

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

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ALUNO: LINALDO LAERSON BARBOSA
MATRÍCULA: 8111320 - 9
PROFESSOR ORIENTADOR: FRANCISCO MONTE
ALVERNE DE SALES SAMPAIO

CAMPINA GRANDE - PB

1988



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE:

1. Título	01
2. Apresentação	02
3. Introdução	03
4. Materiais e Métodos	04
4.1. Estudo Teórico	04
4.1.1. Irrigação por Sulco	04
4.1.2. Irrigação por Inundação	15
4.1.3. Irrigação por Aspersão	19
4.1.4. Irrigação Localizada	26
4.2. Estudo Prático	32
4.2.1. Irrigação por Sulco	34
4.2.2. Irrigação por Inundação	40
4.2.3. Irrigação por Aspersão	44
4.2.4. Irrigação Localizada	53
5. Resultados e Discussão	61
6. Conclusões e Recomendações	62
7. Bibliografia	63
8. Anexos	64

1.

I T U L O

PROJETO DE INFRA-ESTRUTURA PARA AULAS
PRÁTICAS DE IRRIGAÇÃO

2.

A P R E S E N T A Ç Ã O

O presente trabalho foi realizado pelo aluno LIVALDO LAERSON BARBOSA sob a orientação do Professor Francisco Monte Alverne de Sales Sampaio, no Laboratório de Engenharia de Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal da Paraíba em Campina Grande, e trata-se de um relatório sobre um projeto de infra-estrutura, para aulas práticas de Irrigação e Drenagem, em uma área adjacente ao citado Laboratório, valendo como cumprimento do Estágio Supervisionado.

3.

I N T R O D U Ç Ã O

O presente trabalho foi iniciado com uma análise e demarcação da área adjacente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação, que foi determinada pelo Departamento de Engenharia Agrícola, para implantação de um projeto de irrigação. Através da análise, fez-se a localização de todos os componentes do projeto, ou seja, da bomba, do canal, dos sistemas de irrigação por aspersão semi-portátil e canhão hidráulico portátil, de uma linha de gotejadores, de tabuleiros de irrigação por inundação e de sulcos em contorno da irrigação.

Após construído o "lay-out", passou - se para a parte do estudo teórico detalhado, tanto da bomba e canal, quanto dos métodos de irrigação existentes.

Com o embasamento teórico, passou-se à parte de dimensionamentos e discussões dos resultados . Tendo em mãos o estudo teórico, a relação dos materiais e o dimensionamento dos sistemas de irrigação, fez-se a conclusão e as recomendações quanto ao funcionamento dos sistemas.

Este relatório tem como objetivos principais projetar uma boa infra-estrutura para aulas práticas de Irrigação e Drenagem, possibilitar um estudo prático e detalhado aos futuros alunos das disciplinas de Irrigação, como também aprofundar os conhecimentos técnicos do aluno estagiário, na área de irrigação.

4. M A T E R I A I S E M É T O D O S

4.1. ESTUDO TEÓRICO

Inicia-se neste tópico um estudo teórico detalhado dos métodos de irrigação por sulco, por inundação, por aspersão e localizada. Este estudo se destina a criar uma boa base teórica a fim de se iniciar o projeto de infra-estrutura, para aulas práticas de irrigação, propriamente ditas.

4.1.1. IRRIGAÇÃO POR SULCO

Irrigação por sulco, como irrigação por faixa e por inundação são métodos de irrigação que estão compreendidos na irrigação por superfície.

Na irrigação por sulco, a água se infiltra, até umedecer a zona radicular das plantas, no solo, através de sua movimentação nos sulcos, que são paralelos às fileiras das plantas.

A evaporação na irrigação por sulco é menor por conta da superfície do solo molhada, neste método, atingir apenas de 30 a 80% da superfície total.

- Forma do sulco

A seção transversal do sulco deve ser tal que conduza a uma quantidade da água necessária para se obter uma distribuição uniforme. A forma mais comum de sulco é em "V".

Quando a irrigação é usada em culturas de sistema radicular raso, torna-se necessário umedecer apenas o solo próximo à superfície. Já em culturas com sistema radicular profundo, devem ser usados sulcos mais profundos, para umedecer o solo abaixo da superfície.

Os sulcos em forma de "U", largos e pouco profundos, são usados em terrenos com baixa capacidade de infiltração, pois, aumentando o perímetro molhado do sulco, aumenta-se a área de infiltração.

Em solos salinos com águas salinas, os saia tendem a ficar nos pontos mais elevados da superfície do solo. Nestas condições, os solos devem ser construídos com bordos pouco inclinados, e formando um pequeno dique, no meio do canteiro, entre dois sulcos adjacentes (o solo se concentrará neste dique).

- Comprimento do Sulco

O decréscimo do comprimento do sulco, aumenta a quantidade de mão-de-obra, o custo de irrigação, a perda da área de cultivo com canais e drenos e a dificuldade de mecanização. Porém, com acréscimo do comprimento do sulco, aumentam as perdas por percolação e decresce a uniformidade de de água aplicada.

Os principais fatores que devem ser considerados na determinação do comprimento do sulco são: a forma e tamanho da área, o tipo do solo, a declividade, a vazão e a cultura a ser irrigada.

- Lâmina de Irrigação Aplicada

A suspensão da aplicação da água, no momento em que a frente de avanço atinge o final do sulco, causa grande desuniformidade na lâmina de aplicação, ao longo do sulco, com uma grande eficiência de água na extremidade final. É fundamental, na irrigação por sulco, que a

água permaneça no final do sulco o tempo suficiente, para que infiltre a lâmina real de irrigação.

- Perdas de água por Percolação e Escoamento

A baixa eficiência de distribuição d'água em um sulco, ou seja, deficiência de água no final do sulco e excesso no início, pode ser notado pela queda de produção no início e no final do sulco. A baixa eficiência de distribuição de água está associada às perdas por percolação, no início do sulco, ou excesso de escoamento, no final.

- Infiltração de Água num Sulco

Devido ao potencial gravitacional, após certo tempo, quando a frente de umedecimento tiver alcançado certo comprimento, o movimento vertical para baixo será maior, fazendo com que a seção transversal do perfil molhado, adquira uma forma semi-ovalada. Nos solos arenosos a movimentação vertical para baixo da água é maior.

- Espaçamento entre Sulcos

O espaçamento dependerá da cultura a ser irrigada, do tipo de equipamento que será usado nos tratamentos culturais e do perfil de umedecimento do solo.

- Declividade dos Sulcos

A declividade nos sulcos não deve exceder 2% para evitar a erosão excessiva. Em regiões chuvosas, para evitar erosões, a declividade dos sulcos não deve exceder 0,5%. Porém, em terrenos arenosos, quanto menor a declividade do sulco, maior as perdas por percolação. Portanto, na determinação da declividade, tem que ser considerada a erosão nos sulcos e as perdas por percolação.

- Vazão nos sulcos

Na irrigação por sulco com redução de vazão, se obtém maior uniformidade da aplicação de água. A redução de vazão consiste na aplicação inicial de uma vazão máxima não erosiva, e quando a frente de avanço atingir o final do sulco, a vazão inicial é reduzida. A vazão inicial deve ser a máxima e a final a mínima, capaz de manter todo o comprimento do sulco com água.

- Avanço de Água no Sulco

A velocidade de avanço de água nos sulcos de irrigação é função da vazão aplicada no sulco, da capacidade de infiltração do solo, da declividade do solo, da rugosidade do sulco e do comprimento do sulco.

- Distribuição e Controle de Vazão

O que se deseja que ocorra na irrigação por sulco, é a distribuição da água, ao mesmo tempo da mesma vazão, em um determinado número de sulcos. Em saídas com o mesmo tamanho, operando sob mesma carga hidráulica, haverá mesma vazão. Portanto, alterando-se a carga hidráulica nas saídas de água, a vazão do sulco é alterada, na irrigação.

Existem três maneiras de distribuir água nos sulcos que são: abrir com enxada de dentes nas paredes dos canais de distribuição, usar sifões que se prestam muito bem para fazer irrigação com redução da vazão inicial e o uso de tubos de comprimento curto, instalado nas paredes dos canais.

VANTAGENS DO MÉTODO

- . Menor custo de implantação e operação
- . Maior simplicidade no reparo e manutenção
- . Adapta-se à maioria das culturas, principalmente às culturas em fileiras.

LIMITAÇÕES DO MÉTODO

- . Requer superfícies uniformes e com declividades não muito acentuadas.
- . Dificuldade de irrigação por sulco, em solos com alta capacidade de infiltração de água.
- . Torna-se difícil a irrigação por sulco, quando existem limitações na quantidade de água.

Tipos de Sistemas de Irrigação por Sulco.

- Sulcos comuns ou de terras planas:

Com declividade ideal de 0,1%; alinhamento retilíneo; forma de "V"; comprimento entre 100 e 500m e podem ser construídos para diferentes vazões.

- Sulcos em contorno:

Em terrenos com declividade acentuada (ideal 1%); na direção das curvas de nível; comprimento entre 70 e 150m; devem ser construídos com capacidade extra, para retenção de enxurradas, provenientes das chuvas e servem para o plantio em curvas de nível, principalmente de videiras.

- Corrugação:

É o tipo de irrigação em que a água se movimenta

na direção da maior declividade, (aconselhável entre 0,5 e 12%); sulcos perpendiculares à curva de nível e em forma de "V" ou "U".

- Sulcos em Ziguezague:

São usados em terrenos com baixa capacidade de infiltração d'água, com declividade moderada e é mais usada, para irrigação de sulcos e pomares.

MOTOBOMBA:

Por serem as bombas do tipo centrífuga com eixo horizontal as mais usadas em irrigação, serão detalhadas suas características.

As bombas podem ser portáteis ou fixas, acionadas por motores elétricos, a óleo ou gasolina e com rotores fechados; bombas com um só rotor são denominadas bombas de simples estágio, e com dois ou mais rotores, denominadas de bombas de dois, três ou mais estágios. O número de rotores é determinado de acordo com a altura manométrica, (quanto maior a altura manométrica, maior o número de rotores). Em irrigação as bombas são normalmente instaladas acima do nível da água do poço de sucção, e deve-se observar o limite máximo da altura estática de sucção.

Conforme QUADRO Nº 1.

ALTITUDE	ALTURA MAX. DE SUCCÃO
Nível do mar	6,5m
1.500 m	5,5m
3.000 m	4,5m

Quadro nº 1 - Altura de sucção, em função da altitude.

A figura nº 1, a seguir, mostra a instalação de uma bomba centrífuga na margem de uma represa, com sua altura máxima de sucção, em função do nível do mar.

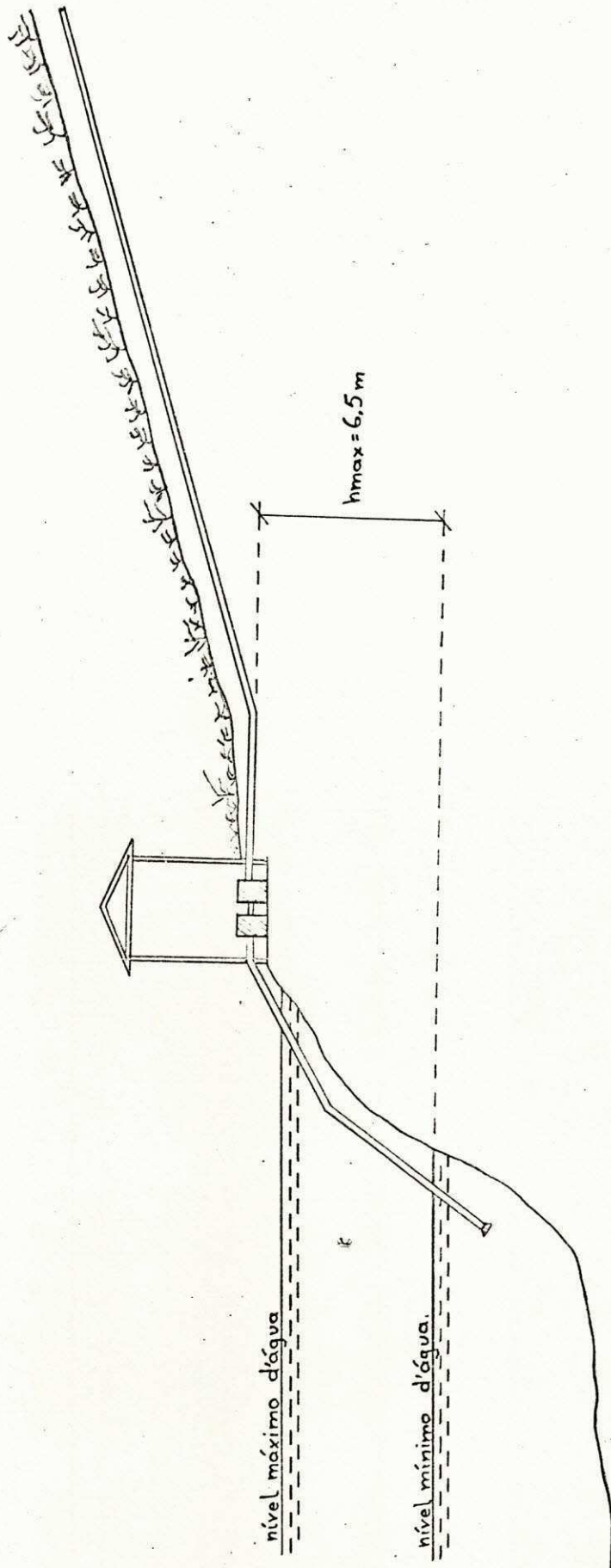
O fator que limita o valor da altura máxima de sucção é o fenômeno da cavitação. A cavitação é a formação de bolhas de vapor de água, por ocasião da pressão na entrada da bomba ser inferior à pressão de vapor de água. As implosões existentes na cavitação, causando ruídos e vibrações no sistema, ou até interrompendo a circulação d'água, ocorrem quando as bolhas de vapor atingem regiões de pressão positiva. O fenômeno provoca corrosão nas paredes da carcaça da bomba e das palhetas do rotor, e reduz sua eficiência.

A altura estática de sucção, o comprimento, o material da tubulação e as perdas de carga (causada por peças especiais, como: válvula de pé, crivo, curvas, reduções) são as variáveis que podem promover a queda de pressão, desde a entrada da tubulação de sucção até a entrada da bomba.

No trabalho a ser realizado, a bomba será fixa, acionada por motor elétrico, com o número de rotores dependendo da altura manométrica. Como a bomba será instalada acima do nível do mar, deve ser observada a altura máxima de sucção, já que é sabido que alturas de sucção acima da máxima podem causar o fenômeno da cavitação, provocando sérios danos na bomba.

Outras observações sobre instalação e manutenção da bomba, que podem aumentar sua vida útil, são:

Figura Nº 1



- . Instalando a bomba com altura de sucção mínima possível, melhor será seu desempenho; deve-se evitar ao máximo peças especiais e curvas desnecessárias, com a finalidade de diminuir as perdas de carga.
- . Para facilitar o escorvamento e evitar entrada de corpos estranhos, deve-se instalar válvulas de pé e crivo, no início da tubulação de sucção. A tubulação de sucção não deverá ter entrada de ar e deverá apresentar inclinação ascendente para a bomba.
- . O conjunto motobomba deve ser protegido contra inundações e chuvas.
- . A fundação sobre a qual se apoiará o conjunto motobomba deve ser firme e nivelado, evitando trepidações e permitindo um correto alinhamento.
- . Devem existir suportes para as tubulações de sucção e de recalque, próximos à bomba. As tubulações não devem se apoiar na bomba.
- . Deve-se fechar o registro antes de parar e ligar o motor.
- . A motobomba só deve ser ligada, depois de verificar se ela está escorvada.

Componentes da motobomba

Além do motor, da bomba, das reduções e curvas, o conjunto motobomba tem os seguintes componentes:

01. Registro de Gaveta

Tem a função de controlar e interromper a vazão d'água. Faz-se necessário fechar o registro antes de parar e ligar o motor.

02. Válvula de Retenção

Tem a função de impedir o fluxo contrário de água, quando o conjunto motobomba for desligado.

03. Válvula de Pé e Crivo

Tem a função de facilitar o escorvamento e de impedir a entrada de sujeiras que por ventura existam no manancial de água em que o motobomba está instalado. Tem-se que tomar cuidado para que o crivo e a válvula de pé não se enterrem.

A figura nº 2, mostra todos os componentes do conjunto motobomba.

CANAIS

Os canais e encanamentos têm a função de conduzir a água desde a captação até a parcela a ser irrigada.

Os principais problemas na condução de água são as falhas estruturais, as infiltrações e o erro de dimensionamento.

Quanto à forma geométrica, tem-se as seguintes canais: trapezoidal, retangular, triangular e semicircular.

As declividades recomendadas para taludes de canais não revestidos são determinadas em função da estabilidade do material com o qual se construirá o canal.

A velocidade dos filetes de água em um canal, varia com a profundidade. Os filetes junto ao fundo do canal, têm velocidade mínima e, próximo à superfície d'água, têm velocidade máxima. Por conta dessa variação, trabalha-se com a velocidade média. Existe velocidade máxima recomendada da água em um canal, em função tanto da erodibilidade do canal, quanto da sua sedimentação.

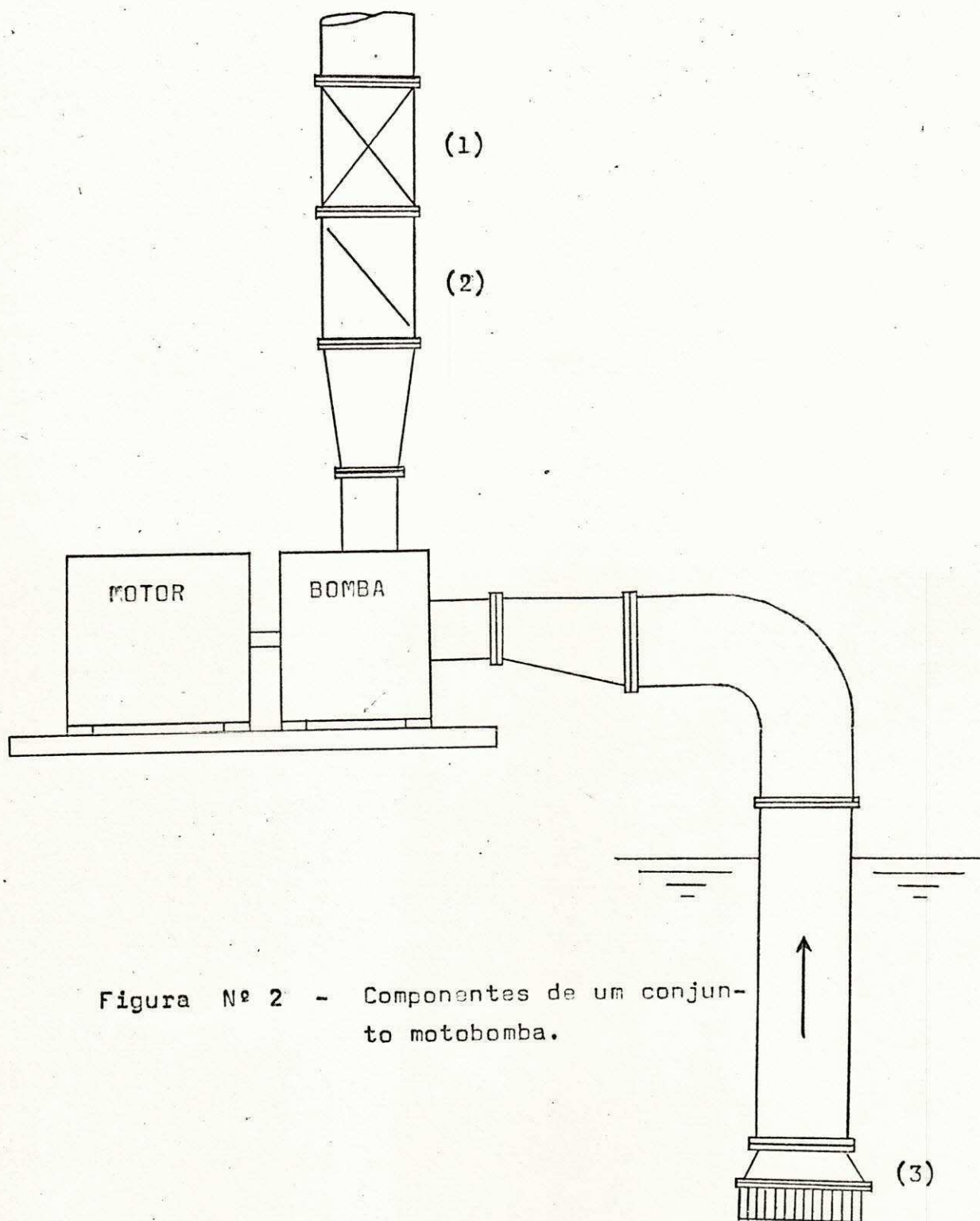


Figura Nº 2 - Componentes de um conjunto motobomba.

A perda d'água por infiltração é um fator que determina, se o canal deverá ser revestido ou não; ou seja, se o custo do revestimento for maior que o custo da água perdida, faz-se um canal não revestido. Há vários métodos de determinação das perdas d'água por infiltração em um canal, sendo o método do infiltrômetro de canal, o mais preciso.

4.1.2. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO

Neste método a aplicação de água é feita por meio de bacias ou tabuleiros. Por serem as bacias ou tabuleiros áreas quase planas, tem-se que fazer, geralmente, sistematização de terras.

É um dos métodos mais simples e mais usado. No caso de irrigação intermitente, coloca-se uma lâmina de água nos tabuleiros até que ela seja infiltrada ou drenada, (usada nas culturas de algodão, feijão, milho, etc). No caso de irrigação contínua, a lâmina de água é mantida nos tabuleiros, por meio da aplicação contínua de água, (usada na cultura do arroz e em dessalinização dos solos através de lavagens). O método de irrigação por inundação pode ser associado com o método de irrigação por sulco, sendo no período do cultivo do arroz, usada como irrigação por inundação, e no período de entressafra do arroz, usado como irrigação por sulco em nível, dentro dos tabuleiros, no cultivo de trigo, feijão, forrageiras, etc.

VANTAGENS DO MÉTODO

- . Economia de mão-de-obra
- . Pouca perda de água por escoamento
- . Dificuldade de desenvolvimento de ervas daninhas

- . Facilidade de manejo de campo
- . Eficiência de Irrigação
- . Máximo aproveitamento da água de chuva
- . Irrigação de solos de baixa capacidade de infiltração

LIMITAÇÕES DO MÉTODO

- . Dificuldade de movimentação de equipamentos
- . Perdas de terrenos de cultivo com diques e canais
- . Facilidade na incidência de mosquitos e esquistossomose
- . Não-aplicação em culturas sensíveis à saturação do solo
- . Não deve ser usada em solo com alta capacidade de infiltração.

Tamanho dos tabuleiros

A área dos tabuleiros pode variar de acordo com vários fatores; eles são:

- Cultura a ser implantada - cultura de arroz possui tabuleiros maiores que os tabuleiros de árvores frutíferas e de vegetais.
- Tipo de solo - quanto mais impermeável o solo, maior poderá ser o tabuleiro.
- Condições topográficas - a diferença de altitude, nas duas direções, não deve exceder $2/3$ da altura da lâmina média que se deseja manter no tabuleiro.
- Vazão disponível - para inundação intermitente - o tamanho dos tabuleiros deve ser tal, que o tempo necessário para encher o tabuleiro não seja maior que $1/4$ do tempo efetivo de irrigação. Para inundação permanente, o tempo para encher o tabuleiro pode ser maior, isto é, o tabuleiro pode ser maior.

Forma dos Tabuleiros

Existem dois tipos de tabuleiros, quanto à forma geométrica, que são: Tabuleiros Retangulares e em Contorno.

Tabuleiros Retangulares

Os tabuleiros retangulares são formados por diques retilíneos e são construídos em áreas planas. Em terrenos com declividade natural inferior a 2% não exige muita movimentação de terras, enquanto que, em declividades maiores que 2% a movimentação de terras na sistematização será grande, por conta dos tabuleiros serem muito pequenos.

O manejo da água, na irrigação de tabuleiros retangulares, pode ser com derivação de água e drenagem individual por tabuleiro, com inundação contínua ou intermitente em terrenos mais planos; ou com circulação d'água, passando de um tabuleiro para o outro, em terrenos de maior declividade com, somente, inundação contínua.

No trabalho a ser realizado, o manejo d'água na irrigação dos tabuleiros retangulares serão com circulação de água, passando de um tabuleiro para o outro, conforme mostra a figura nº 3.

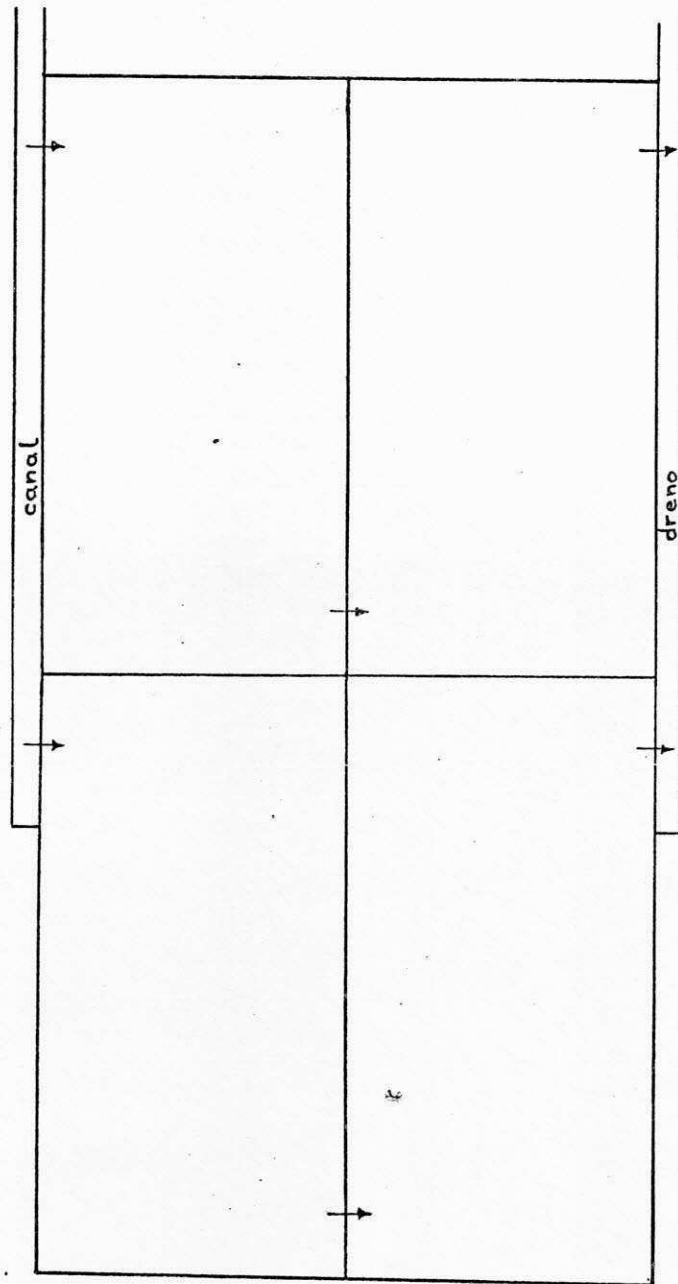
Tabuleiros em Contorno

São formados por diques em curvas de nível e diques retilíneos, em direção transversal às curvas de nível.

Os dois tipos de tabuleiros em contorno, são:

01 . Tabuleiros cujos diques em contorno são paralelos entre si. Este tipo de tabuleiro requer um terreno bem sistematizado, facilitando as operações mecanizadas.

Figura Nº. 3 - Tabuleiros retangulares, com circulação de água de um tabuleiro para o outro.



02 . Tabuleiros cujos diques acompanham exatamente as curvas de nível, não requerendo uma boa sistematização.

Construção de tabuleiros

A construção de tabuleiros exige geralmente sistematização do terreno, pois só se adapta a solos até 2% de declividade. A sistematização pode ser feita por máquinas, em áreas com declividades maiores, ou com pranchão, com tração animal, em declividades menores.

Os diques para formar tabuleiro devem ser melhor construídos que os diques usados na irrigação por faixas.

A durabilidade do sistema de irrigação, também determina as dimensões e o acabamento dos diques, ou seja, diques para tabuleiros podem ser menores e sem acabamento, enquanto os diques, para sistemas semi-perenes, devem possuir dimensões maiores e bem acabados.

A distribuição d'água, para tabuleiros, é feita por meio de comportas, sifões, tubos ou válvulas.

4.1.3. IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Este é o método que faz a aplicação de água em uma superfície do terreno, sob forma de chuvas. Essa semelhança com a chuva ocorre por conta da passagem de água sob pressão, através de pequeno orifício, causando a fragmentação. Os equipamentos necessários para a condução e aplicação de água pelo método de aspersão são: Motobomba, tubulações e aspersores.

Nos solos de textura grossa, será vantajosa a aplicação de água por aspersão. Esses tipos de solo, possuem alta capacidade de infiltração e baixa capacidade de retenção de água, requerendo irrigações freqüentes, com aplicação de menor quantidade de água por irrigação, o que é mais fácil de ser conseguido com irrigação por aspersão.

VANTAGENS DO MÉTODO

- Não exige sistematização do terreno
- Adapta-se a muitos tipos de cultura
- Mantém a fertilidade natural do solo
- É um dos métodos de irrigação que mais economiza água
- Aplicação de fertilizantes e defensivos

LIMITAÇÕES DO MÉTODO

- Sofre influência do vento, umidade relativa do ar, e temperatura.
- Pode facilitar o desenvolvimento de doenças.
- Requer mão-de-obra especializada para operação de manutenção do sistema.

Componentes de um Sistema de Irrigação por Aspersão

ASPERSORES

- . Rotativos
- . Estacionários
- . Bocais
- . Tubos Perfurados

Quanto à rotação

- . Impacto do braço oscilante
- . Reação de saída de água

Quanto à velocidade

- . Pequenos - 1 ou 2 rpm
- . Gigantes - 0,5 rpm

Quanto ao ângulo de inclinação do jato

- . 30°
- . 6° (subcopa)

Quanto ao número de bocais

- . 1
- . 2 - dois diâmetros

Classificação de Aspersores quanto ao Tamanho e à Pressão
de Serviço

1. Asp. com P.S. muito baixa
P.S. - 4 a 10 m.c.a.
Pequeno raio de ação
Micro-aspersores e aspersores de jardim

2. Asp. com P.S. baixa
P.S. - 10 a 20 m.c.a.
Raio de ação - 6 a 12 m
Subcopa de pomares, pequenas áreas de cultivo

3. Asp. com P.S. média
P.S. - 20 a 40 m.c.a.
Raio de ação - 12 a 36 m
Rotativos de 1 ou 2 bocais

4. Asp. Gigantes ou Canhão Hidráulico
Médio alcance
• P.S. - 40 a 80 m.c.a.
Raio de ação - 30 a 60 m

Longo alcance
• P.S. - 50 a 100 m.c.a.
Raio de ação - 40 a 80 m

Tubulações

Existem tubulações de diversos tipos de materiais tais como: aço zincado, alumínio, PVC rígido, ferro fundido, cimento amianto e concreto. Exceto as tubulações de alumínio que têm 10 metros de comprimento, todas as demais possuem 6 metros de comprimento.

A linha principal conduz água das bombas até as linhas secundárias, se existirem, ou as laterais. As linhas secundárias conduzem água da principal às laterais. Nas laterais sai água pelos aspersores.

Pode-se utilizar quaisquer dos materiais citados nas tubulações principal e secundária, porém na lateral, a tubulação deve ser mais leve.

Tipos de Sistemas de Aspersão

I. Sistemas de aspersão móveis

I.1. Sistema com movimentação manual

- sist. de asp. portátil
- sist. de asp. semi-portátil
- sist. de asp. por canhão hidráulico portátil
- sist. de asp. por mangueira
- sist. de asp. por tubos perfurados portáteis

I.2. Sistema com movimentação mecânica

- sist. de asp. sobre rodas, com deslocam. longitudinal.
- sist. de asp. sobre rodas, com deslocam. lateral
- sist. pivô central
- sist. autopropelido com canhão hidráulico
- irrigadores de braços tubulares suspensos

2. Sistema de aspersão fixos

- Fixo portátil
- Fixo permanente

Como no trabalho serão usados os sistemas de irrigação por aspersão semi-portátil e por canhão hidráulico portátil, serão detalhados esses dois sistemas.

- O sistema de aspersão semi-portátil é caracterizado por sua linha principal ser fixa e as laterais serem móveis. A linha principal pode ser enterrada ou ficar sobre a superfície. As linhas laterais devem ser leves, dotadas de juntas ou conexões de acoplamento rápido.

- O sistema de aspersão por canhão hidráulico portátil, é composto de uma ou mais linhas laterais, com um aspersor gigante ou um canhão hidráulico, por lateral.

Planejamento de Sistema de Irrigação por Aspersão

Para se determinar qual o sistema de irrigação por aspersão será usado, devem ser analisados vários pontos, dentre eles:

1. Tamanho e forma da área

Áreas quadradas e retangulares facilitam o manejo de irrigação por aspersão, enquanto que áreas irregulares requerem linhas laterais de diferentes comprimentos.

2. Topografia

O custo do método de irrigação aumenta com o aumento da declividade e desuniformidade do solo. O aumento do custo é menos na irrigação por aspersão do que nos outros métodos.

3. Solo

Os solos de textura grossa se adaptam melhor à irrigação por aspersão, porque nesses solos pode-se irrigar com maior intensidade de aplicação.

4. Suprimento de água

Irrigação por aspersão adapta-se melhor para vazões pequenas e contínuas.

5. Cultura a ser irrigada

Culturas com o sistema radicular pequeno requerem irrigações mais freqüentes, com aplicação de pequenas lâminas. A irrigação por aspersão se adapta a essas culturas.

6. Disponibilidade de Mão-de-obra

A irrigação por aspersão requer mão-de-obra para fazer as mudanças das linhas laterais, como também na manutenção do material.

7. Clima

A intensidade do vento, a umidade relativa do ar e a temperatura, afetam a irrigação, provocando perda de água por evaporação.

Os fatores que afetam no desempenho dos aspersores são: o bocal, a pressão e a superposição.

4.1.4. IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Este tipo de irrigação é caracterizado pela aplicação da água diretamente à zona radicular da cultura, em pequenas intensidades e alta frequência, de modo que mantenha a umidade do solo próximo à capacidade de campo.

Na irrigação localizada não há mudança de laterais no sistema, isto é, o sistema é fixo, tendo tantas laterais forem necessárias para cobrir a área. No entanto há divisões no sistema, determinado número de laterais trabalha por vez, com a finalidade de minimizar a capacidade do cabeçal de controle.

O uso de irrigação localizada é bastante limitado por conta dos seus altos custos, devido ao sistema ser fixo. Um fator que influencia no custo do sistema, é o espaçamento entre plantas, isto é, quanto maior o espaçamento entre plantas, maior também será o espaçamento entre os emissores, diminuindo o custo.

VANTAGENS DO MÉTODO

- . Maior eficiência no uso de água
- . Maior produtividade
- . Maior eficiência de adubação
- . Maior eficiência no controle fitossanitário
- . Não interfere com práticas culturais
- . Adapta-se a diferentes tipos de solos e topografia
- . Pode ser usado com água salina em solos salinos

LIMITAÇÕES DO MÉTODO

- . Entupimentos
- . Distribuição do sistema radicular

Classificação quanto as características hidráulicas de vazão e distribuição de água

1. Gotejamento

- Vazão - 1 - 12 l/h
- Propagação da água através do solo

2. Microaspersão

- Vazão - 12 - 120 l/h
- Propagação da água através do ar

3. Xiquexique

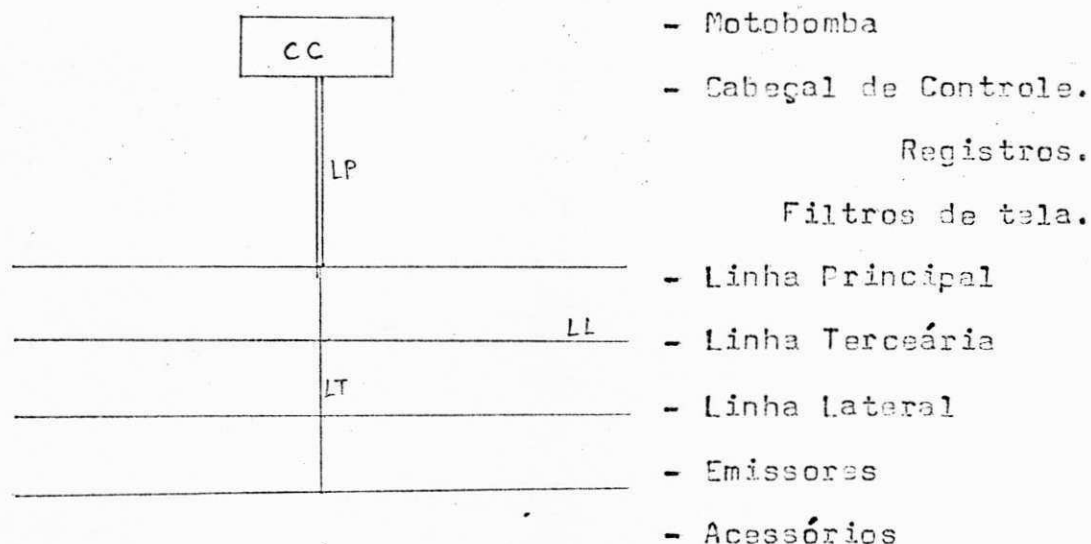
- Vazão - 20 - 90 l/h
- Propagação da água através do solo

4. Subsuperficial

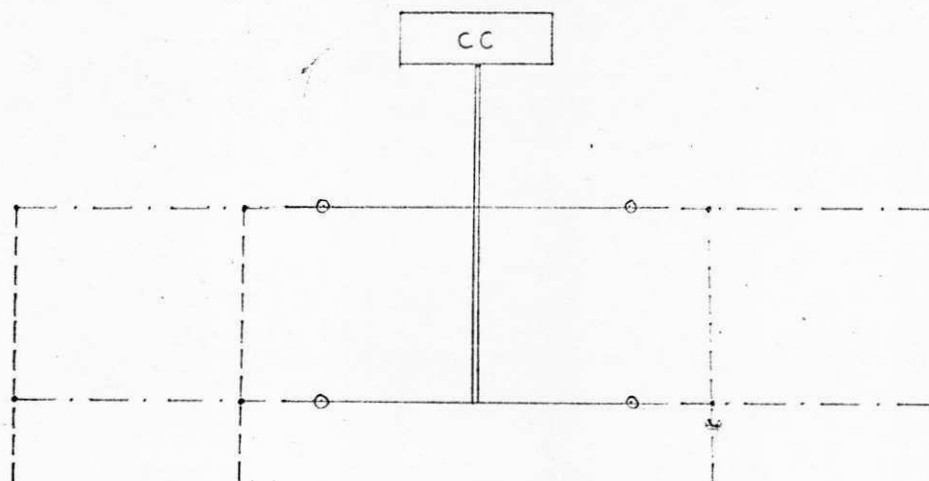
- Vazão - 24 l/dia
- Propagação da água através do solo.

Componentes do sistema

1. Componentes da Irrigação localizada com uma única sub-unidade.



2. Sistema de Irrigação Localizada com mais de uma sub-unidade de irrigação.



- Motobomba
- Cabecal de Controle
 - Filtro de areia
 - Filtro de tela
 - Injetor de fertilizantes
 - Registros
 - Manômetro

- Válvulas volumétricas
- Reguladores de pressão
- Emissores
- Acessórios

Na irrigação localizada, as tubulações se dividem em:

Linha Principal - a linha principal conduz água desde o motor bomba até as linhas terciárias. Na linha principal pode-se usar materiais, como: polietileno, PVC rígido ou flexível, tubos galvanizados e tubos de cimento. O cabeçal de controle é geralmente instalado no início da tubulação principal.

Linha Terciária - conduz água da principal a lateral. Geralmente, utiliza-se tubos de polietileno flexível, quando instalados sobre a superfície, ou tubos de PVC rígido, quando enterrados.

Linhas Laterais - são linhas nas quais estão localizados os aspersores. São constituídos de tubos de polietileno flexível com diâmetro, variando de 12 a 32 mm. As linhas laterais devem ser dispostas em nível. Normalmente o espaçamento das linhas laterais é determinado em função do espaçamento entre fileiras. O espaçamento dos emissores é função do espaçamento entre as plantas.

Emissores - São dispositivos instalados nas linhas laterais com a função de controlar a saída de água para o solo. O orifício de saída de água denomina-se ponto de emissão.

Temos então:

Irrigação por gotejamento = emissor = gotejador.

Irrigação por Microaspersão = emissor = microaspersor

Irrigação por Xiquexique = emissor = orifícios

Irrigação subsuperficial = emissor = cápsulas porosas, potes, mangueiras furadas, etc.

Características básicas desejáveis de um emissor

1. Vazão constante
2. Pouca sensibilidade à obstrução
3. Uniformidade de fabricação elevada
4. Resistência ao desgaste provocado por corrosões químicas, variação de temperatura e insolação
5. Pequena perda localizada na conexão lateral

Perigo de obstrução dos emissores

I. Atual ou Imediato

Quando partículas de areia apresentam tamanho suficiente para provocar entupimento.

2. Potencial

Quando as partículas e organismos são microscópicos e não são retidos nos sistemas de filtragem, alimentando-se ao longo do tempo, tendem a obstruir os emissores; cristalização dos sais e bactérias dentro do tubo.

Equipamentos utilizados no tratamento de água na irrigação localizada

1. Hidrociclones - separadores centrífugos ou decantadores
2. Filtro de areia - consiste em camadas de diferentes texturas isoladas, dentro de um tanque cilíndrico.
3. Filtro de Tela - constituído por uma placa protetora na

qual está envolta uma tela.

Métodos de Injeção de Fertilizantes

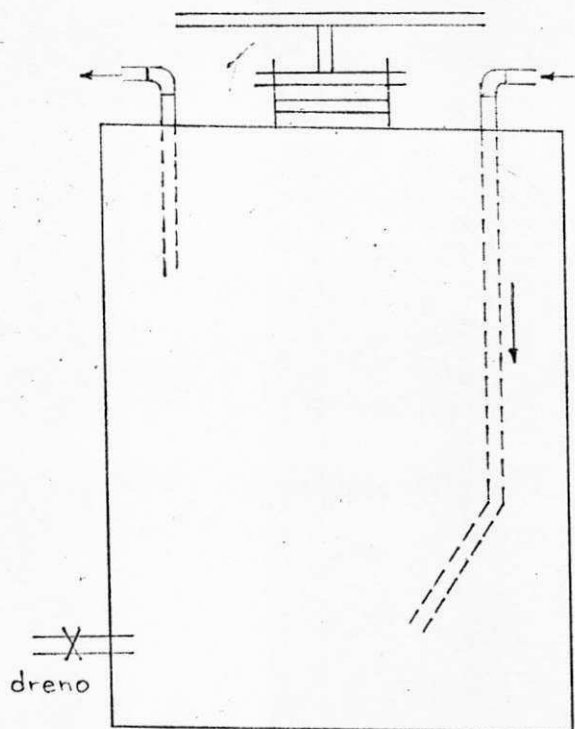
1. Tanques de Fertilização

Funcionam por diferença de pressão, e sua eficiência de aplicação de fertilizantes depende da capacidade do tanque de fertilização e de solubilidade de nutrientes. O esquema de um tanque de fertilizantes é mostrado, a seguir, na figura nº 4.

2. Bombeamento de Fertilização

Através de motobombas.

Figura nº 4 - Esquema do tanque de Fertilização.



4.2. ESTUDO PRÁTICO

Constam neste tópico os dimensionamentos dos métodos de irrigação por sulco em contorno, aspersão com sistema semi-portátil e canhão hidráulico e localizada por gotejamento, como também o dimensionamento do canal, da tubulação e do motobomba, a fim de que seja implantado posteriormente o campo experimental para aulas práticas.

Dados para elaboração projeto de infra-estrutura para aulas práticas.

1 - ÁGUA

- Fonte Açude

2 - SOLO

- TexturaFranco
- Capacidade de Campo14%
- Ponto de Murcha7%
- Densidade Aparente1,5 g/cm³
- Espaçamento
- Largura da área molhada.....1,0 m
- Infiltração Básica45 mm/h
- Vazão máxima erosiva2 l/s
- Dados para irrigação por sulco
 - Infiltração Acumulada.

$L = CT^m ; L \text{ (mm) e } T \text{ (min)}$

$C = 6,0$

$m = 0,55$

- Equação de Avanço.

$$C_2 = .RT^S ; C_2 \text{ (m) e } T \text{ (min)}$$

$$R = 6,4$$

$$S = 0,58$$

3 - CLIMA

LOCAL - Campina Grande

VELOCIDADE DO VENTO - 12 Km/h

<u>MESES</u>	<u>ETR (mm)</u>	<u>P_p (mm)</u>
JAN	163.....	5
FEV	142.....	9
MAR	141.....	18
ABR	114.....	41
MAI	90.....	53
JUN	75.....	84
JUL	80.....	57
AGO	99.....	29
SET	125.....	6
OUT	153.....	1
NOV	156.....	1
DEZ	161.....	3

4 - INFORMAÇÕES

- Jornada de Trabalho 10 h/dia.
- Dias de Trabalho por semana 6 dias.

4.2.1. IRRIGAÇÃO POR SULCO

Cultura a ser irrigada - UVA

Projeto Agronômico

1. Uso consuntivo diário

$$U_c = ETR \times f$$

Em que:

U_c - Uso consuntivo da cultura (mm/dia)

ETR - Evapotranspiração de Referência (mm/dia)

(Mês de maior demanda).....ETR = 5,4 mm/dia

f - Fator de cultivo f = 0,7

$$U_c = 5,4 \times 0,7 \quad U_c = 3,78\text{mm/dia}$$

2. Lâmina de irrigação

2.1. Lâmina inicial.

$$L_1 = \frac{CC - PM}{100} \times da \times F$$

Em que:

L₁ - Lâmina inicial (mm)

CC - Capacidade de campo (%)CC = 14%

PM - Ponto de Murcha (%)PM = 7%

da - Densidade aparente (g/cm³)da = 1,5g/cm³

P - Profundidade das raízes (mm)F = 800 mm

$$L_1 = \frac{14 - 7}{100} \times 1,5 \times 800 \quad L_1 = 84\text{mm}$$

2.2. Lâmina de Reposição.

$$L_2 = y \times L_1$$

Em que:

- L₂ - Lâmina de Reposição (mm)
- y - Água de Reposição (mm) y = 40 mm
- L₁ - Lâmina Inicial (mm) L₁ = 84 mm

$$L_2 = 0,4 \times 84 \quad L_2 = 34 \text{ mm}$$

2.3. Lâmina de Reposição Corrigida.

$$L_3 = L_2 \times \frac{7}{du}$$

Em que:

- L₃ - Lâmina de Reposição Corrigida (mm)
- L₂ - Lâmina de Reposição L₂ = 34 mm
- du - Número de dias de trabalho/semana.... du = 6 dias

$$L_3 = 34 \times \frac{7}{6} \quad L_3 = 40 \text{ mm}$$

PROJETO DE ENGENHARIA

1. Espaçamento do Sulco (C₁)

1.1. Mínima:

Função do solo e das máquinas C₁ = 1m

Máxima:

Função da cultura

2. Comprimento do Sulco (C₂) e Vazão (q)

A figura nº I possibilita a determinação do comprimento (m) e vazão (l/s) do sulco em função da infiltração básica (mm/h)

C₂ = 40 mm/h e q = 1,1 l/s

3. Tempo de Irrigação

3.1. Tempo inicial (T₁)

$$T_1 = \frac{L_1 \times a}{36 \times Efa \times q}$$

Em que:

- T₁ - Tempo necessário para a Lâmina Inicial (h)
- L₁ - Lâmina Inicial (mm) L₁ = 84 mm
- Efa - Eficiência de Aplicação (%) Efa = 80%
- q - Vazão do Sulco (l/s) q = 1,1 l/s
- a - Área Irrigada pelo Sulco - a = Cm x C₂ (m²)
 - Cm - Largura Molhada pelo Sulco (m)
 - C₂ - Comprimento do Sulco (m)

$$a = 1 \times 40$$

$$a = 40 \text{ m}^2$$

$$T_1 = \frac{84 \times 40}{36 \times 60 \times 1,1}$$

$$T_1 = 1,06 \text{ h}$$

3.2. Tempo de Reposição (T_2)

$$T_2 = \frac{L_3 \times a}{36 \times Efa \times q}$$

Em que:

T_2 - Tempo necessário para aplicar a lâmina de reposição (h).

L_3 - Lâmina de Reposição Corrigida (m) $L_3 = 40 \text{ m}$

Efa - Eficiência de Aplicação (%) $Efa = 80\%$

q - Varão do Sulco (l/s) $q = 1,11/s$

a - Área irrigada pelo sulco (m^2).

$$a = C_m \times a$$

C_m - Largura molhada pelo sulco (m) $C_m = 1 \text{ m}$

C_2 - Comprimento do Sulco (m) $C_2 = 40 \text{ m}$

$$a = 40 \times 1$$

$$a = 40 \text{ m}^2$$

$$T_2 = \frac{40 \times 40}{36 \times 80 \times 1,1}$$

$$T_2 = 0,50 \text{ h}$$

4. Frequência de Irrigação

$$F = \frac{C_{as} \times Efa}{100 \times U_c \times a}$$

Em que:

F - Frequência de Irrigação (dia)

Cas- Capacidade de Armazenamento do Sulco (l)

Efa- Eficiência de Aplicação (%)

Uc - Uso consuntivo (mm/dia)

a - Área irrigada pelo Sulco (m²)

$$F = \frac{1488 \times 80}{100 \times 3,78 \times 40} \quad F = 8 \text{ dias}$$

HIPÓTESE I

Quando $Cas < Va$, ajusta-se à vazão em função de T_2 e Cas
 neste caso a vazão ajustada $qa = \frac{Cas}{3600 \times T_2}$

$$qa = \frac{Cas}{3600 \times T_2}$$

$$qa = \frac{1488}{3600 \times 0,5} \quad qa = 0,827 \text{ l/s}$$

HIPÓTESE II

Quando $Cas \geq Va$, adota-se o valor de Va .

Em que:

Va - Volume Aplicado (l)

$$Va = \frac{q \times T_2 \times 3600}{1} \quad Va = 1,1 \times 0,5 \times 3600$$

$$Va = 1980 \text{ l/s}$$

q - Vazão do Sulco (l/h)

T_2 - Tempo de Reposição

$$Cas = Vi + Vs \quad Cas = 392 + 1096 \quad Cas = 1488 \text{ l}$$

Vi - Volume infiltrado durante o tempo de reposição (l)

$$Vi = \frac{T_2 \times ai \times Ib}{100}$$

Em que:

T₂ - Tempo de Reposição (h)

ai - Área de Infiltração, função do comprimento da seção ' molhada do sulco (dm²) - de acordo com a figura - 2

Ib - Infiltração básica do solo (mm/h)

$$Vi = \frac{0,5 \times 1,740 \times 45}{100} \quad Vi = 392 \text{ l}$$

Vs - Volume armazenado na superfície do sulco durante a irrigação (l) - Figura - 2

$$Vs = 1096 \text{ l}$$

$$Vs = as \times Cs$$

Em que:

As - Área média da seção do sulco para uma declividade' de 0,1%, seção trapezoidal, altura máxima no final' do sulco 15 cm (dm²)

C₂ - Comprimento do sulco (m)

$$As = 2,74 \text{ dm}^2$$

- Área irrigada por sulco

$$ap = (Ep \times E_2) \times n$$

Ep - Espaçamento entre fileiras de plantas (m)

E₂ - Comprimento do sulco (m)

n - Número de fileira de planta por sulco

$$ap = 1 \times 40 \times 1$$

$$ap = 40 \text{ m}^2$$

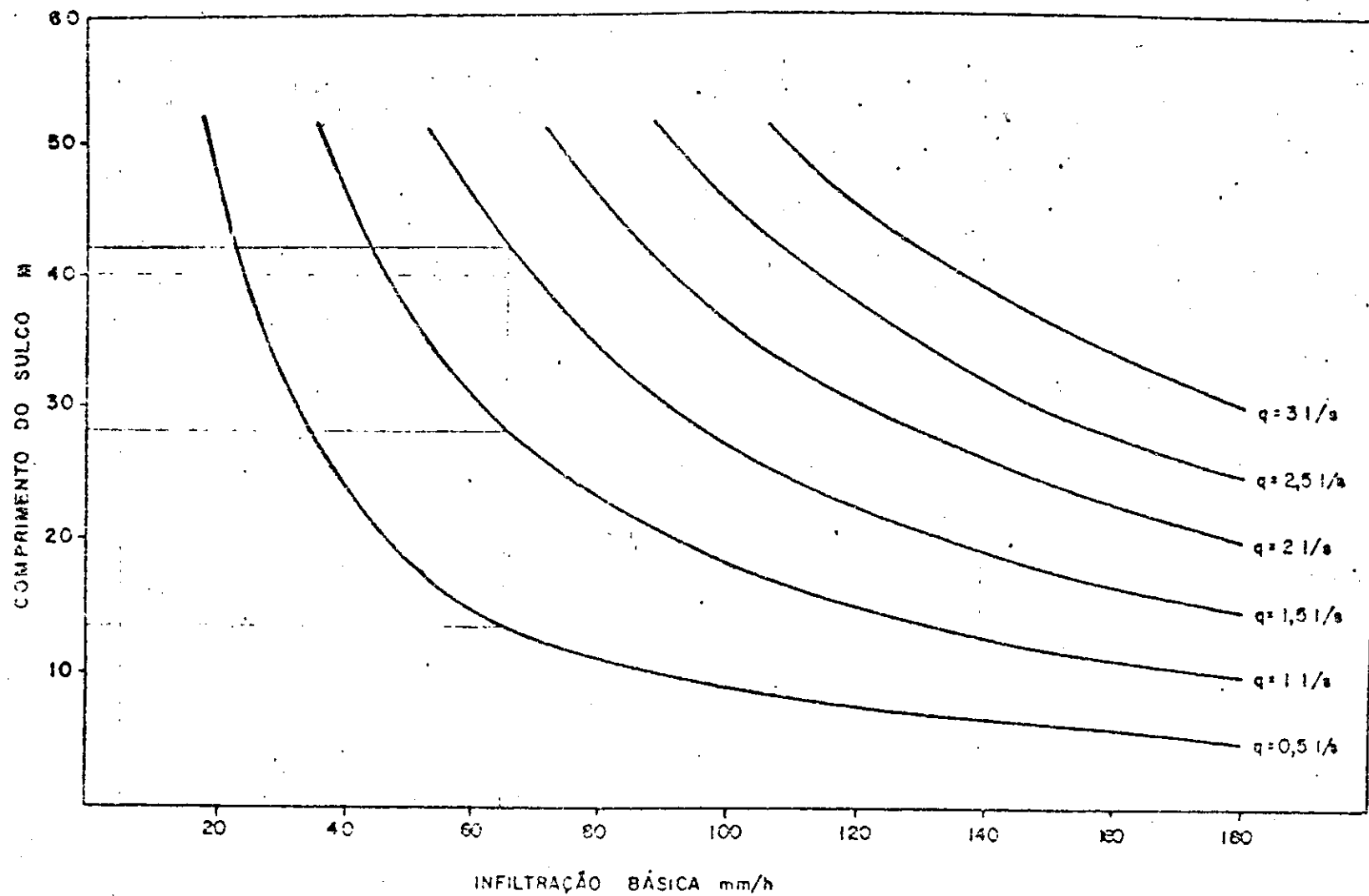


Fig. 4 - Valores de comprimento de sulco para irrigação com tubo janelado em função da vazão da janela, infiltração básica do solo, perímetro molhado do sulco (P_m) igual a 0,2m e perda por percolação igual a 10%.

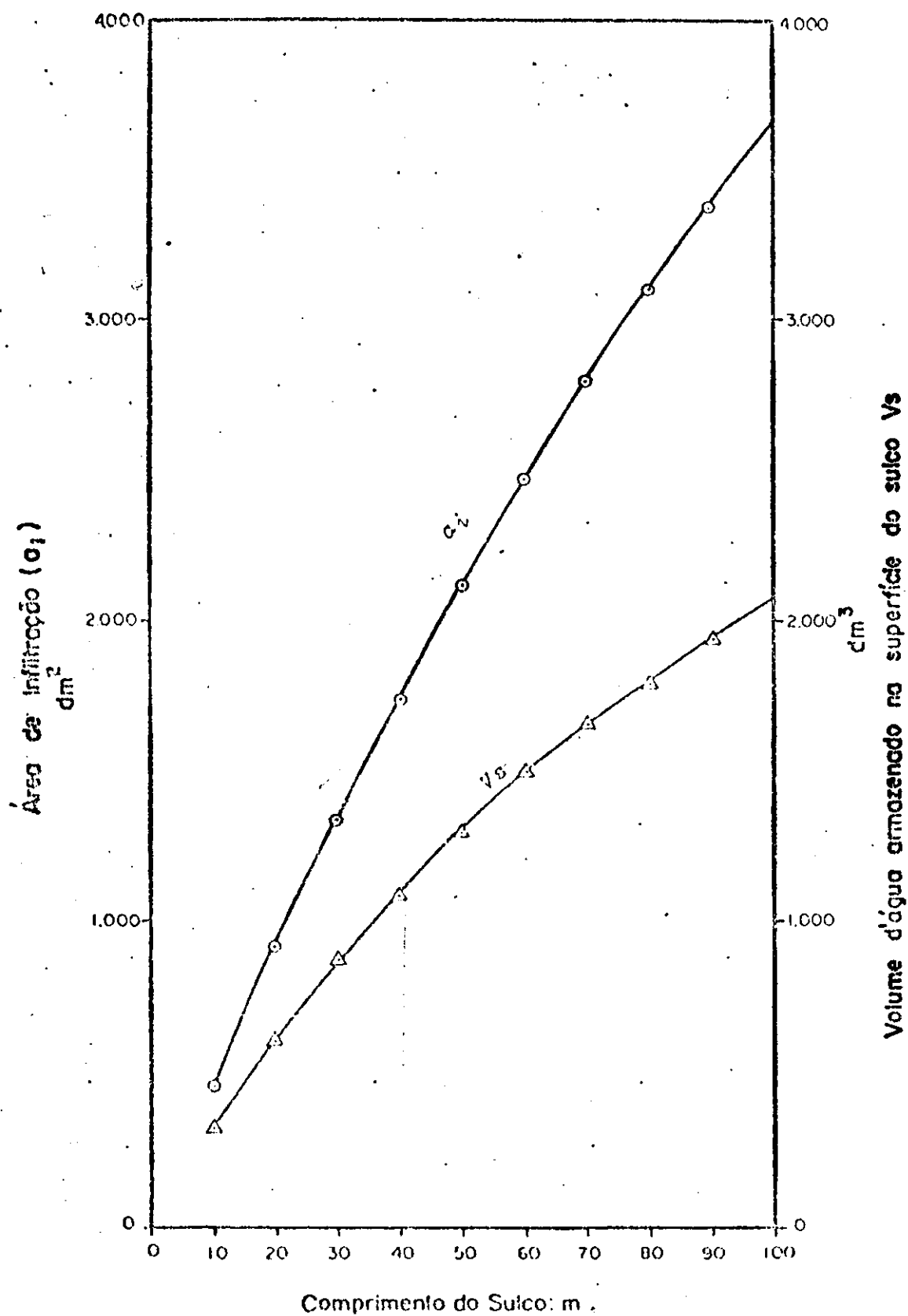


FIG. 41 - Área de infiltração e volume armazenado na superfície do sulco fechado no final com declividade de 0,1% e seção trapezoidal com altura máxima de água no final do sulco de 15 cm. (Dimensões da seção do sulco, base menor 12,8 cm; base maior 39,5; e altura de 21,4 cm.)

5. Localização dos Sulcos Sifões e Drenos

5.1. Concepção do sistema

Os sulcos serão localizados em direção paralela às curvas de nível com declividade de 0,1%, fechado no final e abastecidos por sifões.

A seção do sulco deve ter as seguintes dimensões médias:

Altura (h)	= 21cm
Base menor (b)	= 13cm
Base maior (B)	= 40cm
Altura da água no final	= 15cm
Altura da água no início	= 11cm

Durante a irrigação, a altura no final do sulco não deve ultrapassar os 15cm. Para evitar o transbordamento e rompimento dos sulcos:

São instalados dois sifões por sulco, com diâmetros diferentes, e quando a frente de avanço atingir o final do sulco, retira o sifão de maior diâmetro.

As valetas de drenagem serão construídas para drenagem na época de chuvas, não funcionando durante os períodos de irrigação, devido aos sulcos serem fechados no final.

4.2.2. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO

Cultura irrigada - arroz

Solo - textura franco

Tabuleiros retangulares - $A = 40m \times 15m$ $A = 600m^2$

- Processo de POIRÉE e OLLIER para calcular as vazões necessárias nos tabuleiros.

DADOS:

- Área do Tabuleiro A = 600 m²
- Altura da Lâmina h = 0,2 m.
- Infiltração Básica ... I=45mm/h = I = 0,045 m/h.
- Evaporação de Referência ..ER=5,4mm/dia =ER= 0,0054m/dia
- Tempo de Aplicação da Lâmina InicialT₁= 0,5 dia
- Tempo Efetivo de Irrigação T₂ = 2 dias
- Número de vezes que se deseja renovar a água nos tabuleirosn = 10

1. Vazão correspondente ao período T₁:

$$q_1 = \frac{A}{t_1} (h + t_1 (ER + I))$$

Em que:

- q₁ - Vazão necessária ; em m³/h;
- A - Área do tabuleiro, em m²;
- t₁ - Tempo de aplicação da Lâmina, em horas;
- h - Altura da Lâmina, em m;
- ER - Evaporação de Referência, em m/h ;
- I - Infiltração Básica, em m/h

$$q_1 = \frac{600}{12} (0,2 + 12 (0,000225 + 0,045))$$

$$q_1 = 37,135 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. Vazão Efetiva de Irrigação

- Não se considera a formação da Lâmina d'água.

$$q_2 = A (ER + I)$$

Em que:

q_2 - Vazão efetiva de irrigação, em m^3/h ;

A - Área do tabuleiro, em m^2 ;

ER - Evaporação de Referência, em m/h ;

I - Infiltração Básica, em m/h ;

$$q_2 = 600 (0,600225 + 0,045)$$

$$q_2 = 27,135 \text{ m}^3/h$$

3. No caso da circulação contínua de água de um tabuleiro para o outro, considera-se o número de vezes que se deseja renovar a água nos tabuleiros, necessitando-se aplicação de uma vazão suplementar igual a Ahn ; assim sendo, a vazão será:

$$q_3 = A (ER + I) + \frac{Ahn}{t_2}$$

q_3 - Vazão para circulação contínua de água de um tabuleiro para o outro, em m^3/h ;

A - Área do tabuleiro, em m^2 ;

ER - Evaporação de Referência, em m/h ;

I - Infiltração Básica, em m/h ;

h - Altura da Lâmina, em m ;

n - Número de vezes que se renova a água;

t_2 - Tempo Efetivo de Irrigação, em hora;

$$q_3 = A(ER + I) + \frac{Ahn}{t_2} = 600(0,000225 + 0,045) + \frac{600 \times 0,2 \times 10}{2160}$$

$$q_3 = 27,691 \text{ m}^3/\text{h}$$

O tabuleiro retangular terá inclinação de 0,3% na direção do lado de 15m e 0,1% na direção do lado de 40m.

São instalados dois sifões no tabuleiro, para que depois de aplicada a lâmina inicial, retire-se um dos sifões.

Dimensionamento do Canal

- Método das Tentativas
- Canal Trapezoidal
com revestimento de concreto.

Para o canal trapezoidal, com seção de máxima vazão, pode-se estabelecer as seguintes relações:

$$- B = 2b$$

$$- h = b \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$- P = 3b$$

$$- A = \frac{3}{2} b \times h$$

$$- Rh = \frac{b\sqrt{3}}{4}$$

Em que:

- b - Largura do fundo do canal, em m;
- A - Área da seção transversal, em m²;
- h - Altura da lâmina d'água no canal, m;
- B - Largura na parte superior da lâmina d'água, em m;
- P - Perímetro, em m.

Q = 37,135 m³/h

Q = 0,0103 m³/s

b(m)	h(m)	A(m ²)	F(m)	Rh	Rh ^{2/3}	I/n	V'($\frac{m}{s}$)	Q($\frac{m^3}{s}$)
0,08	0,0693	0,0083	0,24	0,0346	0,1063	8,7482	0,9299	0,0077
0,09	0,0779	0,0105	0,27	0,0390	0,1149	8,7482	1,0056	0,0105

Largura do fundo - b = 9 cm

Altura do canal - h = 8 + 5 = 13 cm

4.2.3. IRRIGACÃO POR ASPERSÃO

Cultura a ser irrigada - uva

Projeto Agronômico

I. Necessidade Máxima Anual de Cultivo - (Cultura - Uva)

Uc = ETR x f

Em que:

Uc - Uso consuntivo diário (mm/dia)

ETR - Evapotranspiração de Referência (mm)...ETR= 5,4 mm
(Mês de maior demanda)

f - Coeficiente de Cultivo f= 0,7

Uc = 5,4 x 0,7

Uc = 3,78 m m/dia

2. Lâmina de Irrigação

2.1. Lâmina Inicial

2.1.1. Lâmina Líquida

L₁ = $\frac{CC - PM}{100}$ x da x F

100

Em que:

- L_1 - Lâmina Inicial Líquida (mm)
- CC - Capacidade de Campo CC = 14%
- PM - Ponto de Murcha PM = 7%
- da - Densidade Aparente da = 1,5g/cm³
- P - Profundidade das Raízes P = 800 mm

$$L_1 = \frac{14 - 7}{100} \times 1,5 \times 800 \quad L_1 = 64 \text{ mm}$$

2.1.2. Lâmina Bruta

$$L_{11} = \frac{L_1}{Ef}$$

Em que:

- L_{11} - Lâmina Bruta (mm)
- L_1 - Lâmina Líquida (mm) $L_1 = 64$ mm
- Ef - Eficiência de Irrigação (%) Ef = 65%

$$L_{11} = \frac{64}{65} \times 100 \quad L_{11} = 129 \text{ mm}$$

2.2. Lâmina de Reposição

2.2.1. Lâmina Líquida

$$L_2 = \frac{Y}{100} \times L_1$$

Em que:

- L_2 - Lâmina de Reposição Líquida (mm)
- Y - Água de Reposição (%) Y = 40 m m
- L_1 - Lâmina Inicial Líquida (mm) $L_1 = 64$ m m

$$L_2 = \frac{40}{100} \times 64 \quad L_2 = 34 \text{ m m}$$

2.2.2. Lâmina Bruta

$$L_{2,1} = \frac{L_2}{Ef} \times 100$$

Em que:

- $L_{2,1}$ - Lâmina de Reposição Bruta (mm)
- L_2 - Lâmina de Reposição Líquida (mm) $L_2 = 34$ mm
- Ef - Eficiência de Irrigação (%) $Ef = 65\%$

$$L_{2,1} = \frac{34}{65} \times 100 \qquad L_{2,1} = 52,3 \text{ mm}$$

2.2.3. Lâmina Bruta Corrigida

$$L_{22} = L_{21} \times \frac{7}{da}$$

Em que:

- L_{22} - Lâmina de Reposição Bruta Corrigida (mm)
- L_{21} - Lâmina de Reposição Bruta (mm) $L_{21} = 52,3$ mm
- da - Dias de Trabalho por semana $da = 6$ dias

$$L_{22} = 52,3 \times \frac{7}{6} \qquad L_{22} = 61 \text{ mm}$$

3. Frequência de Irrigação

$$F = \frac{L_2}{Uc}$$

Em que:

- F - Frequência de Irrigação (dia)
- L_2 - Lâmina de Reposição Líquida (mm) $L_2 = 34$ mm
- Uc - Uso Consuntivo (mm/dia) $Uc = 3,78$ mm/dia

$$F = \frac{34}{3,78} \qquad F = 9 \text{ dias}$$

4. Tempo de Irrigação

4.1. Mínimo

$$T_{\min} = \frac{L_2}{I_b}$$

Em que:

T_{\min} - Tempo mínimo de irrigação (mm)

L_2 - Lâmina de Reposição Líquida (mm) $L_2 = 34 \text{ m m}$

I_b - Infiltração Básica (mm/hora) $I_b = 45 \text{ m m}$

$$T_{\min} = \frac{34}{45}$$

$$T_{\min} = 0,75\text{h}$$

4.2. Máximo

$$T_{\max} = J$$

Em que:

T_{\max} - Tempo máximo de irrigação

J - Jornada de trabalho $J = 10 \text{ horas}$

$$T_{\max} = 10\text{h/dia}$$

Projeto de Engenharia

1. Seleção dos Aspersores

1.1. Precipitação (Tabela - 2)

P_1 - Mínima - f(clima) $P_1 = 5 \text{ m m/h}$

P_2 - Máximo - f(solo) $P_2 = 45 \text{ mm/h}$

1.2. Relação Bico-Pressão

Bico 6,0 x 9,5 $P_2 = 35 \text{ m.c.a.}$

1.3. Espaçamento Permitido

$$C_1 = \frac{F \times Dm}{100}$$

Em que:

C_1 - Espaçamento entre aspersores

F - Fator f (velocidade do vento)

Dm - Diâmetro molhado pelos aspersores (m)

$$C_1 = \frac{60 \times 38}{100} \qquad C_1 = 23 \text{ m}$$

Como o espaçamento entre os aspersores tem que ser múltiplo de 6 (seis), então $C_1 = 24 \text{ m}$ *

1.4. Seleção do aspersor:

BOCAL (mm)	PS (mca)	VAZÃO (m ³ /h)	ESPAÇ. (m)	RAIO (mm)	ÁREA Molhada	PRECIP. mm/h
6,0x9,5	35,0	8,98	24x24	19,0	576	15,58

1.5. Tempo de Funcionamento

a. Tempo necessário para aplicar a lâmina inicial.

$$T_f = \frac{L_1}{P}$$

Em que:

T_f - Tempo de funcionamento (h)

L_1 - Lâmina Bruta (mm)

P - Precipitação do aspersor (mm/h)

$$T_f = \frac{129}{15,58}$$

$$T_f = 8,57 \text{ horas}$$

b. Tempo necessário para aplicar a lâmina de reposição.

$$T_2 = \frac{L_{21}}{P}$$

Em que:

T_2 - Tempo necessário para aplicar a lâmina de reposição (h)

L_{21} - Lâmina de reposição bruta (mm)

P - Precipitação do aspersor

$$T_2 = \frac{52,3}{15,58}$$

$$T_2 = 3,36 \text{ horas}$$

2. Dimensionamento da Linha Lateral

2.1. Dados:

- Declividade (s) - acompanha a curva de nível
- Número de aspersores - $N_a = 4$

- . Vazão - $q = 8,98 \text{ m}^3/\text{h}$
- . Pressão de serviço - $P_s = 35 \text{ m.c.a. lateral}$
- . Comprimento da linha lateral - $CL = 96\text{m}$
- . Vazão - $q_L = N_a \times q$
 $q_L = 4 \times 8,98 \quad q_L = 35,92 \text{ m}^3/\text{h}$
- . Fator de correção: função do número de aspersores na lateral - $F = 0,480$
- . Velocidade máxima admissível ao longo da linha lateral - $V = 2,4 \text{ m/s}$
- . Perda de carga admissível (m .c.a.)
 $h_{fa} = 20\% P_s - h_{fa} = 0,2 \times 35 \quad h_{fa} = 7 \text{ m.c.a.}$

2.2. Seleção do diâmetro

Como deseja-se usar tubos de PVC na linha lateral, e o fabricante só oferece tubos de "2 e 3" de diâmetro, e segundo o ábaco anexo a velocidade da água no tubo de 2" é maior que 2,5 m/s e a de 3" igual a 2,5 m/s, velocidade da água permitida dentro dos tubos para irrigação, Então dimensionou-se a linha lateral com um só diâmetro (3") de PVC.

2.3. Distribuição da carga na lateral

2.3.1. Pressão no início da lateral

$$P_i = P_s + 0,75 \text{ hf}$$

$$q_a = 8,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_L = 4 \times 8,98 \quad Q_L = 35,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_L = 9,977 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F = 0,480$$

$$C = 145 \text{ - Material - PVC}$$

$$Q = 0,2785 \times D^{2,63} \times C \times J^{0,54}$$

$Q(m^3/s)$	$D(m)$	C	$I(m/100m)$	$hf(mca)$	$Pi(m)$	$Pf(m)$
$9,977 \times 10^{-3}$	0,075	145	6,3	2,9	37,175	34,275

- Perda de carga ao longo da lateral

$$hf \times F \times J \times \frac{L}{100}$$

$$hf = 0,48 \times 6,3 \times \frac{96}{100} \quad hf = 2,9 \text{ m.c.a.}$$

- Pressão no início da lateral

$$Pi = Ps + 0,75 hf$$

$$Pi = 35 + 0,75 \times 2,9 \quad Pi = 37,175 \text{ m}$$

- Pressão no final da lateral

$$Pf = Ps - 0,25 hf$$

$$Pf = 35 - 0,25 \times 2,9 \quad Pf = 34,275 \text{ m}$$

Canhão Hidráulico

Aspersor Canhão Modelo 2001

Rosca Gás 2 1/2"

DIÂMETRO DO BOCAL (m m)	PRESSÃO (m.c.a)	VAZÃO (m ³ /h)	DIÂMETRO IRRIGADO (m)
20x7 x 5	40	33	74

De acordo com o ábaco perda de carga versus vazão em tubos de PVC, obteve-se um diâmetro de 3" com velocidade de 2,3 m/s.

Comprimento do tubo = 96 m

C = 145

F = 1

$$J = 10,67 \frac{1}{D^{4,87}} \times \frac{Q}{C} \quad 1,852$$

$$J = 10,67 \frac{1}{0,075^{4,87}} \frac{0,0092}{145} \quad 1,852$$

$$J = 0,054 \text{ m/m} \quad \frac{m}{100m}$$

- Perda de carga ao longo da lateral

$$h_f = F \times J \times \frac{L}{100} \quad h_f = 1 \times 0,054 \times \frac{36}{100}$$

$$h_f = 0,01944 \text{ m.c.a.}$$

- Pressão no início da lateral

$$P_i = P_s + 0,75 h_f$$

$$P_i = 40 + 0,75 \times 0,01944 \quad P_i = 40,014 \text{ m}$$

- Pressão no final da lateral

$$P_f = P_s - 0,25 h_f$$

$$P_f = 40 - 0,25 \times 0,01944 \quad P_f = 39,995 \text{ m}$$

4.2.4. IRRIGAÇÃO LOCALIZADA POR GOTEJAMENTO

- Área - $90\text{m} \times 6\text{m} = 540\text{m}^2 = 0,054 \text{ ha}$
- Cultura - Figo, com espaçamento entre plantas de $3\text{m} \times 3\text{m}$
- Evaporação do tanque CLASSE A no período de máxima demanda de $8,0 \text{ mm/dia}$.
- Fator da Cultura - $f = 0,7$
- Gotejador - Vazão nominal - $q = 3,5 \text{ l/h}$
 - Pressão de serviço - $P_s = 10 \text{ m.c.a.}$
- Espaçamento de gotejadores - $1,5 \text{ m}$
- Cobrimento da área pela cultura $P = 60\%$
- Irrigação por cova (dois gotejadores por cova)

1. Evapotranspiração média na área, será:

$$ET_g = EV \times f \times \frac{P}{100}$$

Em que:

ET_g - Evapotranspiração média na irrigação por gotejamento em mm/dia;

EV - Evapotranspiração no tubo classe A, em mm/dia;

f - Fator da cultura, adimensional

P - Porcentagem da área molhada, em relação a área total irrigada.

$$ET_g = 8 \times 0,7 \times \frac{60}{100}$$

$$ET_g = 3,36 \text{ mm/dia}$$

2. Lâmina real necessária

$$LRN = ET_g \times TR$$

Em que:

LRN - Lâmina real necessária, em mm;

ET_g - Evapotranspiração no gotejamento, mm/dia;

TR - Turno de rega, em dias.

$$LRN = 3,36 \times 2$$

$$LRN = 6,72 \text{ mm}$$

3. Lâmina total necessária

$$LTN = \frac{LRN}{E}$$

Em que:

LTN - Lâmina total necessária, em mm;

LRN - Lâmina real necessária, em mm;

E - Eficiência de irrigação, em %

$$LTN = \frac{6,72}{0,9}$$

$$LTN = 7,47 \text{ mm}$$

4. Tempo de funcionamento

$$T = \frac{LTN \times A_1}{n \times q}$$

Em que:

T - Tempo de funcionamento por posição, em horas;

LTN - Lâmina total necessária, em mm;

A_1 - Área representada por cada árvore, em m²;

n - Número de gotejadores por árvore;

q - Vazão do gotejador, em l/hora.

$$T = \frac{7,47 \times 3 \times 3}{2 \times 3,5}$$

$$T = 10 \text{ horas}$$

5. Número de unidades operacionais

$$N = \frac{TR \times 24}{T}$$

Em que:

- N - Número de unidades
- TR - Turno de rega, em dias
- T - Tempo de funcionamento, em horas

$$N = \frac{2 \times 24}{10} \qquad N = 5$$

OBS: Pode-se usar no máximo até 5 unidades operacionais, mas no presente trabalho, será usada apenas uma unidade.

6. Vazão Necessária

$$Q = 10 \times \frac{A \times LTN}{N \times T}$$

Em que:

- Q - Vazão necessária, em m³/h;
- A - Área do projeto, em ha;
- LTN - Lâmina necessária, em mm;
- N - Número de unidades operacionais, em que o sistema for dividido;
- T - Tempo de irrigação por posição, em horas.

$$Q = 10 \times \frac{0,054 \times 7,47}{10} \qquad Q = 0,40 \text{ m}^3/\text{h}$$

A unidade operacional terá uma área de 0,054 com apenas uma linha lateral de 90 m de comprimento.

Linha Lateral

- Comprimento da linha lateral - L = 90m
- Número de gotejadores - N_g = 60
- Vazão no início da lateral - Q = 210 l/h

- Usando-se uma linha lateral de polietileno com diâmetro de 1/2", a perda de carga unitária na tubulação sem gotejador.

$$J = 0,0267 \text{ m/m, conforme tabela}$$

A perda de carga na linha lateral com 60 gotejadores; será:

$$AH = J \times L \times F \frac{C}{C_g} 1,852$$

Em que:

- AH - Perda de carga na linha lateral, em m
- J - Perda de carga em tubos lisos, com o diâmetro da linha lateral, em m/m
- L - Comprimento da linha lateral, em m
- C - Coeficiente de HAZEN-WILLIAMS do tubo da linha lateral
- C_g - Coeficiente de HAZEN-WILLIAMS da linha lateral, com gotejador
- F - Fator de CHRISTIANSEN, para compensação das múltiplas saídas, o qual pode ser calculado pela seguinte equação:

$$F = \frac{1}{1 + m} + \frac{1}{2 N} * \frac{m - 1}{6 N^2}$$

Em que:

N - Número de gotejadores, na linha lateral

m - Varia entre 1,8 e 2,0

$$F = \frac{1}{1,8 + 1} + \frac{1}{120} + \frac{0,8}{21.600} \quad F = 0,36$$

$$AH = J \times L \times F \times \frac{C}{C_0} \quad 1,852$$

$$AH = 0,0267 \times 90 \times 0,36 \times \frac{144}{100} \quad 1,852 \quad AH = 1,7m$$

- Satisfaz, pois a perda de carga na linha lateral com diâmetro de 1/2".

$$1,7 \quad 0,2 \text{ Ps}$$

$$1,7 \quad 0,2 \times 10 \quad 1,7 \quad 2,0$$

- Pressão no início da lateral.

$$P_{in} = P_s + 0,77AH$$

Em que:

P_{in} - Pressão no início da lateral.

P_s - Pressão de serviço.

AH - Perda de carga na linha lateral.

$$P_{in} = 10 + 0,77$$

$$P_{in} = 11,309 \text{ m.c.a.}$$

TABELAS PARA CÁLCULOS DE PROJETO DE IRRIGACÃO POR ASPERSÃO

TABELA 1 - Relação Ótima bico/pressão e função do vento

Bico		Velocidade do Vento	
		0 - 6 km/h	8 - 24 km/h
in	mm	Pressão m	Pressão m
5/32"	4	25 - 35	
3/16	4,8 =	28 - 42	32 - 35
7/32	5,5	32 - 46	32 - 39
1/4	6,25	35 - 49	
5/32x1/8	4 x 3	25 - 32	
3/16x1/8	5 x 3	28 - 39	28 - 35
7/32x3/16	5,5 x 5	32 - 42	32 - 35
1/4 x 7/32	6,25 x 5	35 - 46	35 - 39
9/32x7/32	7 x 5,5	39 - 40	
3/16x7/32	8 x 5,5	39 - 53	
3/8 x 7/32	9,5 x 5,5	28 - 50	

TABELA 2 - Precipitações mínimas em função do clima

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

TABELA 3 - Precipitação máxima para cada tipo de solo

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

TABELA 4 - Espaçamento de Aspersores

Velocidade Média do Vento	% de Diâmetro Molhado
Calmo	65%
Até 6,5 km/hora	60%
6,5 a 12,7 km/hora	50%
> 12,7 "	30%

TABELA 5 - Classificação dos Aspersores em Função da Pressão

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

QUADRO 1 - DADOS TÉCNICOS DO ASPERSOR ZED-30

Diâmetro dos bocais em mm.	Pressão de serviço em atm.	Alcance ou raio em mm.	Vazão p/hora em m ³ .	Espaçamento em mm.	Área Útil irrigada em m ² .	Precipitação por hora em mm.
4,5x4,8	2,0	14,0	2,33	12x18	216	10,70
	2,5	14,7	2,60	18x18	324	8,03
	3,0	15,6	2,84	18x18	324	5,76
4,5x5,5	2,0	13,5	2,71	12x18	216	12,55
	2,5	15,0	3,94	18x18	324	9,37
	3,0	16,0	3,32	18x18	324	10,25
5,0x5,5	2,5	16,0	3,32	18x18	324	10,25
	3,0	16,3	3,63	18x24	432	8,41
	3,5	16,6	3,93	18x24	432	9,16
	4,0	17,0	4,20	18x24	432	9,72
5,0x6,5	2,5	17,3	4,04	18x24	432	9,36
	3,0	17,6	4,42	18x24	432	10,23
	3,5	18,5	4,77	24x24	576	8,27
	4,0	19,2	5,11	24x24	576	8,58
5,0x7,5	2,5	17,0	4,88	18x24	432	11,36
	3,0	18,0	5,34	18x24	432	12,35
	3,5	19,2	5,76	24x24	576	10,00
	4,0	20,0	6,17	24x24	576	10,71
6,0x7,5	2,5	17,0	5,54	18x24	432	12,08
	3,0	17,7	6,06	18x24	432	14,00
	3,5	18,5	6,55	24x24	576	11,70
	4,0	19,0	7,00	24x24	576	12,14
6,0x8,5	3,0	18,0	7,11	18x24	432	16,48
	3,5	18,5	7,69	24x24	576	13,34
	4,0	19,0	8,21	24x24	576	14,25
	4,5	19,5	8,72	24x24	576	15,12
6,0x9,5	3,0	18,5	8,30	24x24	576	14,42
	3,5	19,0	8,98	24x24	576	15,58
	4,0	20,0	9,58	24x24	576	16,48
	4,5	21,5	10,16	24x30	720	14,08

DADOS TÉCNICOS DO ASPERSOR ZE-30

4,5	2,5	14,00	1,22	12x18	216	3,84
	3,0	14,25	1,33	18x18	324	4,16
	3,5	14,75	1,44	18x18	324	4,48
	4,0	15,25	1,54	18x18	324	4,78
5,0	2,5	14,50	1,50	18x18	324	4,80
	3,0	14,75	1,64	18x18	324	5,08
	3,5	16,00	1,77	18x18	324	5,48
	4,0	16,25	1,90	18x18	324	5,87
6,0	2,5	16,25	2,16	18x18	324	6,60
	3,0	16,50	2,36	18x24	432	5,46
	3,5	17,25	2,56	18x24	432	5,92
	4,0	17,75	2,73	18x24	432	6,33

Aspersor Canhão Modelo 2001

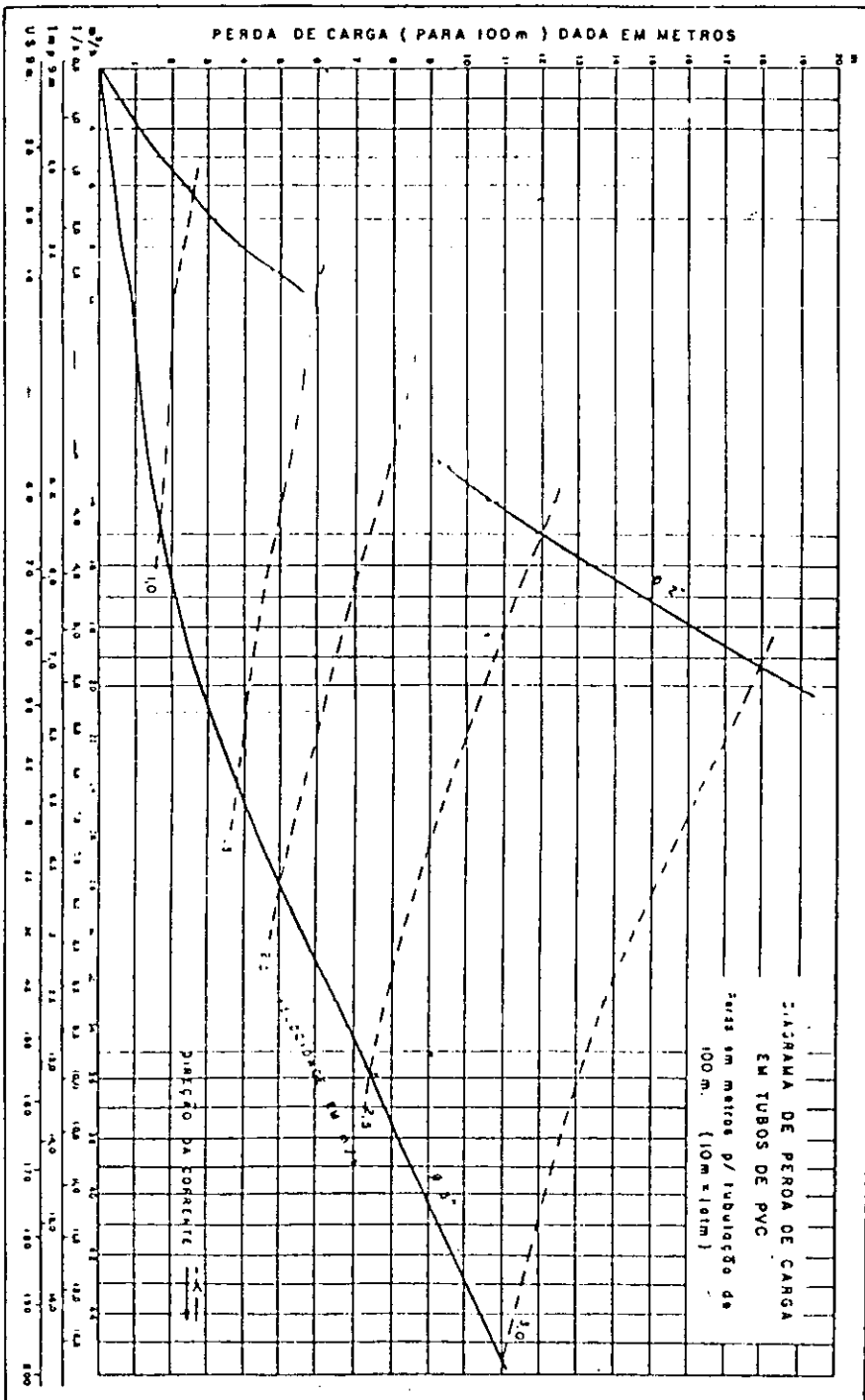


Rosca Gás 2 1/2"

Aspersor fabricado totalmente em metal, com bocal cambiável de acordo com a tabela abaixo, retificador de jato, e mola regulável de aço inoxidável.

Diam. exto. do Bocal mm	Pressão M.P.A.	Azulão m/hora	Diâmetro Irregular	Precipitação mm/hora com espaçamentos													
				Retangular						Triangular							
				300 m	360 m	420 m	480 m	540 m	600 m	660 m	720 m	780 m	840 m	900 m			
14x7x5	30	15.4	54	17.0	11.8	8.7						8.7					
	40	18.0	60	20.0	12.9	10.2						10.2					
	50	20.1	66	22.3	15.5	11.4						11.4					
16x7x5	30	19.7	54		15.2	11.1	8.6					11.1	8.6				
	40	23.0	64		17.7	13.0	9.9					13.0	9.9				
	50	25.9	72		19.9	14.6	11.2					14.6	11.2				
18x7x5	30	26.3	66			14.9	11.4	9.0					11.4	9.0			
	45	29.8	74			16.9	12.9	10.2					12.9	10.2			
	55	32.9	82			18.6	14.2	11.3					14.2	11.3			
20x7x5	40	33.0	74				14.3	11.4	9.2				14.3	11.4			
	50	37.3	80				15.2	12.8	10.3				15.2	12.8			
	60	40.2	86				17.7	14.0	11.4				17.7	14.0			
22x7x5	40	42.5	82				18.4	14.5	11.8					14.5	11.8		
	50	47.3	86				20.5	16.2	13.1					16.2	13.1		
	60	51.8	90				22.5	17.8	14.4					17.8	14.4		

Fig. 11



(Anexo 7)

Dimensionamento da Tubulação

• Tubulação

- Material - Ferro fundido
- Comprimento - L = 127
- Curva de 90°
- Registro de Gaveta
- Válvula de Retenção

Para uma tubulação de diâmetro de 2,1/2", a velocidade do fluxo seria:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Em que:

V - Velocidade do fluxo, em m/s;

Q - Vazão, em m³/s;

A - Área da tubulação, em m²

$$V = \frac{0,0103}{\frac{(0,062)^2}{4}}$$

$$V = 2,3314 \text{ m/s}$$

1. Perda de carga ao longo da tubulação:

$$J = 10,67 \times \frac{1}{D^{4,87}} \times \frac{1,852}{C}$$

$$J = 10,67 \times \frac{1}{(0,075)^{4,87}} \times \frac{0,0103}{100} \times 1,852$$

$$J = 0,1326 \frac{m}{m}$$

$$hf_1 = L \times J$$

$$hf_1 = 127 \times 0,1326$$

$$hf_1 = 16,840m$$

2. Perda de carga localizada.

$$hf_2 = K \frac{V^2}{2g}$$

Valores de K (tabelado)

- Curva de 90° = 0,4
- Registro de Gaveta = 0,2
- Válvula de Retenção = 2,5
- Saída da Canalização = 1,0

$$hf_2 = (0,4 + 0,2 + 2,5 + 1,0) \frac{2,3314}{2 \times 9,81}$$

$$hf_2 = 0,4872m$$

3. Perda de carga na tubulação será:

$$H_f = h_{f1} + h_{f2}$$

$$H_f = 16,840 + 0,4872 \quad H_f = 17,327m$$

- A tubulação terá 127m, com diâmetro de 3" , com perda de carga de 17,327m e velocidade média da água de 2,3314 m/s.

Dimensionamento do Motobomba

$$H_{man} = H_s + H_r + H_f + H_p + H_e$$

Em que:

H_{man} - Altura manométrica, em m.c.a.;

H_s - Altura geométrica de sucção, em m;

H_r - Altura geométrica de recalque, em m;

- H_f - Perda de carga ao longo da tubulação, em m;
- H_p - Pressão necessária no aspersor, em m.c.a.;
- H_e - Altura de elevação do aspersor, em m.

$$H_{man} = 0,5 + 1,5 + 17,327 + 35 + 1,5$$

$$H_{man} = 55,827 \text{ m.c.a.}$$

e

$$Q = 37,135 \text{ m}^3/\text{h}$$

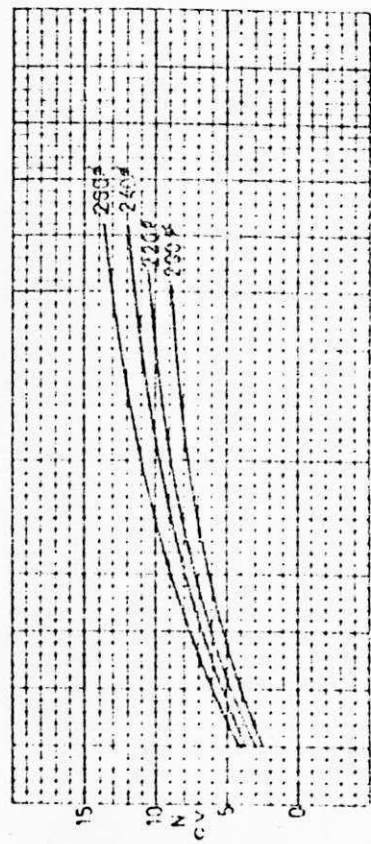
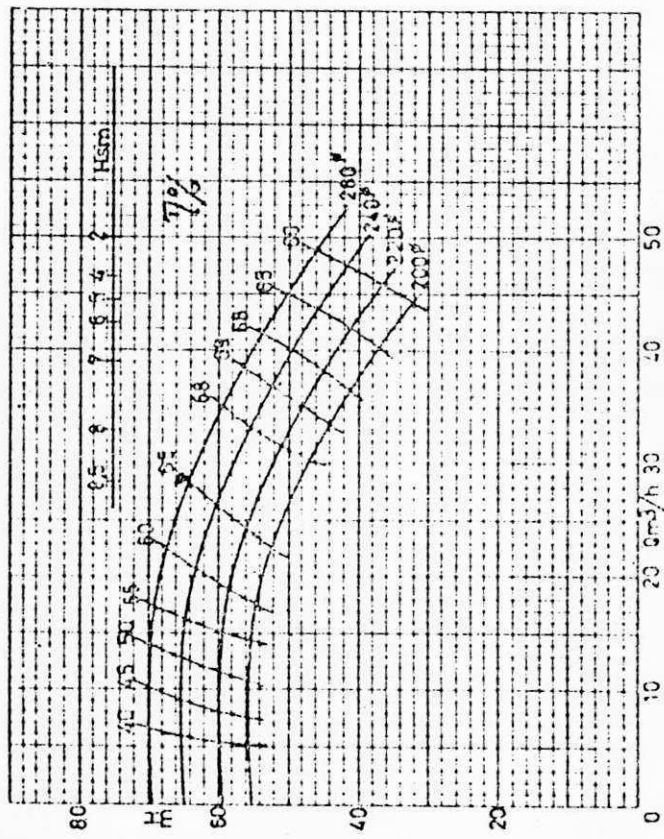
1710 rpm.

Diâmetro do rotor..... = 260

Rendimento..... $\eta = 69\%$

Potência $N = 13 \text{ cv}$

ETA 50-33/3



Profil	arg. a	arg. b	arg. c	Dens. de agua	N		Hstn	
					max	min	max	min
1-20	205	8	35107					
2-1	250	200	34806	0.0174	10	1710		

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi dimensionado na irrigação por superfície um sulco de 40m de comprimento e 1m de largura com vazão de 1,1 l/s durante 1,06 horas, para aplicar a lâmina inicial, usando-se depois lâminas de reposição durante 0,50 horas. Foram dimensionados também quatro tabuleiros de inundação cada um com área de 600m^2 (40m x 15m) abastecidos com uma vazão inicial de 10,31 l/s, durante 12 horas, para aplicação da lâmina inicial, passando-se a aplicar posteriormente uma vazão de 7,69 l/s, com circulação de água de um tabuleiro para o outro, durante 90 dias. Tanto o sulco como os tabuleiros serão abastecidos através de sifões colocados no canal que tem 9cm de base e 13cm de altura.

Na irrigação por aspersão foi dimensionada uma linha lateral de 3" com 96m de comprimento, contendo 94 aspersores, cada um com vazão de 2,49 l/s, exigindo toda a linha lateral uma vazão de 9,98 l/s, durante 8,57 horas para aplicar a lâmina inicial e 3,36 horas para aplicar a lâmina de reposição. O canhão hidráulico tem uma vazão 9,17 l/s e uma linha de 96m com diâmetro de 3".

Na irrigação localizada dimensionou-se uma linha lateral de 90m de polietileno de 1/2", constando nela 60 gotejadores espaçados em 1,5m cada gotejador com uma vazão de 3,5 l/hora.

Como foi planejado para cada método de irrigação trabalhar isoladamente (conforme figura), dimensionou-se uma bomba para o método que requeresse maior vazão que foi inundação com 10,31 l/s. A bomba dimensionada tem 1710 RPM, potência de 13 c.v., rendimento de 69% e diâmetro do rotor 260mm. A água chega ao canal e às linhas laterais, depois de passar por uma tubulação de 127m com diâmetro de 3,0".

Limpeza final

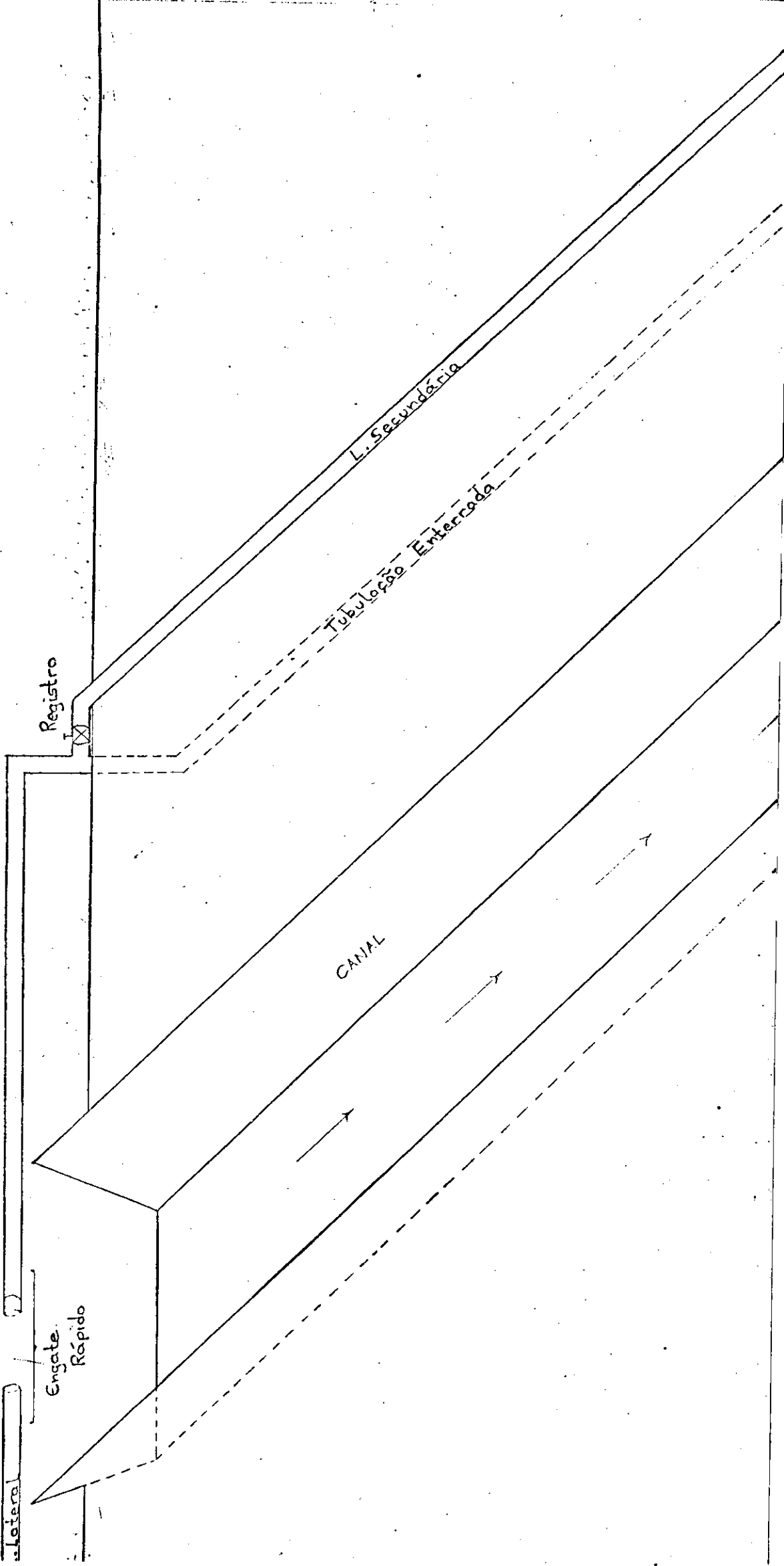
Laterais

Engate Rápido

Registro

CANAL

L. Secundária
Tubulação Enterrada



6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a realização do presente trabalho, chegou-se às seguintes conclusões:

- A Irrigação por Inundação requer maior vazão da água, enquanto a Irrigação Localizada a requer menor, devido à maior eficiência de aplicação de água. Na Irrigação por Aspersão, a uniformidade de aplicação poderia ser afetada e as perdas por evaporação poderiam ser grandes devido à velocidade do vento, na região de implantação do projeto, ser relativamente alta. Por conta disso foi selecionado atentamente um aspersor que minimizasse este problema.

- A futura implantação deste projeto de infraestrutura para aulas práticas de irrigação, dentro do Campus II, dará aos alunos uma melhor compreensão e visualização de assuntos de irrigação que só eram estudados através de aulas teóricas, em salas de aula.

- Finalmente, o aproveitamento do aluno estagiário foi muito bom, tanto pela revisão de assuntos em várias disciplinas de irrigação, como pela ampliação dos conhecimentos obtidos através de uma bibliografia boa e variada e também, pelo esclarecimento sempre sábio e preciso do professor orientador deste estágio.

7. BIBLIOGRAFIA

- BERNARDO, S. Manual de Irrigação, 4a. ed, UFV, 1986
- DAKER, A. Irrigação e Drenagem; A Água na Agricultura, 3ª V, 6a. ed.
Freitas Bastos S/A, Rio de Janeiro ,
- OLITTA, A.F.L. Os Métodos de Irrigação, Nobel, São Paulo, 1984.
- AZEVEDO, H.M. Apostilas:
 - . Irrigação por Aspersão
 - . Irrigação por Sulco em Contorno
- BRADY, N.C. Natureza e Propriedade dos Solos, Freitas Bastos S/A, 6a. ed, Rio de Janeiro, 1983.
- Catálogo de Motobombas da KSB.

8.

ANEXOS

Planta da área onde será implantado o Projeto de Infra-estrutura para aulas práticas de Irrigação.



	→ Cerca
	→ Riacho
	→ R. Regularizado
	→ Canal
	→ Motobomba
	→ Poste

Estágio Supervisionado	Esc-1:500
Universidade Federal da Paraíba - U.F.Pb.	
Centro de Ciências e Tecnologia - C.C.T.	
Departamento de Eng. Agrícola - DEAg	
Laboratório de Eng. de Irrigação - L.E.I.	
Orientador:	
Francisco Monte Alverne	
Aluno:	