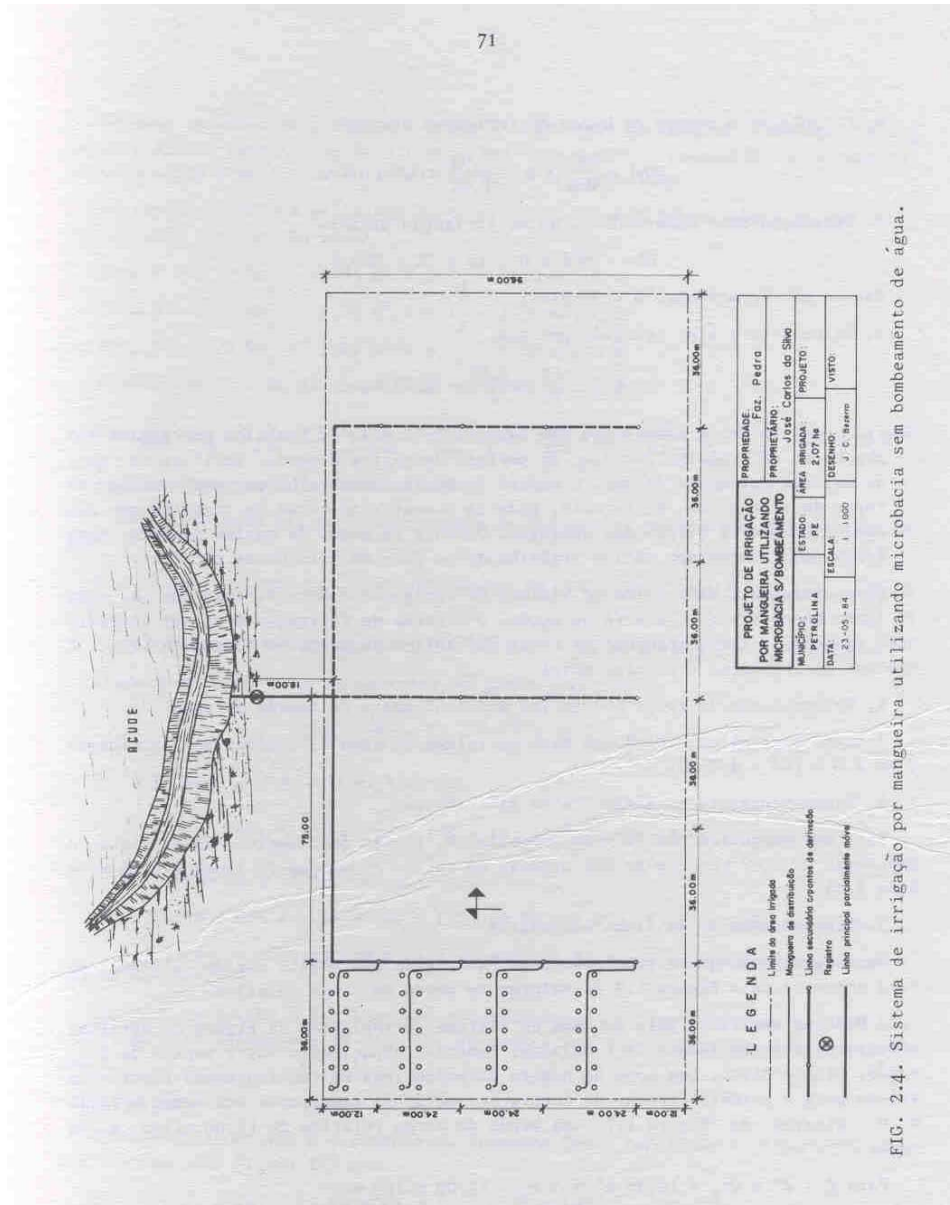


FIG. 2.4. Sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia sem bombeamento de água.

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

$$Hbd = \frac{Q_u}{Q_{um}} \times h = \frac{1,94}{1,94} \times 10 = 10 \text{ h}$$

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.

$$Aid = \frac{At}{Fi} = \frac{2,07}{4} = 0,52 \text{ ha}$$

Obs.: O projeto foi dimensionado com base em 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 dos 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 com base no 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 de comprimento, 1 1/4" de diâmetro, saída livre e uma vazão de 0,97 l/s tem-se uma pressão no início da mangueira igual a 0,80 m (Tabela 1.4).

3. Dimensionamento da linha secundária.

Considerando-se que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido (sistema móvel) obtém-se pela Figura 1.7 os valores de perda de carga relativa.

Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Figura 2.4 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 14,46 m³/h, através da Figura 1.7, uma perda de carga relativa de 12,00 m/100 m. Ou seja:

$$\text{Para } \phi = 2'' \text{ e } Q_{s1} = 14,46 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 12,00 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Pode-se observar pela Figura 1.7 que a velocidade da água na tubulação ultra passa o limite permissível de 2,0 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 obtidas de modo similar. Ou seja:

$$\text{Para } \phi = 2'' \text{ e } Q_{s2} = 10,85 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 7,30 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 2'' \text{ e } Q_{s3} = 7,23 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 3,50 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 2'' \text{ e } Q_{s4} = 3,62 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

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

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

4. Dimensionamento da linha principal.

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

Pela Figura 2.4 tem-se que o comprimento da linha principal é igual a 90 m (72 + 18).

Pela Figura 1.7 tem-se que para $\phi = 3''$ e $Q_t = 14,46 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 1,80 \text{ m}/100 \text{ m}$.

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

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

5. Calcula-se o desnível do terreno.

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

6. Determina-se a altura manométrica.

$$H_m = f(h_m + h_{fs} + h_{fp}) - \Delta St = 1,05(0,80 + 4,22 + 1,62) - 2,04 = 4,93 \text{ m}$$

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 Figura 1.7 que:

$$\text{Para } \phi = 3'' \text{ e } Q_{s1} = 14,46 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 1,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3'' \text{ e } Q_{s2} = 10,85 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 1,10 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Para $\phi = 3''$ e $Qs_3 = 7,23 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 0,60 \text{ m}/100 \text{ m}$

Para $\phi = 3''$ e $Qs_4 = 3,62 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,20 \text{ m}/100 \text{ m}$

Cálculo da perda de carga por atrito.

$$hfs = \frac{1,80}{100} \times 12 + \frac{1,10}{100} \times 24 + \frac{0,60}{100} \times 24 + \frac{0,20}{100} \times 24 = 0,67 \text{ m}$$

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

$$Hm = 1,05 (0,80 + 0,67 + 1,62) - 2,04 = 1,20 \text{ m}$$

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 2.7 mostra a discriminação, quantificação e orçamento de materiais e equipamentos necessários à implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacias e sem bombeamento, para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha

Pode-se constatar pela Tabela 2.7 que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de US\$ 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 2.7. 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	Unidade	Quantidade	Valor	
			ORTN	US*
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	01	0,40	2,96
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	unid.	29	91,53	673,97
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	02	1,65	12,12
- Nípel de PVC rígido com engate rápido, rosca/fêmea de 3" de Ø.	unid.	02	0,37	5,49
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC rígido rápido de 3" de Ø.	unid.	40	1,12	12,03
- 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 e adaptador de ferro com engate rápido.	undi.	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
- Registro de gaveta em bronze de 3" de Ø.	unid.	01	10,70	78,77
- Instalação do sistema.	H/D**	02	0,49	3,60
TOTAL			155,19	1.149,24

*1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,07

**H/D = Homem/dia.



SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANCUEIRAS COM ASPERSOR MANUAL

3. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRAS COM ASPERSOR MANUAL

DEFINIÇÃO

Este sistema de irrigação caracteriza-se pela condução de água através de tubulação e de sua distribuição através de mangueiras flexíveis e pela aplicação localizada da água, com lâminas bastante reduzidas, numa alta frequência de irrigação. É um sistema que pode funcionar sob baixa e média pressão, tendendo a aproveitar, na propriedade, pontos de tomada de água com energia gravitacional, bem como fontes de água com pequenos vazões ou pequenos volumes.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sistema de irrigação por mangueiras com aspersor manual apresenta-se bastante diversificado quanto ao tamanho dos módulos irrigáveis, mobilidade dos sistemas de condução e alternativas de bombeamento de água. O custo de investimento inicial relativamente menor que os sistemas convencionais de irrigação, 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.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO

Este sistema de irrigação pode ser utilizado em todo trópico semi-árido, principalmente em propriedades que apresentam escassez de água. O sistema de irrigação do tipo móvel utilizando tubos de PVC rígido com engate rápido permite a redução dos custos do investimento inicial.

Para sistemas do tipo fixo e que funcionem a baixa pressão, esta tubulação pode ser de PVC rígido tipo esgoto. Uma alternativa para reduzir-se o custo de investimento de sistemas móveis e que funcionem a uma pressão média, pode ser o acoplamento de engates rápidos a tubos de PVC tipo esgoto. O bombeamento da água pode ser feito diretamente para a parcela irrigada ou para um reservatório. Este sistema de irrigação destina-se à exploração de culturas temporárias, principalmente olerícolas, usando-se o sistema de plantio em leirões, ou no fundo do sulco. As irrigações são feitas com base em pequenas lâminas de água numa alta frequência de irrigação. Neste sistema de irrigação o aspersor pode ser um bico de regador de material plástico ou zinco e peças em tê de PVC rígido com 1" de $\varnothing$ dotadas de pequenos furos (Figuras 3.1 e 3.2).

SISTEMA DE PLANTIO

Neste sistema de irrigação o sistema de plantio pode variar com o tipo de cultura a ser explorado ou com a topografia do terreno. Para culturas como alface, cebolinha, repolho, coentro, etc., o sistema de plantio em leirões apresenta-se como o mais adequado (Figura 3.3). Para culturas como tomate de mesa, pimentão, pepino, etc., o sistema de plantio dentro do sulco destaca-se como o mais indicado,

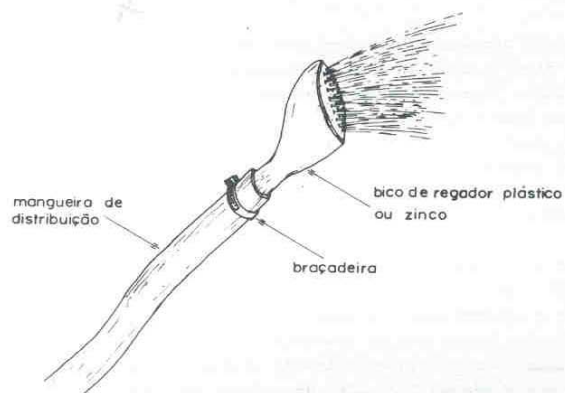


FIG. 3.1. Aspersor terminal com bico de regador de material plástico.

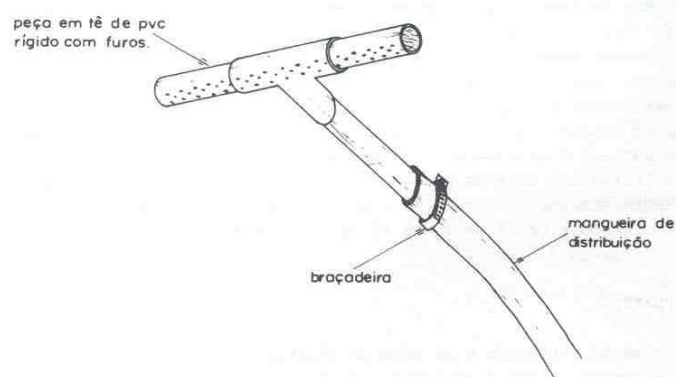


FIG. 3.2. Aspersor terminal com peça em tê de PVC rígido.

principalmente quando se trata de terrenos com declividades bastante elevadas (Figura 3.4).

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O roteiro para o dimensionamento de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual é definido em função das condições locais e das características das culturas a serem exploradas, obedecendo às seguintes etapas.

A. Identificação e Caracterização da Propriedade - A identificação e caracterização da propriedade são elementos básicos, utilizados na escolha, dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação.

B. Planejamento Agronômico da Irrigação - Esta etapa compreende a determinação das necessidades de água para irrigação, assim 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 em 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 de modo semelhante ao realizado no sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados.

C. Manejo de Irrigação - 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 preestabelecida. Normalmente, para culturas temporárias utilizam-se dois dias, com exceção do feijão caupi, enquanto que para fruticultura utilizam-se quatro dias.

2. A lâmina líquida deve ser calculada com base na fórmula:

$$Ll = UC \times Fi$$

em que:

Ll = lâmina líquida de irrigação (mm)

UC = uso consuntivo-dia (mm/dia)

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)

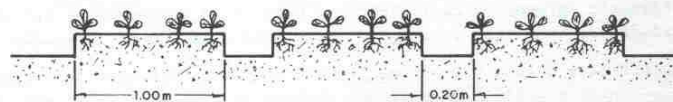


FIG. 3.3. Sistema de plantio em leirões.

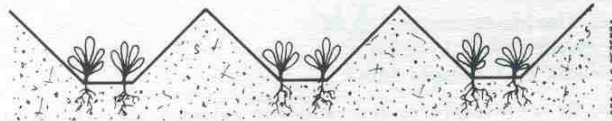


FIG. 3.4. Sistema de plantio no fundo do sulco.

CC = capacidade de campo (%)
 PM = ponto de murchamento (%)
 Dap = densidade aparente (g/cm³)
 K = nível de água disponível no solo (%)
 Pr = profundidade efetiva das raízes (mm)

Caso a lâmina líquida do mês de maior demanda, calculada com base na frequência de irrigação, seja maior que a lâmina 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 leirão ou sulco é dado pela fórmula:

$$Val = Lb \times AiL = Lb \times Cl \times Ll$$

em que:

Val = volume de água aplicado por leirão ou sulco (ℓ)
 AiL = área irrigada por leirão ou sulco (m²)
 Cl = comprimento do leirão (m)
 Ll = largura do leirão (m)

5. Vazão total do sistema de irrigação é dada por:

$$Qt = Qu \times At = Qu \times C \times L$$

em que:

Qt = vazão total do sistema de irrigação (ℓ/s)
 Qu = vazão unitária (ℓ/s x ha)
 At = área total irrigada (ha)
 C = comprimento da área irrigada (m)
 L = largura da área irrigada (m)

6. Vazão da mangueira.

O número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo por hectare varia de duas a três.

Em função do esquema do sistema de irrigação, selecionam-se o comprimento e o diâmetro da mangueira. A pressão no início da mangueira é dada em consequência da vazão obtida. Estes dados são encontrados na Tabela 3.1.

A vazão da mangueira é dada por:

$$Qm = \frac{Qt}{NMF \times At}$$

TABELA 3.1. 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 com dissipador de energia (bico regador).

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	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,07	1,11	1,15	1,19	1,23	1,27	1,34
	30	0,31	0,35	0,39	0,43	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,01	1,05	1,09	1,13	1,17	1,21	1,25
	40	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64	0,67	0,70	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,06
	50	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98	1,01
1 1/4"	20	0,94	0,99	1,04	1,08	1,14	1,19	1,24	1,29	1,34	1,39	1,43	1,48	1,53	1,58	1,63	1,68	1,73	1,78	1,83	1,88	1,93	1,98	2,03	2,08
	30	0,85	0,89	0,94	0,98	1,02	1,07	1,11	1,15	1,20	1,24	1,28	1,33	1,37	1,42	1,46	1,50	1,55	1,59	1,63	1,68	1,72	1,76	1,81	1,85
	40	0,85	0,89	0,93	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11	1,15	1,19	1,23	1,26	1,30	1,34	1,37	1,41	1,45	1,49	1,52	1,56	1,60	1,64	1,67	1,71
	50	0,74	0,78	0,82	0,85	0,89	0,93	0,96	1,00	1,04	1,07	1,11	1,14	1,18	1,22	1,25	1,29	1,33	1,36	1,40	1,43	1,47	1,51	1,54	1,58

em que:

Q_m = vazão da mangueira (ℓ/s)

NMF = número de mangueira necessária em funcionamento simultâneo

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

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

$$T_{i\ell} = \frac{V_{a\ell}}{60 \times Q_m}$$

em que:

$T_{i\ell}$ = tempo de irrigação por leirão ou sulco (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 (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 de trabalho do mês

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

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

em que:

A_{id} = área irrigada por dia (ha)

A_t = área total do sistema de irrigação (ha)

F_i = frequência de irrigação do mês considerado (d)

D. Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Irrigação - Compreende a determinação de parâmetros, visando o dimensionamento ótimo econômico do sistema. É feito de modo similar ao apresentado no sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL E COM BOMBEAMENTO
(Exemplo/Modelo)

Identificação e Caracterização da Propriedade - Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 3.2.

TABELA 3.2. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

PRODUTOR: José Antônio dos Santos
 PROPRIEDADE: Faz. Olho d'Água
 MUNICÍPIO: Petrolina

PROJETO Nº 05
 DATA: 26.02.84
 ESTADO: PE

SOLO

TIPO: Latossolo
 PROFUNDIDADE: 1,5 m
 CAPACIDADE DE CAMPO: 13%
 DENSIDADE APARENTE: 1,56 g/cm³

ÁGUA

FONTE: Rio CAPACIDADE: m³
 VOLUME ANUAL DISPONÍVEL: m³

OUTROS DADOS

ALTURA DE SUCÇÃO: 2,0 m
 ALTURA DE RECALQUE: 3,42 m
 TIPO DE ENERGIA: Elétrica

CULTURA:

	ÁREA ha	PROFUNDIDADE EFETIVA DA RAIZ - cm
		1º MÊS 2º MÊS 3º MÊS 4º MÊS
CEBOLA	2,07	20 40 40 40
CENOURA	2,07	20 40 40 40

ESPAÇAMENTO PARA CEBOLA: 15 cm x 8 cm com 5 fileiras de plantas por leirão
 ESPAÇAMENTO PARA CENOURA: 20 cm entre fileiras de plantas por leirão.

Necessidades de Água de Irrigação - A Tabela 3.3 mostra as necessidades de água de irrigação, calculadas de acordo com a metodologia apresentada anteriormente. Porém apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de fevereiro, como exemplo:

1. Os valores de ETP são dados já calculados obtidos de Hargreaves (1974).
2. Os valores de Kc também são dados estimados (Tabela 1.2).
3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = Kc \times ETP = 0,90 \times 179 = 161 \text{ mm}$$

4. Os valores de UC são obtidos dividindo-se a ETR pelo número de dias do mês considerado.

$$UC = ETR : D = 161 : 28 = 5,75 \text{ mm/dia}$$

5. Os valores de PP são encontrados em Hargreaves (1973) a um nível de 75% de probabilidade.

6. A precipitação efetiva é calculada com base na metodologia apresentada.

$$PE = PP \times f = 8 \times 0,95 = 0$$

Obs.: Precipitação com valor inferior a 10 mm deve ser desprezado.

7. A necessidade de irrigação líquida é obtida como segue.

$$NIL = ETR \times PE = 161 - 0 = 161 \text{ mm}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada com base na eficiência de irrigação do sistema de irrigação escolhido.

$$NIB = NIL : Ei = 161 : 0,7 = 230 \text{ mm}$$

9. Os valores do gasto mensal são obtidos pela fórmula:

$$Gm = NIB \times 10 = 230 \times 10 = 2.300 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$$

10. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtida com base no número de horas de trabalho por dia e no número de dias do mês.

$$Qu = \frac{Gm}{2,6 \times h \times D} = \frac{2.300}{3,6 \times 10 \times 28} = 2,28 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

Manejo da Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação para o projeto é mostrado na Tabela 3.4. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, com base nos cálculos para a cultura da cenoura, referentes ao mês de maior demanda (outubro), obtidos na Tabela 3.3.

1. A frequência de irrigação foi preestabelecida em dois dias.
2. Calcula-se a lâmina líquida com base na frequência e no uso consuntivo.

$$Ll = Fi \times UC = 2 \times 6,26 = 12,52 \text{ mm}$$

Calcula-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar para a cultura considera

TABELA 3.3. Necessidade de água de irrigação.

Meses	Cultura	ETP (mm)	k _c	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	P. Efet. (mm)	N. Irrig. Líquida (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto mensal (m³/ha/mês)	Vazão unitária (l/s x ha)
JAN	-	206	-	-	-	6	0	-	-	-	-
FEV	Cebola	179	0,90	161	5,75	8	0	161	230	2.300	2,28
MAR	Cebola	181	0,95	172	5,55	11	10	162	231	2.310	2,07
ABR	Cebola	150	1,00	150	5,00	1	0	150	214	2.140	1,98
MAI	Cebola	145	0,90	130	4,19	0	0	130	186	1.860	1,67
JUN	Cebola	132	-	-	-	0	0	-	-	-	-
JUL	Cenoura	138	0,90	124	4,00	0	0	124	177	1.770	1,59
AGO	Cenoura	150	1,00	156	5,03	0	0	156	223	2.230	2,00
SET	Cenoura	174	1,05	183	6,10	0	0	183	261	2.610	2,42
OUT	Cenoura	204	0,95	194	6,26	0	0	194	277	2.770	2,48*
NOV	-	209	-	-	-	2	0	-	-	-	-
DEZ	-	206	-	-	-	6	0	-	-	-	-
TOTAL		2.080	-	1.270	-	34	10	1.260	1.800	18.000	-

ETP = Evapotranspiração potencial (mm)
k_c = Coeficiente de cultivo
ETR = Evapotranspiração real (mm)
PP = Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm)
P. Efet. = Precipitação efetiva (mm)
UC = Uso consuntivo (mm/dia)

N. Irrig. Líquida = Necessidade de Irrigação Líquida (mm)
N. Irrig. Bruta = Necessidade de Irrigação Bruta (mm)
Eficiência de irrigação = 70%
*Mês de maior consumo = outubro - 2,48 l/s x ha
Área total irrigada * = 2,07 ha
Vazão do sistema = 5,11 l/s ou 18,40 m³/h.

TABELA 3.4. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação.

Meses	Frequência de irrigação (dias)	Uso consuntivo (mm/dias)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Vol. de água aplicada por leirão por irrigação (x)	Tempo de irrigação por leirão (min)	Horas de bombeamento		Área irrigada por dia (ha)
							diário (h)	mensal (h)	
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV	2,0	5,75	11,50	16,43	591	7,70	9,19	257	1,09
MAR	2,0	5,55	10,44	14,91	537	7,09	8,35	259	1,09
ABR	2,0	5,00	10,00	14,29	514	6,62	7,98	239	1,09
MAI	2,0	4,29	8,38	11,97	431	5,61	6,73	209	1,09
JUN	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	2,0	4,00	8,00	11,43	412	5,36	6,41	199	1,03
AGO	2,0	5,03	10,06	14,37	517	6,73	8,06	250	1,03
SET	2,0	6,10	12,20	17,43	627	8,16	9,76	293	1,03
OUT	2,0	6,26	12,52	17,89	644	8,38	10,00	310	1,03
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	2.016	-

Vazão por mangueira: 1,28 m/s.

Nº de mangueiras: 4

Cultura: Cebola

Espaçamento entre leirões: 1,20 m

Comprimento: 36 m

Espaçamento entre plantas: 15 cm x 8 cm com cinco fileiras por leirão.

Cultura: Cenoura

Espaçamento entre leirões: 1,20 m

Comprimento: 36 m

Espaçamento entre plantas: 20 cm entre fileiras de plantas.

da no mês de máxima demanda. Ou seja:

$$Ls = \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{13 - 6}{100} \times 1,56 \times 0,40 \times 40 = 17,47 \text{ mm}$$

Verifica-se que L_i é menor que Ls .

3. Determina-se a lâmina bruta.

$$Lb = \frac{L_i}{E_i} = \frac{12,52}{0,7} = 17,89 \text{ mm}$$

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

$$Va = Lb \times Ai = 17,89 \times 36 = 644 \text{ l}$$

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

$$Qt = Qu \times At = 2,48 \times 2,06 = 5,11 \text{ l/s} = 18,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. Calcula-se a vazão necessária por mangueiras.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 50 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro e com chuveiro terminal. Neste caso, consideraram-se duas mangueiras por hectare. Assim:

$$Qm = \frac{Qt}{NMF \times At} = \frac{5,11}{2 \times 2,07} = 1,24 \text{ l/s}$$

Para $Qm = 1,24 \text{ l/s}$, tem-se uma pressão de 6,50 m no início da mangueira (Tabela 3.1).

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

$$Ti = \frac{Va}{60 \times Qm} = \frac{644}{60 \times 1,24} = 8,66 \text{ min}$$

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

$$hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h = \frac{2,48}{2,48} \times 10 = 10 \text{ h}$$

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

$$Hbm = Hbd \times D = 10 \times 31 = 310 \text{ h.}$$

Para o mês de outubro $D = 31$ dias

10. Calcula-se a área irrigada por dia.

$$Aid = \frac{At}{Fi} = \frac{2,07}{2} = 1,04 \text{ ha}$$

OBS.: No quadro de operação do sistema, considerou-se a precipitação efetiva apenas na estimativa dos cálculos das horas de bombeamento. O ajuste real nas horas de bombeamento, lâminas e frequência de irrigação deve ser efetuado com base na precipitação efetiva real, por ocasião da operação do sistema de irrigação.

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 com chuveiro terminal e uma vazão de 1,24 l/s, tem-se uma pressão no início da mangueira igual a 6,50 m (Tabela 3.1).

2. Dimensionamento da linha secundária.

Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido, obtêm-se pela Figura 1.7 os valores de perda de carga relativa.

Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação, da Figura 3.5, 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 3" de diâmetro e uma vazão de 18,47 m³/h, obtêm-se pela Figura 1.7 uma perda de carga relativa de 2,40 m/100, ou seja:

$$\text{Para } \phi = 3" \quad Q_{s1} = 18,47 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 2,40 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Pode-se observar pela Figura 1.7 que a velocidade da água na tubulação não ultrapassa o limite permissível de 2,0 m/s.

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

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s2} = 13,86 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 1,60 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s3} = 9,24 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 0,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s4} = 4,62 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,30 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Cálculo da perda de carga total na linha secundária.

$$h_{fs} = \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4) = \frac{2,40}{100} \times 12 + \frac{1,60}{100} \times 24 + \frac{0,80}{100} \times 24 + \frac{0,30}{100} \times 24 = 0,93 \text{ m}$$

3. Dimensionamento da linha principal.

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

Pela Figura 1.7 tem-se que para $\phi = 3"$ e $Q_t = 18,47 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 2,40 \text{ m}/100 \text{ m}$

Pela Figura 3.5 tem-se que o comprimento da linha principal (L) é igual a 90 m (72 + 18).

Cálculo da perda de carga por atrito:

$$h_{fp} = \frac{J_p}{100} \times L_p = \frac{2,40}{100} \times 90 = 2,16 \text{ m}$$

FIG. 3.5. Sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e com bombeamento de água.

4. Cálculo da altura manométrica.

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05 (6,50 + 0,93 + 2,16 + 3,42 + 2,00) = 15,76 \text{ m}$$

5. Escolha da bomba.

Deve-se escolher uma bomba centrífuga que apresente o melhor rendimento possível, ao atender a condição:

$$At = 18,47 \text{ m}^3/\text{h} \times H_m = 15,76 \text{ m}$$

Selecionou-se uma bomba com as seguintes características: marca-Worthington, modelo-D.800, rotação-1740 rpm, rotor-7,70" de ϕ e eficiência=58% (Figura 3.6).

Cálculo da potência absorvida no eixo da bomba.

$$P_a = \frac{Q_t \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{18,47 \times 15,76}{2,7 \times 58} = 1,85 \text{ cv}$$

6. Dimensionamento do motor.

Como a propriedade é eletrificada, o motor deve ser do tipo elétrico, sendo sua eficiência igual a 70%, pois P_a é menor que 2 cv.

Cálculo da potência do motor.

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{1,85}{0,70} = 2,64 \text{ cv}$$

7. Seleção de equipamentos elétricos.

A seleção de equipamentos elétricos necessários ao conjunto motobomba deve ser feita como segue:

Chave elétrica - selecionou-se uma chave magnética de proteção, porque a potência do motor é inferior a 7,5 cv.

Potência do transformador - a potência do transformador é dada pela fórmula:

$$P_T = 0,97 \times P_m = 0,97 \times 2,64 = 2,56 \text{ KVA}$$

Portanto, a potência do transformador trifásico selecionado e existente no mercado será de 10 KVA.

8. A descrição do conjunto motobomba poderá ser feita da seguinte forma:

Conjunto motobomba composto de uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca Worthington, modelo D-800, vazão = $18,47 \text{ m}^3/\text{h} \times H_m = 15,76 \text{ m}$, com 1740 rpm, rotor com 7,10" de diâmetro, eficiência de 58%, absorvendo no eixo da bomba 1,85 cv, acoplado por meio de luva elástica a um motor elétrico WEG (ou similar) trifásico de 3 cv, tensão 380/660 V, IV pólos (1.740 rpm) 60 Hz, montado em base fixa de cantoneiras de ferro.

A Tabela 3.5 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários à implantação de um sistema de irrigação por mangueira, com aspersor manual e com bombeamento, para módulos médios irrigados de 2,0 ha.

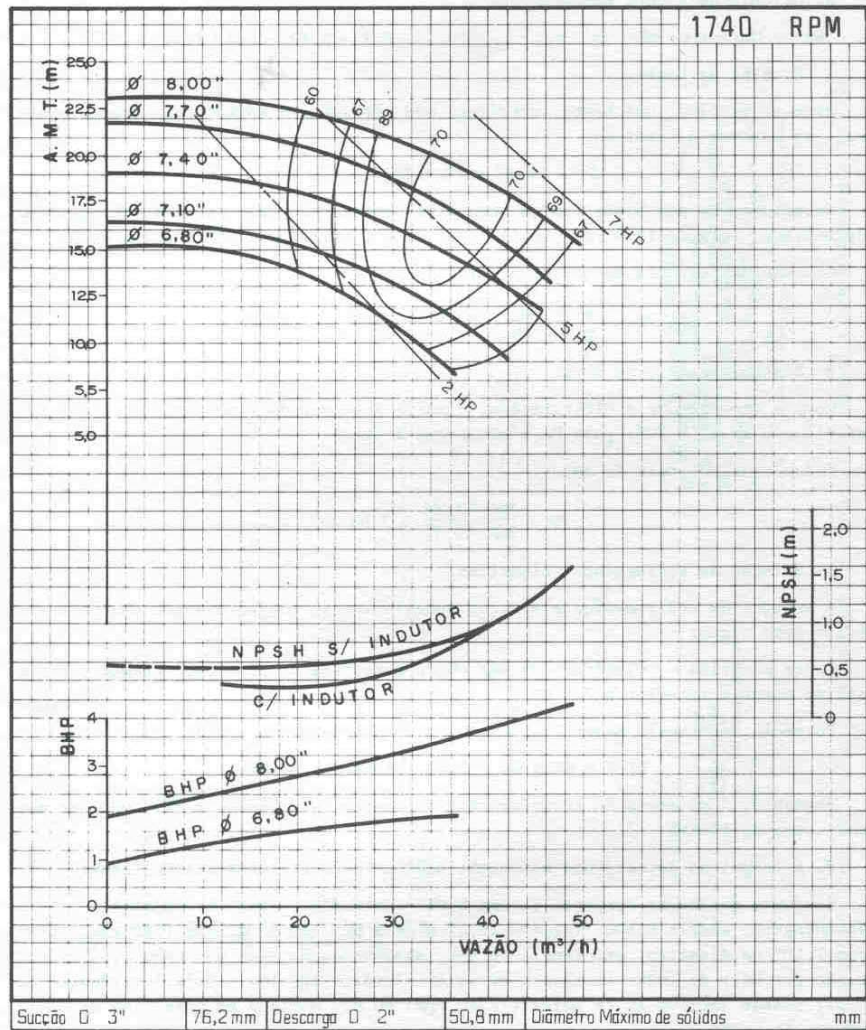


FIG. 1.8. Curvas de rendimento da bomba centrífuga marca Worthington modelo D-500.

Observa-se pela Tabela 3.5 que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de U\$ 1.382,56/ha. O aumento da área irrigada por módulo tende a reduzir o custo de implantação por hectare, tendo em vista a ociosidade de potência dos motores para um tamanho de módulo irrigável de 2,0 ha.

TABELA 3.5. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e com bombeamento para módulos irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petroлина, PE).

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor	
			ORTN	US*
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	01	0,04	2,96
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	unid.	31	97,84	720,45
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	02	1,65	12,12
- Nípel 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 3" de Ø.	unid.	40	1,63	12,08
- 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.	08	1,77	13,04
- Bico de regador de plástico.	unid.	01	0,04	0,36
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento, 3" de Ø, válvula de pé, nípel 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 Worthington modelo D-800, com 1740 rpm, rotor com 7,10" de Ø, acoplado através de luva elástica a um motor elétrico marca WEG com potência de 3,0 cv, com 1740 rpm, montado em fixa.	unid.	01	157,56	1.160,17
- Ligação de pressão c/registro, flange, vedações de 3" de Ø.	unid.		9,16	67,42
- Instalação do sistema.	H/D**	04	0,98	7,19
TOTAL			375,44	2.765,12

*1 dólar = Cr\$ 1.390,00/ORTN = Cr\$ 10.235,07.

**H/D = Homem/dia.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL E SEM BOMBEAMENTO
(Exemplo/Modelo)

Identificação e Caracterização da Propriedade - Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 3.6.

TABELA 3.6. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

PRODUTOR: José Maria da Cunha	PROJETO Nº 06				
PROPRIEDADE: Faz. Santa Helena	DATA: 27.02.84				
MUNICÍPIO: Petrolina	ESTADO: PE				
SOLO					
TIPO: Latossolo	CLASSE: 2 TEXTURA: Arenosa				
PROFUNDIDADE: 1,5 m	DECLIV.LONGITUDINAL: 2%				
CAPACIDADE DE CAMPO = 10%	PONTO DE MURCHAMENTO = 4%				
DENSIDADE APARENTE = 1,52 g/cm³					
VELOC.DE INFILT.BÁSICA: 20 mm/h					
ÁGUA					
FONTE: Açude CAPACIDADE: 130.000 m³	VAZÃO: m³/h				
VOLUME ANUAL DISPONÍVEL: 39.000 m³	CLASSE: C ₂ S ₁				
OUTROS DADOS:					
CARGA HIDRÁULICA = 4,00 m	HORAS DE TRABALHO/DIA = 10 h				
DESNÍVEL DO TERRENO = 3,24 m	DIAS DE TRABALHO/SEMANA = 7 d				
	EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO = 70%				
CULTURA:	ÁREA	PROFUNDIDADE EFETIVA DA RAIZ - cm			
	ha	1º MÊS	2º MÊS	3º MÊS	4º MÊS
CEBOLA	2,07	20	40	40	40
CENOURA	2,07	20	40	40	40
ESPAÇAMENTO PARA CEBOLA: 15 cm x 8 cm com 5 fileiras de plantas por leirão					
ESPAÇAMENTO PARA CENOURA: 20 cm entre fileiras de plantas por leirão					

Necessidades de Água de Irrigação - A Tabela 3.7 mostra as necessidades de água de irrigação, calculadas de acordo com a metodologia apresentada anteriormente. A apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de fevereiro como exemplo.

1. Os valores de ETP são dados já calculados obtidos de Hargreaves (1974).
2. Os valores de Kc também são obtidos de acordo com a metodologia apresentada, ou através da Tabela 1.2.
3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula.

$$ETR = Kc \times ETP = 0,90 \times 179 = 161 \text{ mm}$$

4. Os valores de UC são obtidos dividindo-se a ETR pelo número de dias do mês considerado.

$$UC = ETR : D = 161 : 28 = 5,75 \text{ mm/dia}$$

5. Os valores de PP são encontrados em Hargreaves (1973), com 75% de probabilidade.

6. A precipitação efetiva é calculada com base na metodologia apresentada.

$$PE = PP \times f = 6 \times 0,95 = 0$$

Obs.: Precipitação com valor inferior a 10 mm deve ser desprezada.

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

$$NIL = ETR - PE = 161 - 0 = 161 \text{ mm}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada com base na eficiência de irrigação do sistema de irrigação escolhido.

$$NIB = NIL : Ei = 161 : 0,7 = 230 \text{ mm}$$

9. Os valores do gasto mensal são obtidos pela fórmula:

$$Gm = NIB \times 10 = 230 \times 10 = 2.300 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$$

10. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtido com base no número de horas de trabalho por dia e no número de dias do mês.

$$Qu = \frac{Gm}{3,6 \times h \times D} = \frac{2.300}{3,6 \times 10 \times 28} = 2,28 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

Manejo de Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação para o projeto é mostrado na Tabela 3.8. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, com base nos cálculos para a cultura da cenoura, referentes ao mês de maior demanda (outubro), obtidos da Tabela 3.7.

1. A frequência de irrigação foi preestabelecida em dois dias com dez horas de trabalho por dia.

TABELA 3.7. Necessidade de água de irrigação.

Meses	Cultura	ETP (mm)	k _c	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	P. Efet. (mm)	N. Irrig. Líquida (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto mensal (m³/ha/mês)	Vazão unitária (l/s x ha)
JAN	-	206	-	-	-	6	0	-	-	-	-
FEV	Cebola	179	0,90	161	5,75	8	0	161	230	2.300	2,28
MAR	Cebola	181	0,95	172	5,55	11	10	162	231	2.310	2,07
ABR	Cebola	150	1,00	150	5,00	1	0	150	214	2.140	1,98
MAI	Cebola	145	0,90	130	4,19	0	0	130	186	1.860	1,67
JUN	Cebola	132	-	-	-	0	0	-	-	-	-
JUL	Cenoura	138	0,90	124	4,00	0	0	124	177	1.770	1,59
AGO	Cenoura	150	1,00	156	5,03	0	0	156	223	2.230	2,00
SET	Cenoura	174	1,05	183	6,10	0	0	183	261	2.610	2,42
OUT	Cenoura	204	0,95	194	6,26	0	0	194	277	2.770	2,48*
NOV	-	209	-	-	-	2	0	-	-	-	-
DEZ	-	206	-	-	-	6	0	-	-	-	-
TOTAL		2.080	-	1.270	-	34	10	1.260	1.800	18.000	-

ETP	=	Evapotranspiração potencial (mm)	N. Irrig. Líquida	=	Necessidade de Irrigação Líquida (mm)
k _c	=	Coefficiente de cultivo	N. Irrig. Bruta	=	Necessidade de Irrigação Bruta (mm)
ETR	=	Evapotranspiração real (mm)	Eficiência de irrigação = 70%		
PP	=	Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm)	*Mês de maior consumo	=	outubro - 2,48 l/s x ha
P. Efet.	=	Precipitação efetiva (mm)	Área total irrigada	=	2,07 ha
UC	=	Uso consuntivo (mm/dia)	Vazão do sistema	=	5,13 l/s ou 18,50 m³/h.

TABELA 3.8. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação.

Meses	Frequência de irrigação (dias)	Uso consuntivo (mm/dia)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Vol. de água aplicado por leirão/irrigação (L)	Tempo de irrigação por leirão (min)		Horas de irrigação		Área irrigada por dia (ha)
								diário (h)	mensal (h)	
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV	2,0	5,75	11,50	16,43	591	7,70	9,19	257	1,09	1,09
MAR	2,0	5,55	10,44	14,91	537	7,09	8,35	259	1,09	1,09
ABR	2,0	5,00	10,00	14,29	514	6,62	7,98	239	1,09	1,09
MAI	2,0	4,29	8,38	11,97	431	5,61	6,73	209	1,09	1,09
JUN	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	2,0	4,00	8,00	11,43	412	5,36	6,41	199	1,03	1,03
AGO	2,0	5,03	10,06	14,37	517	6,73	8,06	250	1,03	1,03
SET	2,0	6,10	12,20	17,43	627	8,16	9,76	283	1,03	1,03
OUT	2,0	6,26	12,52	17,89	644	8,38	10,00	310	1,03	1,03
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	2.016	-	-

Cultura: Cebola	Nº de mangueira: 4	Vazão por mangueira: 1,28 L/s.
Espacamento entre leirões: 1,20 m	Cultura: Cenoura	
Comprimento: 36 m	Espacamento entre leirões: 1,20 m	
Espacamento entre plantas: 15 cm x 8 cm com cinco fileira por leirão.	Comprimento: 36 m	
	Espacamento entre plantas: 20 cm por fileiras de plantas.	

2. Calcula-se a lâmina líquida com base na frequência e no uso consuntivo.

$$Ll = Fi \times UC = 2 \times 6,26 = 12,52 \text{ mm}$$

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

$$Lls = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{10 - 4}{100} \times 1,52 \times 0,40 \times 40 = 14,59 \text{ mm}$$

Verifica-se que Ll é praticamente igual a Lls .

3. Determina-se a lâmina bruta.

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{12,52}{0,7} = 17,89 \text{ mm}$$

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

$$Val = Lb \times AiL = 17,89 \times 36 = 644 \text{ L}$$

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

$$Qt = Qu \times At = 2,48 \times 2,07 = 5,13 \text{ L/s} = 18,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. Calcula-se a vazão necessária da mangueira.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 50 m de comprimento e 1 1/4" de diâmetro e com chuveiro terminal. Neste caso, consideraram-se três mangueiras por hectare. Assim, tem-se que:

$$Qm = \frac{Qt}{NMF \times At} = \frac{5,13}{3 \times 2,07} = 0,83 \text{ L/s}$$

Para $Qm = 0,83 \text{ L/s}$, $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, $Lm = 50 \text{ m}$ com chuveiro terminal tem-se uma pressão de 1,90 m no início da mangueira (Tabela 3.1).

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

$$Ti = \frac{Val}{60 \times Qm} = \frac{644}{60 \times 0,83} = 12,23 \text{ min}$$

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

$$Hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h = \frac{2,48}{2,48} \times 10 = 10 \text{ h}$$

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

$$Hbm = Hbd \times D = 10 \times 31 = 310 \text{ h}$$

Para o mês de outubro $D = 31$ dias.

10. Calcula-se a área irrigada por dia.

$$Aid = \frac{At}{Fi} = \frac{2,07}{2} = 1,04 \text{ ha}$$

Obs.: No quadro de operação do sistema, considerou-se a precipitação efetiva apenas na estimativa dos cálculos. O ajuste real nas horas de bombeamento, lâminas e frequências de irrigação deve ser efetuado com base na precipitação efetiva real, por ocasião da operação do sistema de irrigação.

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 da carga hidráulica mínima do ponto de tomada de água.

A carga hidráulica mínima com base no volume de água disponível para irrigação é de 2,2 m ($h_d = 4,0$ m).

2. Dimensionamento da mangueira de distribuição.

Para uma mangueira com 50 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro, com chuveiro terminal e uma vazão de 0,83 l/s, a pressão tem 1,90 m no início da mangueira (Tabela 3.1).

Para $L_m = 50$ m, $\phi = 1\ 1/4"$, com chuveiro terminal e $Q_m = 0,83$ l/s, tem-se $h_m = 1,90$ m.

3. Dimensionamento da linha secundária.

Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido (sistema móvel), obtêm-se pela Figura 1.7 os valores de perda de carga relativa.

Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Figura 3.7 detalhes referentes ao comprimento entre pontos de derivação. Diante disto, bem como do número de mangueiras em funcionamento simultâneo, tem-se para o primeiro trecho da tubulação com 3" de diâmetro e uma vazão de 18,47 m³/h, pela Figura 1.7, uma perda de carga relativa de 2,40 m/100 m, ou seja:

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_t = 18,47 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 2,40/100 \text{ m}$$

Pode-se observar pela Figura 1.7 que a velocidade da água na tubulação não ultrapassa o limite permissível de 2,0 m/s.

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

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s_2} = 15,40 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 1,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s_3} = 12,32 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 1,30 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s_4} = 9,24 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s_5} = 6,16 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_5 = 0,40 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \phi = 3" \text{ e } Q_{s_6} = 3,08 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_6 = 0,20 \text{ m}/100 \text{ m}$$

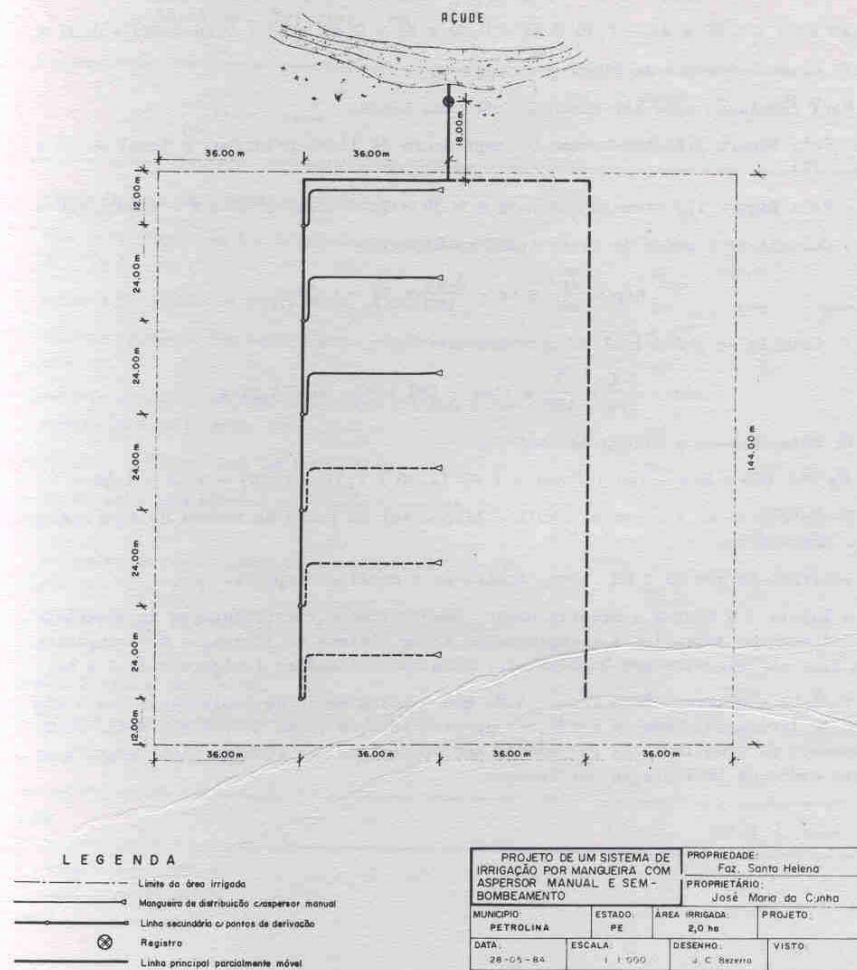


FIG. 3.7. Sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e sem bombeamento de água.

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

$$h_{fs} = \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4 + J_5 L_5 + J_6 L_6) = \frac{1}{100} (2,40 \times 12 + 1,80 \times 24 + 1,30 \times 24 + 0,80 \times 24 + 0,40 \times 24 + 0,20 \times 24) = 1,37 \text{ m}$$

4. Dimensionamento da linha principal.

Esta tubulação pode ser dimensionada como segue:

. Pela Figura 3.7, tem-se que o comprimento da linha principal é igual a 54 m (36 + 18).

. Pela Figura 1.7, tem-se que para $\phi = 3''$ e $Q_t = 18,47 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 2,40 \text{ m}/100 \text{ m}$

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

$$h_{fp} = \frac{J_p}{100} \times L_p = \frac{2,40}{100} \times 54 = 1,30 \text{ m}$$

5. Calcula-se o desnível do terreno.

$$\Delta St = \frac{S}{100} L = \frac{2}{100} \times (144 + 18) + \frac{0}{100} 36 = 3,24 \text{ m}$$

6. Determina-se a altura manométrica.

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp}) - \Delta St = 1,05 (1,90 + 1,37 + 1,30) - 3,24 = 1,56 \text{ m}$$

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, aceita-se a condição imposta.

A Tabela 3.9 mostra a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários à implantação de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e sem bombeamento, para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

Pode-se constatar, pela Tabela 3.9, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de US\$ 599,52/ha. Neste caso, o aumento da área irrigada por módulo não condiciona uma redução significativa no custo médio de implantação por hectare.

TABELA 3.9. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e sem bombeamento para módulos irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petrolina, PE).

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor	
			ORTN	US*
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	01	0,04	2,96
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	unid.	31	97,84	720,45
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	02	1,65	12,12
- Nípel de PVC rígido com engate rápido, rosca/fêmea de 3" de Ø.	unid.	02	0,74	5,48
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	unid.	40	1,63	12,08
- 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.	08	1,77	13,04
- Bico de regador de plástico.	unid.	01	0,04	0,36
- Registro de gaveta em bronze com 3" de Ø.	unid.	01	10,70	78,77
- Instalação de um sistema.	H/D**			
TOTAL			162,46	1.199,04

* 1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,07

**H/D = Homem/dia.



SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERORES

4. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERORES

DEFINIÇÃO

Este sistema de irrigação caracteriza-se pela condução de água através de tubulação e de sua distribuição através de mangueiras flexíveis de plástico ou polietileno, com aspersores de baixa pressão instalados no final desta mangueira. É um sistema que funciona sob baixa e média pressão e permite a exploração de terrenos irregulares quanto ao formato e quanto a topografia.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sistema de irrigação por mangueira com aspersores apresenta-se bastante diversificado quanto ao tamanho e formato dos módulos irrigáveis e mobilidade do sistema de condução. Este sistema de irrigação presta-se para a exploração tanto de culturas temporárias quanto semiperenes, bem como para a exploração de terrenos que apresentam topografia irregular.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO

Este sistema de irrigação pode ser utilizado em todo trópico semi-árido, principalmente em propriedades que apresentam terrenos com irregularidade quanto à forma e declividade dos módulos. Para a exploração de culturas temporárias, como hortaliças por exemplo, pode-se utilizar o sistema de plantio em leirões quando o terreno apresenta-se plano ou com pequena declividade ou sistema de plantio em sulcos em contorno quando o terreno apresenta declividade maior que 3%. Devem-se utilizar aspersores de baixa pressão do tipo ZAD ou similares. As tubulações podem ser fixas ou móveis, dependendo do poder aquisitivo do produtor e da disponibilidade de mão-de-obra.

Neste sistema de irrigação o aspersor terminal utilizado é o aspersor de baixa pressão tipo ZAD ou similar. O aspersor deve ser acompanhado de um tripé ou de um suporte para fixação no solo (Figuras 4.1 e 4.2).

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O processo para o dimensionamento de um sistema de irrigação envolve fases bem distintas. O roteiro para o dimensionamento de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor terminal é dado em função das condições locais das características das culturas a serem exploradas, obedecendo às seguintes etapas.

A. Identificação e Caracterização da Propriedade - A identificação e caracterização da propriedade são elementos básicos, utilizados na escolha, dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação.

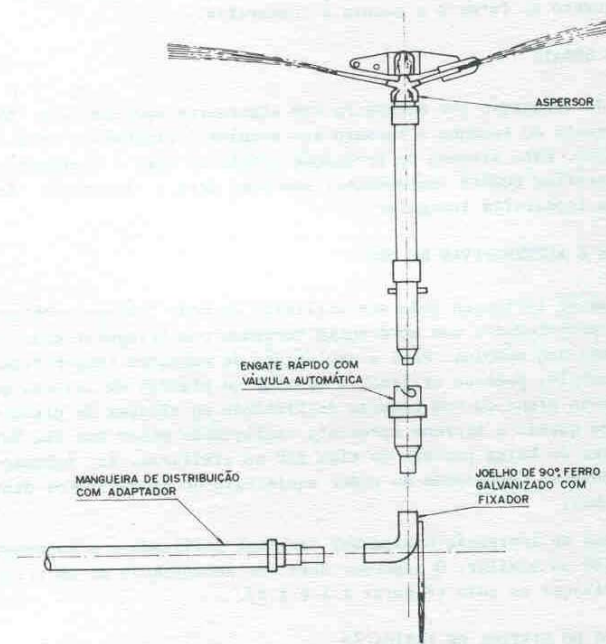


FIG. 4.1. Mangueira de distribuição com um aspersor terminal.

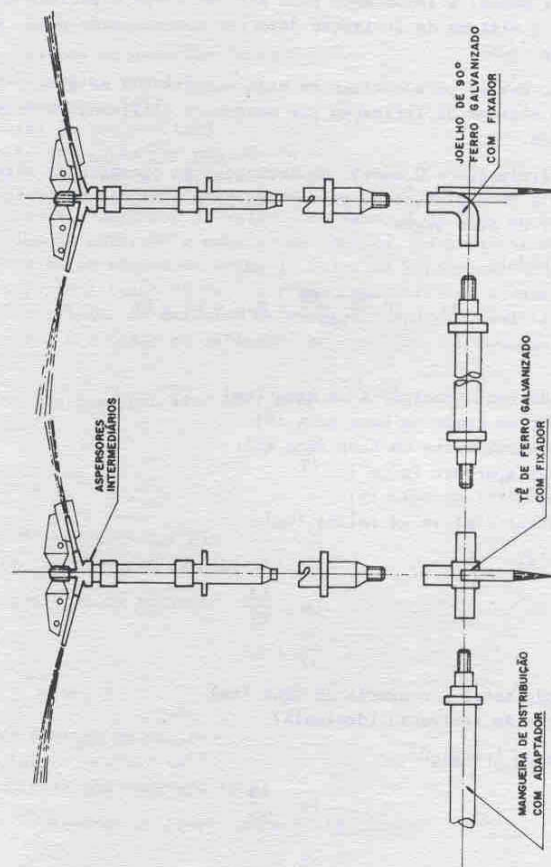


FIG. 4.2. Mangueira de distribuição com dois aspersores terminais.

B. Planejamento Agrônômico da Irrigação - Esta etapa compreende a determinação das necessidades de água para irrigação, assim como para 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 em 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 de maneira semelhante ao sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados.

C. Manejo da Irrigação - O manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação compreende a determinação de parâmetros para o manejo da irrigação ao longo do ciclo de cultivos como segue:

1. Lâmina líquida:

$$Ll = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times Ad \times Pr$$

em que:

Ll = quantidade real necessária de água (mm)
 CC = capacidade de campo em base seca (%)
 PM = ponto de murchamento em base seca (%)
 Dap = densidade aparente (g/cm^3)
 Ad = água disponível no solo (%)
 Pr = profundidade efetiva de raízes (cm)

2. Lâmina bruta:

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

em que:

Lb = quantidade total necessária de água (mm)
 Ei = eficiência de irrigação (decimais)

3. Frequência de irrigação:

$$Fi = \frac{Ll}{UC}$$

em que:

Fi = frequência de irrigação (dias)
 UC = uso consuntivo (mm/dia)

4. Cálculo da vazão do aspersor.

A estimativa da vazão do aspersor deve ser obtida pela fórmula seguinte:

$$Q_a = \frac{Q_t \times F_i \times h \times A_a}{A_t \times T_{ip}} = K \frac{1}{T_{ip}}$$

em que:

Q_a = vazão estimada do aspersor (m^3/h)
 h = horas de trabalho por dia
 A_a = área do aspersor (m^2)
 A_t = área total do projeto (m^2)
 T_{ip} = tempo de irrigação por posição (h)
 K = constante $f(Q_t, F_i, h, A_a, A_t)$

Através de tabelas, obtêm-se os valores da vazão e da área do aspersor para selecionar-se o tipo do aspersor e pressão de serviço. Se a intensidade de aplicação apresentar-se muito abaixo ou acima do valor da velocidade de infiltração básica (VIB) do solo ou a vazão do aspersor não coincidir com o valor obtido pela tabela, é preciso refazer os cálculos de vazão do aspersor, modificando as horas de trabalho por dia e o tempo de irrigação por posição, na equação anterior (Tabela 4.1).

5. Número de posições por dia:

$$N_{pd} = \frac{h}{T_{ip}}$$

em que:

N_{pd} = número de posições por dia
 h = horas de trabalho por dia (horas)

6. Total de posições do projeto:

$$T_p = \frac{A_t}{A_a}$$

em que:

T_p = total de posição do projeto
 A_t = área total do projeto (m^2)
 A_a = área irrigada por aspersor (m^2)

7. Número de aspersores em funcionamento simultâneo:

$$N_{af} = \frac{T_p}{F_i \times N_{pd}}$$

em que:

N_{af} = número total de aspersores do sistema em funcionamento simultâneo.

TABELA 4.1. Dados técnicos dos aspersores ZA-30 e ZAD-30 da ASBRASIL.

Diâmetro bocal do aspersor (mm)	Pressão na aspersor (atm)	Alcance (mm)	Consumo de água (m ³ /h)	Espaçamento recomendável dos aspersores (m')		Área irrigada em (m ²)		Altura de precipitação (mm) relativa a área	
				□	Δ	□	Δ	□	Δ
ZA - 30 com bocal 3,8 mm	1,0	10,0	0,57	12/12	12/12	144	144	3,95	3,95
	1,5	10,6	0,68	12/12	12/18	144	216	4,72	3,15
	2,0	11,3	0,78	12/12	12/18	144	216	5,42	3,61
	2,5	11,9	0,87	12/12	12/18	144	216	6,04	4,02
	3,0	12,2	0,96	12/18	18/18	216	324	4,44	2,96
ZAD - 30 com dois bocais 3,8 x 3,8 mm	3,5	12,4	1,04	12/18	18/18	216	324	4,82	3,21
	1,0	10,0	1,11	12/12	12/12	144	144	7,71	7,71
	1,5	10,8	1,33	12/12	12/18	144	216	9,24	6,16
	2,0	11,9	1,53	12/12	12/18	144	216	10,62	7,08
	2,5	12,6	1,71	12/18	18/18	216	324	7,92	5,28
	3,0	13,1	1,88	12/18	18/18	216	324	8,71	5,81
	3,5	13,2	2,03	18/18	18/18	324	324	6,26	6,26

8. Número de mangueiras em funcionamento simultâneo.

$$NMF = \frac{Naf}{2}$$

em que:

NMF = número de mangueiras em funcionamento simultâneo

9. Vazão total do sistema de irrigação ajustada.

$$Qtaj = Qa \times Naf$$

em que:

Qtaj = vazão total do sistema de irrigação ajustada (m³/h)

Qa = vazão do aspersor (m³/h)

10. Horas de bombeamento diário.

$$Hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h$$

em que:

Hbd = horas de bombeamento diário

Qum = vazão unitária do período de máxima demanda (l/s x ha)

11. Horas de bombeamento mensal.

$$Hbm = Hbd \times D$$

em que:

Hbm = horas de bombeamento mensal

D = número de dias do mês

D. Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Irrigação - Consiste na escolha e dimensionamento econômico de equipamentos e acessórios de irrigação, visando atender aos requisitos impostos pelo planejamento agrônomo.

Dimensionamento das Mangueiras com Dois Aspersores: consiste na escolha do diâmetro, comprimento e perdas de carga ao longo da mangueira, ganho ou perda de energia devido à declividade do terreno e pressão na entrada da mangueira.

A perda de carga permissível ao longo da mangueira de distribuição é dada por:

$$hmp = 0,20 \, ht \pm \Delta Sm$$

em que:

hmp = perda de carga permissível ao longo da mangueira de distribuição (m)

ht = pressão de serviço de aspersor (m)

ΔSm = desnível do terreno no sentido da mangueira de distribuição.

Perda de carga ao longo da mangueira de distribuição:

$$h_{fm} = \frac{J_m}{100} \times L_m$$

em que:

h_{fm} = perda de carga ao longo da mangueira de distribuição (m)

J_m = perda de carga relativa em mangueira de polietileno (m/100 m) (Tabela 4.2)

L_m = comprimento da mangueira de distribuição (m)

Assim a pressão no início da mangueira é dada por:

$$h_m = h_t + h_a + h_{fm}$$

em que:

h_m = pressão no início da mangueira (m)

h_t = pressão de serviço do aspersor (m)

h_a = altura do aspersor (m)

Obs.: O dimensionamento das linhas principal e secundária, altura manométrica e do conjunto motobomba é feito de maneira similar ao do sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados.

TABELA 4.2. Perdas de carga relativa em mangueiras de polietileno.

Tubo de 3/4"			Tubo de 1"			Tubo de 1 1/4"		
Diâmetro interno = 27 mm			Diâmetro interno = 27 mm					
Q	V	J	Q	V	J	Q	V	J
0,08	0,01	0,01	0,50	0,05	0,02	0,83	0,05	0,01
0,16	0,03	0,02	0,67	0,07	0,03	1,00	0,06	0,03
0,32	0,06	0,04	0,83	0,09	0,07	1,17	0,07	0,04
0,50	0,09	0,06	1,0	0,10	0,09	1,34	0,08	0,04
0,67	0,12	0,15	1,17	0,12	0,12	1,50	0,09	0,05
0,83	0,14	0,22	1,34	0,14	0,15	1,66	0,10	0,06
1,00	0,17	0,30	1,50	0,16	0,18	3,33	0,21	0,21
1,17	0,20	0,39	1,66	0,17	0,22	5,00	0,31	0,43
1,34	0,23	0,49	3,33	0,35	0,72	6,67	0,42	0,71
1,50	0,26	0,60	5,00	0,52	1,46	8,33	0,52	1,04
1,66	0,29	0,72	6,67	0,70	2,42	12,50	0,78	2,13
2,00	0,35	0,98	8,33	0,87	3,58	16,67	1,04	3,54
2,33	0,40	1,28	12,50	1,31	7,33	25,00	1,56	7,26
2,67	0,46	1,61	16,67	1,75	12,20	33,33	2,09	12,12
3,00	0,52	1,98	25,00	2,62	25,11	41,67	2,60	18,07
3,33	0,72	3,51	41,67	4,37	62,65	58,33	3,64	33,02
5,00	0,87	4,83	50,00	5,42	86,92	66,67	4,16	41,98
5,83	1,01	6,33				75,00	4,69	51,89
6,67	1,16	8,01				83,33	5,20	62,73
7,50	1,30	9,85						
8,33	1,44	11,86						
10,00	1,73	16,37						
11,67	2,02	21,51						
13,33	2,31	27,27						
15,00	2,60	33,62						
16,67	2,89	40,55						
20,00	3,46	56,13						

Q = vazão (l/seg)

V = velocidade (m/s)

J = perda de carga (m/100 m)

Fonte: Companhia Industrial de Plásticos - CIPLA.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM DOIS ASPERSORES (Exemplo/Modelo)

Identificação e Caracterização da Propriedade - Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 4.3.

TABELA 4.3. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

PRODUTOR: José Carlos dos Santos	PROJETO Nº 08
PROPRIEDADE: Faz. Ouro Branco	DATA: 03.04.84
MUNICÍPIO: Caicó	ESTADO: RN
SOLO	
TIPO: Aluvião	CLASSE: 1 TEXTURA: Franco-Arenosa
PROFUNDIDADE: 1,50 m	DECLIV.LONGITUDINAL: 0,5%
CAPACIDADE DE CAMPO: 20%	PONTO DE MURCHAMENTO: 11,50%
DENSIDADE APARENTE: 1,60 g/cm ³	VELOC.DE INFILT.BÁSICA: 13,51 mm/h
ÁGUA	
FONTE DE ÁGUA: Açude	CAPACIDADE: 100.000 m ³
VOLUME ANUAL DISPONÍVEL: 70.000 m ³	CLASSE: C ₁ S ₁
OUTROS DADOS	
ALTURA DE SUCÇÃO: 2,00 m	HORAS DE TRABALHO/DIA: 10 h
ALTURA DE RECALQUE: 0,60 m	DIAS DE TRABALHO/SEMANA: 7 d
TIPO DE ENERGIA: Elétrica	EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO: 70%
ÁREA IRRIGÁVEL: 2,30 ha	ALTURA DO ASPERSOR: 1,00 m
CULTURA	
FEIJÃO PHASEOLUS-ESPAÇAMENTO: 0,65 m x 0,10 m - PROFUNDIDADE DA RAIZ: 40 cm	
MELANCIA-ESPAÇAMENTO: 0,80 m x 3,50 m - PROFUNDIDADE DA RAIZ: 40 cm	

Necessidade de Água de Irrigação - A Tabela 4.4 apresenta a necessidade de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia mostrada anteriormente. Neste segmento, a maioria dos dados é encontrada em tabelas, para facilidade dos cálculos. Porém, apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculos, utilizando-se o mês de abril, como exemplo:

1. Os valores de ETP são dados já calculados, obtidos de Hargreaves (1974).

2. Os valores de Kc são também dados obtidos de acordo com a metodologia apresentada anteriormente.

3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = ETP \times Kc = 122 \times 0,60 = 73 \text{ mm}$$

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

$$UC = ETR : D = 73 : 30 = 2,43 \text{ mm/dia}$$

5. Os valores de PP são encontrados em Hargreaves (1973) a um nível de probabilidade de 75%.

6. A precipitação efetiva é determinada de acordo com a metodologia apresentada:

$$PE = PP \times f = 25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 = 46 \text{ mm}$$

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

$$NIL = 73 - 46 = 27 \text{ mm}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada pela fórmula:

$$NIB = NIL : Ei = 27 : 0,70 = 39 \text{ mm}$$

9. Os valores de gasto mensal são calculados como seguem:

$$Gm = NIB \times 10 = 39 \times 10 = 390 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$$

10. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtida com base no número de horas de trabalho por dia e no número de dias do mês. Ou seja:

$$Qu = \frac{Gm}{3,6 \times h \times D} = \frac{390}{3,6 \times 10 \times 30} = 0,36 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

11. A vazão total do projeto é obtida com base na fórmula seguinte:

$$Qt = Qum \times At = 2,14 \times 2,30 = 4,92 \text{ l/s} \text{ ou } 17,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

Manejo de Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabela 4.5. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, com base nos cálculos para a cultura da melancia, referentes ao mês de maior demanda (outubro), obtidos na Tabela 4.4.

TABELA 4.4. Necessidade de água de irrigação.

Meses	Cultura	ETP (mm)	k _c	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	P. Efet. (mm)	N. Irrig. Líquida (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto mensal (m³/ha/mês)	Vazão unitária (l/s x ha)
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABR	Feijão	122	0,60	73	2,43	50	46	27	39	300	0,36
MAI	Feijão	116	1,10	128	4,13	17	17	111	159	1.590	1,42
JUN	Feijão	117	0,90	105	3,50	3	0	105	160	1.500	1,39
JUL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGO	Melancia	142	0,65	92	2,97	0	0	92	131	1.310	1,17
SET	Melancia	162	1,00	162	5,40	0	0	162	231	2.310	2,14
OUT	Melancia	186	0,90	167	5,39	0	0	167	239	2.390	2,14*
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		-	-	-	-	-	-	-	949	9.490	-

ETP	=	Evapotranspiração potencial (mm)	N. Irrig. Líquida	=	Necessidade de Irrigação Líquida (mm)
k _c	=	Coefficiente de cultivo	N. Irrig. Bruta	=	Necessidade de Irrigação Bruta (mm)
ETR	=	Evapotranspiração real (mm)	Eficiência de irrigação = 70%		
PP	=	Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm)	*Mês de maior consumo = outubro = 2,14 l/s x ha		
P. Efet.	=	Precipitação efetiva (mm)	Área total irrigada = 2,30 ha		
UC	=	Uso consuntivo (mm/dia)	Vazão do sistema = 4,92 l/s ou 17,71 m³/h.		

TABELA 4.5. Manejo de água de irrigação ou operação do sistema de irrigação.

Meses	Cultura	Frequência de irrigação (dias)	Uso Consuntivo (mm/dia)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Tempo de irrigação por posição (h)	Horas de bombeamento	
							diário (h)	mensal (h)
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	-	-	-	-	-	-	-	-
ABR	Feijão	5	2,43	13,60	19,41	2,16	1,68	50
MAI	Feijão	6	4,13	27,20	38,86	4,31	6,64	205
JUN	Feijão	8	3,50	27,20	38,86	4,31	6,49	195
JUL	Feijão	-	-	-	-	-	-	-
AGO	Melancia	4	2,97	13,60	19,41	2,16	5,47	170
SET	Melancia	5	5,40	27,20	38,86	4,31	10,00	300
OUT	Melancia	5	5,39	27,20	38,86	4,31	10,00	310
NOV	Melancia	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	Melancia	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-

Ei = 0,70
Ia = 10,62 mm/h
h = 10 h
Ntp = 160
Naf = 16
Qa = 1,53 m ³ /h
ht = 20 m
Qt = 24,48 m ³ /h

1. Calcula-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar na profundidade efetiva da raiz:

$$Ll = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{20 - 11,50}{100} \times 1,60 \times 0,50 \times 40 = 27,20 \text{ mm}$$

2. Calcula-se a lâmina bruta, como segue:

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{27,20}{0,70} = 38,86 \text{ mm}$$

3. Determina-se a frequência de irrigação:

$$Fi = \frac{Lb}{UC} = \frac{27,20}{5,39} = 5 \text{ dias}$$

4. Cálculo da vazão do aspersor

Considerando que os aspersores serão dispostos no espaçamento quadrangular de 12 m x 12 m ($Aa = 144 \text{ m}^2$); que a área total do projeto é: $At = 23.040 \text{ m}^2$; que o sistema será operado durante dez horas por dia ($h = 10 \text{ horas}$) e tendo por base um tempo de irrigação por posição igual a cinco horas ($Tip = 5 \text{ horas}$), tem-se que:

$$Qa = \frac{Qt \times Fi \times h \times Aa}{At \times Tip} = K \frac{1}{Tip} = \frac{17,71 \times 5 \times 10 \times 144}{23.040 \times 5}$$

$$\therefore Qa = 5,53 \times \frac{1}{5} = 1,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

Com o valor obtido entra-se na Tabela 4.1 para determinarem-se as características do aspersor e a pressão de serviço. Ou seja, para $Qa = 1,11 \text{ m}^3/\text{h}$ e $Aa = 144 \text{ m}^2$ obtém-se na Tabela 4.1 o aspersor do tipo ZAD-30 com bacias de 3,8 mm x 3,8 mm, cuja pressão de serviço será igual a 1,0 atm e intensidade de aplicação igual a 7,71 mm/h. A vazão calculada apresentou-se igual à vazão tabelar, logo não necessita do ajustamento da vazão calculada do aspersor. Mesmo assim, a vazão total do sistema de irrigação deve ser ajustada após a determinação do número de aspersores necessários.

5. Calcula-se o número de posições por dia.

$$Npd = \frac{h}{Tip} = \frac{10}{5} = 2 \text{ posições}$$

6. O número total de posições do projeto é dado por:

$$Ntp = \frac{At}{Aa} = \frac{23.040}{144} = 160$$

7. Número de aspersores em funcionamento simultâneo.

$$Naf = \frac{Ntp}{Fi \times Npd} = \frac{160}{5 \times 2} = 16$$

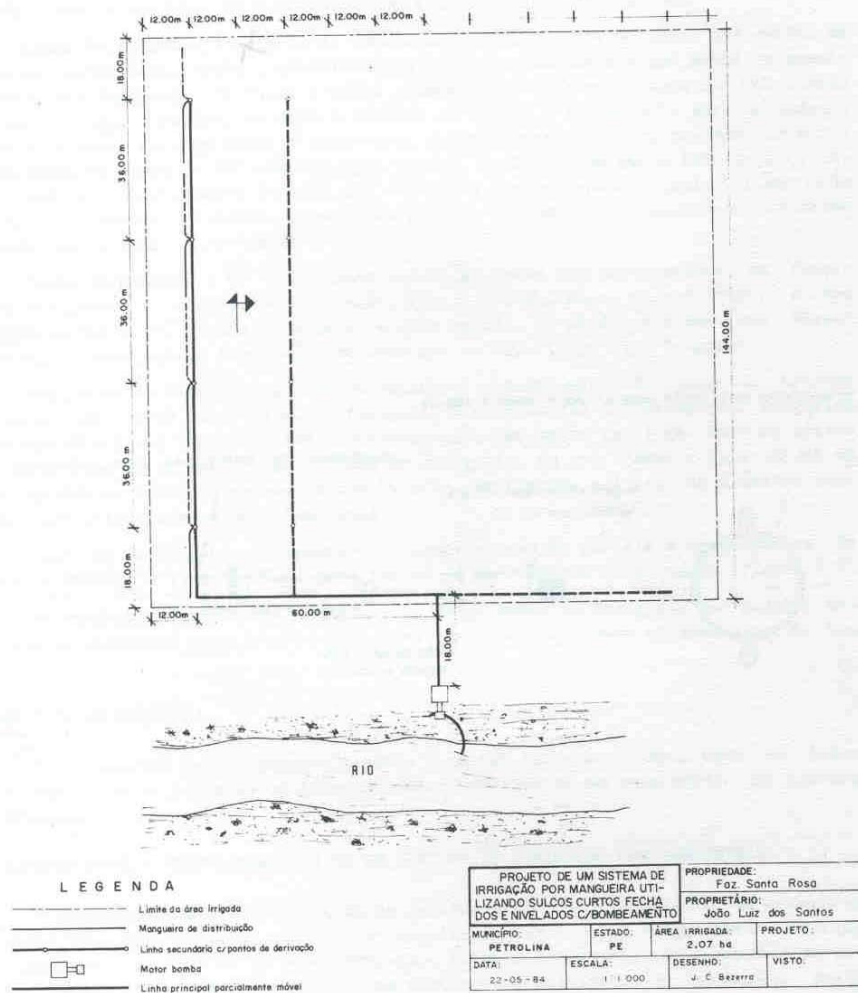


FIG. 1.2. Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados com bombeamento de água.

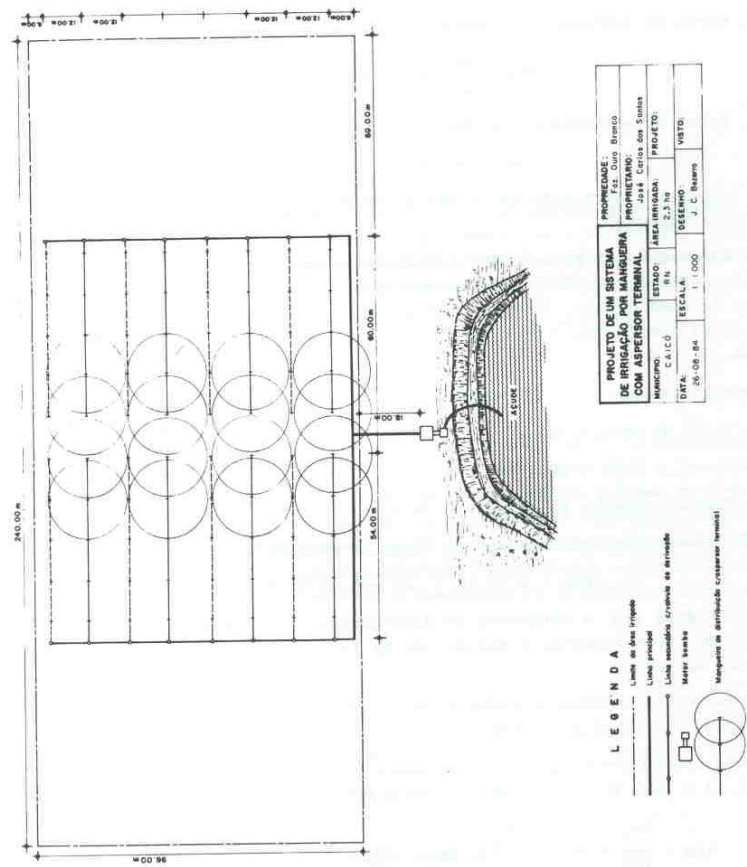


FIG. 4.3. Sistema de irrigação por mangueira com aspersores.

Assim a pressão no início da mangueira de distribuição é de:

$$h_m = h_{fm} + h_a + h_t = 1,35 + 1,00 + 10,00 = 12,35 \text{ m}$$

3. Dimensionamento da linha secundária.

Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido, obtêm-se pela Figura 1.7 os valores de perda de carga relativa.

Podem ser verificados pelo esquema do sistema de irrigação da Figura 4.3, de talhes referentes ao comprimento da tubulação, número e espaçamento entre pontos de derivação. Diante disto, bem como do número de mangueiras em funcionamento simultâneo por linha lateral, tem-se:

Perda de carga permissível ao longo da linha secundária:

$$h_{fsp} = 0,20 \text{ m} + \Delta S_s = 0,20 \times 12,35 + \frac{0,50}{100} \times 90 = 2,92 \text{ m}$$

A perda de carga relativa nesta linha é obtida como segue: para o primeiro trecho da tubulação com 50 mm de diâmetro e uma vazão de 17,71 m³/h, obtém-se pela Figura 1.7 uma perda de carga relativa de 15,80 m/100 m. Ou seja:

$$\text{Para } \phi = 50 \text{ mm e } Q_{s_1} = 17,71 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 15,80 \text{ m}/100 \text{ m} \Rightarrow$$

$$h_{fs} = \frac{J_1}{100} \times L_1 = \frac{15,80}{100} \times 66 = 10,43 \text{ m}$$

Pode-se observar pela Figura 1.7 que a velocidade da água na tubulação é bastante superior ao limite permissível de 2,0 m/s.

As perdas de cargas relativas para os demais trechos dessa tubulação são obtidas de modo similar, descontando-se as vazões das mangueiras em cada ponto de derivação. A Tabela 4.6 apresenta os cálculos de forma resumida.

Somando-se os valores de perda de carga relativas à tubulação com 70 mm de diâmetro, verificou-se que o valor total acumulado apresentou-se praticamente igual ao valor da perda de carga permissível. Portanto, toda a tubulação deve ter 70 mm de diâmetro.

4. Dimensionamento da linha principal.

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

Pela Figura 1.7 tem-se que para $\phi = 3"$ e $Q_t = 17,71 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 3,00 \text{ m}/100 \text{ m}$

Pela Figura 4.3 tem-se que o comprimento da linha principal (L) é igual a 18 m.

Cálculo da perda de carga por atrito:

$$h_{fp} = \frac{J L}{100} = \frac{3,00}{100} \times 18 = 0,54 \text{ m}$$

TABELA 4.6. Resumo dos cálculos referentes a perda de carga na tubulação secundária.

Vazão (m ³ /h)	Diâmetro (mm)	Perda de carga relativa (em 1,00 m)	Comprimento da tubulação (m)	Perda de carga (m)	Perda de carga acumulada
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = $\frac{(3) \times (4)}{100}$	(m)
17,76	50	15,80	66	10,43	-
15,54	50	12,40	12	1,49	-
13,32	50	9,40	12	1,13	-
11,11	50	6,40	12	0,77	-
8,89	50	4,30	12	0,52	-
6,67	50	2,70	12	0,32	-
4,44	50	1,60	12	0,19	-
2,22	50	0,70	12	0,08	-
17,76	70	3,00	66	1,98*	1,98
15,54	70	2,30	12	0,28*	2,26
13,32	70	1,70	12	0,20*	2,46
11,11	70	1,30	12	0,16*	2,62
8,98	70	0,90	12	0,11*	2,73
6,67	70	0,60	12	0,07*	2,80
4,44	70	0,40	12	0,05*	2,85
2,22	70	0,20	12	0,02*	2,87

*Valores que foram somados para obtenção da perda de carga acumulada total.

5. Cálculo da altura manométrica:

$$H_m = f(h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05 (12,35 + 2,87 + 0,54 + 0,60 + 2,00) \Rightarrow H_m = 19,28 \text{ m}$$

6. Escolha da bomba:

Deve-se escolher uma bomba centrífuga que apresente o melhor rendimento possível, ao atender a condição: $Q_t = 17,71 \text{ m}^3/\text{h}$ x $H_m = 19,28 \text{ m}$.

Selecionou-se uma bomba com as seguintes características: marca: KSB, modelo: ETA 50-33/2, rotação: 1120 rpm, rotor: 260 mm de ϕ e eficiência = 68% (Figura 4.4).

Cálculo da potência absorvida no eixo da bomba:

$$P_a = \frac{Q_t \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{17,71 \times 19,28}{2,7 \times 68} = 1,86 \text{ cv}$$

7. 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:

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{1,86}{0,80} = 2,33 \text{ cv}$$

8. 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 50-33/2, vazão $17,71 \text{ m}^3/\text{h}$ x $19,28 \text{ m}$ de altura manométrica total, com 1120 rpm, rotor 260 mm de ϕ , eficiência de 68% consumindo no eixo da bomba 1,86 cv e acoplada por meio de luva elástica a um motor diesel Yanmar modelo NSB-50 (ou similar) de 5,0 cv, 1800 rpm montado sobre rodas.

A Tabela 4.7 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários à implantação de um sistema de irrigação por manueira, com aspersores terminais e com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,30 ha.

Observa-se pela Tabela 4.7 que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação para as condições apresentadas é de US\$ 2.096,69/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 ociosidade de potência dos motores.

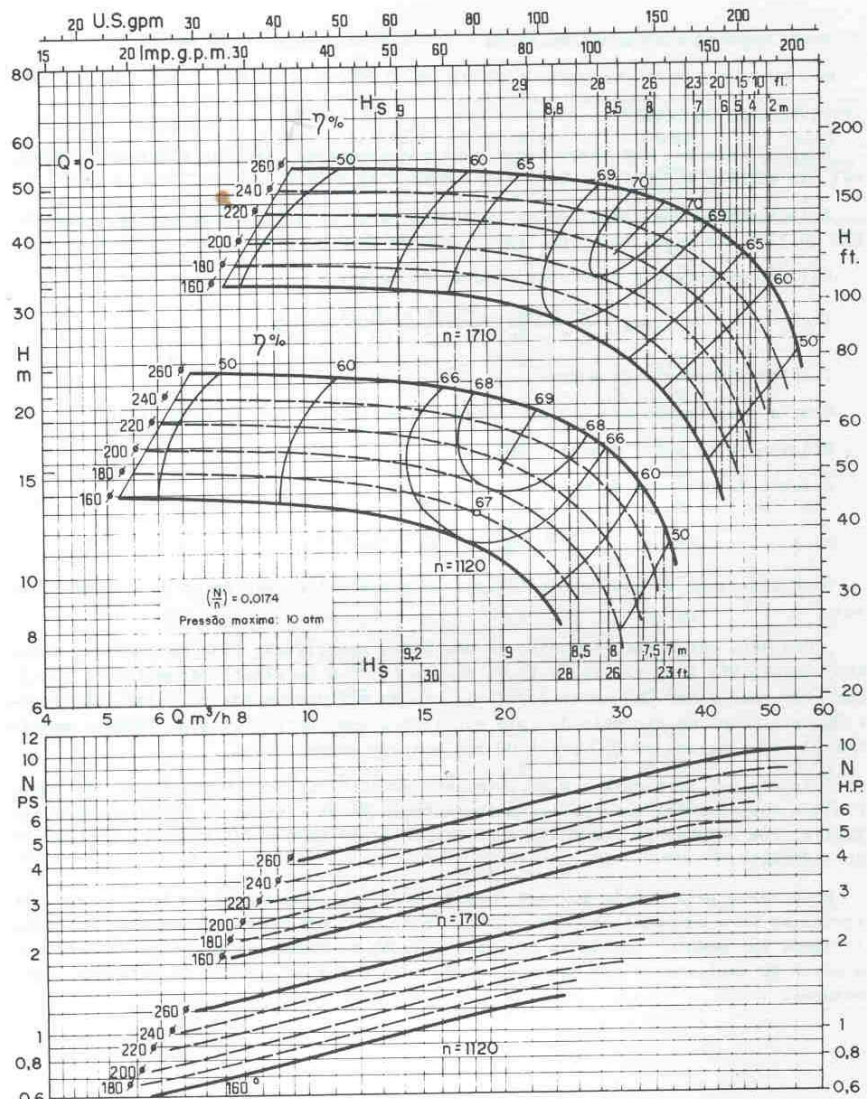


FIG. 4.4. Curvas características de bomba KSB modelo ETA 50-33/2 com 1120 rpm e 1710 rpm.

TABELA 4.7. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira com dois aspersores e com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0ha. Abril/84. (Petroлина, PE).

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor	
			ORTN	US
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 70 mm de Ø.	unid.	02	0,80	5,92
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 70 mm de Ø.	unid.	48	151,50	1.115,53
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 70 mm de Ø.	unid.	02	1,65	12,12
- Nípel de PVC rígido com engate rápido, rosca fêmea de 70 mm de Ø.	unid.	01	0,37	2,74
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC com engate rápido de 70 mm de Ø.	unid.	60	2,45	18,04
- Mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	unid.	435	95,62	704,14
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo erva.	unid.	16	11,12	81,89
- Braçadeira sem pé-de-suporte e rosca interna de 1" de Ø para cano de 70 mm de Ø.	unid.	16	5,20	38,27
- Braçadeira para mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	unid.	32	7,08	52,17
- Aspersor tipo ZAD-30 ou similar.	unid.	16	118,63	15,97
- Cruzeta de PVC rígido com engate rápido com 70 mm de Ø MF e duas derivações fêmeas.	unid.	01	1,47	10,79
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento, 70 mm de Ø, válvula de pé, nípel e braçadeira.	unid.	01	46,58	342,26
- Válvula de retenção em bronze c/rosca de 70 mm de Ø.	unid.	01	9,58	70,55
- Conjunto motobomba, constituído por uma bomba centrífuga, de eixo horizontal, marca KSB modelo ETA 50-33/2 com 1710 rpm, rotor com 160 mm de Ø, acoplado através de lona plástica a um motor Yanmar marca NSB-50 com potência de 4,0 cv, com 1800 rpm, montado sobre rodas.	unid.	01	221,42	1.630,40
- Ligação de pressão c/registro, flange, vedações de 70 mm de Ø.	unid.	01	9,16	67,42
- Instalação do sistema	H/D**	04	0,98	7,19
TOTAL	-	-	683,62	4.193,39

*1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,07

**H/D = Homen/dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária da UFV, 1982. 463p. il.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome, FAO, 1975. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- HARGREAVES, G.H. Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil. Logan, Utah State University, 1973. 423p.
- HARGREAVES, G.H. Potential evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast Brazil. Logan, Utah State University, 1974. 56p.
- SANTOS, E.D. Necessidades de água de irrigação para algumas culturas do Submédio São Francisco. Recife, EMATER-PE, 1977. 17p.

Editoração: Elisabet Gonçalves Moreira
Composição: Margarida Maria Lima do Nascimento Santiago
Desenho/Figuras: José Clétis Bezerra
Normatização bibliográfica: SID/CPATSA



ARTES GRÁFICAS E INDÚSTRIA LTDA
avenida heitor dias, 146
salvador - bahia