

Doacas Fol
06854

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CPATSA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA
COM ASPERSOR MANUAL

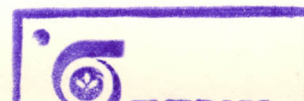
José Monteiro Soares

Petrolina, 1984

~~Sistema de irrigação por
1984 FL-07829~~



32474-1



SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL

José Monteiro Soares

RESUMO

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

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

SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

José Monteiro Soares

Summary

Sprinkler irrigation is a versatile means of applying water to the surface of any crop or soil. A sprinkler irrigation system can apply water to soils at rates equal or less than the infiltration rate, it can be completely automatic or can be manually operated. In general, a sprinkler irrigation can be employed for most soil and topographic conditions and for those areas where surface irrigation may be inefficient and expensive.

The sprinkler is the most important part of a sprinkler irrigation system. A wide range in types of sprinklers and nozzle sizes usually permits the designer to select the proper sprinkler and operating pressure to meet specific soil and crop requirements satisfactorily.

The important factors in the success of sprinkler irrigation systems are first, the correct design, and second, the efficient operation of the designed system. The basic information necessary for the design of a form irrigation system is obtained from four sources: soil, the water supply, the crop to be irrigated, and the climate.

Knowledge of the required capacity of the system and the operating conditions allows selection of an application rate and spacing, between sprinklers and lateral lines. Power requirements and economic pipe sizes should be determined by studying several combinations. From these possibilities the most desirable pump and power unit can be selected.

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

José Monteiro Soares¹

DEFINIÇÃO

O método de irrigação por aspersão caracteriza-se pela aplicação de água ao solo em forma de chuva artificial, através do fracionamento do jato de água em estruturas denominadas aspersores.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A irrigação por aspersão apresenta-se sob uma grande diversidade de modalidades de sistema, desde o mais simples como o cano perfurado até os sistemas mais complexos de funcionamento automático. Este sistema dispensa a sistematização do terreno, permitindo o aproveitamento de solos rasos arenosos e terrenos declivosos. A seleção dos aspersores deve levar em consideração o tipo de cultura a ser explorada e o tipo de solo. Não é recomendável utilização de água salina através da irrigação por aspersão, devido aos danos que esta água pode causar a parte aérea das plantas. Temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes, podem acarretar problemas à eficiência de aplicação do sistema. Este sistema presta-se para a exploração de uma grande variedade de culturas, principalmente aquelas de porte baixo.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO

Devido a eficiência de irrigação relativamente alta e a vantagem que este sistema apresenta na aplicação controlada da água, com pequena perda por percolação, que reduz a problemas de salinidade. Porém, este sistema não deve ser utilizado quando a água de irrigação for considerada salina. Deve-se também, evitar o uso deste sistema de irrigação quando os solos forem argilosos de baixa velocidade de

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

infiltração. Deve-se eleger aspersores dos tipos pequeno a médio, quando as culturas a serem exploradas sejam alface, repolho, tomate, melão, etc. Os aspersores tipo canhão são indicados para pastagem milho, cana-de-açúcar, etc. É um sistema que requer do agricultor ou do irrigante, um razoável conhecimento de manejo de água, bem como dos equipamentos de irrigação.

DESCRIÇÃO

Em geral, este sistema de irrigação compõem-se das seguintes partes: conjunto motobomba, linhas principal, secundária e lateral, aspersores e acessórios.

Conjunto motobomba.- Normalmente são utilizadas bombas centrífugas de eixo horizontal ou vertical acopladas a motores elétricos ou diesel. As bombas devem apresentar uma combinação de rotação, potência e vazão, em que sua operação é mais eficiente, sendo de fundamental importância a seleção correta de um conjunto motobomba para uma determinada condição de funcionamento.

Linha principal.- O material empregado na linha principal depende do tamanho do módulo irrigado, bem como do grau de mobilidade dessa tubulação. Nos sistemas de pequena dimensão, essa tubulação é geralmente móvel, podendo utilizar-se tubos de alumínio, aço galvanizado ou PVC rígido, dotados de engate rápido. Porém, nos projetos de grande escala, podem-se utilizar tubos de ferro fundido, aço, cimento amianto, etc.

Linhas secundárias e lateral.- Normalmente, essas linhas apresentam uma grande mobilidade, visando a redução dos custos de investimentos. Podem utilizar-se tubulações de alumínio, aço galvanizado e PVC rígido, dotadas de engate rápidos. Os tubos de alumínio são mais leves que os de aço, não oxidam com o tempo, porém são relativamente mais caros. Os tubos de aço galvanizado resistem a pressões maiores (50 kg/cm^2), porém são mais pesados para o transporte. Enquanto os tubos de PVC rígidos apresentam uma grande facilidade de transporte, com preços relativamente competitivos para diâmetros inferiores a 4", não oxidam, mas com pressão máxima de trabalho de $7,5 \text{ kg/cm}^2$.

Aspersores.- De uma maneira geral, os aspersores são do tipo rotativo com giro completo (360°) ou do tipo setorial (180°). Os aspersores apresentam uma diversidade de categoria quanto a pressão de serviço, vazão, tamanho dos bocais, intensidade de aplicação, etc.

Acessórios.- Os equipamentos de aspersão compreendem toda uma linha de acessórios que possibilitem a adaptação da irrigação por aspersão a qualquer situação topográfica ou da área, de modo a facilitar a montagem dos sistemas.

A Figura 1, mostra um esquema de um sistema de irrigação por aspersão para um módulo médio irrigável de 3,0 ha.

Roteiro para o dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão.- O dimensionamento da instalação de um sistema de irrigação, deve ser baseado em dados tais como: cultura, características físico-hídricas do solo, disponibilidade e qualidade de água para irrigação, clima e topografia; e em dados que se fundamentam em decisões técnico-econômicas e de preferência do agricultor, tais como: eficiência de aplicação, práticas culturais, tipos de aspersor, disposição das linhas laterais, tempo disponível para a irrigação, etc.

O processo para o dimensionamento de um sistema de irrigação envolve três fases bem distintas:

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 Agrônomo 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 a nível mensal é importante para determinar-se o período de máxima demanda de água. Pois o sistema de irrigação deve ser dimensionado para satisfazer a demanda

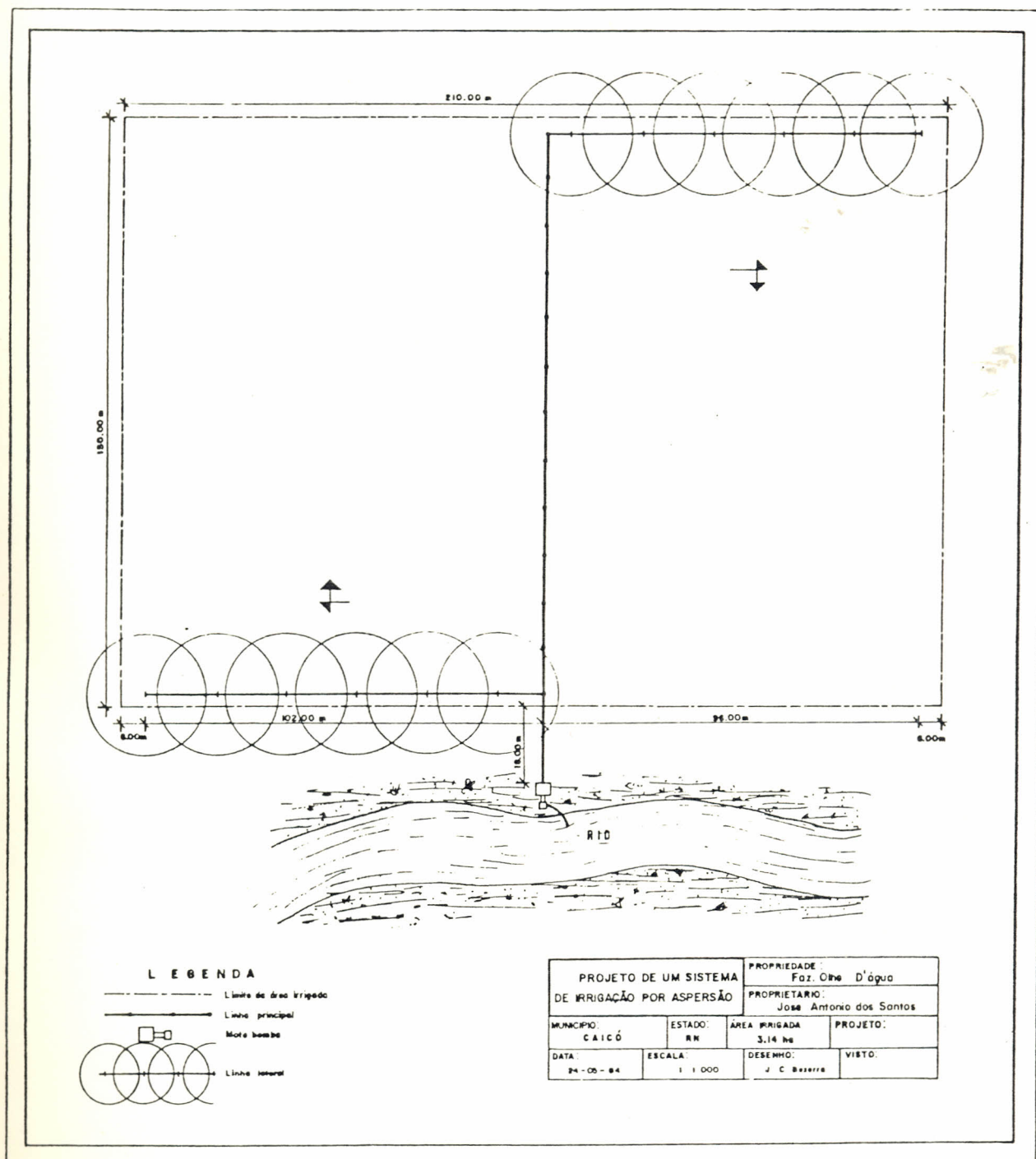


Fig. 1. Sistema de irrigação por aspersão.

máxima de água.

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

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

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

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

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

EV = evaporação do tanque (mm/mês)

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

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

em que:

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

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

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

UR = umidade relativa média do ar (%)

Tab. 1 - Fator de Evapotranspiração Potencial em mm/dia: (PET)

	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
1	2,28	2,11	2,35	2,20	2,14	1,99	2,09	2,21	2,26	2,36	2,23	2,1
2	2,32	2,14	2,36	2,18	2,11	1,96	2,06	2,19	2,25	2,57	2,26	2,3
3	2,35	2,15	2,36	2,17	2,08	1,95	2,05	2,17	2,25	2,39	2,29	2,3
4	2,39	2,17	2,36	2,15	2,05	1,89	1,99	2,15	2,34	2,40	2,32	2,3
5	2,42	2,19	2,36	2,13	2,02	1,85	1,96	2,13	2,23	2,41	2,34	2,4
6	2,45	2,21	2,36	2,12	1,99	1,82	1,93	2,10	2,23	2,47	2,37	2,4
7	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,4
8	2,51	2,24	2,36	2,08	1,93	1,75	1,86	2,05	2,21	2,44	2,42	2,51
9	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	1,76	2,00	2,19	2,46	2,47	2,56
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	2,61	2,29	2,35	2,01	1,81	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	2,33	2,34	1,96	1,73	1,54	1,65	1,89	2,14	2,49	2,57	2,71
15	2,71	2,35	2,33	1,94	1,70	1,50	1,61	1,87	2,13	2,50	2,59	2,74
16	2,73	2,36	2,33	1,91	1,67	1,46	1,58	1,84	2,12	2,50	2,61	2,75
17	2,76	2,38	2,31	1,89	1,63	1,43	1,54	1,81	2,11	2,50	2,62	2,80
18	2,79	2,39	2,30	1,87	1,61	1,39	1,51	1,78	2,09	2,51	2,63	2,82
19	2,81	2,40	2,30	1,84	1,58	1,35	1,47	1,75	2,07	2,51	2,67	2,84
20	2,83	2,41	2,29	1,81	1,55	1,31	1,44	1,72	2,06	2,52	2,68	2,85

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

2. Os coeficientes de cultivo devem ser obtidos mensalmente, como segue: valores de coeficientes de cultura (K_c) para culturas permanentes e para as fases intermediárias e final do ciclo fenológico de culturas temporárias podem ser obtidos em Tabelas (DORENBOS e PRUITT, 1975).

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 , devem-se construir a curva correspondente ao ciclo fenológico da cultura considerada, em base ao valor de ETP referente ao mês de plantio da cultura.

Portanto, o valor de K_c inicial pode ser obtido, através da Figura 2, em base ao 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 2, e com os valores de K_c tabelados, grafica-se o ciclo fenológico completo da cultura, para obter-se o valor de K_c correspondente a fase de desenvolvimento vegetativo. Figura 3.

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

$$ETR = ETP \times K_c$$

em que:

$$ETR = \text{evapotranspiração real (mm/mês)}$$

4. Os valores de uso consuntivo diário pela fórmula:

$$UC = ETR : D$$

em que:

$$\begin{aligned} UC &= \text{uso consuntivo diário (mm/dia)} \\ D &= \text{número de dias do mês} \end{aligned}$$

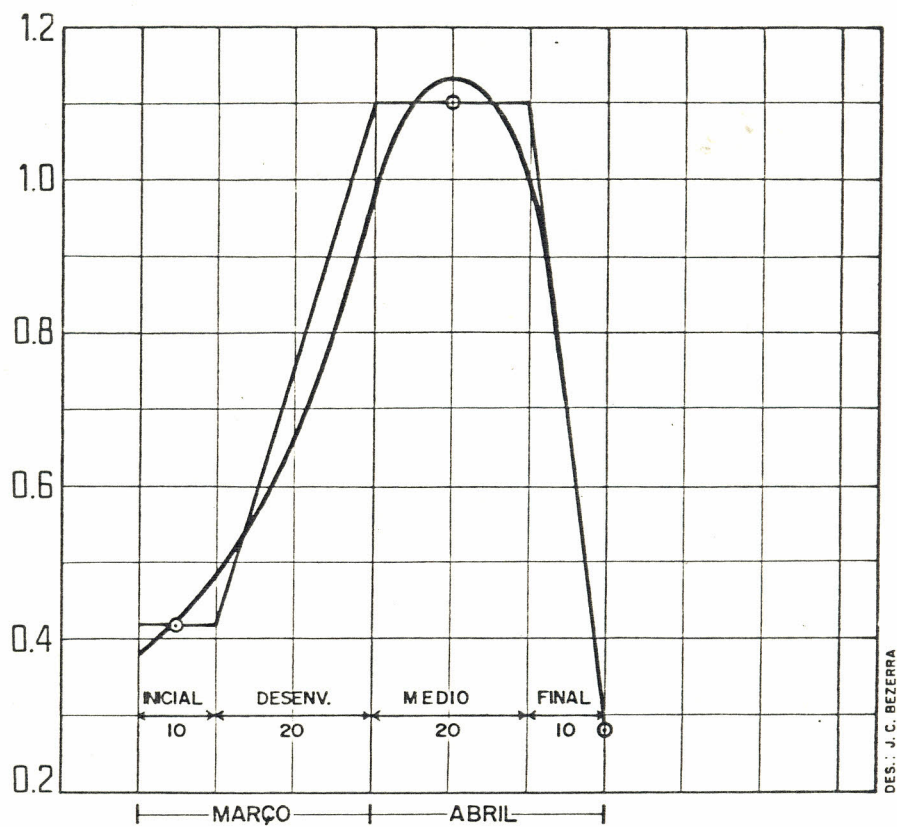


Fig. 7 - Curva de coeficientes de cultivo
(Kc) para o ciclo fenológico da
cultura do feijão caupi.

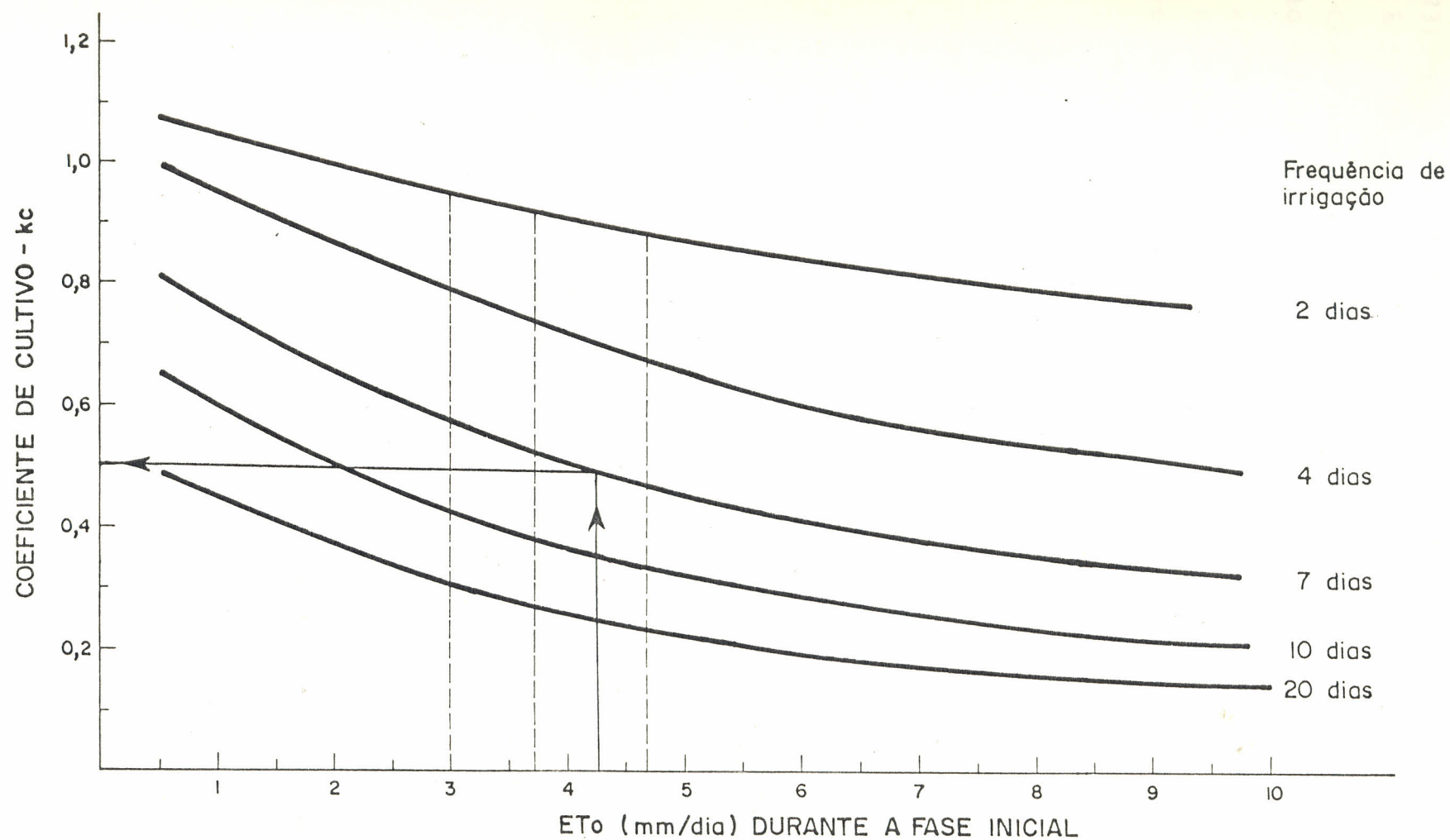


FIGURA 3 k_c médio na fase inicial em função do nível médio da ETR (durante a fase inicial) e a frequência de irrigação.

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

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

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

- a) Obter dados mensais de precipitação de pelo menos 9 anos
- b) Ordenar os dados em ordem decrescente
- c) Determinar as probabilidades de chuva através da seguinte equação:

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

em que:

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

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

n = número de observações

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

$$PE = PP \times f$$

em que:

PE = precipitação efetiva (mm/mês)

f = coeficiente de aproveitamento decrescente. Tabela 3.

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

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

* Precipitação menores de 10 mm não são consideradas.

Fonte: Blaney e 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)

1. Lâmina líquida

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

em que:

Ll = Lâmina líquida (mm)

CC = Capacidade de campo (%)

PM = Ponto de murchamento (%)

Dap = Densidade aparente (g/cm³)

K = Nível de água disponível no solo (%)

Pr = Profundidade efetiva da raiz (cm)

2. Lâmina bruta

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

em que:

Lb = Lâmina bruta (mm)

Ei = Eficiência de irrigação (decimais)

3. Frequência de irrigação.- é o número de dias decorridos entre duas irrigações consecutivas em uma mesma área.

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

em que:

Fi = Frequência de irrigação (dias)

UC = Uso consuntivo (mm/dia)

4. Período de irrigação (PI).- é o número de dias necessários para irrigação todo o projeto.

Este fator é importante no dimensionamento do projeto. Quanto maior a relação PI/TR, mais elevado será o custo do sistema. O intervalo de tempo entre PI e TR deve ser defazado de no máximo um dia.

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

$$Gm = N I b \times 10$$

em que:

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

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

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

em que:

$$Qu = \text{vazão unitária ou módulo de irrigação (l/s x ha)}$$

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

$$h = \text{horas de trabalho por dia do mês de máxima demanda}$$

$$D = \text{número de dias de trabalho no mês considerado}$$

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

5. Seleção do aspersor

Aspersor= (VIB, pressão de serviço e espaçamento entre aspersor).

A seleção do aspersor é função da velocidade de infiltração básica do solo (VIB), da pressão de serviço, do espaçamento entre aspersores, da topografia e do tipo de cultura.

A intensidade de aplicação do aspersor deve ser menor ou igual a VIB do solo, para condições de topografia plana ou quase plana.

Na determinação do espaçamento entre aspersores, deve-se considerar a velocidade do vento, para que sejam obtidos coeficientes de uniformidade de distribuição adequado. Deve-se observar a Tabela 4.

TABELA 4. Interação entre velocidade do vento e espaçamento entre aspersores.

Velocidade do vento em m/s	. Espaçamento entre aspersores inferior a			
até 2,0	65% do diâmetro de alcance			
até 2,6	60%	"	"	"
" 3,5	50%	"	"	"
maior 3,5	30-50%	"	"	"

Para culturas com folhas e flores pouco resistentes ao impacto das gotas de água, deve-se selecionar-se aspersores do tipo pequeno ou de baixa intensidade de aplicação.

6. Tempo de irrigação por posição

$$Tip = \frac{Ll}{Ia}$$

em que:

Tip = Tempo de irrigação por posição (h)

Ia = Intensidade de aplicação do aspersor (mm/h)

7. Número total de posições do projeto

$$N_{tp} = \frac{L}{Ea} \times 2$$

em que:

N_{tp} = Número total de posições do projeto

L = Comprimento da linha principal (m)

Ea = Maior espaçamento entre aspersores (m)

8. Número de posições por dia

$$N_d = \frac{H}{T_{ip}}$$

em que:

N_d = Número de posições por dia

H = Horas de trabalho por dia

9. Número de linhas laterais em funcionamento simultâneo

$$N_{lf} = \frac{N_{tp}}{N_d \times P_i}$$

em que:

N_{lf} = Número de linhas laterais em funcionamento simultâneo

P_i = Período de irrigação (dia)

10. Número de aspersores por linha lateral

$$N_{al} = \frac{l}{ea} + 1$$

em que:

N_{al} = Número de aspersores por linha lateral

l = Comprimento da linha lateral (m)

ea = Menor espaçamento entre aspersores (m)

OBS.: O número de aspersores por linha lateral também é obtido de maneira prática, locando-se no desenho, os aspersores com seus respectivos espaçamentos. No final desta linha, pode-se utilizar aspersores setoriais, dependendo das condições locais.

11. Número total de aspersores do projeto

$$N_{ta} = N_{al} \times N_{lf}$$

em que:

N_{ta} = Número total de aspersores do projeto

12. Vazão da linha lateral

$$Q_l = q_a \times N_{al}$$

em que:

Q_l = Vazão da linha lateral (m^3/h)

q_a = Vazão do aspersor (m^3/h)

13. Vazão total do sistema de irrigação

$$Q_t = Q_l \times N_{fl}$$

em que:

Q_t = Vazão total do sistema de irrigação (m^3/h)

14. Área irrigada por dia

$$A_{id} = A_{il} \times N_{lf} \times N_d$$

em que:

A_{id} = Área irrigada por dia (m^2)

A_{il} = Área irrigada por linha lateral (m^2)

c) O dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação compreende os seguintes passos:

.- Distribuição das tubulações no campo.- é função dos seguintes fatores:

1. Localização do Poço.- Deve ser localizado o mais próximo possível do centro, do campo, para permitir uma mobilidade econômica das tubulações;

2. Canais.- Estudar a viabilidade de usar parte do canal, de modo a reduzir o custo da tubulação principal e/ou estudar a possibilidade

do uso de motobomba portátil;

3. Rios.- A casa da motobomba deve ficar o mais próximo possível da parte central da área;

4. Energia.- Aproveitar o máximo possível a energia gravitacional disponível.

.- Tamanho e forma da área.- Quadricular a área de modo a usar múltiplas rotações das linhas laterais, o que implica numa economia de mão-de-obra.

.- Direção da linha lateral.- A linha lateral deve formar um ângulo de 45 ou 90° com a direção do vento predominante. Sempre que possível, a linha lateral deve ser perpendicular normal à linha de maior declividade do terreno.

.- Dimensionamento da linha lateral.- O limite de comprimento de uma linha lateral é determinado pelas variações de pressão e de vazão entre o primeiro e o último aspersor. A variação de pressão deve ser menor ou igual a 20%, o que corresponde a uma variação de vazão menor ou igual a 10%.

1. Determina-se o desnível entre os extremos da linha lateral

$$\Delta S = \frac{1}{100} \times L \times S$$

em que: que:

ΔS = Diferença de nível entre os extremos da linha lateral (m)

S = Declividade no sentido da linha lateral (%)

L = Comprimento da linha lateral (m)

2. Determina-se a perda de pressão por atrito permitida ao longo da tubulação

$$h_f = 10,20 (PS \pm \Delta S)$$

onde: onde:

h_f = Perda de carga permissível ao longo da linha lateral

PS = Variação da pressão de serviço (m)

ΔS = Diferença de nível entre os extremos da linha lateral (m)
(+ para declive e - para aclave)

1. Dimensiona-se a linha lateral obedecendo-se os seguintes passos:

.- Determina-se a perda de carga permissível ao longo da linha lateral. Linha lateral segundo as curvas de nível.

.- Com o valor da vazão da linha lateral ($14,00 \text{ m}^3/\text{h}$), entra-se na abscissa da Figura 4. Por este ponto faz-se passar uma linha vertical, que tende a cortar as curvas de perda de carga graficada para cada diâmetro. Daí, deve-se selecionar a curva de perda de carga, cuja interseção com a linha projetada verticalmente, não ultrapassem a curva correspondente a 2 m/s (velocidade de água na tubulação). Desse modo, para uma vazão de $14,00 \text{ m}^3/\text{h}$, condiciona a escolha de uma tubulação de alumínio com diâmetro de $2''$, cuja perda de carga é igual a $8,9 \text{ m}/100 \text{ m}$ e cuja velocidade da água na tubulação é igual a 2 m/s . Assim, a perda de carga total na linha lateral é dado por:

$$h_{fl} = \frac{J.L.}{100} \times F = \frac{8,90}{100} \times 102 \times 0,421 = 3,82 \text{ m}$$

.- Como a perda de carga permitida ($4,00 \text{ m}$) é maior do que a calculada ($3,82 \text{ m}$), a linha lateral terá uma tubulação com $2''$ de diâmetro.

2. Dimensiona-se a linha principal, obedecendo os seguintes passos:

.- Determina-se a pressão necessária no início da linha lateral

$$P_i = P_s + \frac{3}{4} h_{fl} + h_a = 20 + \frac{3}{4} \times 3,82 + 1,00 = 23,86 \text{ m}$$

.- Determina-se a perda de carga permissível ao longo da linha principal, como segue:

$$h_f = \Delta P = 0,15 P_i = 0,15 \times 23,86 = 3,58 \text{ m}$$

.- De acordo com a distribuição para a linha principal e ramais (ver Figura 1), podem-se verificar que os ramais se deslocarão simultaneamente ao longo da linha principal, no sentido giratório, proporcionando duas condições extremas: A) Quando os ramais encontram-se nos extremos da linha principal; B) Quando ambos os ramais encontram-se na parte central da linha principal. De um modo geral, a condição "B"

3. Com a vazão da linha lateral, entra-se em ábacos de perda de energia por atrito, para se chegar a tubulação adequada

Toma-se na abscissa, Figura 4, um ponto correspondente a vazão da linha lateral. Em seguida faz-se passar por esse ponto, uma linha vertical de modo a interceptar as curvas de perda de pressão para vários diâmetros. Seguindo-se, determina-se a perda de carga relativa correspondente ao diâmetro selecionado, de modo que a velocidade da água na tubulação não ultrapasse 2 m/s. Assim, para se obter a perda de pressão total, tem-se:

$$hf_c = \frac{J.L.}{100} \times F$$

onde:

hf_c = Perda de pressão total calculada ao longo da tubulação (m)

J. = Perda de energia relativa, em m/100 m. Fig. 4

L. = Comprimento da tubulação (m)

F = Fator de Christiansen (Tabela 5)

OBS.: O valor de hf_c deve ser igual ou ligeiramente inferior ao valor de hf.

TABELA 5. Fator de Christiansen em função do número de aspersores por linha lateral.

N	F	N	F	N	F
1	1	8	0,398	15	0,367
2	0,625	9	0,391	16	0,365
3	0,518	10	0,385	17	0,363
4	0,469	11	0,380	18	0,361
5	0,440	12	0,376	19	0,360
6	0,421	13	0,373	20	0,359
7	0,408	14	0,370	∞	0,338

.- Dimensionamento econômico da linha lateral- Dificilmente o dimensionamento de linhas laterais com um único diâmetro, apresenta resultados que correspondem aos diâmetros disponíveis no mercado. Tendo

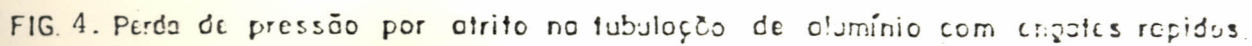


FIG. 4. Perda de pressão por atrito na tubulação de alumínio com engates rápidos.

sempre que aproximar para mais, os resultados obtidos. Mas essa alternativa na maioria das vezes, condiciona um aumento apreciável no custo de investimento do sistema de irrigação. Desse modo, o dimensionamento de linhas laterais com mais de um diâmetro, concorre para redução dos custos de investimentos. Mas, em termos práticos, não recomenda-se o dimensionamento de linhas laterais com mais de dois diâmetros. Assim, para dimensionar-se uma linha lateral com dois diâmetros, deve-se obedecer esta sequência:

1. Determina-se a perda de carga do trecho de maior diâmetro. Fig.5.

$$hf_1 = f (\ell_1, D_1, Q_1)$$

2. Determina-se a perda de carga do trecho de menor diâmetro. Fig.5.

$$hf_2 = f (\ell_2, D_2, Q_2)$$

3. Determina-se a perda de carga ao longo de toda tubulação.

$$hf = hf_1 + hf_2$$

.- Pressão no início da linha lateral- Este fator é dado pela seguinte expressão:

$$P_i = P_s + 3/4 hf\ell + h_a$$

em que:

P_i = Pressão no início da linha lateral (m)

h_a = Altura do aspersor (m)

.- Dimensionamento da linha principal- A tubulação da linha principal pode ser dimensionada por meio de dois processos distintos: (1) Dimensionamento hidráulico; (2) Dimensionamento econômico.

.- Dimensionamento econômico- O dimensionamento econômico apresenta uma série de vantagens em relação ao dimensionamento hidráulico. Porém, utiliza dados econômicos difíceis de ser conseguidos, como por ex., o capital (FRC). Por isto, apresentamos apenas o dimensionamento hidráulico.

.- Dimensionamento hidráulico da linha principal- O dimensionamento hidráulico da linha principal é função do limite de perda de pressão admissível ao longo da tubulação: Este limite varia de 10 a 15% da

pressão de entrada das linhas lateral ou secundária.

1. Determina-se a variação de pressão entre o início e o final de tubulação principal

$$\Delta P = 10 \text{ a } 15\% P_i$$

em que:

ΔP = Variação de pressão entre o início e o final da linha principal
(m)

P_i = Pressão de entrada nas linhas lateral ou secundária (m)

2. Determina-se a perda de carga permissível ao longo da linha principal

$$hf_p \leq \Delta P$$

onde:

hf_p = Perda de pressão permissível ao longo da linha principal (m)

ΔP = Variação de pressão entre o início e o final da linha principal (m)

3. Divide-se a linha principal em trecho em função do número e do arranjo das linhas laterais no croqui de campo. E assim, dimensiona-se a linha principal, utilizando a vazão que passa em cada trecho e a pressão de entrada em cada ponto de junção da linha principal com as linhas lateral e secundária.
4. Tomam-se pontos da abscissa da Fig. 4 correspondentes a vazão que passa em cada trecho da linha principal e passam-se por estes, linhas verticais de modo a interseccionarem as curvas de perdas de pressão para vários diâmetros. Em seguida, determina-se a perda de carga relativa, correspondente aos diâmetros selecionados. Recomenda-se, que os diâmetros sejam selecionados, de modo que a velocidade da água na tubulação não ultrapasse 2 m/s. Assim, para obter-se a perda de carga total em cada trecho, têm-se que:

$$h_{fi} = \frac{J.L.}{100}$$

onde:

h_{fi} = Perda de pressão total do trecho i (m)

$J.$ = Perda de pressão relativa no trecho i (m/100 m)

$L.$ = Comprimento da tubulação no trecho i (m)

5. A perda de pressão total ao longo da linha principal é obtida, somando-se a perda de carga em cada trecho

$$h_{f_{pc}} = \sum_{i=1}^n h_{fi}$$

6. Se o valor de h_f calculado for igual ou ligeiramente inferior ao valor permissível aceita-se o arranjo de diâmetros utilizados nos cálculos. Caso contrário, deve-se fazer outras tentativas, visando obter um arranjo mais adequado.

OBS.: O dimensionamento baseado em energia potencial gravitacional, deve ser feito, visando o melhor aproveitamento possível dessa energia.

.- O cálculo da altura manométrica necessária é dado pela fórmula:

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

em que:

H_m = Altura manométrica necessária (m)

f = Fator de correção para as perdas de carga localizadas igual a 1,05

h_s = Altura de sucção (m)

h_r = Altura de recalque (m)

.- Dimensionamento do conjunto motobomba- Esta etapa compreende a seleção da bomba, dimensionamento do motor, bem como o dimensionamento e seleção dos equipamentos e acessórios. Ou seja:

1. Seleção da bomba - Esta seleção deve ser feita envolvendo várias marcas de bombas, de modo a eleger-se aquela que apresente o melhor rendimento possível.

2. Determina-se a potência absorvida no eixo da bomba

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

em que:

Pa = potência absorvida no eixo da bomba (cv)

Eb = eficiência da bomba selecionada (%)

Qt = vazão total do sistema em (m³/h)

3. Potência do motor - Este parâmetro deve ser determinado como se que:

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

em que:

Pm = potência do motor em (cv)

Em = eficiência do motor (decimal). Tabela 6.

TABELA 6. 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	0,90		

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 de 3.600 rpm (2 polos) e 1.800 rpm (4 polos).

O consumo médio de energia, em conjuntos motobombas, por cv/hora produzido é apresentado na Tabela 7.

TABELA 7. Consumo médio de energia para motores elétricos, diesel e a gasolina.

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

Os tipos de chaves elétricas variam em função da potência dos motores. Tabela 8.

TABELA 8. Tipos de chaves elétricas em função da potência dos motores.

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

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; 11,5; 15; 20; 25; 30; 45; 50; 60; 75; 112,5; 150; 225; 300.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Identificação e Caracterização da Propriedade

Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 9.

TABELA 9. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos

Produtos: José Antonio dos Santos	Projeto Nº 06
Propriedade: Faz. Olho D'Água	Data: 10.04.84
Município: Caicó	Estado: RN
Solo S. 0	
Tipo: Latossolo	Classe: 2 Textura: Arenosa
Profundidade: 1,5 m	Declividade longitudinal: 3%
Capacidade de Campo: 11%	Ponto de murchamento: 4,7% 4,7%
Densidade aparente: 1,58 g/cm ³	Velocidade de infiltração básica: 10 mm/h
Velocidade do vento: 2,00 m/s	
Água	
Fonte: Rio	Capacidade: m ³ Vazão: 35 m ³ /h
Volume Anual disponível: m ³	Classe: C ₂ S ₁ C ₂ S ₁
Outros Dados	
Altura de sucção: 2,0 m	Horas de trabalho/dia: 12 h
Altura de recalque: 4,86 m	Dias de trabalho/semana: 6 d
Tipo de energia: elétrica	Eficiência de irrigação: 70%
Cultura	Área-ha
	Profundidade efetiva da raiz - cm
	1º mês 2º mês 3º mês 4º mês
Tomate industrial	3,15 20 40 40 40
Melão	3,15 30 60 60 -
Espaçamento para Tomate: 1,20 m x 0,40 m;	
Espaçamento para Melão: 2,00 m x 1,00 m.	

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

a) Necessidades de Água de Irrigação

A Tabela 10, mostra as necessidades de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia apresentada. Apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de março como exemplo.

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

2. Os valores de Kc também são dados tabelados obtidos da Tabela 2.

3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = Kc \times ETP = 0,65 \times 147 = 96 \text{ mm}$$

4. Os valores de UC são obtidos dividindo-se a ETP pelo número de dias do mês considerado. Como segue:

$$UC = ETP : N = 96 : 31 = 3,08 \text{ mm/dia}$$

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

6. A precipitação efetiva é calculada em base a metodologia apresentada.

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

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

$$NIL = ETR - PE_{\text{efetiva}} = 96 - 10 = 86 \text{ mm}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada em base a eficiência de irrigação do sistema de irrigação escolhido.

$$NIB = NIL : Ei = 86 : 0,7 = 123 \text{ mm}$$

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

$$Gm = NIB \times 10 = 123 \times 10 = 1.230 \text{ m}^3/\text{ha/mês}$$

TABELA 10- Necessidades de Água de Irrigação.

M E S	CULTURA	ETR (mm)	KC —	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	P.EFET. (mm)	N.IRRIG. LÍQUIDA (mm)	N.IRRIG. BRUTA (mm)	GASTO MENSAL m ³ /ha/mês	VAZÃO UNITÁRIA (l/s x ha)
JAN		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
FEV		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MAR	Tomate Industrial	147	0,65	96	3,08	11	10	86	123	1.230	1,10
ABR		122	0,90	110	3,66	1	0	110	157	1.570	1,45
MAI		116	1,15	133	4,30	0	0	133	190	1.900	1,70
JUN		117	0,90	105	3,51	0	0	105	150	1.500	1,39
JUL		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
AGO	Melão	142	0,65	92	2,98	0	0	93	131	1.310	1,17
SET		162	1,00	162	5,40	0	0	162	231	2.310	2,14
OUT		186	0,90	167	5,40	0	0	167	239	2.390	2,14*
NOV		—	—	—	—	2	0	—	—	—	—
DEZ		—	—	—	—	6	0	—	—	—	—
T O T A L		992	—	865	—	34	10	855	1.221	12.210	—

ETP = Evapotranspiração potencial (mm)

KC = Coeficiente de cultivo

ETR = Evapotranspiração real ou uso consuntivo (mm)

UC = Uso consuntivo (mm/dia)

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

P.EFET. = Precipitação efetiva (mm)

N.IRRIG.LÍQUIDA = Necessidade de irrigação líquida (mm)

N.IRRIG.BRUTA = Necessidade de irrigação bruta (mm)

Eficiência de irrigação- 70%

Mês de maior consumo- outubro, 2,14 l/s/ha

Área irrigável = 3,15 ha

Vazão do projeto- 6,74 l/s ou 24,30 m³/h

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

$$Q_u = \frac{G_m}{3,6 \times h \times D} = \frac{1.230}{3,6 \times 10 \times 31} = 1,10 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

b) O Manejo da Irrigação ou Operação do Sistema de Irrigação

É mostrado pela Tabela 11. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, em base a cultura do melão para o mês de maior demanda (Outubro).

1. Determina-se a lâmina líquida pela fórmula:

$$L_l = 10 \frac{CC - PM}{100} \times \frac{Pr}{Dap \times K \times Pr} = 10 \frac{11 - 14,7}{100} \times 1,58 \times 0,50$$
$$\times 60 = 29,86 \text{ mm}$$

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

$$L_b = \frac{L_l}{E_i} = \frac{29,86}{0,70} = 42,66 \text{ mm}$$

3. A frequência de irrigação é dada por:

$$F_i = \frac{L_b}{UC} = \frac{29,86}{5,40} = \approx 5 \text{ dias}$$

4. Seleciona-se um aspersor, cuja intensidade de aplicação seja menor ou igual a VIB do solo, que é de 12 mm/h. Diante disto, selecionou-se um aspersor modelo ZED-30, com bocal de 4,5 mm x 4,8 mm, alcance do raio 14 m, pressão de serviço de 2 atm (20 m), vazão de 2,33 m³/h, espaçamento de 12 m x 18 m e uma intensidade de aplicação de 10,78 mm/h. (Tabela 12) Como a velocidade média do vento no período crítico é de 2,60 m/s, tem-se o espaçamento entre aspersores deve ser 18 m, ou seja, 20 x 0,65 = 18,20 m.

5. Calcula-se o tempo de irrigação por posição

$$T_{ip} = \frac{L_b}{I_a} = \frac{42,66}{10,78} = 4,00 \text{ h}$$

TABELA 11. Manejo de irrigação ou operação do sistema de irrigação

Mês	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Uso consuntivo (mm/dia)	Frequência de irrigação (dias)	Tempo de irrigação por posição (h)
JAN	-	-	-	-	-
FEV	-	-	-	-	-
ABR	9,95	14,22	3,08	3	1,32
MAI	19,91	28,44	3,66	5	2,64
JUN	19,91	28,44	4,30	4	2,64
JUL	19,91	28,44	3,51	5	2,64
AGO	-	-	-	-	-
SET	14,93	21,33	2,98	5	2,00
OUT	29,86	42,66	5,40	5	4,00
NOV	29,86	42,66	5,40	5	4,00
DEZ	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-

$$E_i = 0,70$$

$$N_{tp} = 26$$

$$Q_a = 2,13 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$I_a = 10,78 \text{ mm/h}$$

$$N_d = 3 \text{ posição/dia}$$

$$P_s = 20 \text{ m}$$

$$h = 12 \text{ h}$$

$$N_{lf} = 2$$

$$Q_t = 27,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. Calcula-se o número total de posições das linhas laterais. Em função do formato da área e da localização da fonte de água, localiza-se no esquema as linhas laterais, secundária e principal. A Fig. 1 mostra o esquema do sistema de irrigação para uma área de 3,15 ha. O número total de posições é dado por:

$$N_{tp} = \frac{L}{Ea} \times 2 = \frac{150}{12} = 26 \text{ posições}$$

Uma maneira prática de obter-se o número de posições da linha lateral, é feita através da localização das posições no próprio esquema de irrigação.

7. O número de posições da linha lateral por dia é dado por:

$$N_d = \frac{H}{Tip} = \frac{12}{4,00} \approx 3 \text{ posições/dia}$$

8. Determina-se o número de linhas laterais necessárias em funcionamento simultâneo

$$N_{lf} = \frac{N_{tp}}{N_d \times PI} = \frac{26}{3 \times 5} \approx 2 \text{ linhas laterais}$$

9. O número de aspersores por linha lateral é obtido de maneira prática, locando-se no desenho, os aspersores com seus respectivos espaçamentos. Em base a Fig. 1, verifica-se que o número de aspersores é igual a 6.

10. A vazão da linha lateral é determinada pela fórmula:

$$Q_l = q_a \times N_{al} = 2,13 \times 6 = 13,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

11. Determina-se a vazão total do sistema

$$Q_t = Q_l \times N_{lf} = 13,93 \times 2 = 27,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Irrigação

Neste projeto a linha principal é fixa, enquanto as laterais são móveis. A tubulação deve ser de alumínio com engate rápido. A tubulação deve ser de alumínio com engate rápido. A seguir, dimensiona-se as linhas laterais e principal, obedecendo-se os limites de perdas de carga permissíveis.

é a que se apresenta mais crítica, sendo portanto, utilizada para o dimensionamento da linha principal. Neste caso, a vazão do trecho MB A será $28,00 \text{ m}^3/\text{h}$ e no trecho A-B $14,00 \text{ m}^3/\text{h}$.

.- Para determinar-se o diâmetro econômico, procede-se do seguinte modo:

Toma-se dois pontos na abscissa da Figura 4 correspondente a $14,00$ e $28,00 \text{ m}^3/\text{h}$, e destes projetam-se linhas verticais, interseccionando as curvas de perdas de carga para diversos diâmetros. Em seguida, procura-se arranjar os diâmetros de modo que as somas das perdas de pressão em ambos os trechos não ultrapassem a perda de carga permitível.

Se arranjarmos os diâmetros de 3 e 4 polegadas, teremos:

$$h_f \text{ A-B} = \frac{1,4 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 72 = 1,01 \text{ m}$$

$$h_f \text{ MB-A} = \frac{1,4 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 90 = 1,26 \text{ m}$$

$$h_{fp} = h_f \text{ MB-A} + h_f \text{ A-B} = 1,26 + 1,01 = 2,27 \text{ m}$$

Verifica-se que a perda de carga total ($2,27 \text{ m}$) calculada para este arranjo dos diâmetros da tubulação da linha principal, apresenta-se ligeiramente inferior a perda de carga permitível ($3,58 \text{ m}$). Portanto, aceita-se esta condição.

3. Calcula-se a altura necessária no conjunto motobomba

$$\begin{aligned} H_m &= f (P_i + h_{fp} + h_s + h_r) = 1,05 (23,86 + 2,27 + 2,00 + 4,86) \\ &= 34,64 \text{ m} \end{aligned}$$

4. A seleção da bomba deve ser feita de modo a eleger-se aquela que apresente o melhor rendimento possível.

.- Toma-se um ponto na abscissa e outro na ordenada da Fig. 6 respectivamente a vazão e a altura manométrica total. A interseção de linhas perpendiculares em ambos os pontos, determina a eficiência da bomba, bem como o diâmetro do rotor. Esta é a maneira mais correta, pois pode-se determinar o diâmetro do rotor e eficiência da bomba,

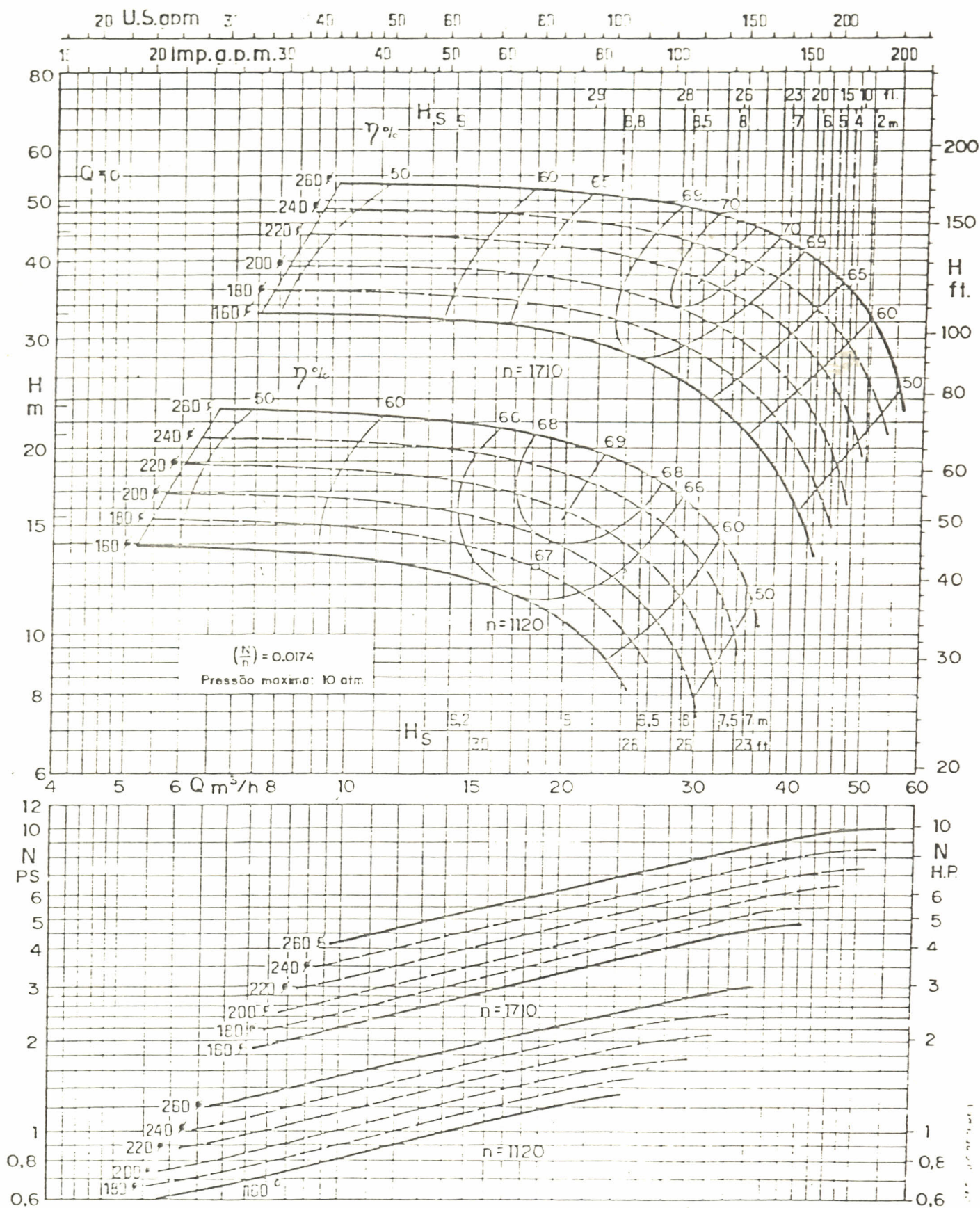


FIG. 6 - Curvas características de bomba centrífuga de eixo horizontal marca KSB modelo ETA 50-33/2 com 1120 e 1710 rpm.

para as condições dadas. Assim, para uma vazão de $28 \text{ m}^3/\text{h}$ e uma altura manométrica de $38,79 \text{ m}$ pode-se constatar pela Figura 6, que a bomba selecionada apresenta as seguintes características: bomba centrífuga, marca KSB, modelo ETA 50-33/2, com 1710 rpm, rotor com 200 mm de diâmetro e uma eficiência de 70%.

.- A potência absorvida no eixo da bomba é dada por:

$$P_a = \frac{Q_t \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{28 \times 34,64}{2,7 \times 70} = 5,13 \text{ cv}$$

5. Determina-se a potência do motor:

Para motores elétricos com potência entre 5 e 10 cv, o rendimento é de 0,80. Tabela 6. Assim, a potência do motor será:

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{5,13}{0,8} = 6,41 \text{ cv}$$

Portanto, a potência do motor selecionado é de 7,5 cv.

6. Calcula-se a potência do transformador:

$$P_t = 0,97 \times P_m = 0,97 \times 7,50 = 7,28 \text{ KVA}$$

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

Para motores elétricos com potência até 7,5 cv. a chave elétrica deve ser do tipo "magnética de proteção". Tabela 8.

7. A descrição do conjunto motobomba deve ser feita da seguinte forma:

Conjunto motobomba, composto de uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca KSB, modelo ETA 50-33/2, vazão = $28 \text{ m}^3/\text{h}$ x 39 m de altura manométrica total, com 1710 rpm, rotor stand com 200 mm de $\varnothing$, rendimento de 70%, consumindo no eixo da bomba 5,13 cv, acoplada a um motor elétrico WEG (ou similar) trifásico de 7,5 cv, tensão 380/660 V, IV polos (1740 rpm) 60 Hz, montado em base fixa de cantoneiras de ferro.

A Tabela 13 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários, implantação de um sistema de irrigação por aspersão, para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

Observa-se pela Tabela 13, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de Cr\$ 1.383,64/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 2,0 ha.

TADELA 13 . Custo de implantação de um sistema de irrigação por aspersão para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petrolina-PE).

Discriminação	UNID.	QUANT.	VALOR	
			ORTN	US*
- Tampão final de alumínio com engate rápido c/ 2" de Ø.	Unid.	02	0,76	5,61
- Tampão final de alumínio com engate rápido c/ 3" de Ø.	Unid.	01	0,57	4,22
- Cano de alumínio com 6 m de comprimento, engate rápido e 2" de Ø.	Unid.	18	39,89	293,72
- Cano de alumínio com 6 m de comprimento, engate rápido e 3" de Ø.	Unid.	12	39,05	287,56
- Cano de alumínio com 6 m de comprimento, engate rápido e 4" de Ø.	Unid.	15	66,14	487,01
- Redução de alumínio com engate rápido, M 4" x F 3".	Unid.	01	1,20	8,85
- Derivação em T com válvula e pê-de-suporte MF 3".	Unid.	06	9,97	73,38
- Derivação em T com válvula e pê-de-suporte MF 4".	Unid.	06	13,56	99,88
- Cotovelo de derivação com chave DF 2".	Unid.	02	5,47	40,29
- Tubo de subida com rosca, 1" de Ø e ponta para engate com 1,00 m de comprimento.	Unid.	12	3,87	28,49
- Aspersor ZED-30, bocal 4,5 mm x 4,8 mm.	Unid.	12	21,28	156,67
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo erva E" cano com 2" de Ø.	Unid.	12	5,17	38,06
- Anéis de vedação de borracha com 2" de Ø.	Unid.	30	1,00	7,34
- Anéis de vedação de borracha com 3" de Ø.	Unid.	15	0,53	3,88
- Anéis de vedação de borracha com 4" de Ø.	Unid.	20	1,04	7,63
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento, 3" de Ø, válvula de pê, nipel e braçadeiras.	Unid.	01	8,09	59,59
- Ligação de pressão com registro, flange, vedação de 3" de Ø.	Unid.	01	9,04	66,54
- Válvula de retenção em bronze com flange de 3" de Ø.	Unid.	01	6,55	48,20
- Conjunto motobomba constituído por uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca KSB, modelo ETA-50-33/2, com 1710 rpm, rotor Stand com 200 mm de Ø, acoplado através de luva elástica a um motor elétrico WEG, trifásico de 7,5 cv. tensão 380/660 V, IV (1740 rpm) 60 Hz, montado em base fixa de cantoneiras de ferro.	Unid.	01	141,67	1.043,16
- Instalação do sistema de irrigação.	H/D**	04	0,98	7,19
TOTAL	-	-	375,83	2.767,57

* 1 dólar = Cr\$ 1.390,00

1 CRTN = Cr\$ 10.235,07

** H/D = Homem/dia

LITERATURA CONSULTADA

- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária da UFV, 1982. 463p. il.
- CATÃO, A.J.C. Evaluation del metodo de riego por aspersion, basado en patrones de aplicacion. Chapingo, Mexico, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1975. 176. il. Tese Mestrado.
- DAKER, A. A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola; irrigação e drenagem. 4 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, F. Bastos, 1973. V. 3, 453p.
- OLLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo, SP, Nobel, 1977. 267p. il.