

IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO SERVIÇO DE PRODUÇÃO  
DE SEMENTES BÁSICAS (BEBEDOURO II) I. AVALIAÇÃO TÉCNICA

Hugo Orlando Carvalho Guerra<sup>1</sup>

RESUMO - Considerando a necessidade de uma adequada operação e manejo de irrigação, avaliou-se o desempenho dos quatro pivôs central, utilizados na área do Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA, em Petrolina, PE. A avaliação foi feita de acordo com a metodologia de Mirriam e Keller (1978) complementada com determinações das perdas de água por escoamento superficial (Kincaid et al. 1979) e distribuição do conteúdo de água do solo antes e após as irrigações. Os resultados obtidos geraram as seguintes conclusões e recomendações: - Somente o pivô, nº 4, está irrigando adequadamente. Nos pivôs 1 e 2, embora a precipitação média seja adequada, a uniformidade de aplicação de precipitações é baixa. No pivô 3, a vazão média é menor que a requisitada pelo projeto. - Nos quatro pivôs observaram-se perdas potenciais de água por escoamento superficial, da ordem de 9%. - Embora, em geral, não tenham sido observados sintomas de deficiência hídrica nas culturas, é necessário que os sistemas operem como foram projetados inicialmente. Assim, recomenda-se que o pivô 3 forneça a vazão adequada e que os pivôs 1 e 2 aumentem a uniformidade de aplicação da pre-

<sup>1</sup> Eng. Agr., Ph.D. Convênio IICA/EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE. Endereço atual: Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, CCT/Campus II, 58100 Campina Grande, PB.

cipitação. - Recomenda-se estabelecer um adequado sistema de drenagem. Na ausência deste dever-se-ão reduzir as perdas de água por escoamento superficial. Se isto ainda não for possível, recomenda-se utilizar técnicas de conservação de solos para aproveitar esta água.

Termos para indexação: avaliação, aspersão, pivô central, eficiência, uniformidade de aplicação, evaporação, escoamento superficial.

#### CENTRAL PIVOT IRRIGATION SYSTEM IN THE BASIC SEED PRODUCTION SERVICE (BEBEDOURO II) I. TECHNICAL EVALUATION

**ABSTRACT** - Considering the need of an adequate irrigation operation and management, the behavior of the four central pivot systems used at the Serviço de Produção de Sementes Básicas (SPSB-EMBRAPA) in Petrolina, PE, was evaluated. The evaluation was conducted according with the Marrian and Keller methodology, complemented with determinations of water losses by runoff and soil water distribution through the soil profile, before and after the irrigations. The results allowed to draw the following conclusions and recommendations: - Just one system (Pivot 4) is irrigating adequately. Pivots 1 and 2 are applying enough water, however their water application uniformities are low. Pivot 3 is not furnishing enough water to satisfy the needs of the project. - Potential water losses by runoff around 9% were observed at the four pivots. - Although no water stress symptoms were observed on the crops, the irrigation systems must operate as they were initially projected. Thus, pivot 3 must furnish the adequate

amount of water and pivots 1 and 2 must improve their water application uniformities. - It is recommended to establish an adequate drainage system. On its absence, runoff must be reduced. If impossible, soil conservation techniques will have to be used to utilize this water.

Index terms: evaluation, sprinkling, central pivot, efficiency, application uniformities, runoff, evaporation.

#### INTRODUÇÃO

A necessidade de suprir o mercado nordestino de sementes de boa qualidade e conseqüentemente estimular e aumentar a demanda de sementes comerciais fez com que o Serviço de Produção de Sementes Básicas (SPSB) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) implantasse na região do Submédio São Francisco um complexo de produção de semente básica. O projeto conta com 404ha irrigados através de quatro sistemas Pivô Central. Futuramente 213ha serão irrigados superficialmente, através do sistema de irrigação por sulcos.

O Pivô Central consiste numa linha lateral com aspersores, autopropelida, que se movimenta em círculo e em torno de um ponto a uma velocidade prefixada e constante. Por causa do sistema ser autopropelido, a mão-de-obra fica substancialmente reduzida na operação de irrigação. Permite também a aplicação direta de fertilizantes e defensivos.

Considerando o alto custo de investimento inicial do Pivô Central e a necessidade de um adequado manejo de irrigação, avaliaram-se a operação e o manejo atual da irrigação e determinou-se o potencial para uma adequada operação dos sistemas.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

### Localização

A área do Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA (Projeto Petrolina) fica localizada na área do Projeto Bebedouro II da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), na margem direita da BR 428, a 44km da cidade de Petrolina, PE.

### Solos

A Figura 1 mostra a localização dos pivôs no complexo de Produção de Sementes Básicas e os solos que integram as áreas irrigadas. Observa-se que os solos predominantes correspondem à série latossólica, Unidades 37 AB, 37 BB e 37BC, segundo a classificação da FAO (FAO/PNUD, 1971).

Os solos da Unidade 37 AB são solos profundos com mais de 1,5m de profundidade, de superfície arenosa com transição gradual para subsolo barro arenoso e barro argilo leve. Os solos da Unidade 37 BB são também solos profundos, com textura variando de arenosa na superfície a barro-argilo-arenosa ou argilo arenosa a partir de 0,5m, apresentando transição clara e, às vezes, abrupta entre os horizontes. Os solos da Unidade 37 BC são solos de baixa, mal drenados, profundos, de superfície arenosa com transição abrupta para subsolo de textura pesada fortemente cimentado. A Tabela 1 apresenta algumas outras características físico hídricas dos solos das unidades indicadas.

As Figuras 2 e 3 apresentam resultados de testes de infiltração conduzidos através do método do cilindro infiltrômetro para os solos 37 AB e 37BC, respectivamente. No solo 37 AB os testes foram realizados em terreno recém preparado e em terreno já trabalhado, em três repetições.

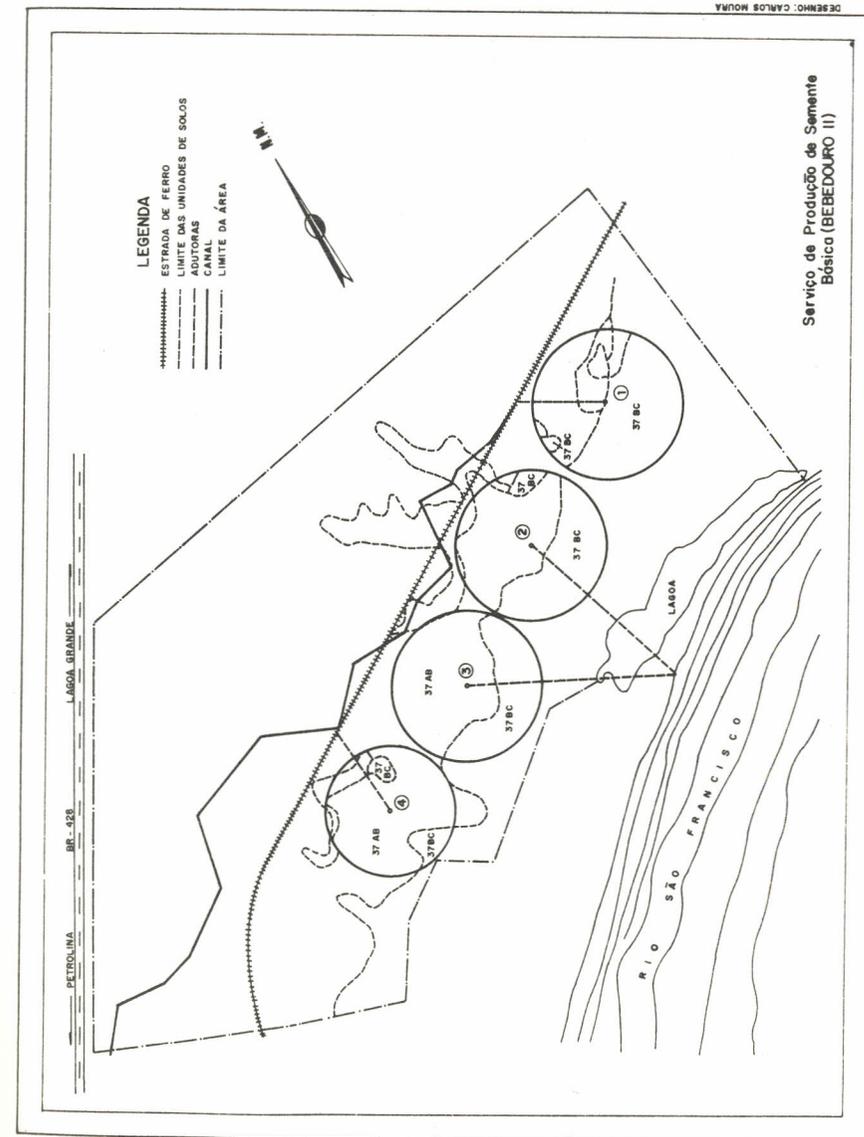


FIG. 1. Unidades de solos irrigadas pelos pivôs no SPSB.

TABELA 1. Características físico-hídricas dos solos das unidades 37 AB, 37 BB e 37 BC.

Unidade de solo	Profundidade (cm)	Capacidade de campo (%)	Ponto de murchamento (%)	Densidade global (g/cm <sup>3</sup> )	Argila %	Água disponível (%)
37 AB	0 - 30	9,00	2,44	1,56	8,00	6,56
	30 - 60	9,48	3,71	1,52	14,08	5,77
	60 - 90	10,30	3,89	1,53	23,40	6,41
37 BB	0 - 30	10,26	3,72	1,49	7,3	6,54
	30 - 60	11,41	4,60	1,50	20,6	6,81
	60 - 90	11,28	4,89	1,51	34,0	6,39
37 BC	0 - 30	3,01	1,05	1,65	4,52	1,96
	30 - 60	15,67	8,57	1,56	29,72	7,10
	60 - 90	18,48	9,46	1,56	34,36	9,02

Fonte: EMBRAPA/SPSB. Projeto Petrolina. Implantação do Complexo de Produção de Sementes de Petrolina, PE. Setembro/1981.

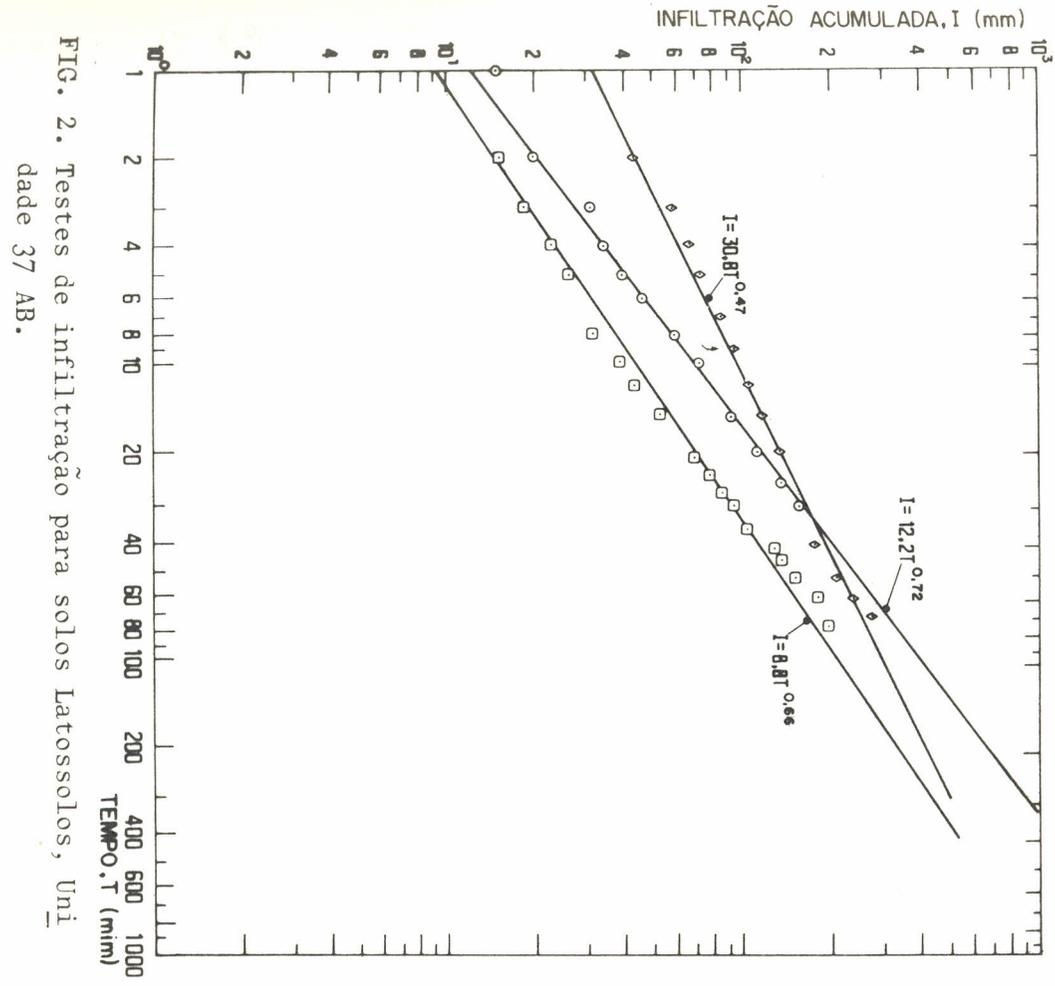


FIG. 2. Testes de infiltração para solos Latossolos, Unidade 37 AB.

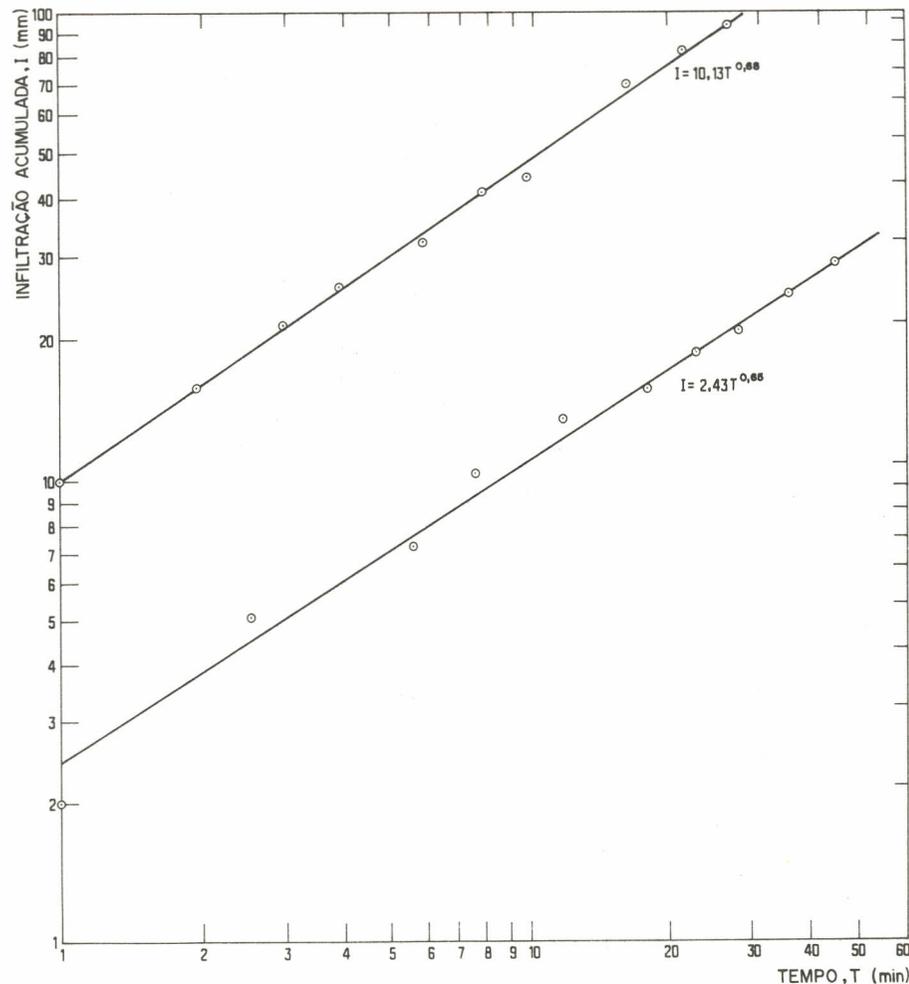


FIG. 3. Testes de infiltração para solos Latossolos, Unidade 37 BC.

A infiltração básica variou de um mínimo de 42,30mm/h a um máximo de 125mm/h com uma média de 74,36mm/h. O solo 37 BC apresentou infiltrações básicas variando de 5,46 a 24,81mm/h com uma média de 15,21mm/h.

#### Clima

De acordo com a classificação de Köppen (1936) o clima da região pode ser classificado como Bshw, isto é, este pico de inverso seco, muito quente (EMBRAPA-SPSB 1981). A precipitação é muito irregular, com uma média anual de 400mm, sendo o período compreendido entre os meses de janeiro a abril, o de maior frequência de chuvas. Precipitações de caráter torrencial são comuns na região, sendo inconvenientes porque favorecem os processos erosivos dos solos. A temperatura média anual é de 28°C, sendo que as médias mensais variam pouco através do ano. A umidade relativa do ar, em geral, é baixa (60%). A evaporação do tanque atinge uma média anual de 3.000mm, para uma luminosidade média de 2.700 horas e velocidade do vento média de 3m/s.

#### CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A área do Serviço de Produção de Sementes Básicas é atualmente irrigada por quatro unidades de irrigação Pivô Central (Fig. 1). Os três primeiros sistemas têm capacidade para irrigar 104ha cada um e o último capacidade para 90ha. Apresentam as seguintes características gerais:

#### Descrição dos Conjuntos 1, 2 e 3

Unidade de irrigação por aspersão automática, Pivô Central, marca VALMATIC, modelo 4071 VSN 14-2272, propulsão elétrica, 14 torres acionadoras, alcance total de 575,4m, área circular irrigada de 104ha, altura livre entre as torres: 2,70 metros. Pivô de baixa pressão (pressão do

último aspersor de 1atm.) com Spray-nozzless e canhão ZN-24 acionado por bomba booster. Cada pivô é alimentado por dois conjuntos motobombas, elétricas, de 250cv cada uma. As unidades acham-se equipadas com injetoras de adubos líquidos ou solúveis em água e defensivos químicos.

#### Descrição do Conjunto 4

Unidade de irrigação por aspersão automática, Pivô Central, marca VALMATIC, modelo 4071 VSN 13-2621, propulsão elétrica, 13 torres acionadoras, alcance total 535,3 metros, área circular irrigada 90ha, altura livre entre as torres: 2,70 metros. Pivô de baixa pressão (pressão do último aspersor de 1atm.) com Spray-nozzless e canhão ZN-24 acionado por bomba booster. O pivô é alimentado por dois conjuntos motobombas elétricas de 250cv cada uma. Este pivô também apresenta-se equipado com injetora de adubos líquidos ou solúveis em água e defensivos químicos.

Maiores dados técnicos para os conjuntos de irrigação por aspersão, Sistema Pivô Central VALMATIC são apresentados nos Anexos I a IV.

Normalmente os pivôs 1 e 4 captam água de um canal da CODEVASF, enquanto os pivôs 2 e 3 captam água diretamente do Rio São Francisco.

#### AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

As unidades foram projetadas e instaladas pela ASBRASIL baseada nas necessidades de água calculadas pelo SPSB, apresentadas na Tabela 2.

A avaliação das unidades de irrigação Pivô Central foi feita de acordo com a metodologia proposta por Merriam & Keller (1978). O método inclui determinações da precipi

TABELA 2. Necessidades de água de irrigação.

Evaporação média máxima mensal	11,16mm/dia
Coefficiente de evaporação do tanque	0,80
Capacidade mínima de armazenamento de água pelo solo (até 90cm)	86,43mm
Eficiência de irrigação do sistema	0,75
Fator de disponibilidade de água	0,55
Uso consuntivo máximo diário	8,93mm/dia
Lâmina líquida	8,93mm/dia
Lâmina bruta	11,91mm/dia

Fonte: EMBRAPA/SPSB. Projeto Petrolina. Implantação do Complexo de Produção de Sementes de Petrolina, PE, 1981.

tação aplicada, uniformidade de distribuição da precipitação, intensidades de aplicação e eficiência de irrigação.

Para avaliar os pivôs, durante os testes, foram coletadas as seguintes informações:

- Especificação dos sistemas (diâmetro da regante, velocidade de rotação da última torre, diâmetro do bocal dos aspersores, distância entre aspersores, etc.);
- Lâmina de água aplicada;
- Intensidade de aplicação;
- Velocidade de infiltração da água no solo;
- Evaporação da água;
- Umidade do solo após a irrigação.

Com estes dados determinaram-se os seguintes parâmetros:

- Uniformidade de distribuição da água aplicada;
- Lâmina média de precipitação por revolução;
- Eficiência de aplicação estimada (Merriam & Keller 1978);
- Perdas estimadas de água por escoamento superficial (Kincaid et al. 1969);
- Distribuição da água no solo.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação dos quatro pivôs em uso no Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA em Petrolina. Cada parâmetro foi analisado separadamente.

TABELA 3. Resultados da avaliação técnica do Pivô Central.

Parâmetro	Pivô 1	Pivô 2	Pivô 3	Pivô 4
Precipitação média ponderada (mm)	8,94	8,98	7,77	10,38
Precipitação média de 25% do total de pluviômetros com as menores precipitações (mm)	6,31	6,38	5,99	8,37
Uniformidade de Aplicação (%)				
• Método de Merriam & Keller	70,58	71,09	77,70	81,10
• Coeficiente de Christiansen	80,00	80,06	84,62	86,97
Evaporação do "pluviômetro" durante todo o teste (mm)	0,44	0,44	0,44	0,44
Precipitação média total aplicada (mm)	9,38	9,42	8,21	10,76
Eficiência de aplicação média estimada (%)	67,3	67,7	73,0	77,8

### 1. Precipitação

As precipitações médias para os pivôs 1, 2, 3 e 4 foram de 8,94; 8,98; 7,77 e 10,38mm/dia, respectivamente. Considerando-se que a lâmina líquida projetada foi de 8,93mm, se a percolação profunda de água é desprezível, os pivôs 1 e 2 estariam aplicando a lâmina necessária. O pivô 3 estaria aplicando somente 87% da lâmina necessária e o pivô 4 estaria aplicando 16% a mais de água que a necessária.

### 2. Uniformidade de Distribuição da Precipitação

A determinação da uniformidade de distribuição da precipitação (UD) permite apreciar a homogeneidade da aplicação de água sobre a área e verificar o funcionamento do Pivô Central. Nos pivôs 1 e 2, a uniformidade de distribuição foi de 71% situando-se próxima ao limite inferior do intervalo aceitável. Segundo Merriam & Keller (1978), uma uniformidade entre 70 e 80% seria adequada para culturas como as que são exploradas no SPSB (milho, sorgo, soja, crotalaria e guandu). Análises dos dados de precipitação permitiram observar que aproximadamente 50% das áreas dos pivôs 1 e 2 receberam menos de 8,93mm de água, a lâmina líquida necessária.

No pivô 3, com uma precipitação média (7,77mm/dia), menor que a líquida necessária, a uniformidade de distribuição foi de 77,70% (Tabela 3). Da análise dos dados de distribuição da precipitação, pode-se inferir que aproximadamente 80% da área irrigada recebeu uma lâmina média de 7,38mm/dia, portanto 17% inferior à lâmina projetada. Finalmente, no pivô 4, onde a precipitação média (10,38mm/dia) apresentou-se superior à lâmina estimada, a uniformidade de distribuição foi de 81,10% (Tabela 3). Pela análise dos dados de precipitação, constatou-se que

86% da área recebeu uma lâmina média de 10,91mm, portanto 22% mais água que a necessária.

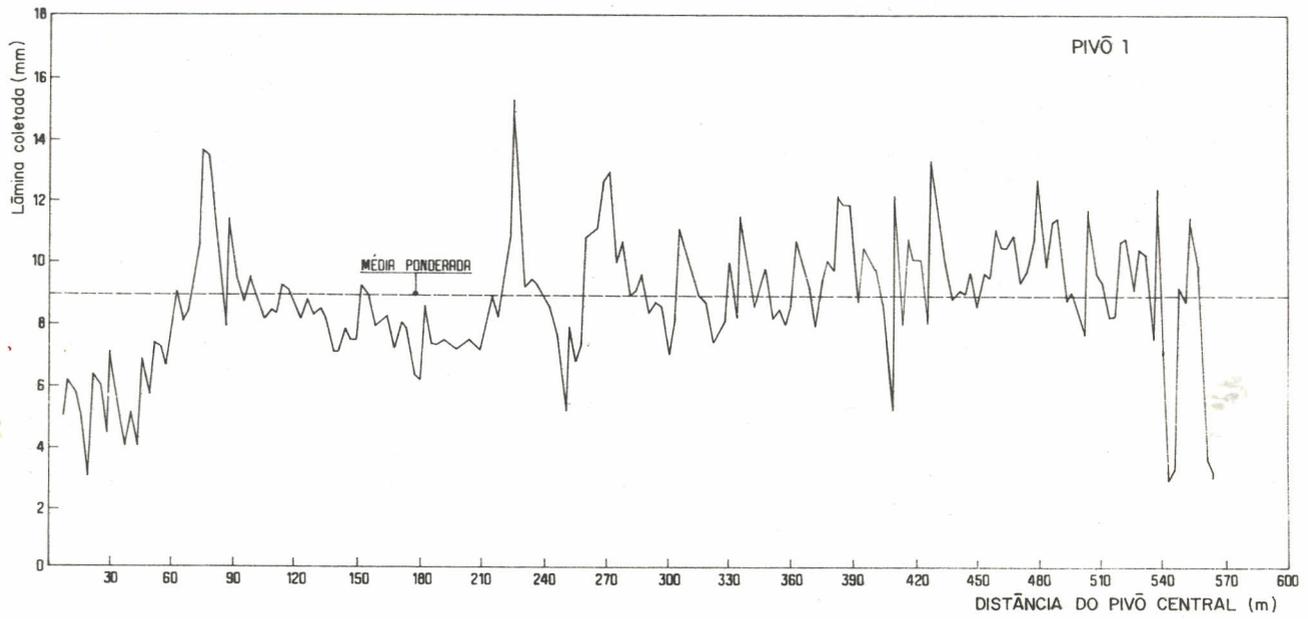
As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam os perfis de distribuição da precipitação obtidas durante os testes de avaliação, para os pivôs 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

No pivô 1 (Figura 4) observa-se que a 80, 231, 271 e 432m da torre central aparecem picos máximos de precipitação o qual estaria indicando um possível vazamento ou mal funcionamento de algum aspersor nos intervalos 3, 6, 7 e 12 respectivamente. No primeiro caso é possível que algum aspersor esteja utilizando bocal não adequado. No resto dos exemplos, os picos coincidiram com áreas imediatamente vizinhas às torres de acionamento onde geralmente ocorre vazamento nas juntas das linhas dos aspersores. A 18m e a 543m da torre central observam-se dois mínimos indicando também alguma anormalidade nos intervalos 1 e 14 no pivô. É possível que alguns aspersores nos intervalos 1 e 14 estejam entupidos ou utilizando bocal não adequado.

Semelhante análise pode ser conduzida nos perfis de distribuição da precipitação para os pivôs 2, 3 e 4.

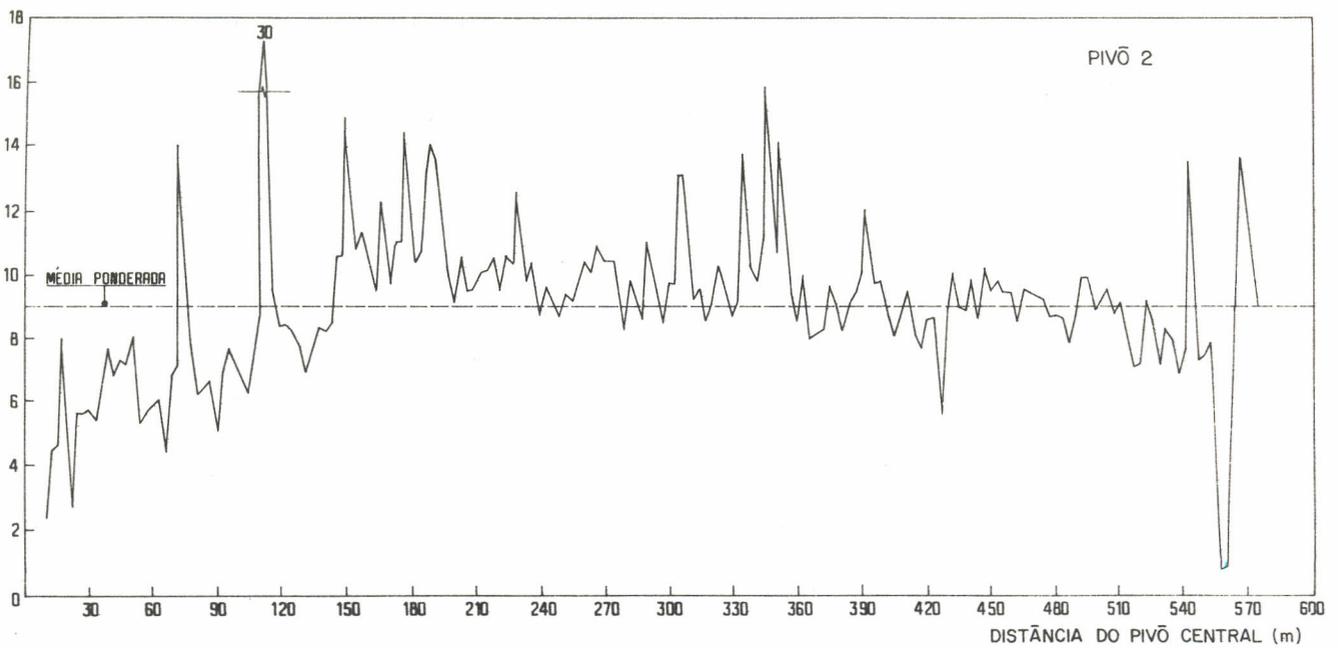
### 3. Eficiência de Aplicação

A eficiência de aplicação dos sistemas de irrigação é calculada como a razão entre a precipitação média ponderada de 25% dos menores volumes de água coletados e a precipitação média aplicada por volta. Como o sistema não dispõe de um medidor de vazão, é impossível determinar a precipitação aplicada e portanto determinar a eficiência de aplicação. Assim, a eficiência deve ser estimada. Para isto, estimou-se a precipitação média aplicada somando a precipitação média ponderada com a evaporação da água que ocorreu durante o teste.



22

FIG. 4. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 1.



23

FIG. 5. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 2.

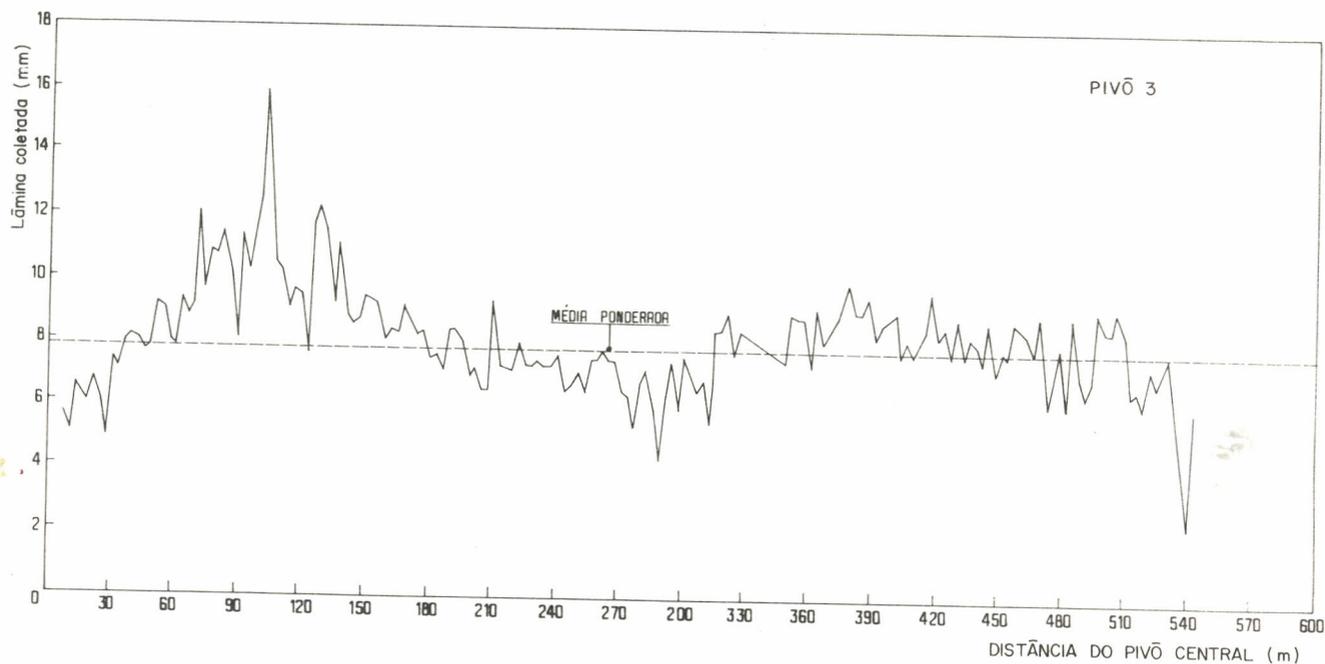


FIG. 6. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 3.

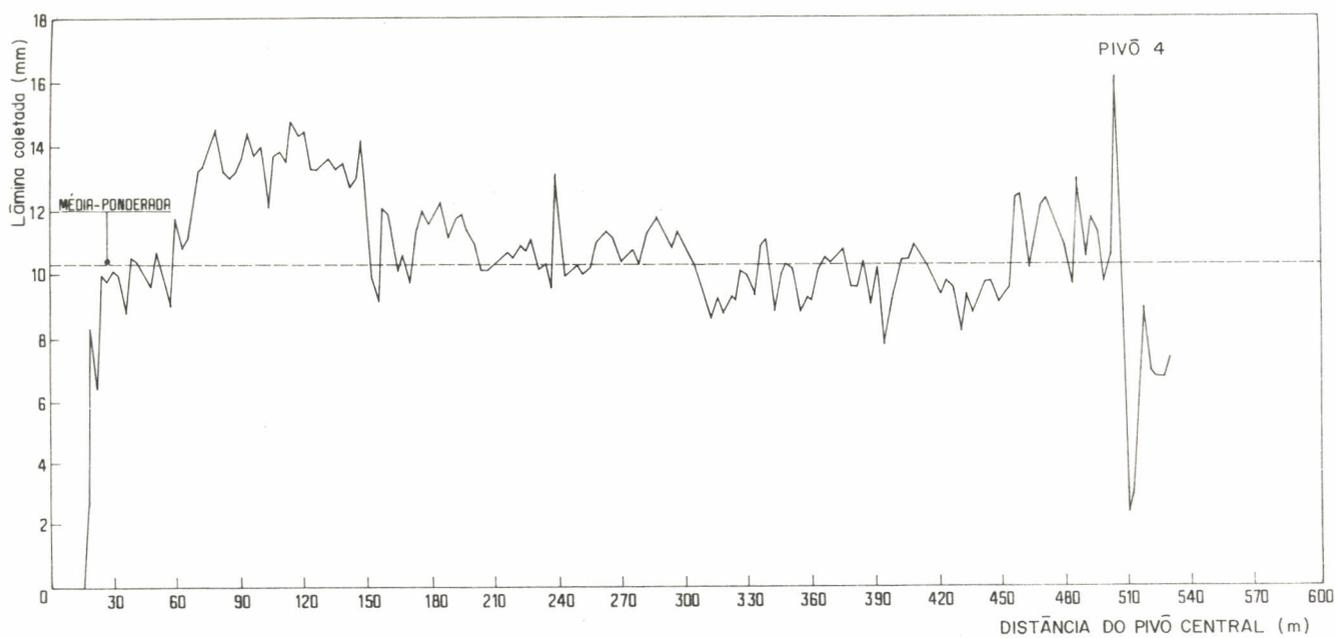


FIG. 7. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 4.

As eficiências de aplicação estimadas para os pivôs 1, 2, 3 e 4 foram 67,3; 67,7; 73,0 e 77,8% respectivamente. A pequena diferença entre os valores de uniformidade de distribuição de precipitação e da eficiência de aplicação estimada indicam que as perdas de água por evaporação foram pequenas. Durante os testes, a evaporação média da água nos recipientes foi de 0,44mm, correspondendo de 4 a 6% da precipitação média aplicada. As baixas eficiências de irrigação encontradas nas unidades 1 e 2 estariam relacionadas principalmente com a desuniformidade de aplicação da água. Considera-se que a metodologia recomendada por Merriam & Keller (1978) subestima a evaporação da água que sai do aspersor. Esta metodologia mede a evaporação que ocorre na superfície livre da água recolhida nos pluviômetros e não a evaporação que ocorre durante o transcurso da partícula de água precipitada desde o bocal do aspersor até a superfície do solo. Assim, a metodologia não considera o efeito do vento nem o tamanho da partícula de água, fatores de grande importância no processo de evaporação da água aplicada em forma de chuva, como é o caso da irrigação por aspersão.

#### 4. Escoamento Superficial

Um dimensionamento adequado de um sistema de irrigação por aspersão não deve permitir perdas de água no campo por deflúvio superficial. No entanto, uma inspeção visual da área durante a irrigação permitiu observar escoamento superficial nos extremos dos pivôs. Também observou-se escoamento em algumas áreas com pronunciada declividade. Em muitos casos, esta água escoava pelas marcas deixadas pelos pneus dos pivôs, indo depositar-se nas partes baixas da área irrigada ou escoando para fora desta.

A fim de estimar-se as perdas potenciais de água por escoamento superficial, plotaram-se num mesmo gráfico a

intensidade de aplicação do pivô versus a velocidade de infiltração de água no solo. Segundo Kincaid et al. (1969) o escoamento superficial potencial corresponde à área da curva da intensidade de aplicação que fica sobre a velocidade de infiltração de água no solo. As Figuras 8, 9, 10 e 11 apresentam estas relações para os pivôs 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Para os pivôs 1, 2 e 3, os testes foram feitos no solo da unidade 37 BC, considerando-se que esta unidade de solo representa uma percentagem importante das áreas irrigadas. É precisamente sobre este solo onde se produz o maior escoamento superficial.

A análise das Figuras 8 a 11 permite deduzir que as perdas potenciais de água por escoamento superficial nos intervalos indicados são da ordem de 11; 4; 15 e 5% para os pivôs 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Considerando que as perdas de água por escoamento superficial ocorreram principalmente no extremo do pivô, onde a intensidade de aplicação de água foi maior que a velocidade de infiltração, para fim de avaliação, considerou-se o escoamento superficial de toda a área irrigada como desprezível. Desta forma, a estimativa da eficiência de aplicação da precipitação proposta por Merriam & Keller (1978), usada na avaliação, não apresenta restrições. Se se tivessem constatado altas perdas de água por escoamento superficial em toda a área do pivô, para efeito de avaliação, estas perdas deveriam adicionar-se à precipitação coletada e, neste caso, a eficiência de aplicação seria calculada em função da lâmina bruta projetada (11,91mm/dia).

#### 5. Efeito da Irrigação no Desenvolvimento das Culturas

No período em que a avaliação foi feita, as áreas ir

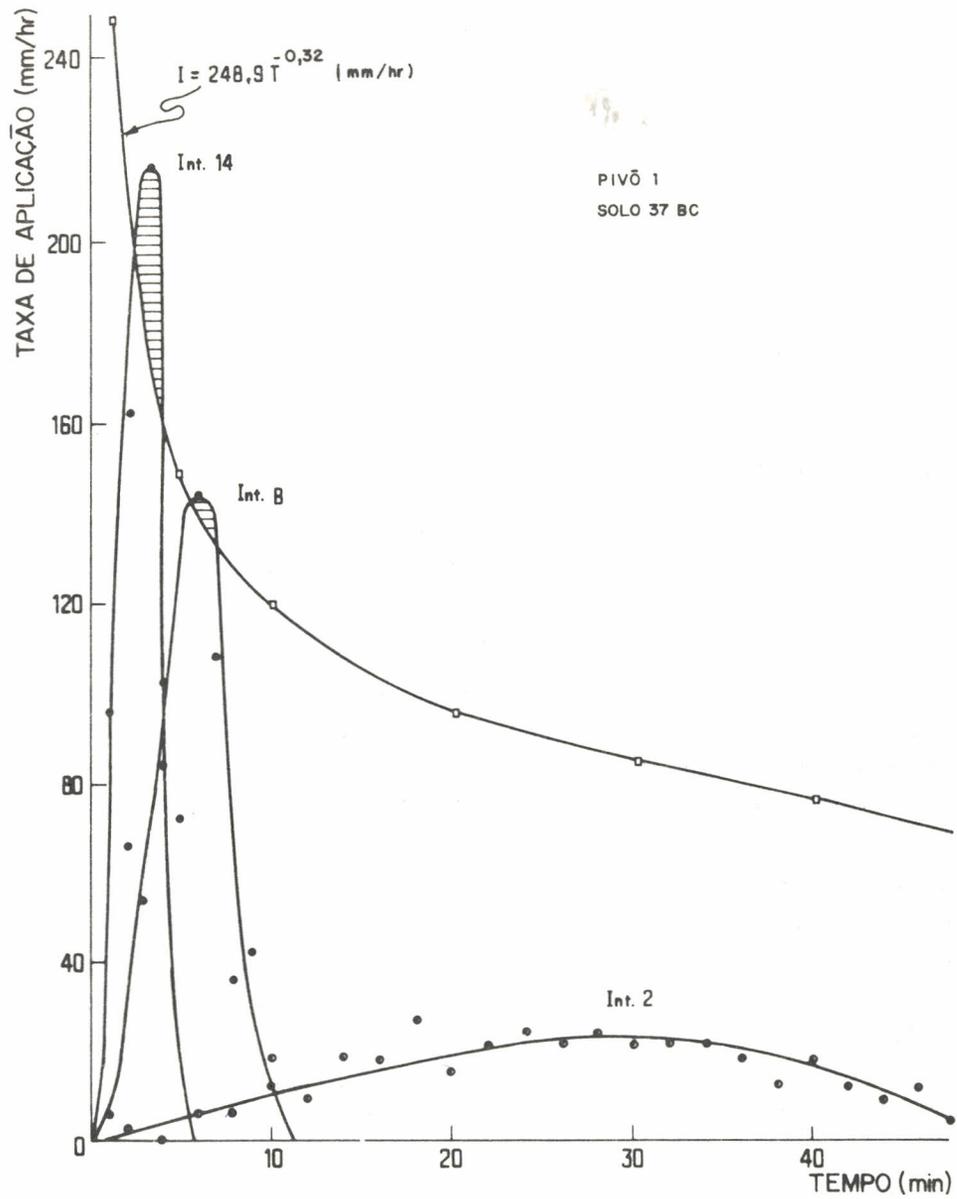


FIG. 8. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2, 8 e 14 do pivô 1.

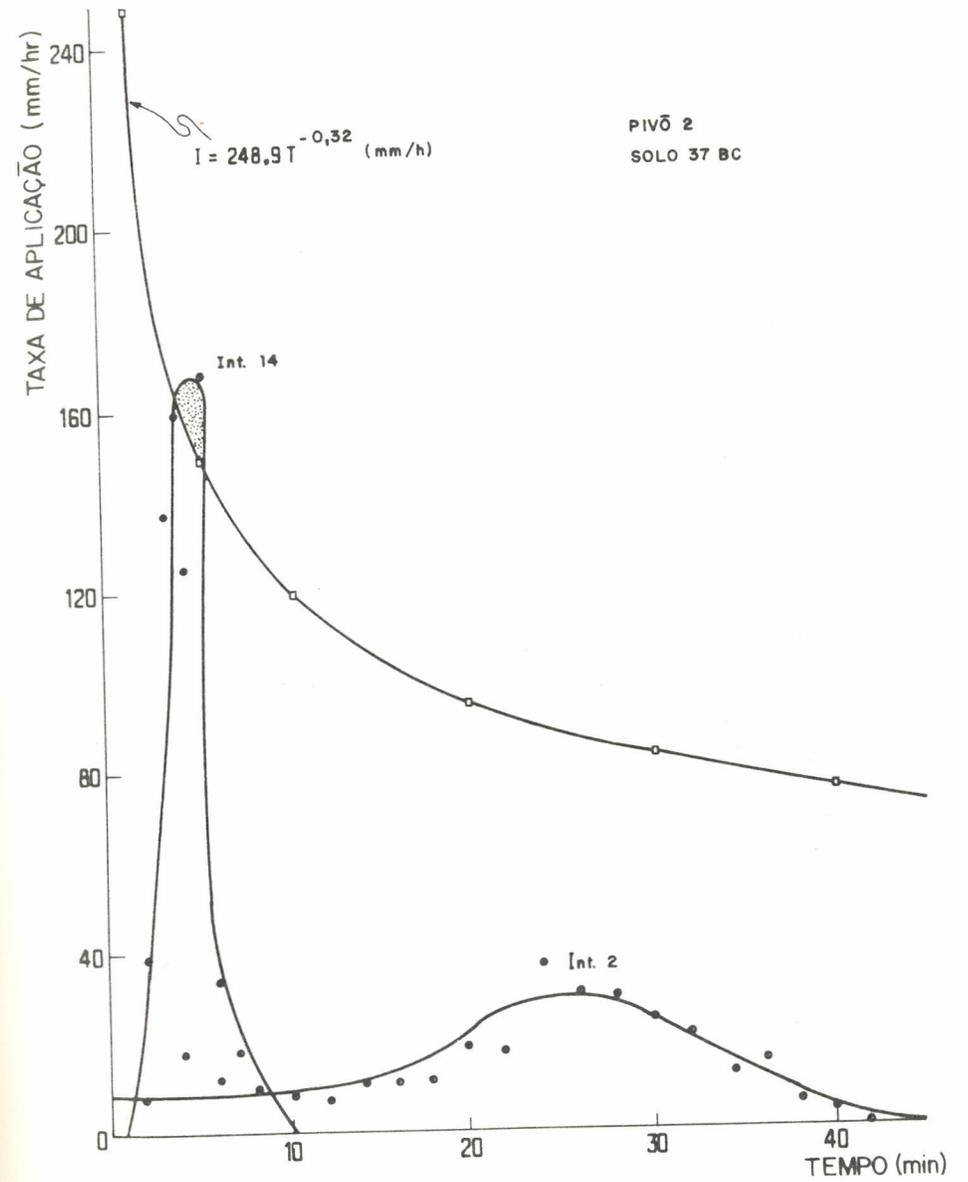


FIG. 9. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2 e 14 do pivô 2.

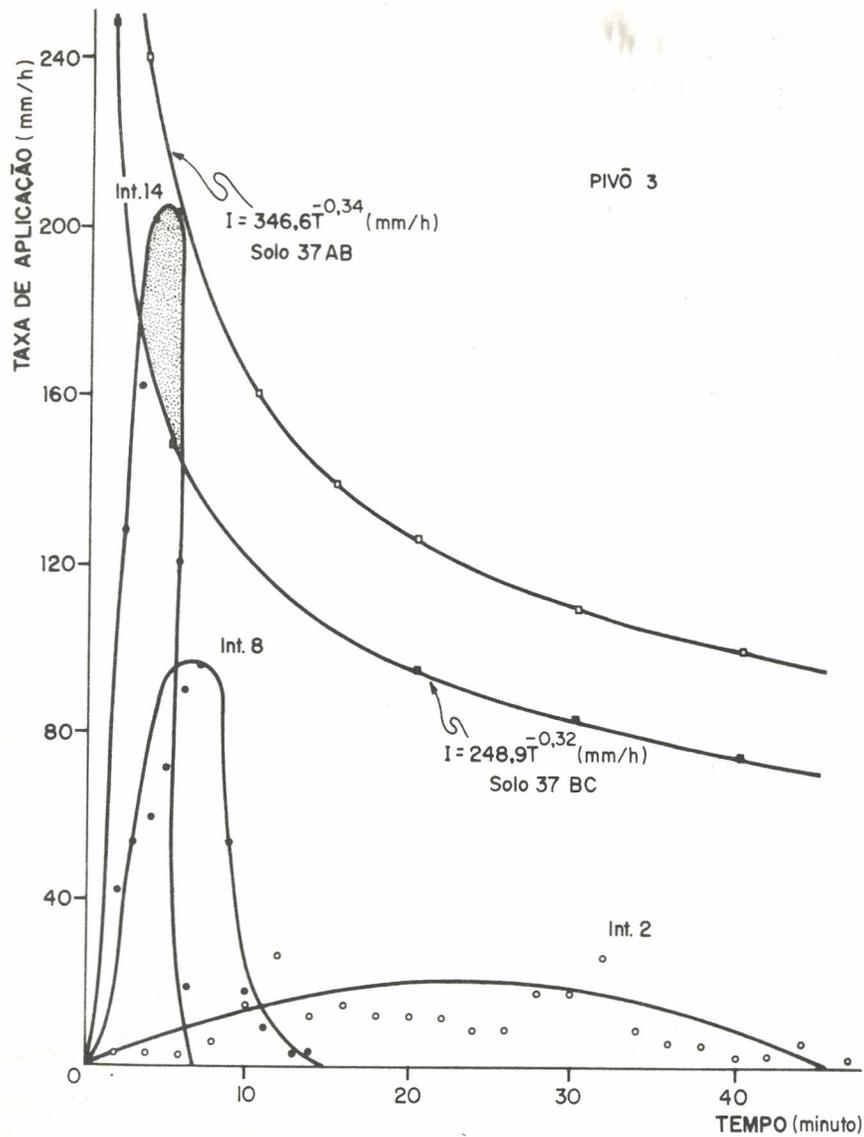


FIG. 10. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2, 8 e 14 do pivô 3.

30

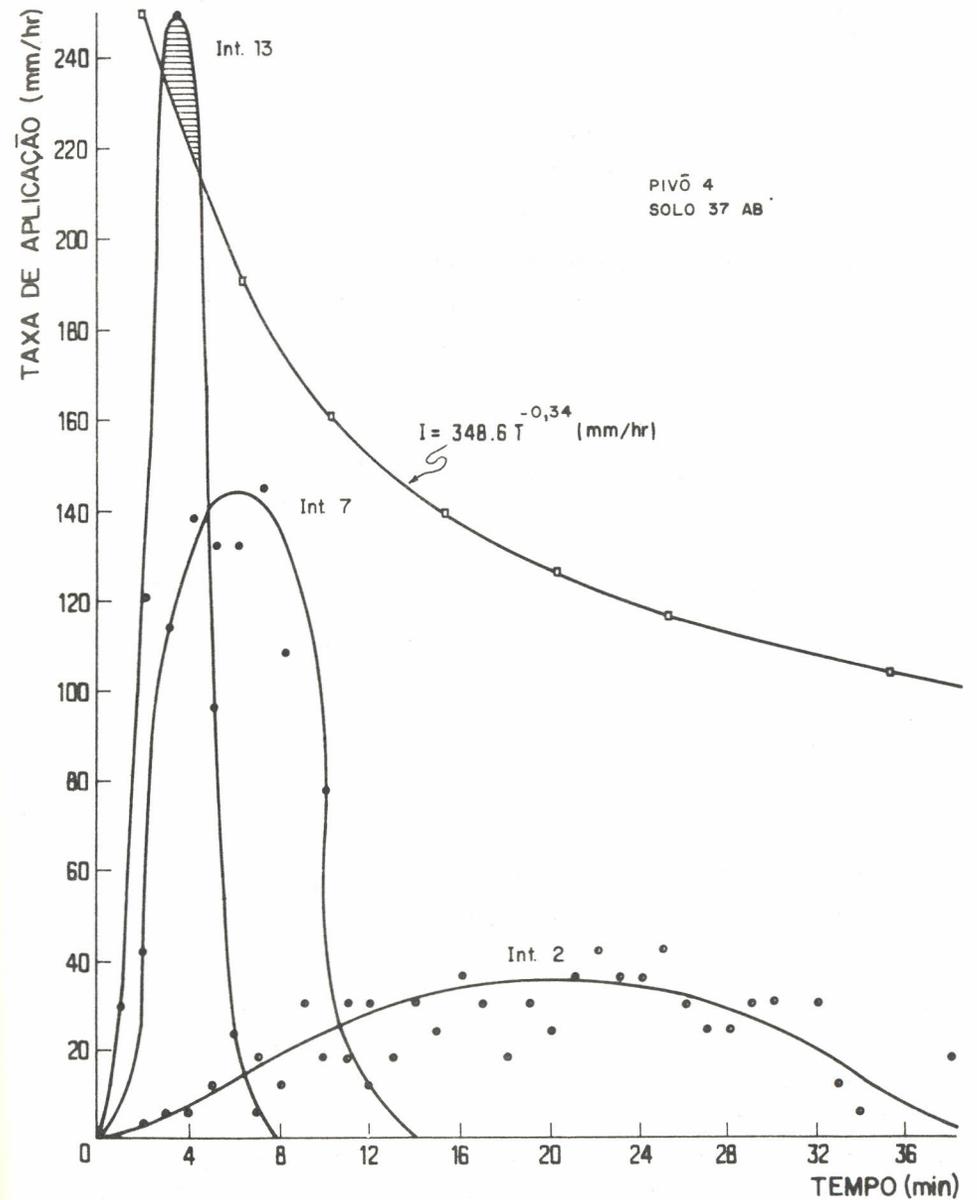


FIG. 11. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2, 7 e 13 do pivô 4.

rigadas pelos pivôs ainda não tinham sido implantadas. Inspeções visuais posteriores, após implantação das culturas, permitiram observar os seguintes aspectos:

- Nas áreas de baixadas a água de irrigação somada à água de chuva acumulou-se formando pequenas lagoas evitando qualquer desenvolvimento de culturas.
- Nas áreas imediatamente adjacentes às lagoas, as plantas não se desenvolveram normalmente devido ao excesso de água no perfil do solo.
- Em certas manchas de solo do pivô nº 4, especialmente nos quadrantes 3 e 4 implantados com sorgo e guandu respectivamente, houve falta de água devido a problemas de solo. Recomendou-se identificar estas áreas para estudar o problema em detalhes, após a colheita da cultura.
- No resto das áreas irrigadas as plantas apresentaram características normais.

#### 6. Distribuição da Umidade no Perfil do Solo

As Figuras 12 e 13 apresentam a distribuição da umidade no perfil do solo, nos intervalos 2 e 14 antes e 24 horas após a irrigação, nas áreas irrigadas pelos pivôs 1 e 3 respectivamente.

Observa-se que em ambos os pivôs o conteúdo de água no solo no intervalo 2, vizinho ao feixe central, antes e após a irrigação, é maior que no intervalo 14, extremo do pivô. Isto é decorrente da baixa intensidade de aplicação e do prolongado tempo de irrigação, que condiciona uma maior oportunidade para infiltração da água no solo. Já no extremo dos pivôs ocorre o contrário: altas intensidades de aplicação num curto tempo de irrigação proporciona escoamento superficial para áreas mais baixas ou, inclu

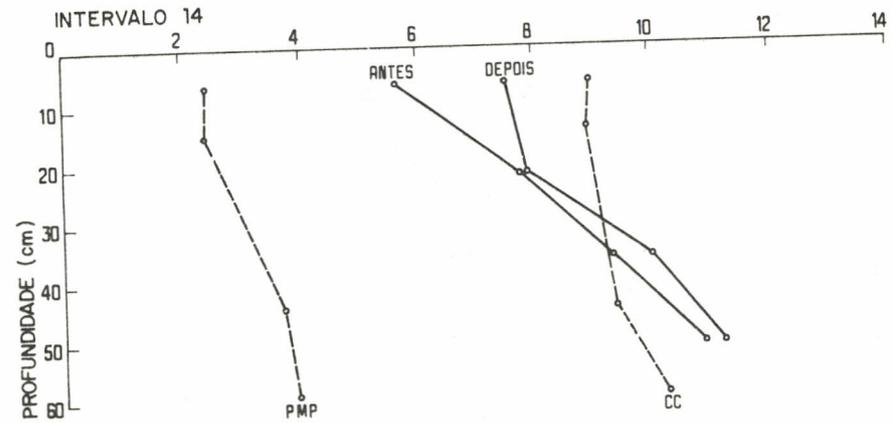
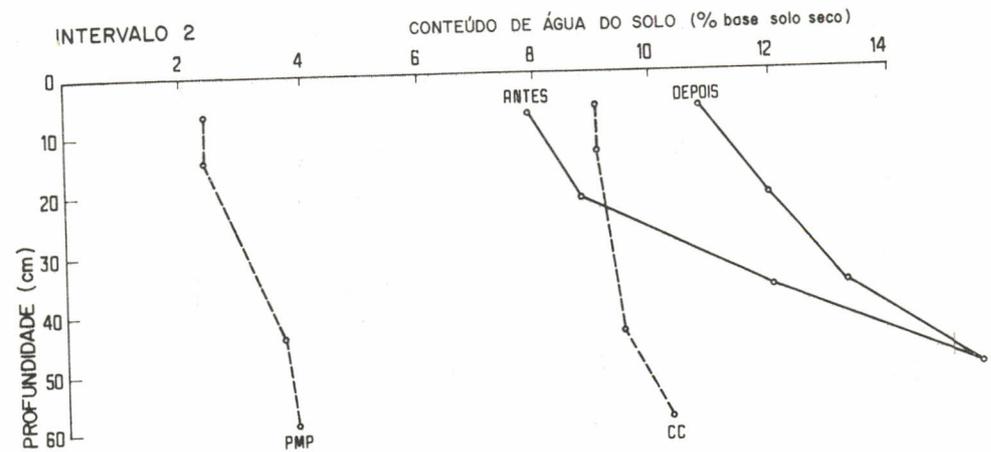


FIG. 12. Conteúdos de água do solo antes e após a irrigação como pivô 1 (CC a capacidade de campo e PMP o ponto de murcha permanente).

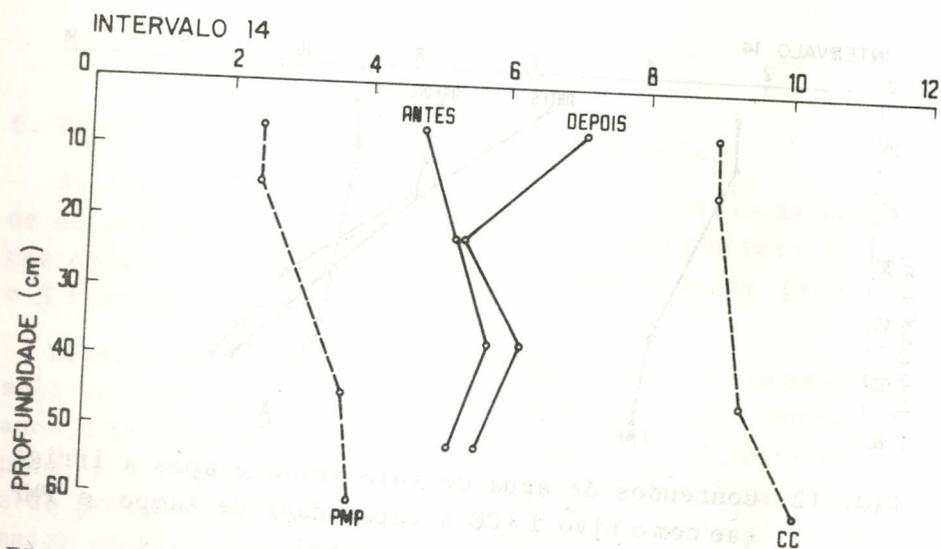
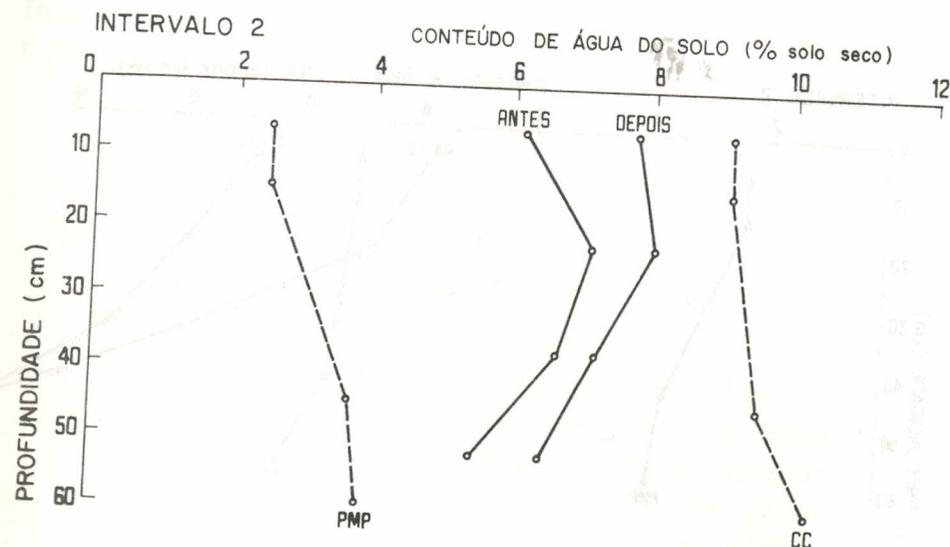


FIG. 13. Conteúdos de água do solo antes e após a irrigação com o pivô 3. (CC a capacidade de campo e PMP o ponto de murcha permanente).

sive, fora da área de irrigação reduzindo, a lâmina de água infiltrada.

Observa-se também que o conteúdo de água no solo irrigado pelo pivô 1 é maior que no solo irrigado pelo pivô 3. Assim, no pivô 3, o conteúdo de água no solo após a irrigação nunca sobrepassou a capacidade de campo (Fig. 13). Isto vem confirmar que efetivamente o pivô 3 estaria aplicando uma lâmina de água insuficiente.

Inicialmente, a frequência de irrigação foi estimada entre três e quatro dias. No entanto, prevendo-se que os pivôs estariam aplicando pouca água, durante o período inicial de desenvolvimento das culturas, passou-se a irrigar diariamente ou a cada dois dias. Em decorrência disto, não constatou-se nenhum sintoma de deficiência hídrica nas plantas dos pivôs que estavam aplicando água em quantidade insuficiente. No pivô 3, observa-se que durante a fase inicial de desenvolvimento da soja, primeiros dois meses, a água disponível do solo não desceu de 40%, o que é considerado adequado. Posteriormente, na época da floração e/ou formação das vagens, épocas em que a soja é muito sensível ao déficit de água no solo, ocorreram chuvas, mascarando qualquer déficit hídrico e evitando adequada avaliação.

#### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Verificou-se que somente o pivô nº 4 está aplicando uma lâmina de água por irrigação, adequada aos requisitos do projeto original. Constatou-se para os quatro pivôs uma perda potencial média de água por escoamento superficial de aproximadamente 9%. Estas perdas ocorreram principalmente nos solos da unidade 37 BC e nos extremos dos pivôs.

- b) As uniformidades de distribuição da água para os pivôs 1 e 2 foram da ordem de 71%, situando-se próximo ao limite inferior do intervalo aceitável.
- c) As eficiências de aplicação potenciais estimadas, nos pivôs 1 e 2, foram da ordem de 67%, valores estes considerados baixos.
- d) Com exceção de algumas áreas do pivô 4, cujos solos aparentemente apresentam problemas de compactação (hardpan), na camada compreendida entre 30 e 50cm de profundidade, não foram observados sintomas de deficiência hídrica nas culturas, decorrente da realização das irrigações numa frequência de um ou dois dias, ao invés de três ou quatro dias, como foi projetado.
- e) Embora a mudança na frequência de irrigação aparentemente tenha solucionado o problema da falta de água no pivô 3, é recomendável que o sistema de irrigação forneça a vazão adequada. Isto permitirá o uso eficiente do equipamento com conseqüente economia de água, energia e mão-de-obra. Visando regular a vazão do pivô 3, recomenda-se:
- verificar se a vazão da bomba é aquela indicada pela ASBRASIL (ver Anexo III). Para isto, será necessário equipar a motobomba com um dispositivo que permita registrar a quantidade de água utilizada durante a irrigação. Aliás, é recomendável que cada motobomba disponha deste equipamento, de forma a poder determinar, para cada unidade, a verdadeira eficiência do sistema de irrigação.
  - verificar as características dos bocais dos aspersores, suas pressões de funcionamento e sua variação através do comprimento do pivô. Para isto é

- necessário dispor da relação de aspersores usados em cada uma das unidades e suas pressões de funcionamento que normalmente acompanham o sistema de irrigação sob a forma de manual de instruções.
- f) Recomenda-se aumentar a uniformidade de aplicação da precipitação nos pivôs 1 e 2. Um aumento da uniformidade de aplicação significará um aumento da eficiência de irrigação do sistema. A uniformidade da aplicação de água pode aumentar se forem observadas:
- irrigação em horários com menos vento;
  - melhoria das condições de trabalho do pivô;
  - colocação de extensões nos aspersores, de forma a localizá-los mais próximos da superfície do solo.

A primeira medida é difícil de ser adotada, pois o pivô trabalha 24 horas por dia. Se decide-se pela segunda alternativa, recomenda-se mudar os bicos dos aspersores nos trechos que apresentam picos de mínima ou de máxima precipitação. As Figuras 4 e 7 constituem uma valiosa ajuda para localizar possíveis problemas no funcionamento dos aspersores.

A terceira opção, embora signifique novos investimentos, é uma alternativa que deve ser considerada. O uso de aspersores deslocáveis permitirá eliminar perdas de água por evaporação e derivação do jato durante todo o ciclo de crescimento pois a altura do aspersor é regulável de acordo com a altura da cultura.

- g) Embora o escoamento superficial tenha ocorrido principalmente no extremo dos pivôs, recomenda-se, no possível, reduzir essas perdas principalmente na

ausência de um adequado sistema de drenagem. Isto pode ser feito da seguinte maneira:

- permitindo que a superfície do solo fique mais seca entre irrigações aumentando assim a capacidade de infiltração da água no solo: isto pode ser atingido reduzindo a frequência de irrigação;
- aumentando a velocidade de rotação do pivô, diminuindo portanto a lâmina de irrigação;
- diminuindo o diâmetro dos bocais dos aspersores, o que diminui a capacidade do sistema e a intensidade de aplicação de água;
- aumentando a pressão de trabalho do sistema e reduzindo o diâmetro dos aspersores de forma a manter a mesma intensidade de aplicação: isto fará diminuir o tamanho da gota de água, reduzirá seu impacto sobre o solo e conseqüentemente aumentará a infiltração;
- durante o processo de preparação do solo ou durante o plantio, utilizar um implemento que permita a construção de pequenos entalhes e/ou diques ao longo do sulco, de forma que permitam a acumulação da água sobre o solo aumentando assim a oportunidade da água para se infiltrar.

Dos métodos descritos para reduzir o escoamento, o primeiro é talvez o mais recomendado. No entanto, sua utilização será viável somente quando os pivôs estiverem aplicando as corretas lâminas de irrigação. Da forma como os pivôs 1, 2 e 3, estão atualmente trabalhando, com água insuficiente, esta medida não pode ser adotada.

h) No caso de ser impossível reduzir as perdas de água por escoamento superficial, recomenda-se utilizar

técnicas de conservação de solos para poder utilizar esta água. Algumas destas poderão ser:

- localização das fileiras perpendiculares a declividade do terreno;
- plantio em curvas de nível;
- sulcos fechados ou parcialmente fechados;
- aração profunda.

i) Estabelecer, o mais rápido possível, um adequado sistema de drenagem que permita eliminar o excesso de água proveniente das chuvas ou da irrigação. Isto permitirá drenar as áreas alagadas que impedem o deslocamento dos pivôs e que diminuem as áreas agrícolas.

j) Se, após consideradas e implantadas as medidas mencionadas, ainda os pivôs 1, 2 e 3 proporcionarem baixas precipitações e eficiências de aplicação, recomenda-se revisar o projeto de irrigação, utilizando desta vez as necessidades de água, incluindo as perdas por escoamento superficial e as eficiências de aplicação determinadas. Recomenda-se repetir esta avaliação após a instalação do sistema de drenagem. Qualquer modificação da superfície das áreas irrigadas poderá mudar a performance dos pivôs.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço de Produção de Sementes Básicas, Brasília, DF. Projeto Petrolina: implantação do complexo da produção de sementes de Petrolina, PE. s.l. 1981. 75p.
- FAO, Roma, Itália. Estudio de la cuenca del rio São Francisco (segunda etapa); Brasil estudios de irrigacion e ingenieria. Roma, 1971. 301p. il 7 mapas. (FAO. Informe Técnico, 4).
- KINCAID, D.C.; HEERMAN, D.F. & KRUSE, E.G. Application rates and runoff in center pivot sprinkler irrigation. Trans. ASAE, 12(6):790-4, Nov./Dec. 1969.
- KÖPPEN, W. Das geographische system der klimate. In: KÖPPEN, W. & GINER, R. eds. Handbuch der klimatologie. Berlin, Gerbrender Barntreger, 1936, v.1, Part C.
- MERRIAN, J.L. & KELLER, J. Farm irrigation system evaluation; a guide for management. Logan, Utah State University, Agricultural & Irrigation Engineering Department, 1978. 271p.

## ANEXO I

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 1

1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos
  - Modelo: 4071 - VSN/14-2272 com 14 torres
  - Baixa pressão com 172 aspersores
  - Altura livre entre as torres em terreno plano: 2,7m
  - Área circular irrigada: 104ha
  - Precipitação Aplicada: 12,05mm/hora
  - Velocidade Máxima: uma volta em 24 1/4 horas
  - Vazão Total: 515,7m<sup>3</sup>/h; vazão por área: 4,959m<sup>3</sup>/h x ha
  - Comprimento da Tubulação: 550,3m
  - Raio do Canhão Final: 25,1m; Pressão Total do pivô: 7,20atm
  - Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.
2. Adutora
  - 1740m de tubo de aço zincado com Ø 250mm; perda de carga: 3,2mca x 100 = 55,7mca.
3. Composição da Moto-Bomba
  - a) Cálculo da Altura Manométrica
 

Altura Geodética	-	10,0mca
Altura de Sucção	-	5,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	72,0mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	55,7mca
TOTAL	-	146,2mca.
  - b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 3 estágios, com Ø 325mm; rotação: 1750rpm; vazão 515,2:2 = 258m<sup>3</sup>/h.  
Pressão: 146,2 = 153mca.; rendimento = 72%.  
Consumo de força: contínua: 203,1CV; máxima: 223,4CV.
  - c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 250CV, e 1750rpm.  
Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 373,5KW/h.

## ANEXO II

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 2

## 1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos

Modelo: 4071 - VSN/14-2272 com 14 torres

Baixa pressão com 172 aspersores

Altura livre entre torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 104ha

Precipitação Aplicada: 12,05mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 24 1/4 horas

Vazão Total:  $515,7\text{m}^3/\text{h}$ ; vazão por área:  $4,959\text{m}^3/\text{h} \times \text{ha}$

Comprimento da Tubulação: 550,3m

Raio do Canhão Final: 25,1m; Pressão Total do pivô: 7,20atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.

## 2. Adutora

1470m de tubo de aço zincado com  $\varnothing$  250mm; perda de carga:  $3,2\text{mca} \times 100 = 47,0\text{mca}$ .

## 3. Composição da Moto-Bomba

## a) Cálculo da Altura Manométrica

Altura Geodética	-	10,0mca
Altura de Sucção	-	5,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	72,0mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	47,0mca
TOTAL	-	137,5mca.

b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 3 estágios, com  $\varnothing$  320mm; rotação: 1750rpm; vazão  $515,2:2 = 258\text{m}^3/\text{h}$ .

Pressão:  $137,5 = 144\text{mca}$ .; rendimento = 72%.

Consumo de força: contínua: 191,1CV; máxima: 210,2CV.

c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 250CV, e 1750rpm.

Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 351,3KW/h.

## ANEXO III

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 3

## 1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos

Modelo: 4071 - VSN/14-2272 com 14 torres

Baixa pressão com 172 aspersores

Altura livre entre as torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 104ha

Precipitação Aplicada: 12,05mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 24 1/4 horas

Vazão Total:  $515,7\text{m}^3/\text{h}$ ; vazão por área:  $4,959\text{m}^3/\text{h} \times \text{ha}$

Raio do Canhão Final: 25,1m; Pressão Total do pivô: 7,20atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.

## 2. Adutora

1430m de tubo de aço zincado com  $\varnothing$  250mm; perda de carga:  $3,2\text{mca} \times 100 = 45,8\text{mca}$ .

## 3. Composição da Moto-Bomba

## a) Cálculo da Altura Manométrica

Altura Geodética	-	10,0mca
Altura de Sucção	-	5,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	72,0mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	45,8mca
TOTAL	-	136,3mca.

b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 3 estágios, com  $\varnothing$  320mm; rotação: 1750rpm; vazão  $515,2:2 = 258\text{m}^3/\text{h}$ .

Pressão:  $136,3 = 144\text{mca}$ .; rendimento: 72%.

Consumo de força: contínua: 191,1CV; máxima: 210,2CV.

c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 250CV, e 1750rpm.

Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 351,3KW/h.

## ANEXO IV

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 4

## 1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos

Modelo : 4071 - VSN/13-2621 com 13 torres

Baixa pressão com 160 aspersores

Altura livre entre as torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 90ha

Precipitação Aplicada: 14,87mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 22,5 horas

Vazão Total:  $595\text{m}^3/\text{h}$ ; vazão por área:  $6,61\text{m}^3/\text{h} \times \text{ha}$

Comprimento da Tubulação: 511,7m

Raio do Canhão Final: 23,6m; Pressão Total do pivô: 8,26atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.

## 2. Adutora

820m de tubo de aço zincado com  $\varnothing$  250mm; perda de carga: 3,0mca x 100 = 32,8mca.

## 3. Composição da Moto-Bomba

## a) Cálculo da Altura Manométrica

Altura Geodética	-	2,5mca
Altura de Sucção	-	2,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	82,6mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	32,8mca
TOTAL	-	123,4mca.

b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 2 estágios, com  $\varnothing$  360mm; rotação: 1750rpm; vazão  $595:2 = 297,5\text{m}^3/\text{h}$ .

Pressão:  $118,4 = 128,0\text{mca}$ .; rendimento = 76%.

Consumo de força: contínua: 185CV; máxima: 200CV.

c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 200CV, e 1750rpm.

Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 341KW/h.