

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE
DRENAGEM SUBTERRÂNEA NO PERÍMETRO IRRIGADO
DE BEBEDOURO-PE**

VALDINEY BEZERRA DE AMORIM

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

JUNHO /1995

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DRENAGEM
SUBTERRÂNEA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO - PE**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO
CURSO DE MESTRADO EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
EM CUMPRIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM CIÊNCIAS (M.SC.)**

AREA DE CONCENTRAÇÃO : IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

VALDINEY BEZERRA DE AMORIM

**CARLOS ALBERTO VIEIRA AZEVEDO
ORIENTADOR**

**MANUEL DE JESUS BATISTA
CO-ORIENTADOR**

CAMPINA GRANDE - PB

JUNHO - 1995

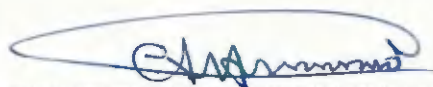


A524d	<p>Amorim, Valdiney Bezerra de. Diagnóstico e avaliação de desempenho de drenagem subterrânea no perímetro irrigado de Bebedouro-PE / Valdiney Bezerra de Amorim. - Campina Grande, 1995. 160 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1995.</p> <p>Referências. "Orientação : Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira Azevedo, Prof. Manuel de Jesus Batista".</p> <p>1. Drenagem e Irrigação Subterrânea. 2. Engenharia Rural - Pernambuco - Brasil. 3. Recursos Hídricos. 4. Dissertação - Engenharia Agrícola. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira. II. Batista, Manuel de Jesus. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 631.62/67(043)</p>
-------	--

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DRENAGEM
SUBTERRÂNEA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO - PE**

VALDINEY BEZERRA DE AMORIM

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 01 DE JUNHO DE 1995 POR :



**CARLOS ALBERTO AZEVEDO (PhD)
ORIENTADOR**



**HERMÍNIO HIDEO SUGUINO (PhD)
EXAMINADOR**



**JOSÉ DANTAS NETO (PhD)
EXAMINADOR**

CAMPINA GRANDE - PB

OFERECIMENTO

A CODEVASF - Companhia de desenvolvimento do Vale do São Francisco, pela oportunidade e apoio técnico/financeiro concedidos, que foram indispensáveis à realização desta dissertação

A UFPB - Universidade Federal da Paraíba, pelos ensinamentos dos mestres no decorrer do curso.

A CAMPIB - Cooperativa Agrícola Mista do Perímetro Irrigado de Bebedouro, pelo apoio logístico.

DEDICAÇÃO

A minha esposa Soraia pela suspensão por dois anos das suas atividades odontológicas em prol deste meu objetivo, dedicando-me integralmente.

Aos meus dois filhos, Beatriz e Breno, pelo amor e paciência em respeitar as horas que necessitei dedicar a esta causa.

Aos meus pais, Joaquim e Rosinha, e meus irmãos: Goretti, Vianney, Dorinha, Vaneyde, Joseneyde, Josenilton, Rosemayre, Reginaldo, Rogério e Fabrício. Pelo amor que sempre nos uniu.

Aos sogros Queiroga e Therezinha; aos cunhados Nilson, Carlos Alberto, Hamilton, Nilo, Queiroga Filho, Geraldo, Sandra e Adriana; ao Tio Josivam; e aos amigos Josenaldo e Miranda. Pela amizade que nos une.

AGRADECIMENTOS

A Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), pelo apoio técnico e financeiro à realização desta dissertação, em especial ao Eng^o Agrônomo Manuel de Jesus Batista pela co-orientação nesta pesquisa; ao Eng^o Agrônomo Walter Caldas Junior pela colaboração técnica e administrativa ao desenvolvimento do experimento em campo; ao Eng^o Agrônomo José Benedito de Souza, pelo fornecimento de material didático; ao Eng^o Civil Silas Macedo pela coordenação do I curso internacional de drenagem, despertando-me para este mestrado; ao Eng^o Agrônomo José Ailton da Silva, pela colaboração na identificação pedológica dos solos nas áreas das pesquisas; ao Eng^o Agrônomo Hildo Diniz da Silva pela oportunidade confiada e apoio logístico à realização dos estudos; aos topógrafos Zenival Soares Mariano e Roberto Dias Pinheiro por levantar as cotas topográficas dos poços de observações da pesquisa; a Nonato do setor de serviços gerais; a Agrício na UME e a todos funcionários da CODEVASF que direta ou indiretamente contribuíram para os resultados alcançados.

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em especial ao Professor Carlos Alberto Vieira de Azevedo pelas orientações concedidas durante a pesquisa e preparação da dissertação; a Professora Vera Lúcia Antunes Lima, pela colaboração na preparação do projeto de pesquisa; ao Professor Gilvan Rodrigues de Oliveira pela colaboração em fornecer material bibliográfico para revisão de literatura e propor sugestões a este estudo; aos professores Marx Prestes Barbosa, José Elias Cunha Metri e Hans Gheyi pelos ensinamentos nas suas disciplinas; e a funcionária Odete Emídio de Farias e todos servidores da UFPB que compartilharam com o nosso desenvolver.

A Cooperativa Agrícola Mista do Perímetro Irrigado de Bebedouro, em especial a diretoria, ao gerente José Costa, funcionários e aos proprietários dos lotes pesquisados : José Maria Fernandes, Carlos Nakamura, Manoel Messias, João Maximiliano e Edelmário de Souza pela permissão dos estudos e colaboração para obtenção dos resultados.

Aos dois auxiliares técnicos Gilmar de Brito Dias e José Anchieta Gomes Carvalho, pela responsabilidade e dedicação, em todas as horas, nos levantamentos dos dados de campo sem os quais seria impraticável alcançar-se este objetivo. Portanto, agradecemos também a Veterinária Maria da Paz Ribeiro pela liberação do funcionário José Anchieta do quadro da unidade de Psicicultura para este estudos.

Ao Monitor e amigo Carlos Valberto; ao colegas de mestrado Cleber, Ednaldo Liberato, Ed-Naldo, Fátima, Flávio, Íris, João Ramalho, Joedia, Mônica, Messias Sandra e Thomaz. Pelo convívio durante o curso das disciplinas obrigatórias.

A DEUS pela iluminação e saúde para atingir este objetivo

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS	xix
ANEXOS	xxiii
RESUMO	xxvii
ABSTRAT	xxviii
1.0 - INTRODUÇÃO	1
2.0 - REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 - A drenagem subterrânea	4
2.2 - Taxa de descarga (q)	5
2.3 - Condutividade hidráulica	7

	PÁGINA
2.4 - Profundidade do lençol freático adequada	8
2.5 - Tolerância da cultura da videira à salinidade	10
2.6 - Carga hidráulica	11
2.7 - Porosidade drenável	12
2.8 - Condutos e envoltórios subterrâneos	13
2.9 - Espaçamento entre drenos	16
2.9.1 - Equações de regime permanente	16
a) Equação de Hooghoudt	19
b) Equação de Donnan.....	22
c) Equação de Ernst.....	22
2.9.2 - Equações de regime variado	23
a) Equação de Glover-Dumm.....	23
b) Equação de Boussinesq.....	27

	PÁGINA
2.10 - Avaliação das equações de drenagem subterrânea.....	34
3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 - Ensaio da pesquisa	30
3.1.1 - Ensaio 01	32
3.1.2 - Ensaio 02	34
3.1.3 - Ensaio 03	36
3.2 - Época de realização da pesquisa	38
3.3 - Instalação e condução do experimento	38
3.3.1 - Instalação de poços de observações	38
3.3.2 - Cotação topográficas dos poços	41
3.3.3 - Características físicas e químicas dos solos	41
3.3.4 - Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular da videla	42
3.3.5 - Condutividade hidráulica	42

	PÁGINA
3.3.6 - Monitoramento do sistema de drenagem	43
3.4 - Computação dos dados	43
3.4.1 - Avaliação sob regime permanente	43
3.4.1.1 - Carga hidráulicas a partir das profundidades do lençol freático	44
3.4.1.2 - Transformação das descargas (Q) em descargas normativas (q)	45
3.4.1.3 - Aplicação analítica da equação de Hooghoudt	45
3.4.1.4 - Análise grafimétrica	47
3.4.2 - Avaliação sob regime de fluxo variado	47
3.4.2.1 - Solução analítica	47
3.4.2.2 - Solução grafimétrica	50
3.5 - Avaliações do desempenho dos condutos subterrâneos	50

	PÁGINA
3.6 - Recuperação química de solos salinos-sódicos	51
3.7 - Avaliação da Irrigação parcelar	52
4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1 - Características física e química dos solos	56
4.1.1 - Ensaio 01	56
4.1.2 - Ensaio 02	56
4.1.3 - Ensaio 03	62
4.2 - Recarga proveniente da precipitação pluvial	68
4.3 - Recarga proveniente da Irrigação	68
4.4 - Carga hidráulica (h) e taxa de descarga ou descarga normativa (q)	71
4.5 - Profundidade do lençol freático (PrLf) e profundidade do sistema radicular da videira	79
4.6 - Influência dos vazamentos dos canais na elevação do lençol freático	82

	PÁGINA
4.7 - Condutividade hidráulica (confiabilidade do teste do furo do trado e caracterização da camada impermeável)	84
4.7.1 - Ensaio 02	84
4.7.2 - Ensaio 03	84
4.8 - Avaliação do rendimento dos tubos e envoltórios	89
4.9 - Avaliações dos modelos matemáticos de espaçamentos entre drenos	91
4.9.1 - Ensaio 02	91
4.9.2 - Ensaio 03	95
5.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	99
6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
1 - Ensaio da pesquisa.....	32
2 - Características físico-químicas do solo no DE-02 do lote 063	57
3 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-02 do lote 059	58
4 - Características físico-químicas do solo em ¾ do DE-02 do lote 059	59
5 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-03 do lote 019	60
6 - Características físico-químicas do solo em ¾ do DE-03 do lote 019	61
7 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-04 do lote 019	63
8 - Características físico-químicas do solo em ¾ do DE-04 do lote 019	64
9 - Características físico-químicas do solo no DE-12 do lote 045	65
10- Características físico-químicas do solo no DE-03 do lote 082	66
11- Características físico-químicas do solo no DE-04 do lote 082	67
12 - Precipitações pluviométricas superiores a 54.4 mm durante 1963 a 1993	69

TABELA	PÁGINA
13 - Avaliação da irrigação parcelar	70
14 - Cargas hidráulicas (h) e taxas de descargas (q)	71
15 - Profundidade do sistema radicular da videira	80
16 - Confiabilidade da determinação da condutividade hidráulica obtida pelo teste do furo do trado em presença de lençol freático	86
17 - Caracterização da camada impermeável	87
18 - Rendimentos de condutos e envoltórios subterrâneos	88
19 - Comparação dos modelos matemáticos utilizados em drenagem subterrânea	96

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 - Fluxo permanente com recarga uniforme, num solo homogêneo.....	17
2 - Fluxo permanente com contribuição radial	20
3 - Elemento diferencial de uma região de fluxo	24
4 - Localização do perímetro irrigado de Bebedouro	31
5 - Layout do lote 063 do ensaio 01 do perímetro Bebedouro	33
6 - Layout do lote 059 do ensaio 02 do perímetro Bebedouro	35
7 - Layout do lote 019 do ensaio 02 do perímetro Bebedouro	35
8 - Layout do lote 045 do ensaio 03 do perímetro Bebedouro	37
9 - Layout do lote 082 do ensaio 03 do perímetro Bebedouro	37
10 - Layout de locação dos poços de observação	39
11 - Detalhes de instalação do poço de observação	40
12 - Detalhe de um poço no ponto intermediário entre os drenos	44

FIGURA	PÁGINA
13 - Planta altimétrica do lote 063 do ensaio 01 do perímetro Bebedouro .	73
14 - Carga hidráulica versus tempo, DE-02 do lote 059	74
15 - Carga hidráulica versus tempo, DE-03 do lote 019	76
16 - Carga hidráulica versus tempo, DE-04 do lote 019	76
17 - Carga hidráulica versus tempo, DE-12 do lote 045	77
18 - Carga hidráulica versus tempo, DE-03 do lote 082	78
19 - Carga hidráulica versus tempo, DE-04 do lote 082	78
20 - Profundidade das raízes versus densidade global do solo	81
21 - Profundidade das raízes versus profundidade do lençol freático	81
22 - Carga hidráulica na primeira linha de poços, DE-12/lote 045	82
23 - Carga hidráulica na segunda linha de poços, DE-12/lote 045	83
24 - Carga hidráulica na terceira linha de poços, DE-12/lote 045	83
25 - Fração de perda de carga dos condutos nos ensaios	90

FIGURA	PÁGINA
26 - Resistência de entrada d'água nos condutos	90
27 - Planta altimétrica do lote 019 ensaio 02	94

LISTA DE SÍMBOLOS

R - Recarga normativa ou recarga por unidade de área (m/dia)

L - Espaçamento entre drenos subterrâneos (m)

K - Condutividade hidráulica (m/dia)

Q - Vazão (l/s)

q - Taxa de descarga ou coeficiente de drenagem subterrânea (m/dia)

h - Carga hidráulica no ponto intermediário aos drenos (m)

máx. - Máxima

mín. - Mínima

méd. - Média

proj. - Projeto

D - Distância da camada impermeável até o nível dos drenos (m)

H - altura d'água da camada impermeável até o nível dos drenos no ponto intermediário aos drenos (m)

d - espessura do estrato equivalente (m)

π - Constante Pi

K_b - Condutividade hidráulica abaixo do nível dos drenos (m/dia)

K_a - Condutividade hidráulica acima do nível dos drenos (m/dia)

P - Perímetro molhado (m^2)

V - Porosidade drenável (ADM)

t - tempo de rebaixamento do lençol freático (dias)

h_0 - Carga hidráulica no tempo inicial (m)

h_{tot} - Carga hidráulica no tempo final (m)

β - Fator de reação ou de intensidade de drenagem (1/dias)

\emptyset - Armazenado

α - Ângulo de inclinação

DN - Diâmetro nominal (mm)

$CoTp$ - Cota topográfica do topo do poço (m)

P_{rlf} - Profundidade do lençol freático a partir do topo do poço (m)

CoDr - Cota topográfica do plano de drenagem (m)

Σ - Somatório

r_e - Resistência hidráulica (dias/m)

h_e - Diferença da carga hidráulica entre o poço em cima do dreno e o poço a 0,5 m do dreno

h_{tot} - Diferença da carga hidráulica entre o poço em cima do dreno e o poço na metade do espaçamento entre drenos.

PST - Porcentagem de sódio trocável (%)

CTC - Capacidade de troca catiônica (meq/ 100 g de solo)

CE es - Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS/m)

Na - Sódio trocável (meq/100 g de solo)

Pe - Peso equivalente

D_g - Densidade global do solo (g/cm³)

D_r - Densidade real do solo (g/cm³)

Lpp - Lâmina d'água de percolação profunda (mm)

Let - Lâmina de evapotranspiração (mm)

Lap - Lâmina d'água aplicada (mm)

Les - Lâmina de escoamento superficial (mm)

Lpd - Lâmina d'água percolada nos drenos (mm)

Lar - Lâmina d'água armazenada (mm)

θ - Umidade volumétrica (%)

CC - capacidade de campo

PMP - Ponto de murcha permanente

Efap - Eficiência de aplicação d'água (%)

Efar - Eficiência de armazenamento d'água (%)

Tpd - Taxa de percolação nos drenos (%)

Tes - Taxa de escoamento superficial (%)

CE es - Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS/m)

Na - Sódio trocável (meq/100 g de solo)

ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
01 - Memória de cálculo DE-02 do lote 059, sob condições de regime permanente	109
02 - Memória de cálculo DE-02 do lote 059, sob condições de regime variado	112
03 - Memória de cálculo DE-03 do lote 019, sob condições de regime permanente	115
04 - Memória de cálculo DE-03 do lote 019, sob condições de regime variado	118
05 - Memória de cálculo DE-04 do lote 019, sob condições de regime permanente	121
06 - Memória de cálculo DE-04 do lote 019, sob condições de regime variado	124
07 - Memória de cálculo DE-12 do lote 045, sob condições de regime permanente	127
08 - Memória de cálculo DE-12 do lote 045, sob condições de regime variado	130

ANEXO	PÁGINA
09 - Memória de cálculo DE-03 do lote 082, sob condições de regime permanente	133
10 - Memória de cálculo DE-03 do lote 082, sob condições de regime variado	136
11 - Memória de cálculo DE-04 do lote 082, sob condições de regime permanente	139
12 - Memória de cálculo DE-04 do lote 082, sob condições de regime variado	142
13 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-02, na profundidade 1.40 m do lote 059	145
14 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-02, na profundidade 2.0 m do lote 059	146
15 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-03, na profundidade 1.40 m do lote 019	147
16 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-03, na profundidade 1.8 m do lote 019	148
17 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-04, na profundidade 1.31 m do lote 019	149

ANEXO	PÁGINA
18 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-04, na profundidade 2.2 m do lote 019	150
19 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-12, na profundidade 1.15 m do lote 045	151
20 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-12, na profundidade 1.5 m do lote 045	152
21 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-03, na profundidade 1.20 m do lote 082	153
22 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-03, na profundidade 1.71 m do lote 082	154
23 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-04, na profundidade 1.20 m do lote 082	155
24 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-04, na profundidade 1.67 m do lote 082	156
25 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-02, na profundidade 1,30 m do lote 063	157
26 - Tabulação da condutividade hidráulica do campo do DE-02, na profundidade 1,80 m do lote 063	158

ANEXO**PÁGINA**

25 - Fração de perda de carga e Resistência hidráulica	159
26 - Condutividade hidráulica pelo teste do furo do trado em presença de lençol freático	160

RESUMO

A pesquisa foi conduzida em áreas de pequenos produtores (média de 2.2 ha), composta de três ensaios (01, 02 e 03), tendo como constantes o solo e a cultura da videira em mesma idade, e como variável a profundidade da camada impermeável e o espaçamento entre drenos subterrâneos. Uma avaliação da performance de cada sistema de drenagem foi feita a partir da obtenção, em campo, dos parâmetros hidrológicos e utilizando a metodologia de **DIELEMAN & TRAFFORD (1984)**. Os ensaios foram realizados num solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, onde: o ensaio 01 teve drenos espaçados a cada 45.0 m, implantados num solo com camada impermeável a uma profundidade superior a 3.0 m; o ensaio 02 teve drenos espaçados a 35.0 m, 40.0 m e 58.0 m, num solo com camada impermeável a profundidades de 1.4 a 2.2 m; e o ensaio 03 teve drenos espaçados a 19.6 m, 23.3 m e 35.0 m, num solo com camada impermeável a profundidades de 1.6 a 1.8 m. Os resultados mostraram que para as condições do ensaio 01 não é necessário a drenagem subterrânea; no ensaio 02 o espaçamento de 35.0 m apresentou boa performance para situações onde a camada impermeável encontra-se em profundidades de 1.4 a 1.8 m, enquanto que, o espaçamento de 58.0 m teve boa performance para a camada impermeável a profundidades variando de 1.8 a 2.2 m. Nestas condições os modelos de Hooghoudt e Glover-Dumm estimaram espaçamentos entre drenos próximos aos que resultou numa boa performance. No ensaio 03, o espaçamento de 35.0 m foi o de melhor performance para a camada impermeável a profundidades de 1.6 a 1.8 m com uma fase cascalhenta a 1.20 m, e os modelos de Hooghoudt, Ernst e Glover-Dumm forneceram a melhor estimativa dos espaçamentos entre drenos.

ABSTRAT

The research was conducted in field of small producers (average of 2.2 ha), composed of three trials (01, 02, 03), which had the same soil type and the grapevine crop, at the same age, but the impermeable layer deepness and the underground drain spacing were changed. A drainage system performance evolution was done by making hydrologic parameter field measurements and by using the DIELEMAN & TRAFFORD (1984) methodology. The trials were done in a podzolic red yellow eutrophic soils spacing, installed at an impermeable layer deeper than 3.0 m; the trial 02 had three drain spacings (35.0 m, 40.0 m and 58.0 m) and impermeable layer depth varying from 1.4 m to 2.20 m; and the trial 03 had drains spaced 19.6 m, 23.3 m and 35.0 m, and impermeable layer depth changing from 1.6 m to 1.8 m. The results showed that for the conditions of trial 01 there is no need for underground drainage; the 35.0 m drain spacing, in the trial 02, presented a good performance for the situations where the impermeable layer deepness was from 1.4 m to 1.8 m, while the 58.0 m drain spacing had a good performance for an impermeable layer at depths varying from 1.8 m to 2.2 m. In these conditions, the Hooghoudt and the Glover-Dumm models gave drain spacing estimations close to the one that resulted in a good performance. In the trial 03, the 35.0 m drain spacing was the one that presented the best performance for the impermeable layer deepness varying from 1.6 to 1.8 m with a gravel interface at 1.2 m deep, and the Hooghoudt, Ernst e Glover-Dumm models gave the best drain spacing estimations.

1.0 - INTRODUÇÃO

Com o propósito de desenvolver sócio-economicamente a região do Semi-Árido Nordeste, limitada pela escassez e má distribuição das chuvas, com uma média anual de 400 mm concentrada em apenas 4 meses, o Governo Brasileiro vem, nos últimos 40 anos, acreditando na irrigação como um meio para superar limitações resultantes do déficit hídrico, e assim propiciar condições para um aumento da produção de alimentos e da oferta de empregos. A exemplo destas pretensões, tem-se a região do pólo Petrolina-Juazeiro, onde a irrigação começou a tomar impulso no início dos anos 70 com a implantação do projeto Bebedouro situado no Município de Petrolina-PE. Hoje, a região conta com 6 projetos públicos de irrigação que totalizam 38.917 ha irrigados, e que geram um total aproximado de 38.917 empregos diretos e 77.834 indiretos, favorecendo uma economia das mais lucrativas no Nordeste Brasileiro (CODEVASF, 1989). Há de se considerar, também, que os projetos de iniciativa privada já superam as áreas públicas, o que evidência a aceitação crescente da irrigação na região. Paralelamente, em aproximadamente 4.856 ha irrigados, vem ocorrendo reduções das produções agrícolas e/ou diminuição da área total irrigável principalmente, devido a salinização dos solos. Esse processo de salinização depende de vários fatores como: as condições de drenagem da área, a qualidade da água utilizada, o manejo da irrigação, as condições climatológicas da região, as características físico-químicas do solo e o tipo de cultura. No caso específico do polo Petrolina-Juazeiro, o alto déficit hídrico, a pouca profundidade dos solos irrigados e a elevação do lençol freático em função da baixa eficiência de aplicação da irrigação e/ou devido a grande intensidade de chuvas num curto intervalo de tempo são os fatores que mais contribuem para a salinização das áreas irrigadas, uma vez que

a água utilizada na irrigação é de boa qualidade, proveniente do Rio São Francisco, possuindo condutividade elétrica da ordem de 80 deciSimens por metro (dS/m).

Igualmente a todos os países em desenvolvimento, no Brasil o grande despertar pela importância da drenagem surgiu com a expansão das áreas irrigadas, nas quais a salinização ou áreas encharcadas reduziām as produtividades dos campos cultivados, gerando a necessidade de se instalar redes de drenagem para garantir a exploração dessas áreas. Na região do polo Petrolina-Juazeiro, a drenagem subterrânea com fins agrícolas foi feita pela primeira vez em 1984, quando foram implantados pela CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco) drenos entubados em 2,2 ha de uma área de colono do Perímetro Irrigado de Maniçoba, em solo do tipo Podzólico. Posteriormente, foram instalados drenos subterrâneos em solo do tipo latossolo do perímetro irrigado de Bebedouro e por último no ano de 1991 em vertissolo do perímetro irrigado de Mandacaru, visando avaliar o comportamento dos diversos tipos de tubos e envoltórios para esses diferentes solos. Atualmente, somente nos projetos públicos da região, foram implantados pela CODEVASF ou por empresas privadas, drenos subterrâneos em numa área de 1.350 ha, correspondendo a 28% da demanda de 4.856 ha.

Na ótica de que tão importante quanto executar é avaliar cada sistema de drenagem instalado, a região teve início nas pesquisas de avaliações de espaçamentos de drenos subterrâneas num Latossolo realizada por **SUGUINO et al (1986)** concluindo que o espaçamento de 30 m entre drenos atendeu as exigências de solo; a avaliação feita por **VALDIVIESO et al (1986)**, avaliando o espaçamento de 15 e 30 m num Podzólico, concluindo que o sistema com 30 m de espaçamento entre drenos apresentou melhor performance, sugerindo pesquisar outros espaçamentos maiores e por último **SOUZA (1991)**, avaliando os espaçamentos de 20 e 30 m concluindo que o espaçamento de 20 m apresentou boa eficiência, entretanto não pode avaliar hidraulicamente o de 30 m, dado

deficiências no sistema implantado. Face a esta situação, ficou evidenciado nas três pesquisas realizadas a necessidade de avaliar espaçamentos maiores para o solo Podzólico, assim como, uma análise da performance de cada sistema de drenagem para cada profundidade da barreira, visando obter uma avaliação das características físicas e químicas dos solos, condição de rebaixamento do lençol freático e rendimentos dos tubos e envoltórios, conforme objetivos a seguirem:

OBJETIVOS GERAL: Fazer um diagnóstico e avaliar o desempenho da drenagem subterrânea em 5 lotes do perímetro irrigado de Bebedouro-PE.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Determinar as características físicas e químicas dos solos.
- b) Conhecer a profundidade efetiva do sistema radicular da videira
- c) Comparar a condutividade hidráulica obtida a partir do teste do furo do trado com a determinada a partir das cargas e descargas dos drenos.
- d) Avaliar a performance dos 06 espaçamentos entre drenos, em 5 lotes do perímetro irrigado de Bebedouro-PE
- e) Verificar a adequação dos diferentes modelos matemáticos de espaçamentos entre drenos às condições dos sistemas em campo.

2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - A Drenagem Subterrânea

A drenagem subterrânea tem por finalidade escoar o excesso de água do solo para propiciar as raízes das plantas cultivadas condições favoráveis de umidade, aeração, temperatura e balanço de sais. Em áreas salinizadas, a drenagem cria condições para uma drenabilidade adequada do solo e a consequente lixiviação do excesso de sais.

ULZURRUN et al. (1977), diferenciam a drenagem subterrânea da superficial, no aspecto de que a primeira constitui-se num sistema enterrado que controla o fluxo d'água subterrâneo, garantindo total exploração da área.

A drenagem subterrânea (subsuperficial) pode ser feita através de drenos entubados ou valas abertas; no entanto, é recomendável, segundo **BATISTA (1989)**, que a drenagem subterrânea seja feita por meio de condutos tubulares enterrados que apresentam as vantagens (quando comparados com as valas abertas) de aumentar potencialmente a área agricultável, facilitar o trabalho das máquinas agrícolas, reduzir a incidência de focos de mosquitos, além de possuir um menor custo de manutenção.

Para a adequação de um sistema de drenagem é necessário que o projetista conheça as interações do sistema solo-água-planta-atmosfera para identificar os fatores limitantes em cada combinação dos fatores de produção. Após a implantação do sistema, é aconselhável que seja feita uma avaliação dos parâmetros de campo, tomando como base pequenas áreas representativas (áreas pilotos).

De todos os parâmetros de drenagem, o espaçamento e a profundidade dos drenos são os mais importantes no delineamento de um sistema e são, entre si, diretamente proporcional para uma dada posição do lençol freático (MILLAR, 1988). Os espaçamentos entre drenos são calculados a partir de fórmulas que descrevem a hidráulica de fluxo subterrâneo, baseadas na lei clássica de Darcy. Existe uma grande quantidade de fórmulas devendo-se, no entanto, ser selecionada aquela que seja mais apropriada para as condições específicas da área a ser drenada. As equações empíricas trabalham, em geral, com dados como profundidade do lençol freático, condutividade hidráulica, porosidade drenável, profundidade da camada impermeável e recargas correlacionadas com os rendimentos das culturas (LOMA, 1972).

2.2 - Taxa de descarga ou coeficiente de drenagem subterrânea

A taxa de descarga ou coeficiente de drenagem subterrânea corresponde à quantidade de água que deve ser extraída de uma área num determinado tempo, para permitir a aeração necessária ao bom desenvolvimento das raízes das culturas. Normalmente, ela é expressa em lâmina de água por dia, dado o requerimento das fórmulas para cálculo do espaçamento entre drenos subterrâneos (MILLAR, 1988).

A taxa de descarga pode ser determinada a partir de um balanço hídrico, o qual, segundo BATISTA (1989), depende das características climatológicas da área, das condições de solo e do tipo da cultura beneficiada pela drenagem. Como exemplo, o referido autor cita que para drenagem de recargas provenientes de chuvas, a ordem de grandeza da taxa de descarga pode variar de 6 a 25 mm/dia, contra 1 a 3 mm/dia sob condições de irrigação.

De acordo com, **SUGUINO et al. (1986)**, um sistema de drenagem subterrânea espaçado a cada 30 m e profundidade de 1,5 m, num solo do tipo Latossolo, avaliado sob condições de recargas normais de irrigação de 30 mm, aplicada a cada sete dias, e recarga de chuva de 74,8 mm ocorrida em dois dias, apresentou uma taxa de descarga de 3,6 mm/dia, com piques de 13,6 mm/dia imediatamente após a recarga, descendo ao terceiro dia para 0,3 a 0,76 mm/dia. **VALDIVIESO et al. (1986)** afirmam que a principal fonte de recarga instantânea é a água de chuva dado ao seu caráter intensivo e de curta duração em solos de alta capacidade de infiltração, como é o caso do Bebedouro. No entanto, a água excedente de irrigação e as perdas por condução dos canais no referido perímetro, são responsáveis pelo problema de drenagem, uma vez que na irrigação a recarga é quase que permanente e incompatível com a capacidade de armazenamento do solo. Esses autores em pesquisas num solo do tipo Podzólico (PV3) do Perímetro Irrigado de Maniçoba, em áreas com drenos espaçados a 15 e 30 m, obtiveram uma taxa de descarga de 5,0 mm/dia, sendo a máxima instantânea de 8 a 10 mm/dia e decrescendo para 4,0 mm/dia ou menos no terceiro dia após a recarga. **SOUZA (1991)** observou que após cinco dias de recarga (158 mm), com uma precipitação média diária de 31,6 mm/dia num solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo (PV3), do Perímetro Irrigado de Maniçoba, obteve-se uma taxa de descarga média de 9,41 mm/dia no tratamento com drenos espaçados a cada 20 m e uma taxa de descarga média de 3,55 mm/dia no ensaio com drenos espaçados a cada 30 m, a uma profundidade média de 1,2 m.

LOMA (1972), analisando um método de cálculo de espaçamento ótimo entre drenos, sob o aspecto econômico, afirma que os parâmetros de taxa de descarga, condutividade hidráulica e carga hidráulica desempenham os papéis mais importantes num dimensionamento de um sistema de drenagem.

2.3 - Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica é a capacidade do solo, após a saturação, de se deixar atravessar pela água. Segundo **BERNARDO (1986)**, é o principal parâmetro na determinação da capacidade de drenagem de um solo, sendo, portanto, de capital importância para o dimensionamento de drenos subterrâneos. **ULZURRUM et al. (1977)** denominam de condutividade hidráulica o fator de proporcionalidade K da lei de Darcy. Eles afirmam que esse parâmetro depende, principalmente, do número e diâmetro dos macroporos presentes no solo. Pode ser igual em todas as direções, no caso de solos isotrópicos ou homogêneos, ou apresentar variações em diferentes direções de fluxo, o que ocorre nos solos anisotrópicos ou heterogêneos. **O BUREAU OF RECLAMATION (1978)** descreve os três principais métodos para determinação, em campo, da condutividade hidráulica: o método do Auger Hole, o inverso de Auger Hole e o método piezométrico. **LUTHIN (1957)** denomina o método de Auger Hole como o de um poço simples, afirmando que o teste fornece resultados satisfatórios. **BATISTA (1982)**, menciona que a determinação da condutividade hidráulica, em condições de campo, na presença ou na ausência de lençol freático, é um trabalho simples e que fornece resultados satisfatórios, enquanto que as determinações feitas em laboratório não apresentam utilidade para estudos de drenagem subterrânea, em virtude das amostras de solo serem fragmentadas, perdendo assim a suas estruturas e as consistências originais, sendo estas características que mais influenciam a condutividade hidráulica. O autor apresenta determinações da condutividade hidráulica de campo, pelo método do furo de trado em ausência do lençol freático, e de laboratório a partir de amostras fragmentadas, feitas para as mesmas camadas do solo. Os resultados de laboratório foram superiores 3 a 157 vezes, tendo sido testadas camadas de solos dos tipos podzólicos, cambissolo, cambissolo vértico e areia quartzosa. O autor

descreve dois métodos para determinação da condutividade hidráulica em campo, como o teste do furo de trado em presença de lençol freático, idealizado por Diserem em 1934 e o do furo de trado em ausência de lençol freático, desenvolvido por Winger (1965). MILLAR (1988) ressalta a necessidade de um grande número de determinações da condutividade hidráulica em campo, para uma mesma área, tendo em vista obter-se valores mais representativos da área, especialmente em solos aluviais.) VALDIVESO et al. (1986), tendo como base estudos feitos numa área piloto do Perímetro Irrigado de Maniçoba em solo do tipo Podzólico, confirmam que o método do furo de trado em presença de lençol freático é bastante confiável. Informam que, por ocasião do delineamento do sistema de drenagem, foi obtido um valor médio da condutividade hidráulica de 2,3 mm/dia. E, após a implantação da drenagem subterrânea o valor da condutividade hidráulica obtida a partir da carga hidráulica e da descarga dos drenos, foi de 2,2 m/dia, ocorrendo uma variação de apenas 5%. SOUZA (1991), a partir de estudos conduzidos em um solo podzólico (PV3) do Perímetro Irrigado de Maniçoba, verificou que a condutividade hidráulica, medida através do método do furo de trado, foi menor em 11%, quando comparada ao valor obtido a partir da carga hidráulica e da descarga medidas através do sistema de drenagem instalado. Considera-se, mesmo com a diferença obtida, que o método do furo de trado, em presença de lençol freático, fornece resultados confiáveis.

2.4 - Profundidade do lençol freático adequada.

A profundidade mínima exigida para o lençol freático, no ponto médio entre os drenos, deve ser aquela capaz de propiciar condições de aeração adequadas ao desenvolvimento do sistema radicular, buscando um melhor

rendimento dos cultivos. Entretanto, segundo **ULZURRUM et al. (1977)**, nem sempre maiores profundidades do lençol freático resultam em maiores produtividades. Da mesma forma, **MILLAR (1988)** afirma que a profundidade do lençol vai depender do grau de tolerância de cada cultura à inundação em sua zona radicular.

ULZURRUM et al. (1977) ressaltam que deve haver uma distinção entre a profundidade do lençol freático em regime permanente e variável, sendo o primeiro, teoricamente, capaz de manter o lençol estável numa dada profundidade abaixo da zona radicular durante a estação de irrigação; no segundo regime, deve-se projetar o sistema para trabalhar com o lençol mais alto imediatamente após a recarga, sendo posteriormente rebaixado a um nível inferior ao da zona radicular das culturas. A profundidade adequada do lençol freático é um parâmetro a ser obtido em pesquisas a longo prazo, devido aos inúmeros fatores que se combinam entre si. Pode-se, todavia, avançar no campo prático comparando as produtividades dos cultivos com as intensidades, durações e períodos de retorno das chuvas e respectivas profundidades do lençol freático (**LOMA, 1972**).

PIZZARRO (1978) enfatiza que, do ponto de vista técnico, a profundidade ótima do lençol freático é aquela capaz de evitar uma redução de produtividade dos cultivos, embora, para a maioria dos sistemas de drenagem esta condição seja anti-econômica. Investimentos não devem ser feitos com a finalidade de obter-se o máximo de rendimentos das culturas, mas sim a melhor relação benefício/custo. Por exemplo, para o caso da cultura da uva, com uma profundidade efetiva do sistema radicular de 75 cm, após ser submetida a uma recarga proveniente de irrigação, a melhor relação pode ser obtida através do rebaixamento do lençol freático a 80% dos 75 cm de profundidade num período de 3 dias.

LUTHIN (1957) diz ser necessário criar dois limites para a profundidade do lençol freático: um superior ditado pelas exigências em aeração

da zona radicular e um inferior estabelecido pelas necessidades d'água dos cultivos. A profundidade mais favorável do lençol depende, então, do tipo de solo e da cultura instalada. Exemplificando, o autor cita trabalhos desenvolvidos na Holanda, por Pijls em 1952, onde o rebaixamento indevido do lençol freático provocou uma redução dos rendimentos, enquanto que em outras situações o controle do lençol possibilitou melhorar os rendimentos. LUTHIN (1957) afirma, ainda, que em solos arenosos, profundidades do lençol superiores a 80 cm têm uma influência desprezível.

BATISTA (1989) cita a profundidade do lençol freático como um fator que depende das condições físicas próprias de cada área a ser drenada, com ordem de grandeza variando de acordo com a profundidade do solo que se pretende deixar livre do lençol freático. O autor estabelece, de forma geral, 1,5 m para frutíferas, 1,0 m para culturas de ciclo curto ou temporárias, e 0,5 m para pastagem.

RICHTER et al. (1993), analisando as respostas do rendimento da cultura da aveia a três diferentes profundidades do lençol freático (5, 15 e 25 cm), concluem que o nível de 15 cm de profundidade do lençol freático proporciona um melhor rendimento de material verde e seco, maior estatura das plantas e maior número de estômatos por unidade de área foliar.

2.5 - Tolerância da cultura da videira à salinidade

ADAMS & LUND (1966), verificaram que o crescimento das raízes é reduzido em plantas que encontram no sub-solo um pH baixo e uma consequente elevação do íon alumínio, o qual sendo tóxico inibe o alongamento das raízes, gerando raízes grossas, sem ramificações e com cicatrizes. BENGSTON et al. (1982), verificaram que o total das quantidades de potássio e fósforo no fluxo da

água foi reduzido pela drenagem, num solo argiloso na Lusitânia. **LOWRANCE et al. (1984)** encontraram concentrações de nitrato na água de drenagem artificial duas vezes mais altas que na água da drenagem natural. **THOMAS et al. (1991)**, enfatizaram que o alto potencial de lixiviação dos solos arenosos associado à aplicação de nutrientes e a um lençol freático profundo resultaria numa alta perda de nitrato por lixiviação. De acordo com **AYERS & WESTCOT (1991)**, com base em **Maas & Hoffman (1977)**, a tolerância relativa da cultura da videira à salinidade é de 100% num solo com CE_{es} de 1,5 dS/m, decrescendo a partir daí até 0% quando CE_{es} for 12,0 dS/m. Embora este valor varie de acordo com as condições de clima, solo e manejo da cultura.

2.6 - Carga Hidráulica

VALDIVIESO et al. (1986), em estudos conduzidos em solo do tipo Podzólico com drenos instalados a 1,60 m de profundidade e espaçamento de 30 m, obtiveram uma carga hidráulica de 0,75 m; para essa mesma profundidade e com drenos espaçados de 15 m os autores obtiveram cargas hidráulicas de 0,16 a 0,44 m. **SUGUINO et al. (1986)** obtiveram, em um sistema de drenagem espaçado em 30 m e com uma profundidade de 1,5 m, implantado em um latossolo do Perímetro Irrigado de Bebedouro, uma carga hidráulica máxima de 0,7 m, após uma recarga de irrigação da ordem de 30 mm aplicada a cada sete dias, e de chuvas máximas de 40 mm/dia em novembro e 74,8 mm/2dias em dezembro de 1985. **SOUZA (1991)** obteve num solo do tipo Podzólico do perímetro irrigado de Maniçoba, sob regime de chuvas de 82,4mm em 3 dias e após cessado a recarga, uma carga hidráulica média de 0,43 m para drenos espaçados de 20 m e 0,77 m para um espaçamento de 30 m.

2.7 - Porosidade drenável

A porosidade drenável corresponde ao volume dos macroporos ocupados pelo ar quando o solo encontra-se na capacidade de campo; é obtida subtraindo-se da porosidade total do solo a capacidade de campo (PIZZARRO, 1977). BELTRAME & FIETZ (1988) descrevem que a porosidade drenável pode ser determinada em laboratório, mantidas as características do solo, e em campo através de experimentação em áreas pilotos de drenagem. A partir de análises e informações provenientes de levantamentos das características físico-hídricas de solos de várzea do Rio Grande do Sul (em 1984), os autores fizeram comparações entre os resultados de porosidade drenável obtidos em laboratório e os valores de condutividade hidráulica obtidos no campo. Concluíram que os coeficientes de correlação encontrados desaconselham a obtenção da porosidade drenável a partir da condutividade hidráulica, principalmente para solos argilosos como os estudados. Tendo obtido relação do tipo linear, potencial, exponencial e logarítmica. O que, no entanto, não implica na invalidez da relação $V = K^{0,5}$, já que nos solos com predominância de areia o coeficiente de correlação foi maior.

DIELEMAN & TRAFFORD (1984) definam espaço poroso drenável como sendo a porosidade efetiva, representando o volume de água que escoar por unidade de volume do solo quando o nível freático rebaixa o equivalente a uma unidade de distância. Como exemplo citam a porosidade drenável de 3,5% (em volume) para os solos de textura argilosa, 6,9% para os de textura média e 10 a 15% para os arenosos.

VALDIVIESO et al. (1986) em solos do tipo Podzólico do Perímetro Irrigado de Maniçoba, obtiveram uma porosidade drenável de 7,8 e 24%.

SOUZA. (1991), num solo do tipo Podzólico do Perímetro Irrigado de Maniçoba, verificou, a partir das descargas e cargas hidráulicas de um sistema de drenagem instalado, uma porosidade drenável de 16%, concluindo ser este valor

bastante próximo do estimado em função da condutividade hidráulica, dando, então, validade à relação, $V = K^{0.5}$, de Van Beers (1966).

2.8 - Condutos e envoltórios subterrâneos

BATISTA (1989) relata que os tubos de drenagem de barro, concreto e material de plástico liso têm sido, nos países desenvolvidos, substituídos pelos tubos de plástico corrugados, o que vem ocorrendo também no Brasil. Quanto a condutos de drenagem subterrânea como o bambu, esses podem ser recomendados desde que nas proximidades da área a ser drenada exista essa espécie vegetal a custos de aquisição baixos. O autor cita os tubos de PVC corrugados, fabricados especialmente para drenagem, como aqueles mais recomendados na atualidade, por possuírem baixos custos de aquisição e instalação, facilidades de transporte e assentamento, alta resistência a deformações e a ataques de produtos químicos.

QUEIROZ et al. (1986), analisando o desempenho de dois sistemas pilotos no Vale do Sucuru-Sumé-PB, verificaram que os sistemas de drenagem com manilhas de barro apresentam uma resistência de entrada de 2,3 dias/m e satisfazem os critérios de rebaixamento do lençol freático em 40 cm após 5,8 dias de drenagem com drenos espaçados de 16 m e a uma profundidade de 1,4 m, e um rebaixamento de 70 cm em 2,3 dias, numa área com drenos espaçados de 16 m e a uma profundidade de 1,2 m.

SCALOPPI (1986), revendo a literatura sobre as características de tubos plásticos corrugados empregados na drenagem subterrânea, cita as vantagens destes, tais como: uma drenagem mais rápida e mais eficiente; maior agilidade de instalação por absorver menos mão-de-obra; ser de mais fácil transporte; maior estabilidade em solos estáveis; grande vida útil (60 anos); e

possibilidade de controle das aberturas de entrada d'água. O autor apresenta, entretanto, algumas limitações como facilidade de ser danificado por roedores e de ter orifícios de entrada d'água obstruídos, limitações que não vêm ocorrendo nos sistemas implantados no polo Petrolina-Juazeiro. Menciona, ainda, que existe incompatibilidade de acoplamento entre os diversos tipos existentes no mercado (o que para a CODEVASF não se constitui em limitação), e, ainda que possuem maior rugosidade hidráulica que os tubos de argila ou concreto.

PARFITT & CRUCIANNI (1988), avaliando o efeito das perfurações em tubo de PVC liso revestido com manta sintética de poliéster, afirmam que para 184 orifícios em cada metro linear de tubo de 4" (orifícios de 1/2" de diâmetro equidistantes 3,1 cm), a relação entre a vazão total e esses orifícios é linear. Eles enfatizam que, as propriedades físicas do solo, principalmente a permeabilidade, são também condicionantes da vazão.

DIELEMAN & TRAFFORD (1984) recomendam, para a avaliação do desempenho de condutos subterrâneos, a obtenção da razão entre a perda de carga hidráulica, na metade do espaçamento (h_{tot}) e a perda de carga hidráulica no poço a 0,5 m do dreno (h_e), com relação nível d'água nos drenos, classificando-os de: bom rendimento quando esta relação (h_e/h_{tot}) for menor que 0,2; regular rendimento quando esta fração estiver entre 0,2 a 0,4; rendimento ruim se h_e/h_{tot} ficar entre 0,4 a 0,6; e, finalmente, péssimo rendimento quando h_e/h_{tot} for superior a 0,6. Os envoltórios são materiais colocados ao redor do tubo de drenagem, com a finalidade de reduzir o gradiente hidráulico e evitar a entrada, no tubo, de materiais carreados do solo que podem provocar entupimento e conseqüentemente mal funcionamento dos drenos. Os envoltórios podem ser do tipo natural ou sintéticos. **BATISTA (1989)** cita como envoltórios naturais: a brita, de altos custos e, portanto, de emprego anti-econômico na drenagem agrícola; a fibra de coco que pode dar bons resultados embora no semi-árido, mostrou-se totalmente intemperizada em apenas 2 anos; a palha de arroz de resultado ainda duvidoso e a serragem que não deve ser recomendada por liberar substâncias

tóxicas como o tanino. Menciona, ainda, a areia grossa lavada ou o cascalho, recomendados desde que os custos de aquisição e transporte sejam baixos, isto é, que existam em grandes quantidades e de boa qualidade próximo ao local da obra de drenagem. Quanto aos envoltórios sintéticos, cita que existem no mercado nacional vários tipos de materiais agulhados sendo, atualmente, mais usados os envoltórios de mantas de pollester e polipropleno.

PIZARRO (1977) recomenda para solos argilosos o uso de envoltórios tipo seixo ou cascalho, brita, palhas e outros envoltórios volumosos. Para os solos arenosos o autor sugere utilizar tubos de PVC corrugados com envoltórios de manta de poliéster.

PEREIRA & CRUCIANNI (1988), em experimento realizado em lisímetro contendo solo aluvial do tipo franco-arenoso, concluíram que os envoltórios de 10 cm de espessura de cascalho ou areia foram os de melhor desempenho, seguido da brita nº 1 (camadas de 5 e 10 cm) e o geotêxtil Bidim OP-30. Por outro lado, comparando a praticidade de instalação dos sistemas e ainda a economia de mão-de-obra e de transporte, concluíram que o geotêxtil Bidim OP-30 foi o envoltório de melhor desempenho. Pelas observações da drenagem praticada pela **CODEVASF**, os envoltórios de brita ou de Bidim OP-30 apresentam custos de aquisição muito altos, não sendo então recomendados para drenagem agrícola. Envoltórios de cascalho, areia grossa lavada ou material sintético mais delgado funcionam satisfatoriamente desde que, sejam selecionados e dimensionados adequadamente para o tipo de solo a ser drenado.

De acordo com **DIELEMAN & TRAFFORD (1984)** o envoltório é considerado de bom rendimento quando a resistência de entrada (re) for menor que 0,75 dias/m; de regular rendimento entre 0,75 a 1,50 dias/m; ruim entre 1,5 a 2,25 dias/m; e, finalmente, péssimo quando a resistência for superior a 2,25 dias/m.

2.9 - Espaçamento entre drenos

2.9.1 - Equações de regime permanente

De acordo com BELTRAN (1986) grande maioria das equações matemáticas utilizadas para determinação do espaçamento entre drenos baseiam-se na lei clássica de Darcy, que descreve o movimento da água numa zona de solo saturado. A quantidade de água (Q) que flue através de uma amostra de solo, numa unidade de tempo, é proporcional à diferença entre as cargas hidráulicas (Δh) nas seções transversais de entrada e de saída do fluxo, ou seja, o fluxo é proporcional a perda de carga (h_1-h_2), e é inversamente proporcional ao comprimento da amostra (L) que atravessa o fluxo. Esta proporcionalidade (K) é uma constante que varia de acordo com a natureza do meio poroso que o fluxo atravessa.

Conforme BELTRAN (1986), Dupuit em 1863, estudando fluxos d'água para poços e drenos, supôs que: para pequenas inclinações, a superfície livre de um sistema de fluxo pode se tornar uma linha de corrente d'água horizontal, em qualquer secção vertical; a velocidade de fluxo é proporcional à declividade do lençol freático; e o limite superior do lençol freático determina a carga hidráulica na secção vertical considerada. Com essas simplificações, Dupuit reduziu as dimensões de bidimensional para unidimensional, estabelecendo que a velocidade de fluxo na superfície freática seja proporcional à tangente do gradiente hidráulico. Mais tarde, em 1885, Forchheimer, baseado nas suposições de Dupuit e considerando um plano transversal de um solo homogêneo e isotrópico que recebe uma recarga uniforme (R), por unidade de área e unidade de tempo (Fig. 1) desenvolveu uma equação geral para a superfície de água livre, conforme dedução a seguir.

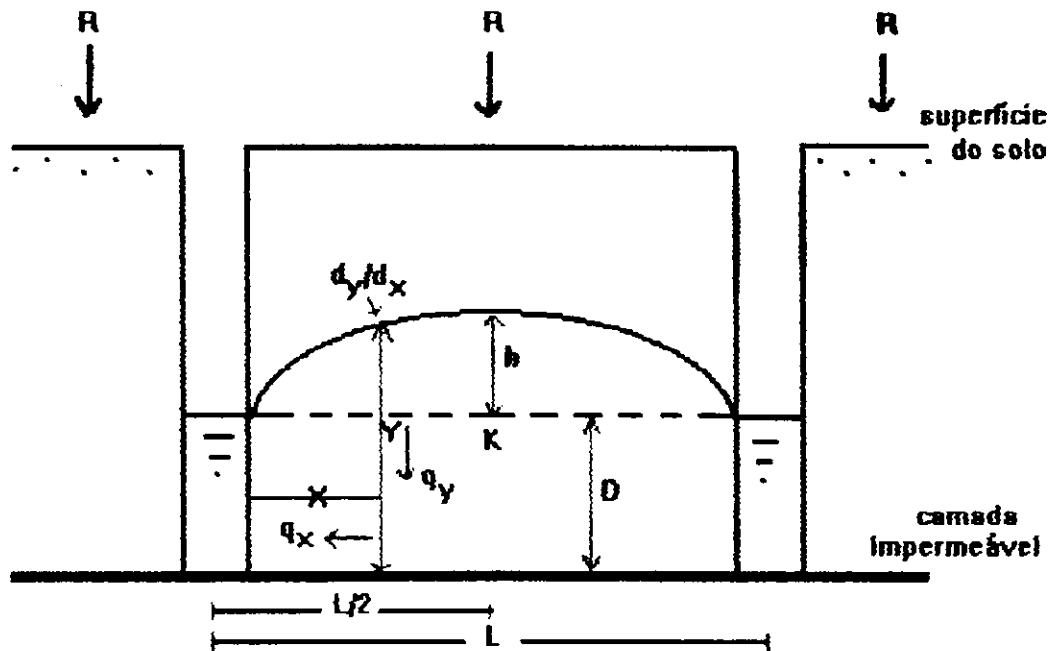


FIGURA 1 - Fluxo permanente com recarga uniforme, num solo homogêneo.

Considerando um fluxo permanente (q_x), em um determinado tempo, fluindo a uma distância x do dreno, conforme descreve **CRUCIANI (1989)**, tem-se:

$$q_x = R(L/2 - X) \quad (1)$$

onde:

R - recarga normativa ou Recarga por unidade de área (m/dia)

L - Espaçamento entre os drenos (m)

De igual modo, segundo a equação de Darcy, este fluxo na direção Y é:

$$q_y = KYi \quad (2)$$

Onde:

K - Condutividade hidráulica do solo (m/dia)

Y - Altura do lençol freático, num ponto considerado (m)

i - Gradiente hidráulico

Utilizando a hipótese de Dupuit para fluxo não confinado, que estabelece a declividade da capa freática como sendo o gradiente hidráulico ($i = dy/dx$), isto é a tangente da curva da capa freática, obtém-se a seguinte expressão para a Eq. (2):

$$q_y = KY(dy/dx) \quad (3)$$

Tratando-se de solo homogêneo, fluxos iguais em todas as direções ($q_x = q_y$), tem-se:

$$R(L/2 - X) = KY(dy/dx) \quad (4)$$

$$R(L/2 - X)dx = KYdy \quad (5)$$

Integrando a Eq.(5), nos limites de x variando de 0 a L/2 e y variando de D a D+h, obtém-se:

$$R \left[(L^2/4) - (L^2/8) \right] = K \left\{ [(D^2+2Dh+h^2)/2] - (D^2/2) \right\} \quad (6)$$

Simplificando a Eq. (6), tem-se:

$$L^2 = K(8Dh+4h^2)/R \quad (7)$$

a) Equação de Hooghoudt :

De acordo com **CRUCIANI (1989)**, Hooghoudt em 1936, desenvolveu uma equação para valas de drenos assentados em cima da camada impermeável e sob condições de regime permanente ($R=q$) num solo homogêneo, conforme a seguir:

$$L^2 = 8KDh/q + 4Kh^2/q \quad (8)$$

Onde:

L - Espaçamento entre os drenos (m)

K - Condutividade hidráulica (m/dia)

D - Distância da camada impermeável ao nível d'água nos drenos(m)

h - Distância vertical entre o nível do lençol no ponto médio entre os drenos e o plano tangente ao fundo dos drenos (m)

q - Taxa de descarga igual à recarga normativa-R (m/dia)

CRUCIANI (1989) diz ainda, que em 1940, Hooghoudt, dando continuidade aos seus estudos e considerando a grande contribuição do fluxo radial, desenvolveu uma equação mais ampla para solos estratificados e drenos assentados acima da camada impermeável e de recarga constante, de acordo com a Fig.2 e expressão a seguir:

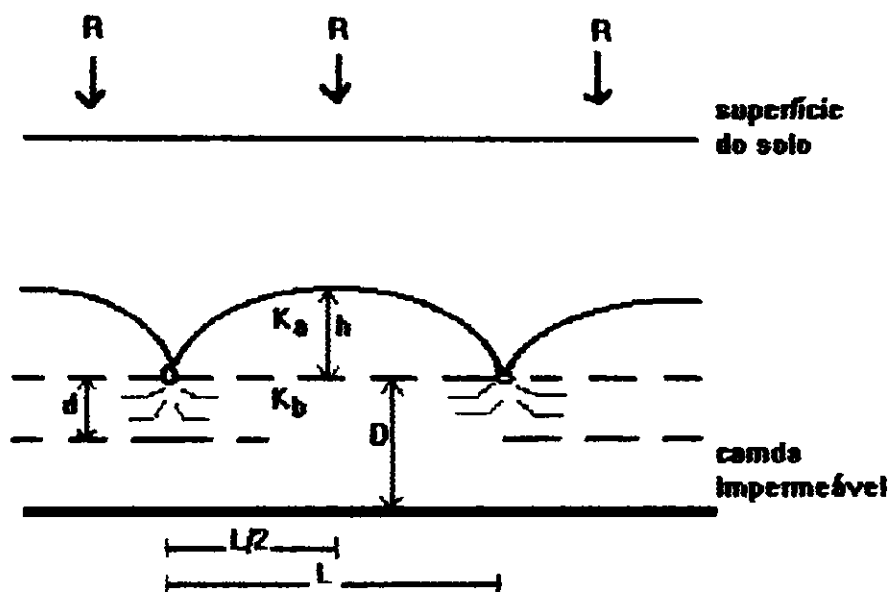


FIGURA 2 - Fluxo permanente com contribuição do fluxo radial

$$L^2 = 8K_b d h / q + 4K_a h^2 / q \quad (9)$$

Onde:

- d - Espessura do estrato equivalente com fluxo radial.
- K_b - Condutividade hidráulica abaixo do nível de drenagem
- K_a - Condutividade hidráulica acima do nível de drenagem

No caso de drenos entubados, o fluxo que atravessa a área por metro de superfície cilíndrica num regime permanente, pode, também, ser quantificado por $Q=qL$, que deve ser igual a mesma ordem de grandeza dada pela equação de Darcy ($Q=KiA$), onde $i=dh/r/dr$ e considerando como secção de fluxo $A=\pi r$. De acordo com BELTRAN (1986), tem-se:

$$r(dh/r/dr)=qL/\pi K \quad (10)$$

Mediante funções de variáveis complexas se obtém a perda de carga originada do fluxo radial (h_r), isto é :

$$h_r = (qL/\pi K)(\ln D/P) , \text{ para } D < 0,25L \quad (11)$$

Sendo P o perímetro molhado, que para drenos entubados a meia secção é igual a πr , onde r é igual ao raio do tubo. Mas, como a carga hidráulica total (h) é a soma das duas componentes horizontal e radial, tem-se:

$$h = (qL^2/8KD) + [(qL/\pi K)(\ln D/P)] = qL^2/8Kd \quad (12)$$

resultando em:

$$d = D / [(8D/\pi L)(\ln D/P) + 1] \quad (13)$$

ou,

$$d = D / [(2,55D/L)(\ln D/P) + 1] \quad (14)$$

Onde:

D- Distância da camada impermeável ao nível d'água nos drenos (m)

P - Perímetro Molhado

b) Equação de Donnan :

De acordo com LUTHIN (1974), Donnan em 1946, baseado nas hipóteses de fluxo horizontal de Dupuit, desenvolveu uma fórmula para drenos assentados em cima da camada impermeável de um solo homogêneo, o que é uma simplificação da Eq. (8) de Hooghoudt. Tem-se então:

$$L^2 = 4K[(H-D)^2]/R \quad (15)$$

Onde:

$H=D+h$ = Altura do lençol freático no ponto médio entre os drenos (m)

c) Equação de Ernst :

Conforme BELTRAN (1986), Ernst (1956/1962) com base na solução de Hooghoudt, desenvolveu para solos estratificados uma fórmula levando em conta a contribuição dos componentes de fluxo vertical, horizontal e radial. Para drenos assentados nesta estratificação, tem-se por:

$$h=R\left\{\left(D_v/K_v\right) + L^2/8(KD)h + \left[\left(L/\pi K_v\right) \cdot \left(\ln a D_r/P\right)\right]\right\} \quad (16)$$

Onde:

D_v - Espessura da camada onde ocorre o fluxo vertical = h = altura do lençol freático no ponto médio entre drenos (m)

K_v - Condutividade hidráulica da camada com fluxo vertical = K_a
=condutividade hidráulica da camada superior ou acima dos drenos.

D_r - Espessura da camada de fluxo radial = D da Eq. 23

K_r - Condutividade hidráulica da camada com fluxo radial = K_b =
condutividade hidráulica da camada inferior ou abaixo dos drenos.

KD - Transmissividade nas duas camadas estratificadas

a - Fator de geometria de fluxo radial, que para drenos assentados no limite da estratificação " a " é igual a 4, e para drenos assentados acima da estratificação, na camada mais permeável, " a " é igual a 1.

2.9.2 - Equações de regime variado

a) Equação de Glover-Dumm :

A partir da equação da continuidade e da equação de Darcy, Glover desenvolveu uma fórmula empírica para regime variável (não permanente) que, em 1954, foi modificada por Dumm, conhecida atualmente por equação de Glover-Dumm, conforme dedução a seguir (BELTRAN, 1986):

Considerando uma secção transversal de fluxo entre dois drenos, sob condições não saturadas, a quantidade de fluxo de entrada na direção x (Q_e) adicionada do volume armazenado (\emptyset) num elemento diferencial (Fig. 3), deve ser igual ao fluxo de saída (Q_s) nesta mesma direção.

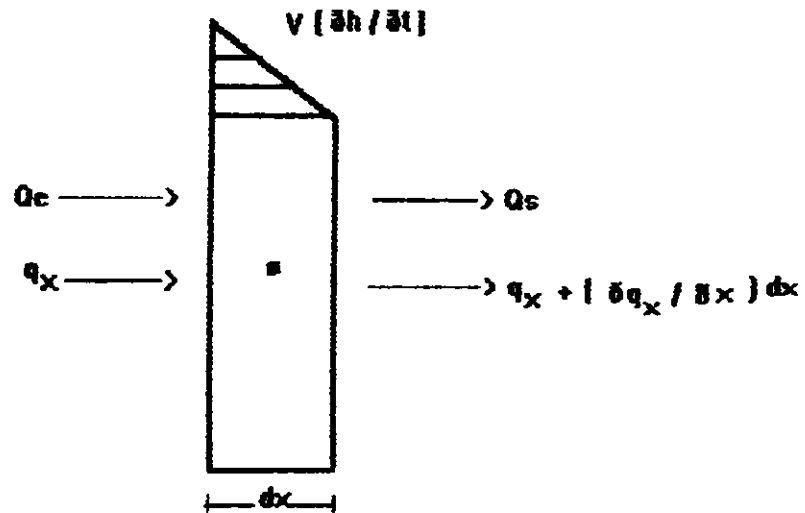


FIGURA 3 - Elemento diferencial de uma região de fluxo

Donde:

$$Qe = qx = \frac{\partial qx}{\partial x} \quad (17)$$

$$qx = -KD(\frac{\partial h}{\partial x}) \quad (18)$$

$$Qe = \frac{\partial (-KD\frac{\partial h}{\partial x})}{\partial x} \quad (19)$$

$$\emptyset = V(\frac{\partial h}{\partial t}) \quad (20)$$

Sob condições de fluxo não saturado tem-se $Q_s = 0$, logo:

$$Q_s = q_x + (\partial q_x / \partial x) dx = 0$$

$$Q_s = Q_e + \emptyset$$

Resultando em:

$$\partial(-KD \partial h / \partial x) / \partial x + V(\partial h / \partial t) = 0$$

Ficando:

$$-KD(\partial^2 h / \partial x^2) + V(\partial h / \partial t) = 0$$

$$KD(\partial^2 h / \partial x^2) = V(\partial h / \partial t) \quad (21)$$

A Eq. (21) trata-se de uma equação diferencial parcial, que, utilizando o método de separação de variáveis, pode ser transformada em duas equações diferenciais ordinárias. Substituindo nessas equações as condições de contorno $h=0$ para $x=0$ em $t=0$, $h=0$ para $x=L$ em $t=0$ e $h=h_0=R_i$ para $0 \leq x \leq L$ e $t=0$, tem-se uma função em série de senóide (BELTRAN, 1986), conforme equação a seguir:

$$h(x,t) = 4h_0/\pi \left(\sum 1/n e^{-n^2 \beta t} \text{sen } n\pi x/L \right) \quad (22)$$

Com $n = 1, 3, 5, \dots$

Onde:

$$\beta = \pi^2(KD/VL^2) \text{ é chamado de fator de reação, dias}^{-1} \quad (23)$$

Considerando uma altura do lençol freático no ponto médio entre os drenos em qualquer tempo (t), $h_t = h(1/2L, t)$ e substituindo $x=1/2L$ na Eq. (22), tem-se:

$$h_t = 4h_0/\pi \left(\sum e^{-n^2\beta t} \right) \text{ com } n=1, -3, 5 \dots \quad (24)$$

Na Eq. (22), quando "n" tende a infinito a expressão $e^{-n^2\beta t}$ tende a zero, que segundo Wesseling (1973), citado por MILLAR (1988), no caso de $\beta t > 0,2$ pode-se desprezar os termos da série, ficando apenas o primeiro termo $n=1$, simplificando a Eq. (24) em:

$$h_t = 4h_0/\pi (e^{-\beta t}) = 1,27(h_0 \cdot e^{-\beta t})$$

Na suposição de que o lençol freático assume, inicialmente, uma forma parabólica de quarto grau, a Eq. (24) resulta em:

$$h_t = 1,16(h_0 \cdot e^{-\beta t}) \quad (25)$$

Substituindo a Eq. (23) na Eq. (25), obtém-se:

$$L^2 = (\pi^2 K D t) / [V \cdot \ln(1,16h_0/h_t)] \quad (26)$$

Onde:

L - Espaçamento entre os drenos (m)

K - Condutividade hidráulica (m/dia)

D - Distância da camada impermeável até o nível dos drenos (m)

t - Tempo de rebaixamento do lençol da posição h_0 até h_t (dias)

V - Porosidade drenável

h_0 - Altura inicial do lençol imediatamente após uma recarga (m)

h_t - Altura final do lençol após a descarga desejável.

A Eq. (26) é adequada para regime variável, própria para regiões com irrigação ou chuvas de grande intensidade. Mas, como a referida equação não leva em consideração a componente de fluxo radial, quando o dreno está instalado acima da camada impermeável, neste caso, faz-se necessário substituir o parâmetro "D" pelo "d" equivalente de Hooghoudt (MILLAR, 1988), resultando na expressão seguinte:

$$L^2 = (\pi^2 K d t) / [V(\ln(1,16h_0/h_t))] \quad (27)$$

Donde:

d - Espessura do estrato equivalente onde ocorre o fluxo radial obtida pela Eq. (14).

b) Equação de Boussinesq :

De acordo com BELTRAN (1986), Boussinesq em 1904 deduziu uma equação baseando-se nas hipóteses de Dupuit, para fluxo horizontal da água em regime variado, com drenos situados acima da camada impermeável. Esta supera as limitações de um aquífero constante do modelo de Glover-Dumm. Sua dedução baseia-se na combinação da equação da continuidade com a lei de Darcy, resultando numa expressão como a Eq. (22), que sendo resolvida para condições de contorno modificada como: $h=0$ para $x=0$, $h=0$ para $x=L$ em qualquer tempo "t", $h=h_0$ para $x=L/2$ em todo tempo "t" e h tendendo para zero, quando o tempo tender para o infinito, no intervalo $0 \leq x \leq L$, resulta-se na expressão a seguir:

$$L^2 = 4,46 (K^* h_0^* h_t^* t) / V(h_0 - h_t) \quad (28)$$

Donde sua descarga máxima corresponde a:

$$R_0 = 3,46 (K \cdot h_0^2) / L^2 \quad (29)$$

A expressão (28), conhecida como a Equação de Boussinesq, é muito recomendada para cálculo de espaçamento entre drenos, sob condições de solo argiloso com camada impermeável em torno de 1,0 m de profundidade (BELTRAN, 1986).

2.10 - Avaliação das equações de drenagem subterrânea

VALDIVIESO et al. (1986), avaliando o dimensionamento de drenagem subterrânea, espaçada a cada 30 m e 15 m com profundidade média de 1,5 m em solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo (PV3) no perímetro irrigado de Maniçoba, concluíram que a fórmula de Hooghoudt superestimou o espaçamento em 7 a 20% e a de Glover-Dumm subestimou em 30%, recomendando o espaçamento de 30 m como o mais conveniente por questões de custos e exigências de irrigação.

COELHO et al. (1986), avaliando o desempenho do sistema de drenagem por valas abertas em solos de várzeas no Estado de Minas Gerais, verificaram que as equações de Boussinesq-Schilfgaard e Glover-Dumm foram as que menos superestimaram o espaçamento.

SUGUINO et al. (1986), para um solo do tipo Latossolo (37 BB) do perímetro irrigado de Bebedouro, obtiveram um espaçamento calculado de 25 m para fluxo permanente, e 29 m para fluxo variado. Tendo o espaçamento de 30 m com profundidade média de 1,5 m, em estudo, atendido às características de solo e recarga.

SOUZA (1991), pesquisando a eficiência do sistema de drenagem, espaçado a cada 20 m num solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo (PV3) do Perímetro Irrigado de Maniçoba, concluiu que os espaçamentos calculados pelas equações de Hooghoudt e Ernst apresentaram valores similares, embora tenham superestimado os espaçamentos em 42,15% e 45%, respectivamente. Enquanto que, o espaçamento determinado pela Equação de Glover-Dumm subestimou em 4,25%, tendo o espaçamento em uso apresentado uma boa performance no rebaixamento do lençol freático, caindo este a 50% no final do terceiro dia, mesmo com uma recarga superior a que foi projetado (R médio de 9 mm/dia).

PEREIRA et al. (1993) citam que Cruciani (1980), ressalta que a equação de Glover-Dumm é aplicada em áreas sujeitas a precipitações intensas e de duração variável típica de clima tropical ou em regiões semi-áridas sob condições de irrigações periódicas.

3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos foram realizados em áreas com drenagem subterrânea do Perímetro Irrigado de Bebedouro situado no Município de Petrolina-PE. O Perímetro possui a maior densidade de drenagem entubada, em relação aos demais perímetros do polo Petrolina-Juazeiro, sendo ele o pioneiro no cultivo da videira. Possui uma área de 2.418 ha irrigáveis, sendo 1.380 ha distribuídos em lotes de 5 a 12 ha destinados a pequenos agricultores (colonos) e outros 1.038 ha reservados à empresas privadas. Localiza-se nas coordenadas de latitude $09^{\circ} 09'$ S e longitude $40^{\circ} 22'$ N distando aproximadamente 40 Km NE da cidade de Petrolina, Estado de Pernambuco (Fig. 4). A região é de clima Semi-árido com precipitações pluviiais médias anuais de 400 mm, concentradas em quatro meses (janeiro a abril), e temperaturas médias mínima e máxima, respectivamente, de 20° C e $31,5^{\circ}$ C, umidade relativa de 58% e demanda evapotranspirativa potencial média mensal de 197 mm.

3.1 - Ensaio da Pesquisa

Com base nas informações da empresa privada **DRENOVALE**, responsável pelo projeto executivo dos sistemas de drenagem estudados, no tipo de solo fornecido pela **CODEVASF** e no estágio da videira informado pela **CAMPIB**, foram escolhidos 5 (cinco) lotes de pequenos agricultores com drenos espaçados de 19,6 a 58,0 m constituindo num total de 3 ensaios, tendo cada ensaio o tipo de solo e a cultura da videira, num mesmo estágio, como parâmetros constantes, e, o espaçamento entre drenos como o variável (Tab. 1), permitindo avaliar o desempenho de cada sistema implantado.

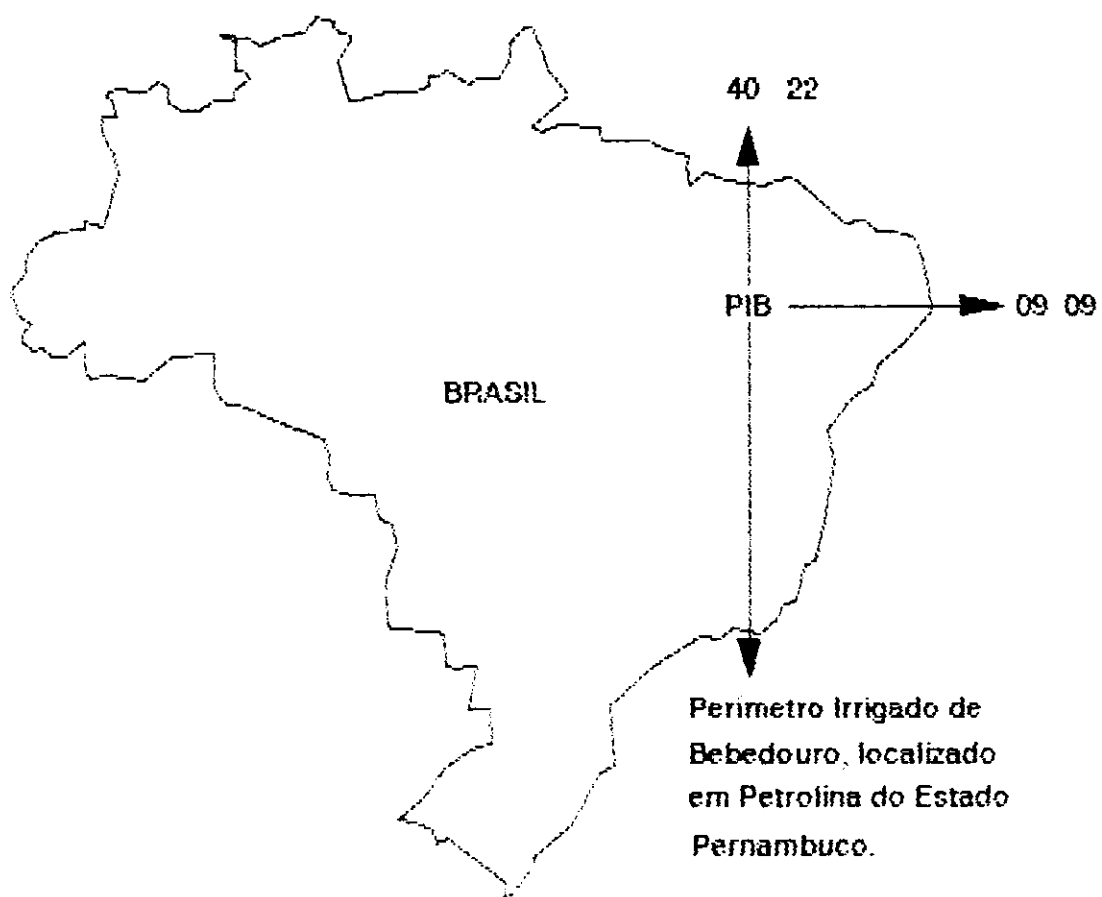


FIGURA 4 - Localização do perímetro irrigado de Bebedouro

TABELA 1 - Ensaio da pesquisa

Nº do ensaio	Nº do lote	Nome do dreno	Profundidade da barreira (m)	Área Ensaio (ha)	Espaçamento entre drenos "L" (m)
01	063	DE-02	3,0 a 3,5	2,6	45,0
	059	DE-02	1,4 a 2,2	2,4	35,0
02	019	DE-03	1,4 a 2,2	3,0	40,0
	019	DE-04	1,4 a 2,2	4,3	58,0
	045	DE-12	1,6 a 1,8 (*)	2,1	35,0
03	082	DE-03	1,6 a 1,8 (*)	0,4	19,6
	082	DE-04	1,6 a 1,8 (*)	0,3	23,3

(*) solo com uma fase cascalhenta em profundidade de 1,20 m.

3.1.1 - Ensaio 01:

Formado pelo lote 063, pertencente ao agricultor Edelmário de Souza; com solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico; de textura arenosa/média com barreira a profundidades superiores a 3,0 m; uma área de 2,6 ha com drenos espaçados a cada 45,0 m e profundidade média de 1,4 m; numa área com a cultura da videira de quatro anos; implantado o sistema de drenagem com tubos de PVC flexível de DN 65 mm revestido com manta sintética tipo OP-20; projetado para uma carga hidráulica média de 0,40 m no ponto intermediário

dos drenos e uma taxa de descarga estimada de 0,006 m/dia oriunda de chuvas máximas de um período de recorrência de 1:10 anos.

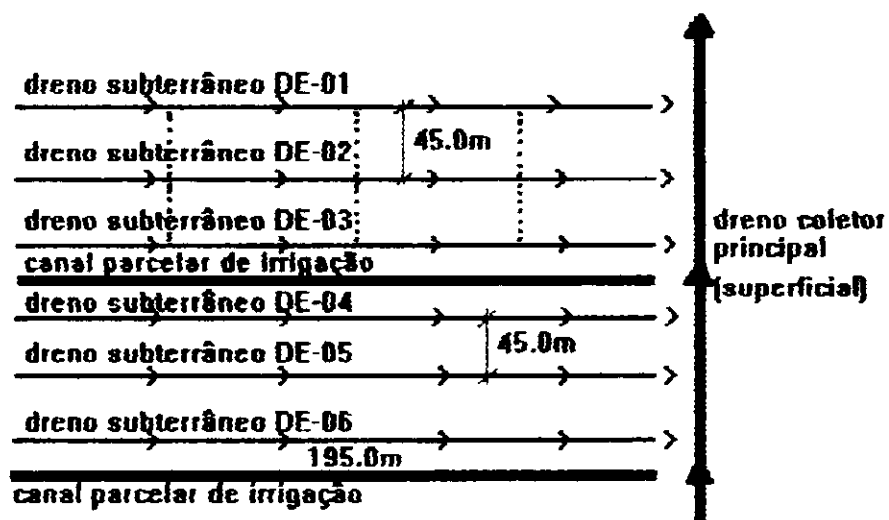


FIGURA 5 - Layout do lote 063 do ensaio 01 do perímetro bebedouro

3.1.2 - Ensalo 02:

Formado por dois lotes, com três espaçamentos entre drenos, sendo:

a) Lote 059, pertencente a Carlos Nakamura; com solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico; de textura arenosa/média com barreira em profundidade de 1,4 a 2,2 m; numa área de 2,4 ha com drenos espaçados a cada 35,0 m e profundidade média de 1,41 m (Fig. 6); numa área com a cultura da videira de 4 anos; implantado o sistema de drenagem com tubos de PVC flexível de DN 65 mm, revestido com manta sintética tipo OP-20; projetado para uma carga hidráulica média de 0,40 m no ponto intermediário dos drenos e uma taxa de descarga estimada de 0,006 m/dia oriunda de chuvas máximas de um período de recorrência de 1:10 anos.

b) Lote 019, pertencente a Manoel Messias Alves; com solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico latossólico; textura arenosa/média com barreira em profundidade de 1,4 a 2,2 m; uma área de 3,0 ha com drenos espaçados a cada 40,0 m, e uma área de 4,3 ha com drenos espaçados a cada 58,0 m, ambas áreas com drenos em profundidades médias de 1,30 m (Fig. 7); numa área com a cultura da videira de 4 anos, sendo a área do DE-04 com barreira a uma profundidade de 1,6 a 2,2 m. Tendo sido instalado os drenos com tubos de PVC flexível de DN 100,0 mm revestidos com manta sintética tipo OP-20; projetado para uma carga hidráulica média de 0,40 m no ponto intermediário dos drenos e uma taxa de descarga estimada de 0,006 m/dia oriunda de chuvas máximas de um período de recorrência de 1:10 anos.

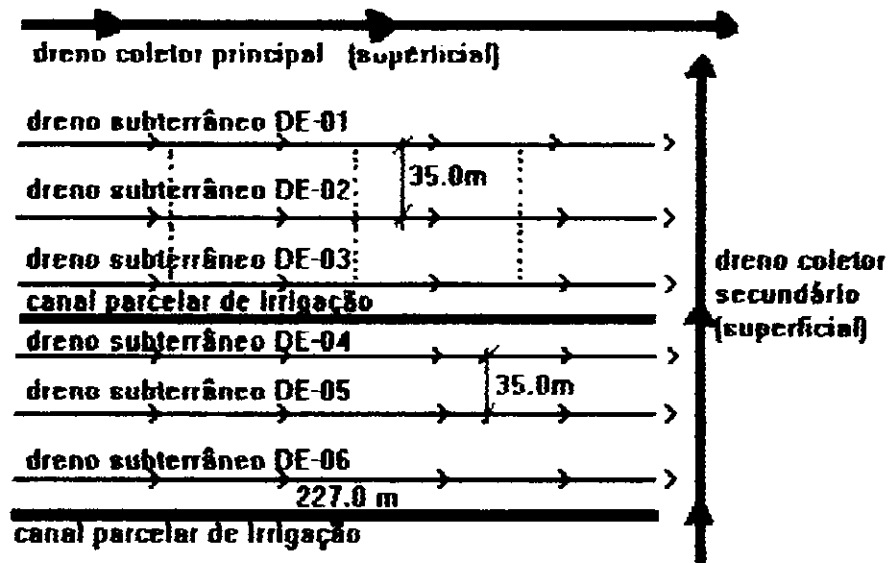


FIGURA 6 - Layout do lote 059 do ensaio 02 do perímetro Bebedouro

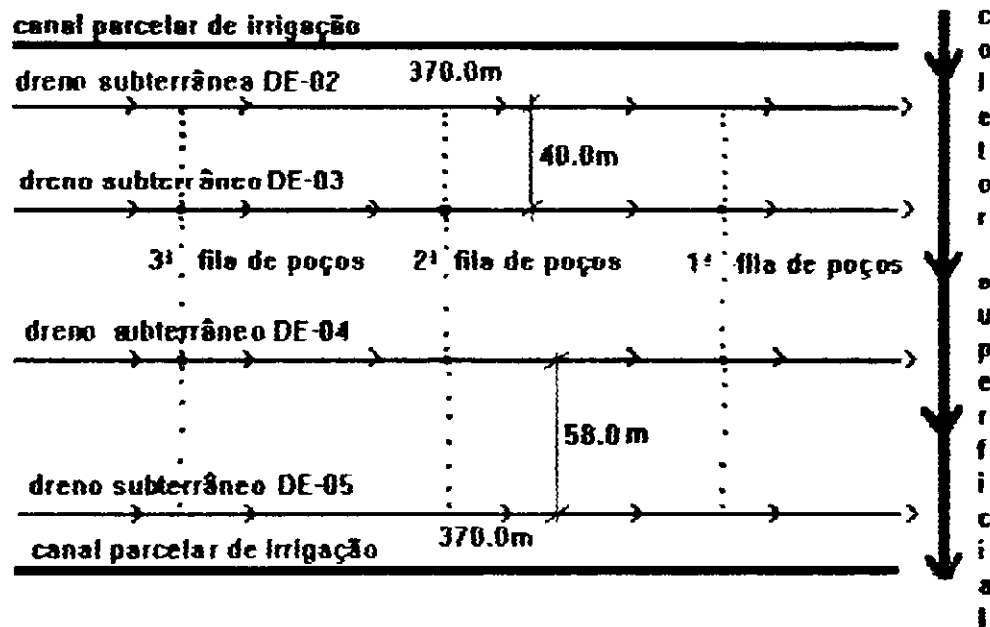


FIGURA 7 - Layout do lote 019 do ensaio 02 do perímetro Bebedouro

3.1.3 - Ensalo 03:

Formado por dois lotes com três espaçamentos entre drenos, sendo:

a) Lote 045, pertencente a João Maximiliano; com solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico; textura arenosa/média com uma fase cascalhenta a 1,2 m de profundidade e barreira de 1,6 a 1,8 m; uma área de 2,1 ha com drenos espaçados a cada 35,0 m e profundidade média de 1,14 m (Fig. 8); numa área com a cultura da videira de 4 anos; implantado o sistema de drenagem com tubos de PVC flexível de DN 65 mm, revestidos com manta sintética tipo OP-20; projetado para uma carga hidráulica média de 0,40 m no ponto intermediário dos drenos e uma taxa de descarga estimada de 0,006 m/dia oriunda de chuvas máximas de um período de recorrência de 1:10 anos.

b) Lote 082, pertencente a José Maria Fernandes; com solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico; textura arenosa/média com uma fase cascalhenta a 1,2 m de profundidade e barreira de 1,6 a 1,8 m (Fig. 9); uma área de 0,4 ha com drenos espaçados a cada 23,3 m e uma área de 0,3 ha com drenos espaçados a cada 19,6 m, ambas áreas com profundidade média de 1,20 m; numa área com a cultura da videira de 4 anos; instalado os drenos com tubos de PVC flexível de DN 65,0 mm revestidos com uma camada de 15,0 cm de seixo rolado peneirado, de granulometria variando de 3 a 25 mm; projetado para uma carga hidráulica média de 0,40 m no ponto intermediário dos drenos e uma taxa de descarga estimada de 0,006 m/dia oriunda de chuvas máximas de um período de recorrência de 1:10 anos.

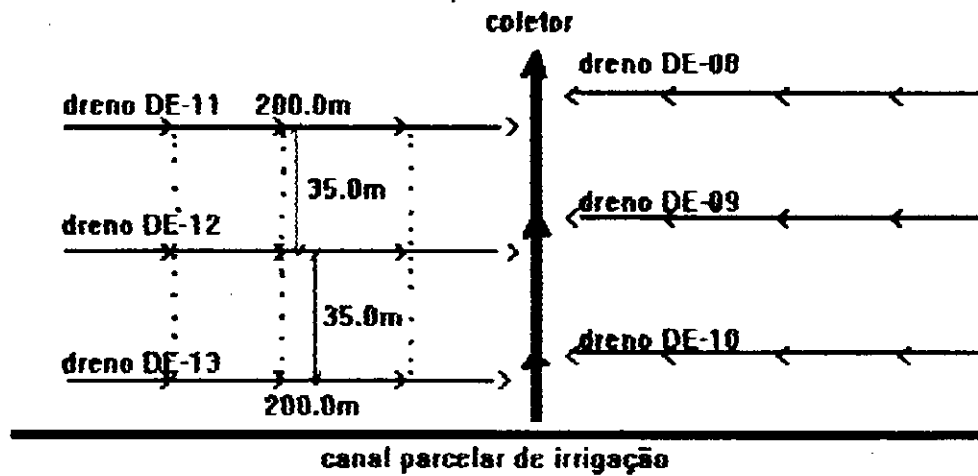


FIGURA 8 - Layout do lote 045 do ensaio 03 do perímetro Bebedouro

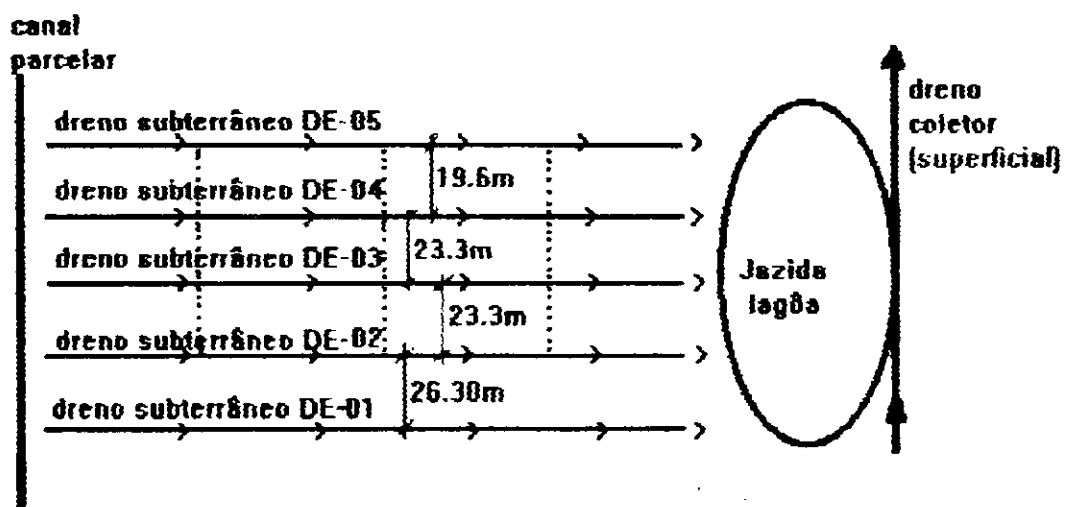


FIGURA 9 - Layout do lote 082 do ensaio 3 do perímetro Bebedouro

3.2 - Época de realização da pesquisa

Visando avaliar o sistema de drenagem sob condições de chuva e de irrigação, as observações foram levantadas durante o período de fevereiro a julho de 1994. Tendo avaliado sob condições de precipitações pluviométricas durante os meses de fevereiro a abril, e sob condições de irrigação durante os meses de maio a julho de 1994.

3.3 - Instalação e condução do experimento

Em cada lote irrigado escolhido no item 3.1, foram eleitas três linhas consecutivas de drenos entubados representativas de cada área, nas quais foram executadas as etapas seguintes:

3.3.1 - Instalação de Poços de Observação

Os poços foram construídos a partir da metodologia sugerida por DIELEMAN & TRAFFORD (1984) e adaptada pela CODEVASF (BATISTA, 1989), conforme descrito a seguir:

a) Densidade e Localização dos Poços

Foram implantadas três linhas de poços transversais ao eixo dos drenos escolhidos, conforme ilustra a Figura 10. A primeira bateria foi instalada à 1/4 inicial do comprimento do dreno e as demais baterias de poços espaçadas de 1/4 dessa posição, isto é, a segunda bateria na metade e a terceira a 3/4 do

comprimento do dreno. Cada bateria teve um poço instalado no ponto médio entre os drenos (metade do espaçamento entre drenos) para observar a carga hidráulica, um outro sobre o tubo do dreno intermediário para verificar o seu funcionamento, e três poços entre o ponto médio a cada lado dos três tubos, situando-se a 0,5 m, 1,5 m e 5,0 m da lateral de cada dreno (Fig. 10).

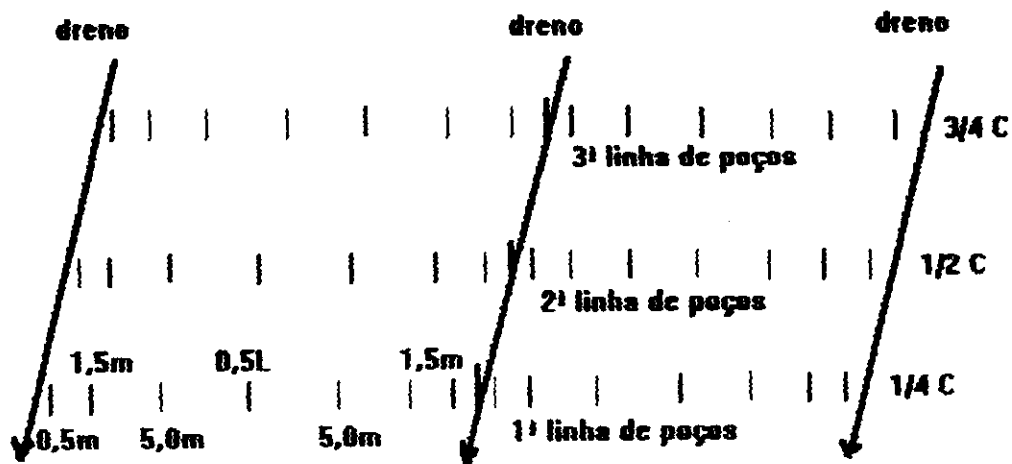
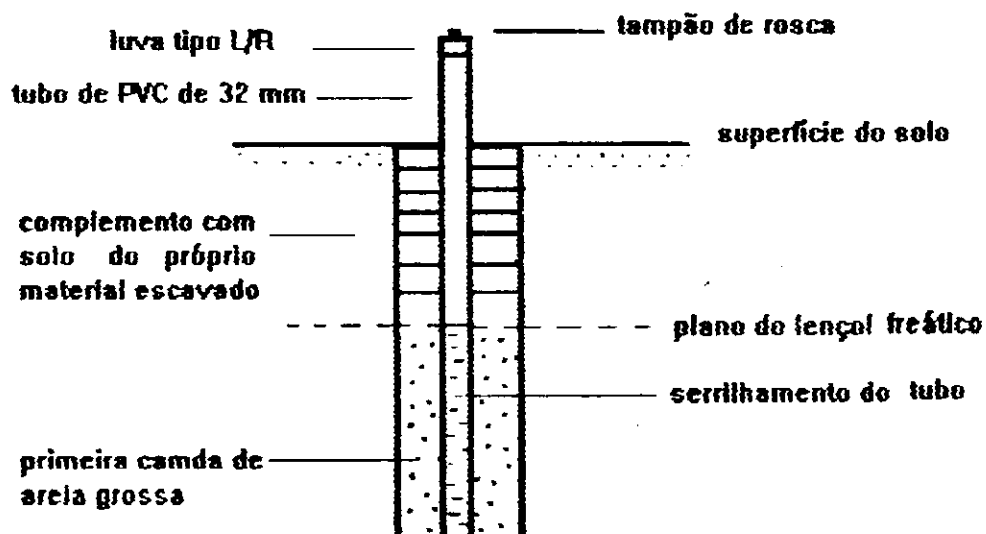


FIGURA 10 - Layout de locação dos poços de observação

b) Procedimento de execução dos poços de observação:

Utilizando um trado holandês de 3" foi feito um furo até as proximidades do plano horizontal dos drenos entubados, registrando-se, de forma sumária, a textura do perfil do solo pelo método do tato (Zimmerman, 1976). Em cada local de gradagem foi instalado um poço de observação que constitui de um tubo de PVC de 32 mm, serrilhado alternadamente nos primeiros 0,8 m de sua extremidade inferior e envelopado com manta sintética de Poliéster (bidim OP-20). Em seguida, o espaço entre a parede do furo e o tubo foi preenchido com areia grossa do próprio local de instalação dos poços, fazendo-se uma compactação manual para evitar que a água de irrigação provocasse uma erosão, tipo tubificação (Fig. 11).



Detalhes de instalação do poço de observação

3.3.2 - Cotação topográfica dos poços

Após a instalação, os poços foram numerados em ordem crescente da jusante à montante dos drenos. A seguir foram levantadas as cotas topográficas do topo de cada tubo (extremidade superior) e a do fundo do dreno, o que permitiu a obtenção da profundidade do lençol freático e as respectivas cargas hidráulicas..

3.3.3 - Características físico-químicas dos solos

Visando conhecer melhor as características físico-químicas de cada lote, foram coletadas amostras de solo do tipo:

a) Indeformada: foram executadas trincheiras em cada linha de poços, observando o perfil físico e coletando amostras indeformadas de solo em cada camada de 0,15 m de profundidade, usando um cilindro (UHLAND, 1949) para determinar a densidade aparente ou global com base no peso do solo seco em estufa a 105° C sobre o volume contido no cilindro.

b) Deformada: Foram coletadas amostras de solo nas profundidades do perfil de 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm e 90-120 cm. No laboratório de solos do CPATSA (EMBRAPA), obteve-se a granulometria das amostras, densidade real, capacidade de campo a 0,1 Atm, o ponto de murcha permanente a 15 Atm e as características químicas como PH, CEes, Ca, Mg, K, Na trocável, possibilitando, então, a determinação da capacidade de troca catiônica (CTC) e porcentagem de sódio trocável (PST), classificando o solo do ponto de vista de salinidade pelo sistema americano (BUREAU OF RECLAMATION, 1978).

3.3.4 - Determinação da Profundidade efetiva do sistema radicular da videira.

Ao redor de uma planta representativa de cada campo da drenagem, foi escavada uma trincheira correspondendo à metade da área útil da videira, coletando-se a cada 0,15 m de profundidade as raízes que nesta camada desenvolveram-se, as quais foram, posteriormente, lavadas, secadas ao ar livre e pesadas cada camada de 0,15 m, e por conseguinte, obtido o peso total das raízes no perfil de solo. Com isto determinou-se a relação entre o peso das raízes em cada camada de 0,15 m e o peso total das raízes no perfil de solo coletado. Desta forma, pode-se considerar profundidade efetiva do sistema radicular da videira, como a soma das camadas detentoras de 80% sobre o peso total das raízes no solo.

3.3.5 - Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica do perfil do solo, foi determinada utilizando o método de Auger Hole (**BUREAU OF RECLAMATION**, 1978) ou do furo de trado, em presença do lençol freático, descrito por **BATISTA** (1983), efetuando-se três testes para cada linha de poços de observação em cada campo de drenagem e considerando a média. Mas, como a condutividade hidráulica obtida por esse método, corresponde à média ponderada de todas as camadas acima do fundo do poço, obteve-se a condutividade de uma camada individual, a fim de verificar o nível de redução da velocidade (barreira), a partir das condutividades hidráulicas obtidas pelo teste do furo do trado acima e dentro da camada em estudo, através da obtenção de uma das componentes da média ponderada, na camada considerada barreira, conforme recomenda o **BUREAU OF RECLAMATION**

(1978). A condutividade hidráulica, foi também obtida a partir das cargas hidráulicas (h) e da taxa de descarga (q), medidas nos ensaios.

3.3.6 - Monitoramento do sistema de drenagem

Foram medidas, com uma frequência de duas a três vezes ao dia, a profundidade do lençol freático em cada poço, através de um plopper (fita métrica com uma peça de metal concava na extremidade) e, concomitantemente, foram medidas as descargas nos drenos, coletando-se num balde calibrado o volume drenado num tempo que variou de 10 a 60 segundos, e utilizando um condutivímetro portátil (de bolso) mediu-se a condutividade elétrica da água de drenagem, com três repetições. Durante o período dos estudos foram feitos os registros das lâminas de irrigação aplicadas e das chuvas ocorridas. Utilizando um outro condutivímetro portátil (de mesa) mediu-se nos lotes a condutividade elétrica da água de irrigação.

3.4 - Computação dos dados

A partir dos dados levantados em campo e em laboratório, foram calculados os parâmetros de drenagem para regime de fluxo permanente e variado para que se tornasse possível uma análise dos critérios de projeto através de uma avaliação do desempenho do sistema.

3.4.1 - Avaliação sob regime permanente

Considerando-se que 80% dos solos do perímetro irrigado de Bebedouro apresentam uma camada impermeável a uma profundidade de 1,4 até 2,2 m, e

que os sistemas de drenagem estão sempre próximos da mesma, a determinação dos parâmetros de drenagem foi feita através da metodologia de DIELEMAN & TRAFFORD (1984), empregando-se a equação de Hooghoudt, conforme as etapas seguintes.

3.4.1.1 - Cargas hidráulicas a partir das profundidades do lençol freático

A partir da profundidade do lençol freático medida em campo pode-se estimar as cargas hidráulicas, conforme a Eq. 30 e a Fig. 12.

$$h = (CoTp - PrLF) - CoDr \quad (30)$$

Onde:

h - Carga hidráulica no ponto intermediário entre os drenos (m)

$CoTp$ - Cota topográfica do topo do poço (m)

$PrLF$ - Profundidade do lençol a partir do topo do poço (m)

$CoDr$ - Cota topográfica do plano do nível de drenagem (m)

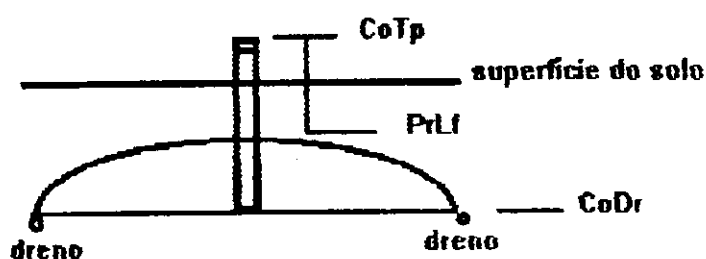


FIGURA 12 - Detalhe de um poço no ponto intermediário entre os drenos

3.4.1.2 - Transformação das descargas (Q) medidas em descargas normativas (q)

A descarga normativa ou coeficiente de drenagem subterrânea foi obtida mediante a seguinte expressão:

$$q = (Q \cdot 10^{-3} \cdot 86.400) / CL \quad (31)$$

Onde:

q - Descarga normativa (m/dia)

Q - Descargas medidas nos drenos (l/s)

C - Comprimento do dreno (m)

L - Espaçamento entre os drenos (m)

3.4.1.3 - Aplicação analítica da equação de Hooghoudt

A equação de Hooghoudt apresenta-se da seguinte forma:

$$q = 8Kdh/L^2 + 4Kh^2/L^2 \quad (32)$$

Onde:

q - Descarga normativa (m/dia)

K - Condutividade hidráulica (m/dia)

d - Espessura do extrato equivalente "d" (m)

h - Carga hidráulica no ponto intermediário entre os drenos (m)

L - Espaçamento entre os drenos (m)

O primeiro termo da direita da Eq. (32) representa o fluxo abaixo da linha do dreno, enquanto que o segundo corresponde à componente de fluxo acima do dreno. Em um sistema de drenagem já instalado os parâmetros K , d e L são constantes para cada mancha de solo com características físicas semelhantes, e os parâmetros q e h variam no tempo e no espaço. A equação (32) pode, então, ser apresentar-se da seguinte forma:

$$q = Ah + Bh^2 \quad (33)$$

A Eq. (33) representa uma curva, podendo ser linearizada dividindo-se todos os termos por h , conforme a seguir:

$$q/h = A + Bh \quad (34)$$

Onde:

$$A = 8Kd/L^2 \quad (35)$$

$$B = 4K/L^2 \quad (36)$$

Aplicando na equação (34) a teoria do método dos mínimos quadrados, segundo SPIEGEL (1985), e estabelecendo uma regressão nos valores de q/h e h , pode-se obter os coeficientes linear (A) e angular (B), através das expressões:

$$A = \{ [\sum (q/h)](\sum h^2) - \sum h \sum [h(q/h)] \} / N \sum h^2 - (\sum h)^2 \quad (37)$$

$$B = \{ N \sum [h(q/h)] - (\sum h)[\sum (q/h)] \} / \{ N \sum h^2 - (\sum h)^2 \} \quad (38)$$

Conhecendo-se os valores de A e B pode-se, então, determinar valores para K e d , através das equações (35) e (36), permitindo, assim, uma análise do sistema projetado.

3.4.1.4 - Análise grafimétrica

Os coeficientes linear e angular da equação (34), também podem ser determinados grafimetricamente, o que consiste em plotar, em papel milimetrado, os dados de q/h no eixo da ordenada e h no eixo da abscissa e, em seguida traçar uma reta ajustada ao conjunto de pontos marcados. A inclinação dessa reta (tangente do ângulo de inclinação) representa o coeficiente angular (B), e o ponto de interseção da mesma com o eixo das ordenadas corresponde ao coeficiente linear (A). Desta forma pode-se fazer um cálculo estimativo dos parâmetro K e d, a partir dos dados medidos em campo.

3.4.2 - Avaliação sob regime de fluxo variado

O fluxo variado consistiu em rebaixar o lençol freático de uma profundidade inicial h_0 para uma profundidade final h_t , num intervalo de tempo de tres dias. O procedimento de avaliação do sistema sob essas condições teve as seguintes etapas:

3.4.2.1 - Solução analítica

De acordo com DIELEMEN & TRAFFORD (1984), a relação entre a carga hidráulica e o tempo de rebaixamento do lençol freático é do tipo exponencial, conforme expressão a seguir:

$$h_t/h_0 = e^{-\beta t} \quad (39)$$

Onde:

β é o fator de reação

Assim, a equação (39), fica:

$$h_t = h_o \cdot e^{-\beta t} \quad (40)$$

A expressão (40) representa a equação da curva da carga hidráulica em função do tempo. Este mesmo raciocínio pode ser aplicado para a recarga instantânea, ou seja:

$$R_t = R_o \cdot e^{-\beta t} \quad (41)$$

Transformando a expressão (40) para a forma logarítmica, tem-se:

$$\log(h_t) = \log(h_o \cdot e^{-\beta t})$$

$$\log(h_t) = \log(h_o) + \log(e^{-\beta t})$$

$$\log(h_t) = \log(h_o) - \beta t (\log e)$$

$$\beta t (\log e) = \log(h_o) - \log(h_t)$$

Como o $(\log e)$ é igual a 0.43, tem-se:

$$\beta t \cdot 0.43 = \log(h_o/h_t)$$

$$\beta t = [1/0.43] \cdot [\log(h_o/h_t)]$$

Resultando finalmente em,

$$\beta = 2.3 \cdot \log(h_o/h_t) / t \quad (42)$$

Onde:

β - Fator de reação ou de intensidade (dias^{-1})

h_0 - Altura inicial do lençol freático (m)

h_t - Altura final do lençol freático (m)

t - Tempo de rebaixamento do lençol de h_0 para h_t (3 dias)

Como o fator de reação na equação de Glover-Dumm, é diretamente proporcional à transmissividade (K_d) e inversamente proporcional à porosidade drenável (V) e ao espaçamento, tem-se:

$$\beta = \pi^2 K_d / V L^2 \quad (43)$$

Para o fluxo variado existe uma proporcionalidade entre a recarga normativa (q) e a carga hidráulica (h) que depende do fator de reação (β) e da porosidade drenável (V), conforme expressão a seguir:

$$q = 2\beta V h / \pi \quad (44)$$

Assim, substituindo o valor de β da equação (43) na equação (44), obtém-se:

$$q = 2\pi K_d h / L^2 \quad (45)$$

Isolando o termo de transmissividade da expressão anterior, tem-se:

$$K_d = (q/h) L^2 / 2\pi \quad (46)$$

A partir dos dados de carga hidráulica, descarga normativa e o espaçamento, pode-se determinar o fator de reação pela Eq. (42), a

transmissividade pela Eq. (46), e a porosidade drenável pela Eq. (44), permitindo, então, a avaliação dos parâmetros de drenagem.

3.4.2.2 - Solução grafimétrica

Os dados da carga hidráulica versus o tempo, podem ser plotados num papel monolog para ter-se um ajuste linear do conjunto de pontos. Onde o fator de reação é dado pela tangente do ângulo de inclinação da reta (α), para um dado ciclo logaritmico, o qual substituindo na expressão (42), tem-se:

$$\beta = 2,3 \text{ tang } \alpha \quad (47)$$

Onde, $\text{tang } \alpha = (\log h_0) - (\log h_t)$

Calculando o valor de β e da transmissividade, respectivamente, pelas equações (47) e (46), obtem-se a porosidade drenável pela seguinte equação:

$$V = \pi^2 K d / \beta L^2 \quad (48)$$

3.5 - Avaliação do desempenho dos condutos subterrâneos

De acordo com DIELEMAN & TRAFFORD (1984), um dos parâmetros que avaliam o desempenho dos condutos subterrâneos de um sistema de drenagem, são: resistência de entrada e a fração da perda de carga, conforme expressões a seguir:

$$r_e = h_e C/Q \quad (49)$$

Onde:

r_e - Resistência de entrada (dias/m)

h_e - Diferença da carga hidráulica entre o poço em cima do dreno e o poço a 0,5 m do dreno

C - Comprimento do dreno (m)

Q - Vazão ou descarga medida nos drenos (m^3/dia)

$$h_e/h_{tot} = \text{fração da perda de carga} \quad (50)$$

Onde:

h_e - diferença da carga hidráulica entre o poço localizado em cima do dreno e o poço a 0,5 m do dreno

h_{tot} - diferença de carga hidráulica entre o poço em cima do dreno e o poço na metade do espaçamento

3.6 - Recuperação química de solos salino-sódicos

Como trata-se de solos praticamente livres ou pobres de carbonatos alcalino-terrosos e PH menor que 7,5 o corretivo mais adequado é o gesso dado seu baixo custo de aquisição e aplicação, a dose teórica a aplicar para correção do solo pode ser obtida pela Eq. 51 a seguir:

$$Dt = ((PST_c - PST_i) CTC Pe Prof Dg) / 100 \quad (51)$$

Onde:

D_t = Dose teórica de gesso em Kg/ha (100% puro)

PST_i = Porcentagem de sódio trocável inicial (%)

PST_f = Porcentagem de sódio trocável final (%)

CTC = Capacidade de troca Catiônica (meq/100 g de solo)

P_e = Peso equivalente do corretivo (no caso gesso = 86)

$Prof$ = Profundidade do solo que se deseja recuperar (cm)

D_g = Densidade global do solo (g/cm^3)

3.7 - Avaliação da eficiência de irrigação

A eficiência da irrigação por sulcos foi avaliada através da instalação de uma calha WSC no início do sulco, para medir o volume de água aplicada, e uma outra no final para medir o volume de água escoada superficialmente, e, coletando-se, no início, meio e final do sulco, amostras de solo deformadas a cada 0,15 m de profundidade, 3 horas antes da aplicação de água, 7 horas após, 24 horas, 48 horas e 72 horas depois da recarga, para quantificar o armazenável e armazenado, uma vez que o volume percolado no nível de drenagem foi medido no dreno entubado, e assim, pelo método do balanço hídrico (WALKER e SKOGERBOE, 1987), estimou-se a total correspondente à evapotranspiração mais a percolação profunda, de acordo com os formulários a seguir:

$$(L_{pp} + L_{ef}) = (L_{ap} - L_{es}) - L_{pd} - L_{ar} \quad (52)$$

Onde :

Lpp - Lâmina d'água de percolação profunda (mm)

Let - Lâmina de evapotranspiração (mm)

Lap - Lâmina d'água aplicada (mm)

Les - Lâmina de escoamento superficial (mm)

Lpd - Lâmina d'água percolada nos drenos (mm)

Lar - Lâmina d'água armazenada (mm)

$$Lap = Q_e T / A \quad (53)$$

Onde :

Q_e - Vazão medida na calha de entrada (l/seg)

T - Tempo da medição da irrigação na calha (seg)

A - Área do sulco irrigado (m²)

$$Les = Q_s T / A \quad (54)$$

Onde :

Q_s - Vazão medida na calha de saída (l/seg)

T - Tempo da medição da irrigação na calha (seg)

A - Área do sulco irrigado (m²)

$$Lpd = Q T / A \quad (55)$$

Onde :

Q - Vazão medidas nos drenos (l/seg)

T - Tempo da medição (seg)

A - Área drenada (m²)

$$Lar = Pr (\theta_r - \theta_i)/100 \quad (56)$$

Onde :

Pr - Profundidade da zona radicular (m)

θ_r - Umidade volumétrica final (%)

θ_i - Umidade volumétrica inicial (%)

$$Lreq = Pr (\theta_{cc} - \theta_a)/100 \quad (57)$$

Onde :

Lreq - Lâmina requerida (mm)

θ_{cc} - Umidade volumétrica na capacidade de campo (%)

θ_a - Umidade volumétrica atual, antes da irrigação (%)

$$Efap = (Lreq / Lap) 100 \quad (58)$$

Onde :

Efap - Eficiência de aplicação d'água (%)

Lreq - Lâmina requerida (mm)

Lap - Lâmina d'água aplicada (mm)

$$Efar = (Lar/Lreq) 100 \quad (59)$$

Onde :

Efar - Eficiência de armazenamento (%)

Lar - Lâmina armazenada (mm)

Lreq - Lâmina requerida (mm)

$$Tpd = (Lpd/Lap) 100 \quad (60)$$

Onde :

Tpd - Taxa de percolação nos drenos (%)

Lpd - Lâmina de percolação nos drenos (mm)

Lap - Lâmina d'água aplicada (mm)

$$Tes = (Les/Lap) 100 \quad (61)$$

Onde :

Tes - Taxa de escoamento superficial (%)

Les - Lâmina de escoamento superficial (mm)

Lap - Lâmina d'água aplicada (mm)

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Características físico-químicas dos solos

Com base em resultados de análises físico-químicas das amostras de solos e em estudos de trincheiras para identificação de perfis nos cinco lotes, confirmamos que os solos pertencem ao grande grupo **PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO LATOSSÓLICO**, de acordo com os ensaios seguintes:

4.1.1- Ensaio 01 - Lote 063: textura arenosa; muito profundo (com barreira a profundidades superiores a 3,0 m; bem drenado; solo Normal, do ponto de vista de salinidade, conforme Tab. 2.

4.1.2 - Ensaio 02 - Lotes 059 e 019: solo de textura arenosa/média; profundo (barreira de 1,4 a 2,2 m de profundidade); moderadamente drenado. Sendo que:

a) lote 059 no quarto inferior possui a barreira a 1,4 a 1,8 m de profundidade, enquanto que nos 3/4 superiores possui a barreira a 1,8 a 2,2 m de profundidade; solo com característica química Normal de acordo classificação Americana, conforme as Tabs. 3 e 4.

b) O lote 019, no quarto inferior (jusante) da área do dreno DE-03, é de textura arenosa/média e camada impermeável (barreira) com profundidade média de 1,4 a 1,8 m; o solo é salino-sódico (Tab. 5). Enquanto que nos 3/4 restantes (montante) da área do dreno DE-03, o solo é normal do ponto de vista de salinidade, textura arenosa/média e barreira a uma profundidade média de 1,8 a 2,2 m (Tab. 6).

TABELA 2 - Características físico-químicas do solo no DE-02 do lote 063

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	areia franco	arenoso franco	arenoso franco	arenoso franco
Densidade global (g/cm ³)	1,40	1,40	1,40	1,40
Densidade real (g/cm ³)	2,53	2,53	2,54	2,54
Umidade à CC (%)	3,80	5,67	6,04	6,93
Umidade à PMP (%)	1,76	1,97	2,47	2,77
PH	5,5	5,5	4,7	4,3
CEes (dS/m)	0,41	0,28	0,28	0,48
Na (Meq/100g solo)	0,01	0,02	0,01	0,01
CTC (%)	2,19	1,94	1,84	1,73
PST (%)	0,46	1,03	0,50	0,60
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

TABELA 3 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-02 do lote 059

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global(g/cm ³)	1,55	1,75	1,85	1,85
Densidade real (g/cm ³)	2,52	2,55	2,43	2,55
Umidade à CC (%)	6,27	11,96	13,60	12,66
Umidade à PMP (%)	3,61	6,20	7,53	6,41
PH	7,1	5,1	6,3	4,4
CEes (dS/m)	0,74	0,60	0,46	0,48
Na (Meq/100g solo)	0,03	0,02	0,01	0,02
CTC (%)	4,49	3,59	4,50	3,16
PST (%)	0,67	0,56	0,22	0,63
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

TABELA 4 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-02 do lote 059

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm³)	1,55	1,75	1,87	1,88
Densidade real (g/cm³)	2,55	2,55	2,65	2,65
Umidade à CC (%)	6,37	12,96	14,50	13,56
Umidade à PMP (%)	3,71	7,20	8,43	7,31
PH	7,3	5,3	6,5	4,7
CEes (ds/m)	0,64	0,50	0,35	0,35
Na (meq/100g solo)	0,02	0,02	0,01	0,01
CTC (%)	4,19	3,29	4,20	3,06
PST (%)	0,48	0,61	0,24	0,33
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

TABELA 5 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-03 do lote 019

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm³)	1,55	1,70	1,85	1,85
Densidade real (g/cm³)	2,49	2,50	2,53	2,54
Umidade à CC (%)	6,89	7,72	14,68	15,78
Umidade à PMP (%)	2,25	3,64	7,17	8,05
PH	6,0	5,1	4,6	5,2
CEes (dS/m)	8,92	24,0	36,0	17,0
Na (Meq/100g solo)	1,10	2,38	4,44	2,30
CTC (%)	6,92	10,68	20,39	14,03
PST (%)	15,90	22,28	21,78	16,39
Classificação	SALINO SÓDICO	SALINO SÓDICO	SALINO SÓDICO	SALINO SÓDICO

TABELA 6 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-03 do lote 019

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm³)	1,55	1,70	1,85	1,85
Densidade real (g/cm³)	2,50	2,51	2,55	2,55
Umidade à CC (%)	6,57	7,52	13,50	14,56
Umidade à PMP (%)	2,11	3,50	7,05	8,02
PH	6,2	5,3	4,5	5,7
CEes (dS/m)	0,54	0,60	0,95	0,85
Na (Meq/100g solo)	0,03	0,03	0,02	0,02
CTC (%)	3,18	2,21	3,22	2,16
PST (%)	0,94	1,36	0,62	0,93
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

c) O lote 019, no quarto inferior da área do dreno DE-04, é de textura arenosa/média; impermeável com profundidade média de 1,6 a 1,8 m; solo Salino em profundidades superiores a 0,60 m, (Tab. 7). Enquanto que, nos 3/4 restantes da área, com barreira em média de 1,8 a 2,2 m de profundidade; solo Normal do ponto de vista de salinidade (Tab. 8).

4.1.3 - Ensaio 03 - compreende os lotes 045 e 082; solo de textura arenosa/média; moderadamente profundo (fase cascalhenta a profundidade de 1,2 m) e moderadamente drenado. Tem-se:

a) Lote 045. Textura arenosa/média com fase cascalhenta a 1,2 m de profundidade com barreira de 1,6 a 1,8 m; o solo apresenta característica química normal, do ponto de vista de salinidade (Tab. 9).

b) Lote 082: a área com dreno DE-03 é de textura arenosa/méida com fase cascalhenta a partir de 1,2 m com barreira de 1,6 a 1,8 m; o solo foi classificado como Normal no que diz respeito à salinidade (Tab. 10).

c) Lote 082: a área com dreno DE-04, é de textura arenosa/média com fase cascalhenta a partir de 1,2 m com barreira de 1,6 a 1,8 m de profundidade; solo normal do ponto do vista de salinidade (Tab. 11).

TABELA 7 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-04 do lote 019

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm ³)	1,50	1,73	1,86	1,86
Densidade real (g/cm ³)	2,49	2,57	2,47	2,53
Umidade à CC (%)	5,94	8,30	23,96	17,04
Umidade à PMP (%)	2,08	2,90	10,36	8,07
PH	6,1	5,4	5,3	6,3
CEes (dS/m)	0,40	1,30	6,95	4,80
Na (Meq/100g solo)	0,03	0,09	0,83	0,88
CTC (%)	2,88	3,11	12,61	10,34
PST (%)	1,04	2,90	6,58	8,51
Classificação	NORMAL	NORMAL	SALINO	SALINO

TABELA 8 - Características físico-químicas do solo em ¼ do DE-04 do lote 019

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm³)	1,50	1,73	1,86	1,86
Dens. real (g/cm³)	2,50	2,55	2,55	2,55
Umidade à CC (%)	6,00	8,32	23,95	17,06
Umidade à PMP (%)	2,01	2,92	10,31	8,01
PH	6,3	5,7	5,5	6,7
CEes (dS/m)	0,54	0,60	0,95	0,55
Na (Meq/100g solo)	0,03	0,02	0,02	0,01
CTC (%)	2,99	3,19	12,68	8,07
PST (%)	1,00	0,63	0,16	0,12
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

TABELA 9 - Características físico-químicas no DE-12 do lote 045

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm³)	1,60	1,80	1,80	1,80
Densidade real (g/cm³)	2,52	2,57	2,48	2,62
Umidade à CC (%)	9,47	16,25	19,56	20,64
Umidade à PMP (%)	4,88	7,92	9,85	10,39
PH	5,2	4,6	4,7	5,0
CEes (dS/m)	0,83	1,09	0,86	1,00
Na (Meq/100g solo)	0,05	0,11	0,17	0,23
CTC (%)	2,86	3,91	4,20	4,61
PST (%)	1,75	2,81	4,05	4,99
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

TABELA 10 - Características físico-químicas no DE-03 do lote 082

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm ³)	1,60	1,80	1,80	1,80
Densidade real (g/cm ³)	2,36	2,56	2,58	2,37
Umidade á CC (%)	14,30	14,41	18,08	17,28
Umidade á PMP (%)	8,76	7,35	10,02	8,52
PH	7,0	7,0	6,9	6,3
CEes (ds/m)	1,24	1,48	1,03	0,87
Na (meq/100g solo)	0,08	0,01	0,02	0,03
CTC (%)	11,51	5,94	5,64	4,92
PST (%)	0,70	0,16	0,35	0,61
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

TABELA 11 - Características físico-químicas no DE-04 do lote 082

Profundidade do solo	00-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	90-120 (cm)
Nome da classe textural	arenoso franco	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso	franco argilo arenoso
Densidade global (g/cm³)	1,60	1,80	1,80	1,80
Densidade real (g/cm³)	2,44	2,56	2,52	2,31
Umidade à CC (%)	14,49	15,24	21,00	24,00
Umidade à PMP (%)	7,22	6,66	11,36	10,93
PH	7,2	5,6	5,4	5,7
CEes (dS/m)	1,04	1,14	1,28	0,76
Na (Meq/100g solo)	0,04	0,02	0,04	0,06
CTC (%)	9,81	4,82	5,83	5,77
PST (%)	0,41	0,41	0,69	1,04
Classificação	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

4.2 - Recarga proveniente da precipitação pluvial

Os sistemas de drenagem tiveram seus desempenhos avaliados sob condição de chuva máxima (fevereiro a abril) da ordem de 54,4 mm, ocorrida no dia 09-04-94, com uma duração de 3,0 horas e uma recorrência de 1:1,7 anos, de acordo com o banco de dados da estação meteorológica do campo experimental do CPATSA/EMBRAPA, situada na área do referido perímetro irrigado, conforme Tab. 12. Com base nas observações de campo, estimou-se que imediatamente antes da recarga a umidade do solo encontrava-se aproximadamente a 90% da capacidade de campo, haja visto, que todos os cinco lotes haviam irrigados um dia antes o evento da chuva.

4.3 - Recarga proveniente da irrigação

Durante os meses de maio, junho e julho, observou-se, nos cinco lotes avaliados, a aplicação de uma lâmina bruta média de 27,74 mm aplicada a cada três dias, quando o solo estava numa umidade média de 91,43% da capacidade de campo (Tab 13). Na avaliação da irrigação parcelar, a melhor performance ocorreu no lote 059 com uma eficiência de aplicação d'água de 58,10%, uma eficiência de armazenamento de 84,0%, sem perdas por escoamento superficial e uma taxa de percolação nos drenos de 27,53% (Tab. 13). Enquanto que, a pior performance da irrigação parcelar foi a do lote 063 por apresentar uma eficiência de aplicação d'água de 25,23%, uma eficiência de armazenamento de 72,5%, com uma perda por escoamento superficial de 5,54%. A melhor performance deveu-se à irrigação com sulcos fechados e uma vazão máxima não erosiva. O contrário acontecendo na pior performance onde o produtor utilizou uma vazão de entrada pequena, muito abaixo da máxima não erosiva, aumentando o tempo de avanço e conseqüentemente, e, as perdas por percolação, além de adotar o sistema de sulcos abertos que contribuiu para perdas por escoamento superficial.

TABELA 12 - Precipitações pluviiais superiores à 54,4mm durante 1963 a 1993.

Data da ocorrência da chuva superior a máxima obtida (54.4 mm) durante a pesquisa (fev/julho de 1994) .	Intensidade da chuva medida (mm/dia)
10-02-63	80,6
15-04-64	55,3
05-12-64	54,8
13-04-66	80,4
14-03-69	60,6
08-04-71	92,0
19-01-72	73,2
19-03-72	105,5
26-03-73	71,9
07-02-74	77,9
13-03-74	58,6
03-04-75	66,0
09-04-75	61,8
03-04-78	54,4
23-12-86	54,8
20-10-87	130,4
04-03-88	54,8
10-03-88	57,6
20-12-89	89,0

Fonte : Banco de dados do CPATSA (EMBRAPA)

TABELA 13 - Avaliação da irrigação parcelar

Nº do lote	063	059	019	019	045	082	082
Nome do dreno	DE02	DE02	DE03	DE04	DE12	DE03	DE04
θ_a (%)	84,0	98,0	85,0	90,0	95,0	94,0	94,0
Lap (mm)	56,23	16,96	27,91	28,53	25,99	15,83	22,73
Lar (mm)	14,19	9,86	7,71	11,45	8,82	6,46	6,49
Lpd (mm)	-	4,67	3,22	2,08	3,97	4,85	14,19
Les (mm)	3,12	0,00	8,30	13,46	6,31	1,74	1,98
Efap (%)	25,23	58,10	27,61	40,14	33,92	40,78	28,57
Efar (%)	72,50	84,00	68,50	80,00	83,00	67,50	66,00
Tpd (%)	-	27,51	11,55	7,29	15,26	30,61	62,43
Tes (%)	5,54	0,00	29,74	47,18	24,27	10,97	8,72

4.4 - Carga hidráulica (h) e taxa de descarga ou coeficiente de drenagem subterrânea (q)

De acordo com o período mais crítico em que os sistemas de drenagem funcionaram, observou-se nos cinco lotes a existência de uma carga hidráulica máxima média de 0,31 m e uma taxa de descarga máxima (coeficiente de drenagem máxima) de 2,54 mm/dia, diminuindo, no terceiro dia, para uma carga hidráulica mínima média de 0,07 m com uma respectiva taxa de descarga mínima de 0,37 mm/dia de acordo com a Tab. 14. Verificou-se que os valores de projeto da drenagem implantada, foram superiores aos observados, devido o projeto ter sido concebido para chuva máxima com tempo de recorrência de 1:10 anos, enquanto no período da observação a chuva máxima foi de um índice de retorno de 1:1.7 anos, por isto, justifica-se uma carga hidráulica média de 0,19 m, inferior aos 0,40 m concebido em projeto, assim como, uma taxa de descarga média de 1,45 mm/dia também inferior aos 6,0 mm/dia estimado em projeto.

a) Campo do dreno DE-02/lote 063/ensaio 1: na área do campo do DE-02, não observou-se cargas hidráulicas (h) e nem taxa de descarga (q), nas profundidades até 2,0 m, também, observado em campo que a segunda metade do lote (montante do dreno DE-02) existe uma microbacia subterrânea pela fechada que impossibilita vir fluxo subterrâneo do lote 062, restando para o campo do dreno DE-02 uma recarga apenas da própria área, como observa-se na planta altimétrica (Fig. 13), caracterizando nesta condição não ser necessário o emprego da drenagem subterrânea nesta primeira metade do lote (jusante da tomada d'água, dado as boas condições de drenagem natural da área.

TABELA 14 - Cargas hidráulicas (h) e taxas de descargas (q)

Nº lote	063	059	019	019	045	082	082
Nome do dreno	DE02	DE02	DE03	DE04	DE12	DE03	DE04
h máx. (m)	-	0,32	0,29	0,30	0,32	0,33	0,31
h mín. (m)	-	0,14	0,06	0,08	0,14	0,01	0,01
t (hs)	-	72,0	96,0	96,0	72,0	24,0	24,0
h méd. (m)	-	0,24	0,16	0,18	0,23	0,14	0,14
h proj. (m)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
q máx. (mm/dia)	-	2,72	1,75	1,09	1,85	3,79	4,05
q mín. (mm/dia)	-	0,87	0,18	0,12	0,62	0,20	0,25
q méd. (mm/dia)	-	1,93	0,75	0,54	1,20	1,80	2,09
q proj. (mm/dia)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

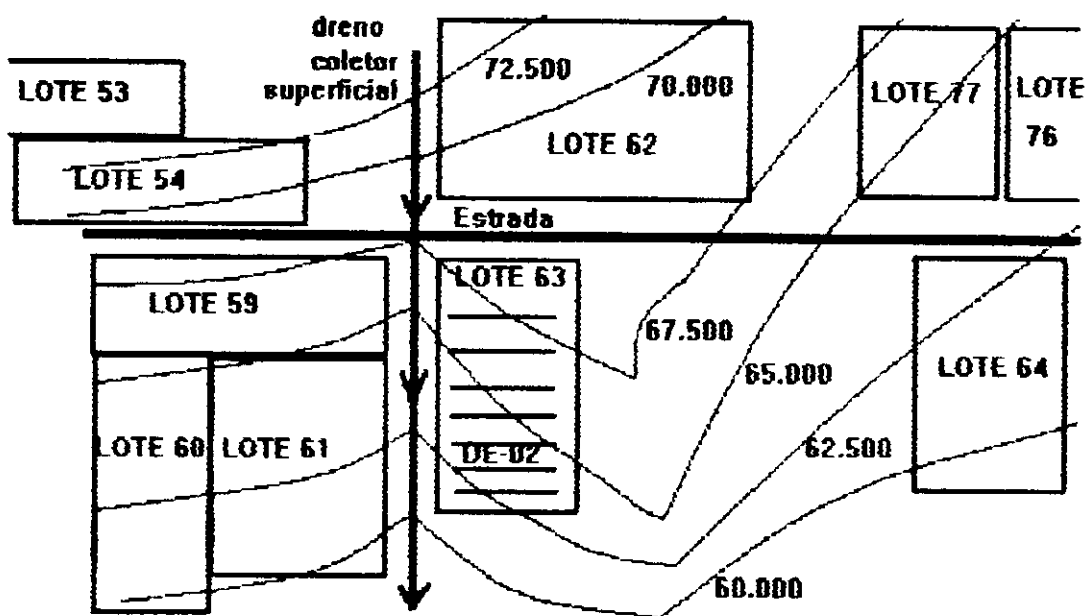


FIGURA 13 - Planta altimétrica do lote 063 do ensaio 1 do perímetro Bebedouro

b) Campo do DE-02/lote 059 ensaio 02: a carga hidráulica (h) decresceu pela metade num tempo de 72 horas (Tab. 14), mostrando-se um performace adequada, atendendo os requisitos projetados, conforme ilustra a Fig.14.

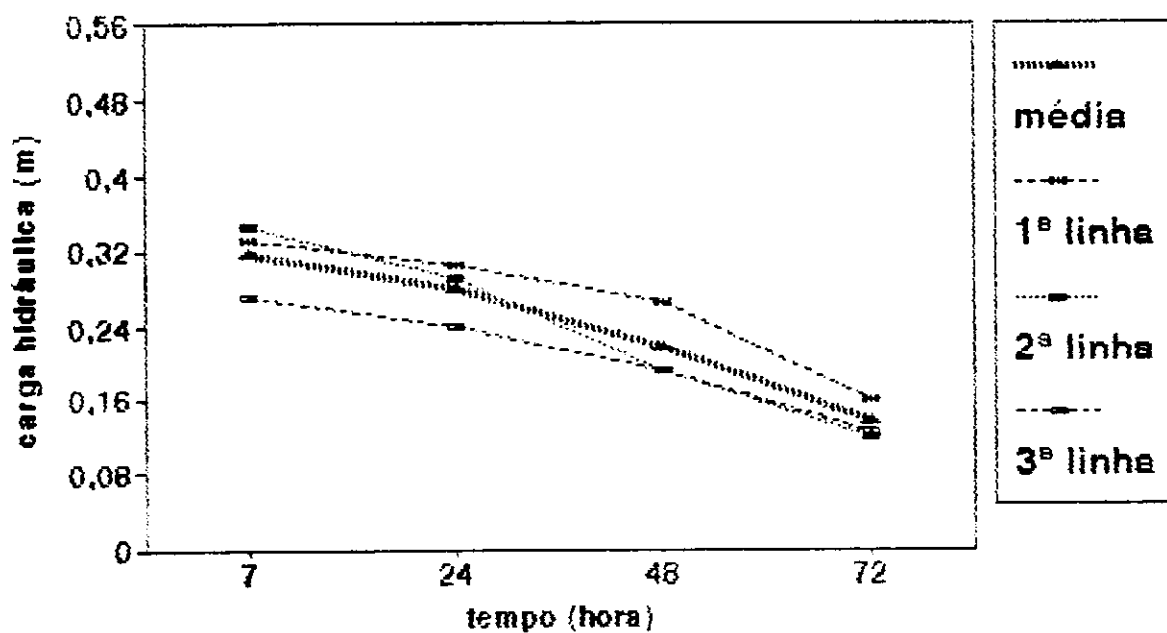


FIGURA 14 - Carga hidráulica versus tempo, do dreno DE-02 do lote 059

c) No campo do DE-03/lote 019/ensaio 02: o rebaixamento pela metade da carga hidráulica somente foi verificado após 96 horas da recarga, ultrapassando em 24 horas os requisitos de projeto, de acordo com a ilustração da Fig. 15, o que caracteriza uma elevação do tempo de drenagem de aproximadamente 30%. Mas, como as discussões anteriores são baseadas na metodologia de **DIELEMAM & TRAFFORD (1984)**, utilizando a média dos dados levantados, verificamos em campo que apenas o 1/4 inferior da área (jusante do dreno) é que apresentou um aumento do tempo de drenagem, em virtude desta levar 96 horas para rebaixar a carga hidráulica pela metade. Enquanto que, nos 3/4 restantes da área (montante do dreno) a carga hidráulica decresceu pela metade num tempo de 72 horas, considerado de boa performance (Fig. 15).

d) No campo do DE-04/lote 019/ensaio 02: o rebaixamento pela metade da carga hidráulica somente foi verificado após 96 horas da recarga, ultrapassando em 24 horas os requisitos de projeto, de acordo com a ilustração da Fig. 16, o que caracteriza um aumento de aproximadamente 30% do tempo de drenagem. Mas, como as discussões anteriores são baseadas na metodologia de **DIELEMAM & TRAFFORD (1984)**, utilizando a média dos dados levantados, verificou-se em campo que em apenas 1/4 inferior da área (jusante do dreno) é que ocorreu o aumento do tempo de drenagem, em virtude desta utilizar 96 horas para rebaixar a carga hidráulica pela metade, dado o solo ser mais profundo (1,6 a 1,8 m), como também, os drenos estarem numa profundidade maior que a do DE-03 (1,3 m). Enquanto que, os 3/4 restante da área (montante do dreno) a carga hidráulica decresceu pela metade num tempo de 72 horas considerado de boa performance, dado o solo e os drenos estarem mais profundos.

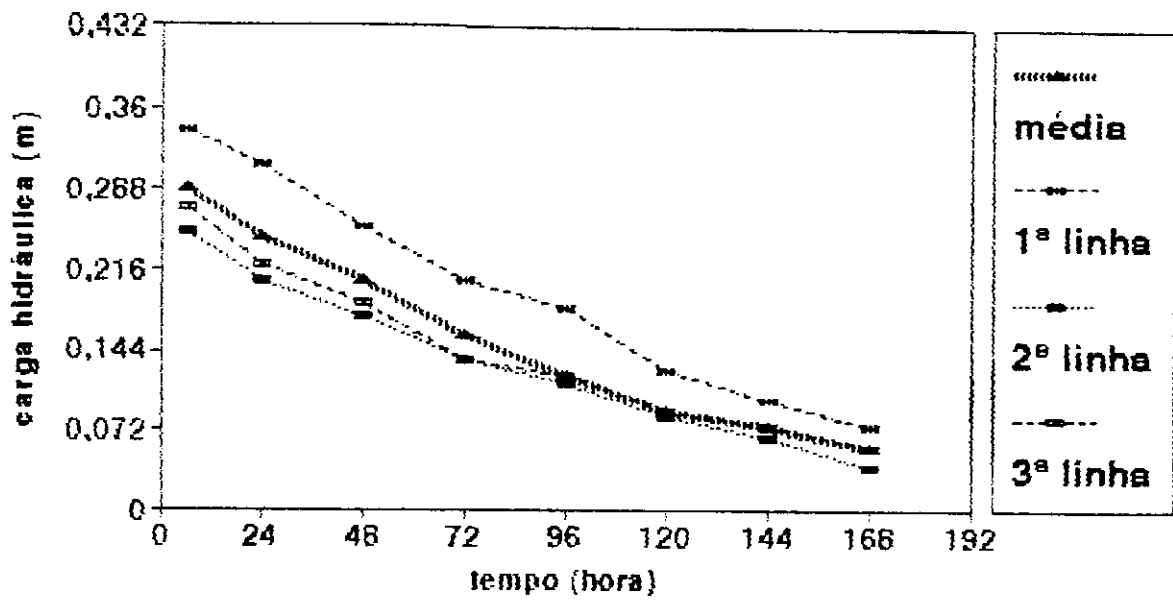


FIGURA 15 - Carga hidráulica versus tempo no dreno DE-03 do lote 019.

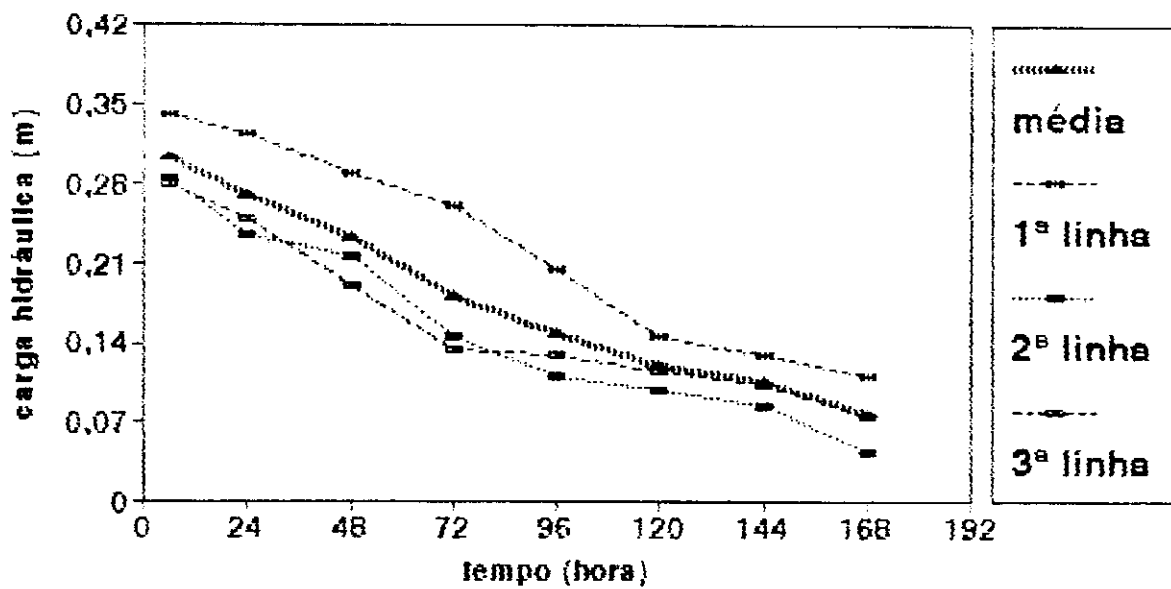


FIGURA 16 - Carga hidráulica versus tempo no dreno DE-04 do lote 019

e) Campo do dreno DE-12/lote 045/ensaio 03: apresentou um rebaixamento pela metade da carga hidráulica (h) num tempo de 3 dias (Tab. 14), mostrando uma performance adequada (Fig. 17), atendendo os requisitos projetados.

f) Área do DE-03/lote 082/ensaio 03: rebaixou a carga hidráulica (h) pela metade num tempo de 1 dia, reduzindo em 66% no tempo de drenagem com relação aos três dias concebidos (Fig. 18). Estando o sistema implantado, drenando além das expectativas de projeto.

g) À área do DE-04/lote 082/ensaio 03: ocorreu um rebaixamento pela metade da carga hidráulica (h) num tempo de 1 dia, reduzindo em 66% no tempo de drenagem com relação aos três dias concebidos (Fig). Estando o sistema em campo drenando além das expectativas de projeto.

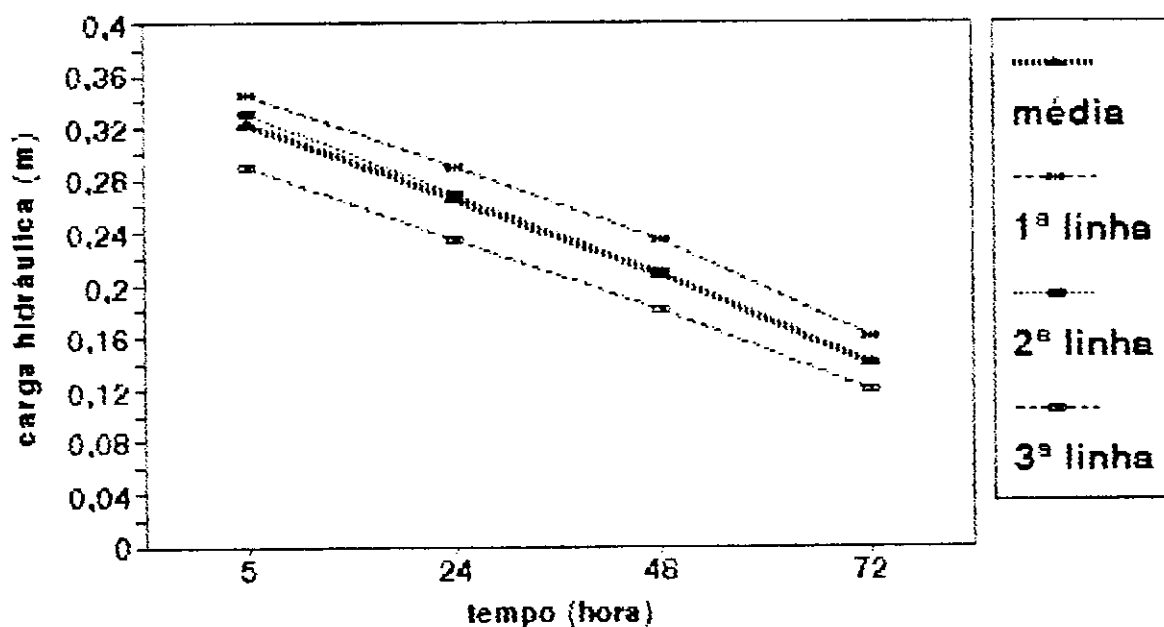


FIGURA 17 - Carga hidráulica versus tempo no dreno DE-12 do lote 045.

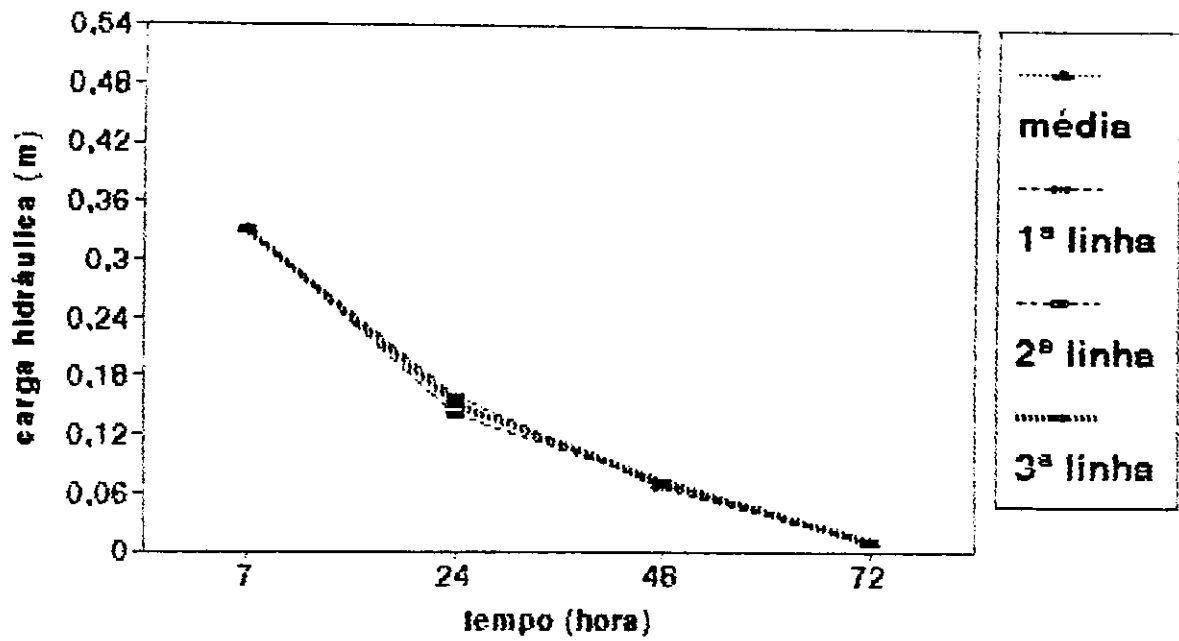


FIGURA 18 - Carga hidráulica versus tempo no dreno DE-03 do lote 082.

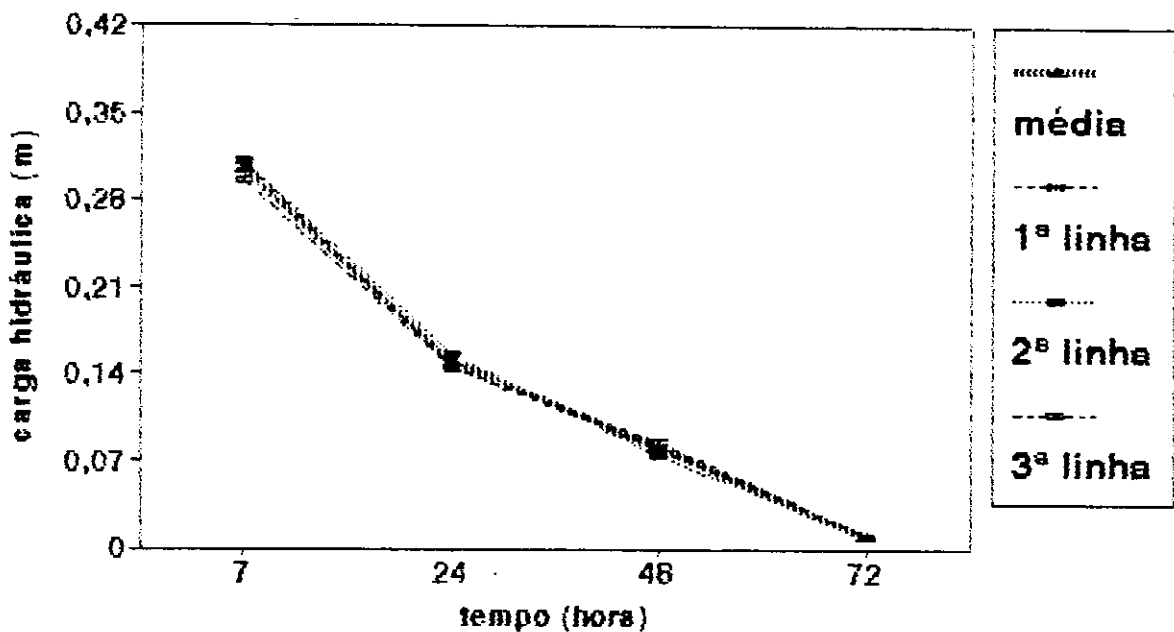


FIGURA 19 - Carga hidráulica versus tempo no dreno DE-04 do lote 082.

4.5 - Profundidade do lençol freático (PrLF) e Profundidade efetiva do sistema radicular da videira.

De acordo com os dados resumidos na Tab. 15, a profundidade mínima média do lençol freático, para os lotes estudados, foi de 1,08 m; a profundidade efetiva média do sistema radicular da videira foi de 0,45 m. A profundidade média do lençol freático (PmLf), apresentou-se próximo do pré-concebido no projeto executivo (1,0 m), embora se tenha obtido para o lote 045, valores inferiores ao de projeto (0,91 m), dado a pouca profundidade dos drenos. A profundidade efetiva do sistema radicular da videira, apresentou-se muito inferior àquela citada por PIZZARRO (1977) que é de 0,75 m, fato este que merece uma outra pesquisa dirigida. Mas, analisando de forma sumária, acredita-se que o excesso de água da irrigação e a elevada densidade global do solo (média de $1,72 \text{ g/cm}^3$) sejam as prováveis causas da pouca profundidade alcançada pelas raízes, inclusive porque, de acordo com a Tab. 15, a profundidade das raízes da videira decresce com o aumento da densidade global do solo e a diminuição da profundidade do lençol freático. Durante as avaliações da irrigação parcelar, observou-se, conforme descrito na Tab 13, que os agricultores irrigam quando o solo ainda possui um teor de umidade bem próximo da capacidade de campo, propiciando umidade ideal na camada superficial (0-30 cm) e ao mesmo tempo criando condições para que as raízes não sintam a necessidade de se aprofundarem, já que dispõem de água e nutrientes próximos da superfície do solo. Ainda na Tab.15, verifica-se que a profundidade efetiva do sistema radicular da uva é maior com o lençol freático a profundidades maiores, fato este também ilustrado pelas Figs. 20 e 21.

TABELA 15 - Profundidade do sistema radicular da videira

Nº ensaio	01	02	02	02	03	03	03
Nº do lote	063	059	019	019	045	082	082
Nome dreno	DE02	DE02	DE03	DE04	DE12	DE03	DE04
Profundidade do dreno (m)	1,40	1,41	1,30	1,31	1,14	1,20	1,20
Profundidade média do lençol freático (m)	-	1,17	1,14	1,13	0,91	1,06	1,06
Profundidade média das raízes da videira (m)	0,60	0,45	0,45	0,45	0,30	0,30	0,30
Densidade global média no perfil do solo (g/cm ³)	1,55	1,73	1,74	1,74	1,75	1,75	1,75

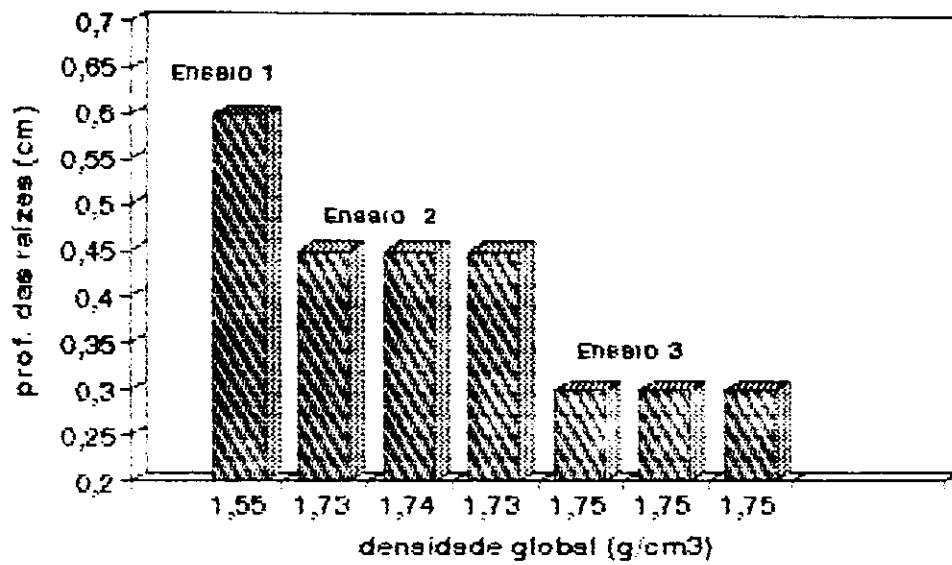


FIGURA 20 - Profundidade de raízes da videira versus densidade global do solo

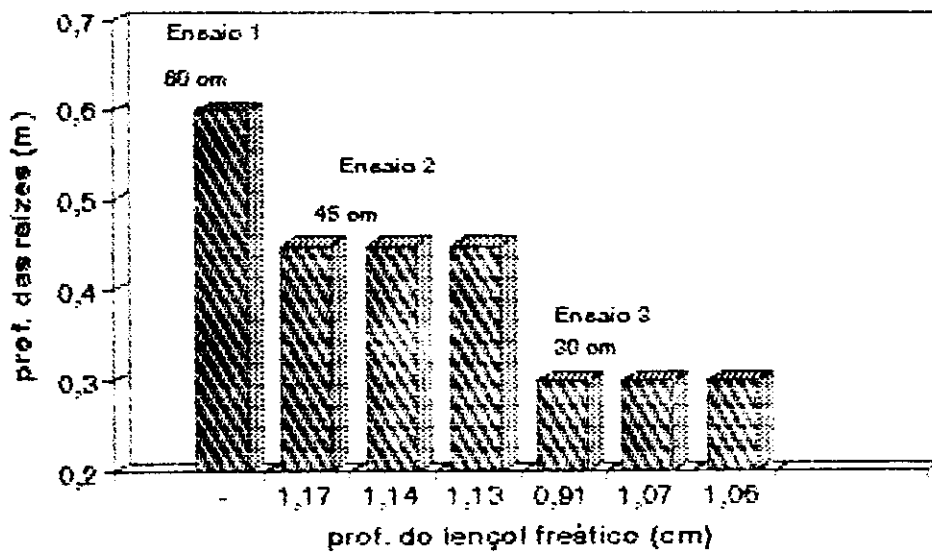


FIGURA 21 - Profundidade das raízes da videira versus lençol freático

4.6 - Influência dos vazamentos dos canais na elevação do lençol freático.

Com base nas Figs. 22, 23 e 24, verifica-se como os poços de observação mais próximos dos canais parcelares têm detectado uma menor profundidade do lençol freático, em função dos constantes buracos existentes nos mesmos provocando infiltrações para o solo, assim como os transbordamentos d'água nestes canais contribuem para uma maior carga hidráulica nas regiões próximas aos canais.

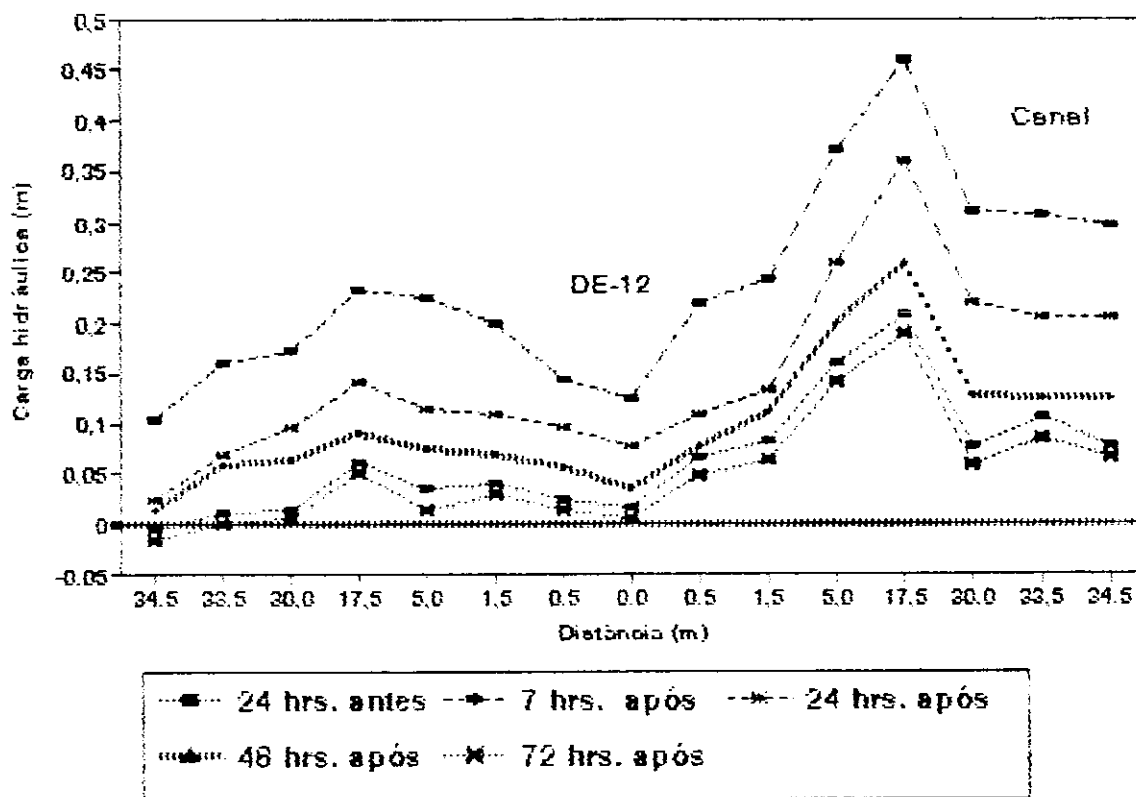


FIGURA 22 - Carga hidráulica na primeira linha de poços, dreno DE-12/ote 045

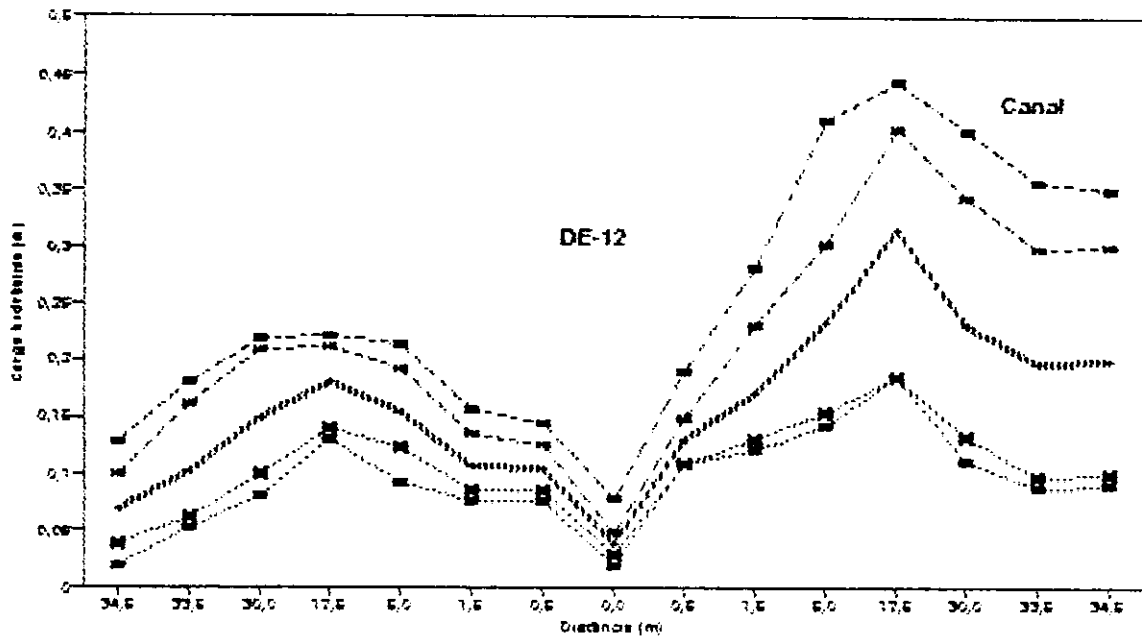


FIGURA 23 - Carga hidráulica na segunda linha de poços, dreno DE-12/lote 045

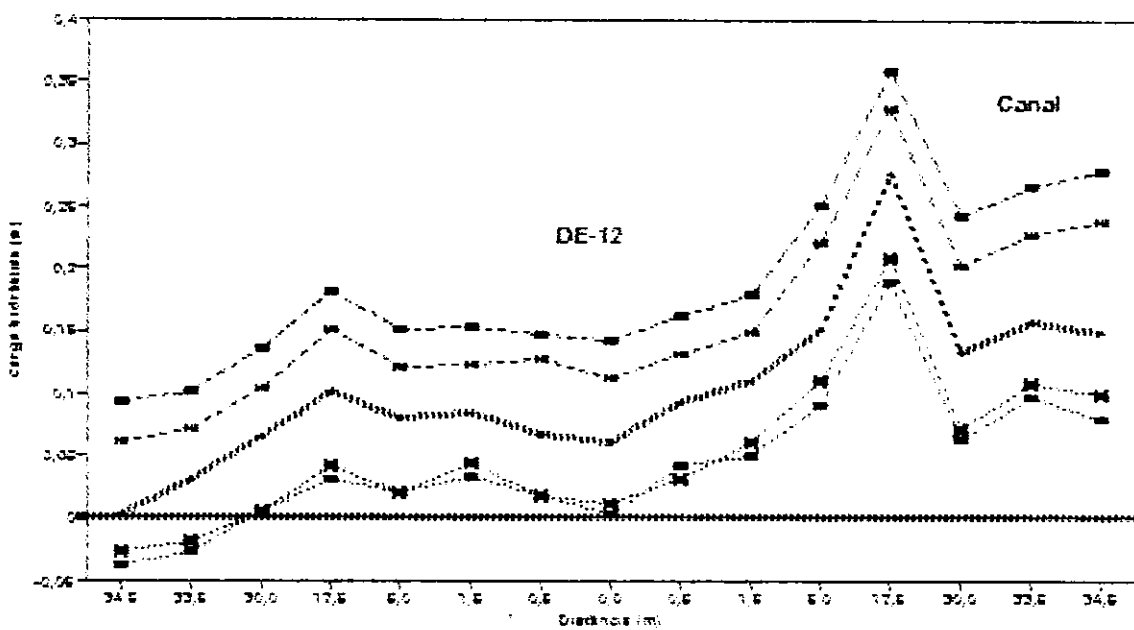


FIGURA 24 - Carga hidráulica na terceira linha de poços, dreno DE-12/lote 045

4.7 - Condutividade hidráulica (confiabilidade do teste do furo do trado e caracterização da camada Impermeável).

4.7.1 - Ensaio 01 :

A inexistência de carga hidráulica e taxa descarga no Campo do DE-02 do lote 063, impossibilitou avaliar a confiabilidade da determinação da condutividade hidráulica obtida pelo teste do furo do trado, em ausência de lençol freático, determinada pelo valor de 7,34 m/dia (anexos 25 e 26).

4.7.2 - Ensaio 02 :

No lote 059, por apresentar um solo isotrópico de textura arenosa/média com barreira a uma profundidade de 1,6 m, obteve-se pelo método do furo de trado uma condutividade hidráulica média de 4,6 m/dia na profundidade dos drenos de 1,4 m (anexo 13), havendo uma variação de 9%, não significativa, em relação à obtida a partir das cargas e descargas (4,22 m/dia, anexo 05), de acordo Tab. 16. Para o teste realizado dentro da barreira, a condutividade hidráulica obtida foi de 0,5 m/dia (anexo 14), estimando uma condutividade hidráulica da segunda camada (impermeável), da ordem de 0,33 m/dia, a qual comparada com a da primeira camada indica uma redução de velocidade de 93%, o que confirma tratar-se de uma barreira, de acordo Tab. 17.

No lote 019, no campo do DE-03, obteve-se um valor de K de 3,9 m/dia para a primeira camada a 1,4 m de profundidade (anexo 15) e 0,98 m/dia dentro da segunda camada (anexo 16), obtendo-se um valor de K para a segunda camada de 0,25 m/dia, o que corresponde a uma redução de velocidade de 94%

da primeira para a segunda camada, caracterizando, então, esta última como impermeável. A variação no valor de K, entre o método do furo de trado (anexo 15) e o valor (4,12 m/dia) determinado a partir das cargas e descargas (anexo 01), foi de 5,3%, não significativa; ainda no lote 019, no campo do dreno DE-04, o K obtido pelo método do furo de trado foi de 5,10 m/dia a 1,31 m de profundidade (anexo 17) e de 0,66 m/dia dentro da barreira (anexo 18), gerando um K da segunda camada de 0,26 m/dia, correspondendo a uma redução de velocidade d'água de 95% da primeira camada para a segunda, o que mais uma vez caracteriza a camada inferior como impermeável (Tab. 17). Verifica-se ainda a confiabilidade do método do furo de trado em presença de lençol freático, comparando os valores obtidos através desse método (5,1 m/dia) com aquele obtido a partir das cargas e descargas (5,67 m/dia), em razão de uma variação não significativa de 10%, de acordo com as Tab. 16.

4.7.3 - Ensaio 03 :

No lote 045, por apresentar um solo anisotrópico de textura arenosa/média com fase cascalhenta a uma profundidade de 1,2 m, obteve-se pelo método do furo de trado, uma condutividade hidráulica média de 2,34 m/dia na profundidade dos drenos de 1,15 m (anexo 19), havendo uma variação não significativa de 8,84% com a condutividade hidráulica obtida a partir das cargas e descargas no valor de 2,15 m/dia (anexo 07), conforme Tab. 16. O teste do furo de trado executado dentro da camada de cascalho, resultou numa condutividade hidráulica de 1,9 m/dia (anexo 20), estimando uma condutividade hidráulica da segunda camada (cascalho) de 1,33 m/dia, a qual comparada com a da primeira camada indica uma redução de velocidade de 43,16%, o que nestas condições, não caracteriza a fase cascalhenta como uma camada impermeável. Condição

identica foi verificada no lote 082, no campo do DE-03, onde obteve-se um K para a primeira camada igual a 3,72 m/dia (anexo 21) e de 2,87 m/dia para o teste dentro do cascalho (anexo 22) onde resultou num K da segunda camada de 1,82 m/dia, o que corresponde a uma redução de velocidade de 33,09% da primeira para a segunda camada, mais uma vez indicando que esta não se constitui de uma barreira para a primeira camada (Tab.17). A variação no valor de K entre o método do furo de trado e o determinado a partir das cargas e descargas (3,60 m/dia) foi de 3,3%, não significativa (Tab. 16). Ainda no lote 082, no campo do dreno DE-04, foi obtido os valores de K de 3,4 m/dia para primeira camada a 1,2 m de profundidade (anexo 23), e de 2,69 m/dia para dentro do cascalho (anexo 24), gerando um K da segunda camada de 1,69 m/dia, ou uma redução de velocidade d'água de 30% da primeira camada para a segunda, o que mais uma vez caracteriza a fase cascalhenta de boa permeabilidade (Tab.17). O valor de K obtido pelo método do furo de trado (3,4 m/dia) comparado com o valor resultante das cargas e descargas (3,60 mm/dia, anexo 11) mostrou uma diferença não significativa de 5,6%, conforme Tab. 16, confirmando a confiabilidade do método.

O autor, somando a literatura de **VALDIVIESO et al (1986)**, **SUGUINO et al (1986)** e **SOUZA (1991)** obteve o grau de redução da velocidade ao longo do perfil do solo, caracterizando o cascalho sem argila cimentante como uma camada de boa permeabilidade, em razão de possuir condutividade hidráulica de 1,33 a 1,69 m/dia, que comparada a camada superior do perfil do solo, ocorre uma redução da velocidade de 30 a 43% (Tab. 17), não sendo recomendado adotar a fase cascalhenta com uma barreira, conforme concebido no projeto executivo dos lotes 045 e 082 do ensaio 3. Como também, o autor ratifica confiabilidade da determinação da condutividade hidráulica pelo teste do furo do trado (Auge Hole), em presença de lençol freático (Tab. 16), em razão de ter obtido um índice de variação de 3,3 a 10% daquela determinada a partir das

cargas e descargas nos ensaios, muito próximo do encontrado por **VALDIVIESO et al (1986)** e **SOUZA (1991)**, na região Petrolina-Juazeiro.

TABELA 16 - Confiabilidade da determinação da condutividade hidráulica pelo teste do furo do trado, em presença de lençol freático.

Nº ensaio	02	02	02	03	03	03
Nº do lote	059	019	019	045	082	082
Nome dreno	DE-02	DE-03	DE-04	DE-12	DE-03	DE-04
Cond. hidráulica pelo teste do furo do trado K (m/dia)	4,60	3,90	5,10	2,34	3,72	3,40
Cond. hidráulica obtida pelas cargas/descargas K (m/dia)	4,22	4,12	5,67	2,15	3,60	3,60
Nível de variação (%)	9,00	5,30	10,00	8,84	3,30	5,60

TABELA 17 - Caracterização da camada impermeável

Nº ensalo	02	02	02	03	03	03
Nº do lote	059	019	019	045	082	082
Nome dreno	DE-02	DE-03	DE-04	DE-12	DE-03	DE-04
Nome da camada	argila	argila	argila	cascalho	cascalho	cascalho
Cond. hidráulica da primeira camada						
K₁ (m/dia)	4,60	3,90	5,10	2,34	3,72	3,40
Cond. hidráulica da segunda camada						
K₂ (m/dia)	0,33	0,25	0,26	1,33	1,82	1,69
nível de redução (%)	93,00	94,00	95,00	43,16	33,09	30,00

4.8 - Avaliação do rendimento dos tubos e envoltórios

Os sistemas drenantes com tubos de PVC flexível e envoltórios de seixo rolado e bidim OP-20, apresentaram de bom rendimento, em virtude de: a fração da perda de carga h_e/h_{tot} ser inferior a 0,2 com o maior valor (0,17) para tubo com envoltório de seixo lavado e o de menor valor (0,10) para tubo com bidim OP-20; a resistência de entrada (r_e) ser inferior a 0,75 dias/m, com o menor valor de 0,15 dias/m para o tubo com envoltório de seixo lavado e o maior valor foi de 0,57 dias/m para o tubo com envoltório sintético tipo bidim OP-20, caracterizando uma melhor performance do envoltório seixo lavado, conforme Tab. 18, Figs. 25 e 26.

TABELA 18 - Rendimentos de condutos e envoltórios subterrâneos

Nº do lote	059	019	019	045	082	082
Nome dreno	DE-02	DE-03	DE-04	DE-12	DE-03	DE-04
tipo do Envoltório	bidim	bidim	bidim	bidim	seixo	seixo
h_{tot} (m)	0,18	0,13	0,16	0,19	0,06	0,07
h_e (m)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
h_e/h_{tot}	0,11	0,15	0,13	0,10	0,17	0,14
r_e (dias/m)	0,30	0,57	0,32	0,30	0,16	0,15
Rendimento	BOM	BOM	BOM	BOM	BOM	BOM

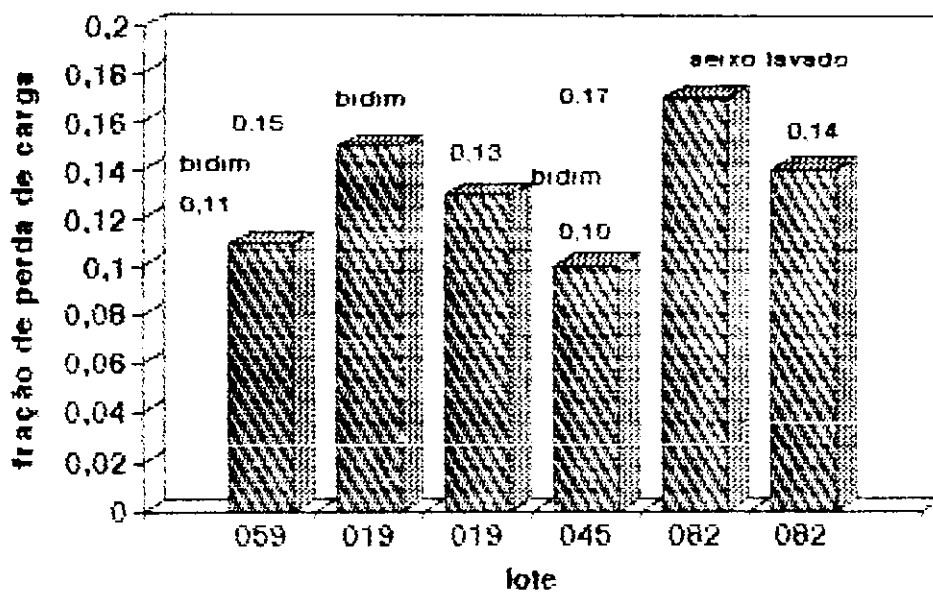


FIGURA 25 - Fração da perda de carga dos condutos nos ensaios

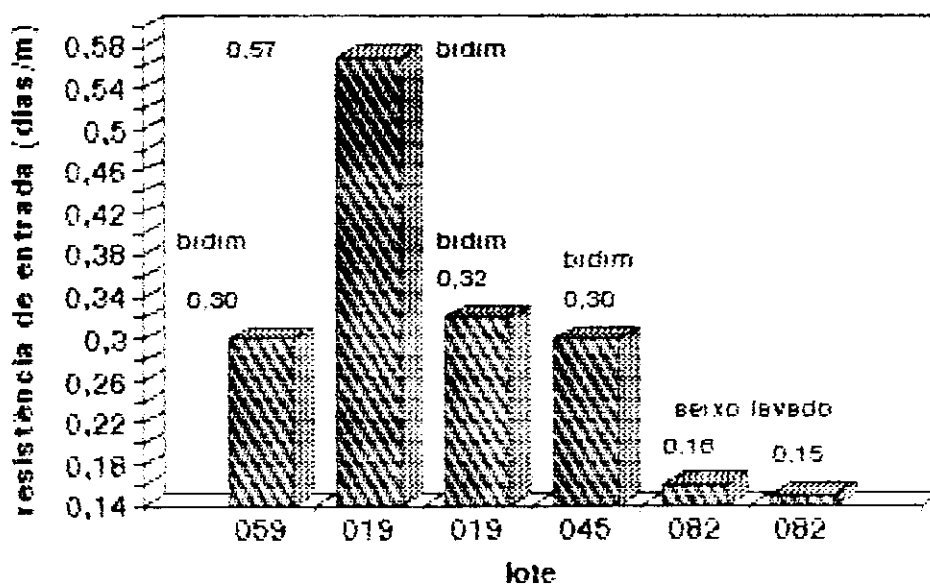


FIGURA 26- Resistência de entrada d'água nos condutos

4.9 - Avaliação dos modelos matemáticos de espaçamento entre drenos

De acordo com a Tab 19, verifica-se que:

4.9.1- Ensaio 02:

a) Para o campo do dreno DE-02/lote 059, os espaçamentos entre drenos estimados pelos modelos matemáticos de Ernst e Boussinesq foram inferiores ao espaçamento (35,0 m) praticado, com desvios significativos de 19,56 e 191,11%, respectivamente. Enquanto que os espaçamentos obtidos pela metodologia de Hooghoudt e Glover-Dumm apresentaram-se inferiores e próximos do executado, com variações não significativas de 0,31% e 9,63%, respectivamente. Para condições como estas, os modelos de Hooghoudt e de Glover- Dumm podem ser confiáveis, em razão de estimarem um espaçamento de 34,89 m e 31,93 m, próximos do espaçamento implantado (35,0 m), com profundidade média de 1,41 m, onde este sistema de drenagem mostrou-se uma boa performance com base no rebaixamento do lençol freático (50% em 3 dias), bom rendimento dos condutos subterrâneos e as características químicas do solo apresentar-se normal. Enquanto que o modelo de Boussinesq não é recomendável porque apresentou uma variação de 191,11%, estimando um espaçamento de 12,02 m muito abaixo do valor de 35,0 m que está funcionando adequadamente.

b) Para o campo do dreno DE-03 do lote 019, os espaçamentos entre drenos estimados pelos modelos matemáticos de Ernst e Boussinesq foram inferiores ao praticado (40,0 m), com variações significativas de 37,98% e 268,85%, respectivamente. Enquanto que, pela metodologia de Hooghoudt e Glover-Dumm

obteve-se valores inferiores e próximos ao executado (40,0 m), com diferenças não significativa de 2,89% e 14,84%, respectivamente. Para condições como estas, os modelos de Hooghoudt e de Glover-Dumm podem ser confiáveis, desde que seja conhecido os diferentes níveis de drenabilidade de cada campo. Enquanto que o modelo de Boussinesq não é recomendável por apresentar uma variação de 268,85%, estimando um espaçamento de 10,84 m muito abaixo do valor de 35,0 já considerado adequado para esta condição. O fato do solo no campo do DE-03 encontrar-se salino-sódico (Tab. 05) em apenas 1/4 inferior da área (jusante do dreno), e o rebaixamento em 50 % do lençol freático somente ocorrer 4 dias após a recarga, deve-se ao espaçamento em campo está superior a 35,0 m (eleito de boa performance nestes solos no item anterior), e à pouca profundidade dos drenos (1,1m) quando comparado à boa performance do sistema de drenagem do campo DE-02 do lote 059. Enquanto que para os 3/4 superiores da área (montante do dreno) o espaçamento de 40,0 m com drenos em profundidade de 1.5 m mostrou-se funcionando adequadamente com relação ao rebaixamento do lençol freático (50% em 3 dias), ao bom rendimento dos condutos subterrâneos (Tab. 18) e característica química do solo normal (Tab. 06). Portanto nos primeiros ¼ da área do DE-03, com barreira em profundidade de 1,4 a 1,8 m, o espaçamento entre drenos de 35,0 m é o de melhor adequação dado à boa performance deste espaçamento no campo do DE-02 do lote 059.

c) Para o campo do dreno DE-04 do lote 019, os espaçamentos entre drenos estimados pelos modelos matemáticos de Ernst e Boussinesq foram inferiores ao praticados (58,0 m), com variações significativas de 33,29% e 272,25%, respectivamente. Enquanto que, pela metodologia de Hooghoudt e Glover-Dumm apresentaram valores próximos ao executado (58,0 m), com diferenças não significativas de 0,96% e 6,85%, respectivamente. Para condições como estas, os modelos de Hooghoudt e de Glover-Dumm podem ser confiáveis, desde que conhecido os diferentes níveis de drenabilidade de cada área. Enquanto que o

modelo de Boussinesq não é recomendável porque apresentou uma variação de 272,25% estimando um espaçamento de 15,58 muito abaixo do valor de 58,0 m já considerado adequado para esta condição. O fato do solo neste campo encontrar-se salino somente no 1/4 inferior da área (jusante do dreno) e o rebaixamento em 50% do lençol freático somente ocorrer 4 dias após a recarga, deve-se ao espaçamento em campo está superior aos 35,0 m ideal para esta condição de solo com barreira a profundidades de 1,6 a 1,8 m, conforme a boa performance do campo do DE-02 do lote 059. As razões do 1/4 inferior do dreno DE-04 está salino com um espaçamento de 58,0 m, condição quimicamente melhor, quando comparada com a situação salino-sódico do 1/4 inferior do dreno DE-03 com espaçamento de 40,0 m (Tab. 5 e 7), deve-se ao campo do DE-04 apresentar um solo com barreira a uma profundidade superior ao do DE-03, os drenos estarem implantados com profundidades maiores (1,3 m), como também possuir uma recarga menor (Tab. 19) em função do campo DE-04 situar-se num plano topográfico mais elevado recebendo, então, recarga apenas desta área (Fig. 27). Enquanto que para os 3/4 superiores da área (montante do dreno), por apresentar um solo com profundidade maior (1,8 a 2,2m) e localizar-se num plano mais elevado (Fig. 27), o espaçamento de 58,0 m praticado apresentou uma boa performance, devido ao rebaixamento do lençol freático (50% em 3 dias) e o solo apresentar um perfil normal do ponto de vista de salinidade (Tab 8). Face a esta situação, pode-se verificar que o espaçamento entre drenos de 58,0 m com profundidade de 1,31 m apresentou uma boa performance nos 3/4 superiores (a montante) do campo do DE-04 com barreira à uma profundidade de 1,8 a 2,2 m.

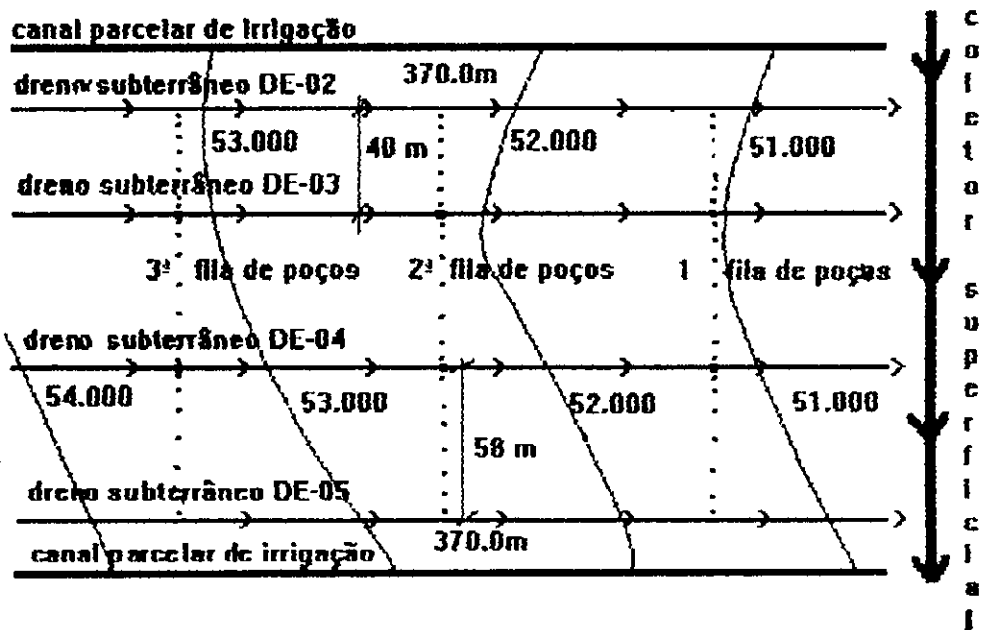


FIGURA 27 - Planta altimétrica do lote 019 ensaio 02

4.9.2- Ensaio 03

a) Para o campo do dreno DE-12 do lote 045, os espaçamentos entre drenos estimados pelos modelos matemáticos de Hooghoudt, Ernst e Glover-Dumm foram muito próximos do espaçamento praticados (35,0 m), que está funcionando adequadamente, com diferenças não significativas de 0,90%, 7,19% e 4,47%, respectivamente. Enquanto que o espaçamento estimado pelo modelo de Boussinesq foi inferior ao executado em 206,15%. Nestas condições, o modelo de Hooghoudt, Ernst e de Glover-Dumm podem ser confiáveis porque estimaram espaçamentos de 34,69 m, 37,71 m e 33,50 m próximos ao executado (35,0 m), que mostrou-se ser um sistema de drenagem de boa performance, devido o rebaixando de 50% do lençol freático em 3 dias, apresentar um bom rendimento dos condutos subterrâneos (Tab. 18), e um solo com característica normal do ponto de vista de salinidade (Tab. 9). Enquanto que o modelo de Boussinesq não é recomendável porque apresentou uma variação bastante significativa (206,15%) estimando um espaçamento de 11,43 m muito abaixo do valor de 35,0 m praticado e que está funcionando adequadamente.

b) No campo do DE-03 e DE-04 do lote 082, os espaçamentos entre drenos estimados pelos modelos de Hooghoudt, Ernst e Glover-Dumm apresentaram valores superiores aos 23,30 m e 19,60 m praticados, com diferenças significativas de 25,78 a 39,6%. No entanto, estes três modelos são confiáveis para este ensaio, devido terem estimados espaçamentos próximos aos 35,0 m praticados no campo do DE-12 do lote 045 e eleito de boa performance, conforme descrito no item 4.9.2 letra (a). Já o modelo de Boussinesq estimou um espaçamento inferior ao praticado, com desvios significativos de 53,29 e 82,23%, sendo então não recomendável por sugerir redução nos espaçamentos em campo, quando estes já estão superiores ao espaçamento de 35,0 m eleito de melhor performance para esta condição de solo.

Os sistemas de drenagem implantados no lote 082 estão com espaçamentos menores que o eleito como adequado (35,0 m), conforme descrito na letra a) do item 4.9.2, em razão da empresa projetista ter considerado a camada de cascalho como impermeável, o que nas observações de campo não foi constatado, conforme descrito no item 4.7 deste capítulo, havendo assim, uma boa drenabilidade abaixo do nível dos drenos, que possibilita um maior espaçamento entre eles. Estes espaçamentos pequenos (23,3 e 19,6 m), também, podem ser verificados pelo rebaixamento em 50% do lençol freático em apenas 1 dia, assim como, o perfil do solo encontrar-se normal do ponto de vista de salinidade nos campos do DE03 e do DE04 (Tab. 10 e 11). Nestas condições de solo com fase cascalhenta a uma profundidade de 1,2 m, os modelos de Hooghoudt, Ernst e Glover-Dumm são confiáveis desde que se tenha uma boa representatividade dos parâmetros K, d e q. Já o modelo de Boussinesq não é recomendável.

O autor, somando as literaturas de VALDIVIESO et al (1986), SUGUINO et al (1986) e SOUZA (1991), verificou que o sistema em campo com espaçamento entre drenos de 35,0 m foi o de melhor performance de drenabilidade, para condições do solo com barreira situada a profundidade de 1,4 a 1,8 m, mesmo quando no perfil do solo existir uma fase cascalhenta a 1,20 m de profundidade, dado a salinidade do solo estar normal, rebaixar pela metade a carga hidráulica em três dias e o bom rendimento dos condutos subterrâneos. Assim como, quando o solo possuir barreira em profundidade de 1,8 a 2,2 m o espaçamento de 58,0 m foi o de melhor performance de drenabilidade.

TABELA 19 - Comparação dos modelos utilizados em drenagem subterrânea

Nº ensaio	02	02	02	03	03	03
Nº do lote	059	019	019	045	082	082
Nome dreno	DE-02	DE-03	DE-04	DE-12	DE-03	DE-04
"L" praticado (m)	35,0	40,0	58,0	35,0	23,3	19,60
"L" Hooghoudt (m)	34,89	38,88	58,56	34,69	31,39	27,43
"L" Hooghoudt/ praticado (%)	< 0,31	> 2,89	> 0,96	<0,90	>25,78	>28,54
"L" Ernst (m)	29,27	28,99	43,51	37,71	34,09	33,07
Ernst/praticado(%)	<19,56	>37,98	<33,29	>7,19	<31,65	>40,73
Boussinesq (m)	12,02	10,84	15,58	11,43	12,79	12,79
"L" Boussinesq/ praticado (%)	<191,11	<268,85	<272,25	<206,15	<82,23	<53,29
Glover-Dumm (m)	31,93	34,83	54,28	33,50	33,10	32,45
"L" Glover-Dumm/ praticado (%)	<9,63	<14,84	<6,85	< 4,47	>29,62	>39,60

O autor, somando à literatura de **VALDIVIESO et al (1986)**, **SUGUINO et al (1986)** e **SOUZA (1991)**, verificou que os modelos matemáticos de Hooghoudt, Ernst e Glover-Dumm, podem ser confiáveis para estimarem o espaçamentos entre drenos subterrâneos com um nível de variação de 0,31 e 9,63% observado nos lotes 059 e 045, desde que se obtenha uma boa representatividade dos parâmetros de drenagem de cada campo estudado, o que não ocorreu no campo do DE-04 do lote 019 do ensaio 02, no qual a empresa projetista adotou um único espaçamento (58,0 m) para dois campos de diferentes drenabilidade, tendo sido calculado o espaçamento entre drenos com base nos parâmetros do campo de maior drenabilidade (3/4 do comprimento da área) ficando o área de menor drenabilidade (1/4 do comprimento da área) subdrenada em detrimento do sistema implantado para o campo de melhor exigência de drenagem; assim como, os campos do DE-03 e DE-04 do lote 082, do ensaio 03, mostraram sistemas com espaçamento (19,6 e 23,3 m) muito menor que o exigido pelo solo (35,0 m), em virtude da empresa projetista ter considerado a fase cascalhenta com barreira.

O autor, ratificando a literatura de **BELTRAN (1986)**, confirma a inadequação do modelo de Boussinesq para solos de textura média com barreira a profundidade de 1,4 a 2,2 m, quando os drenos estão assentados acima desta camada impermeável, em virtude deste modelo recomendar espaçamento entre drenos de 12,02 m e 11,43 m para os lotes 059 e 045, quando a avaliação a partir das cargas e descargas mostrou que o sistema de 35,0 m instalado apresentou uma boa performance de drenabilidade.

5.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 - No ensaio 01 com barreira a profundidade superiores a 3,0 m, não recomendamos a implantação da drenagem subterrânea.

5.2 - Sob condições do Ensaio 02, o espaçamento de 35,0 m praticado no lote 059 com profundidade média de 1,4 m mostrou-se como um sistema de drenagem adequado, para o solo com barreira situada de 1,4 a 1,8 m de profundidade. Por esta razão, recomendamos implantá-lo nos primeiros $\frac{1}{4}$ dos campos dos drenos DE-03 e DE-04 do lote 019, como medida de melhoria do sistema de drenagem existente. Enquanto que, o espaçamento entre dreno de 58,0 m com profundidade média de 1,32 m do campo do DE-04 do lote 019, apresentou-se um sistema adequado quando a barreira situar de 1,8 a 2,2 m de profundidade.

5.3 - Nas condições do ensaio 2, os modelos de Hooghoudt e Glover-Dumm são confiáveis na estimativa de espaçamento entre drenos, desde que seja selecionado cada campo de drenagem, através da obtenção de parâmetros de drenagem mais representativos a área.

5.4 - Nas condições do ensaio 03, com barreira situada a profundidade de 1,6 a 1,8 m com uma fase cascalhenta a 1,2 m, o espaçamento entre drenos de 35,0 m com estes assentados nesta estratificação, foi o de melhor performance.

5.5 - Nas condições do ensaio 3, os modelos matemáticos de Hooghoudt, Ernst e Glover-Dumm podem ser empregados no cálculo do espaçamento com

confiabilidade, desde que identifique a representatividade dos parâmetros de drenagem para cada campo de drenagem, não generalizando a fase cascalhenta como barreira.

5.6 - Não é recomendável o cálculo do espaçamento entre drenos pelo modelo de Boussinesq, nos ensaio 02 e 03.

5.7 - As cargas hidráulicas foram maiores nos poços próximos dos canais de irrigação e distribuição, por esta razão faz-se necessário a recuperação dos canais parcelares e de distribuição, assim como, uma melhoria da performance da irrigação parcelar, através da redução do tempo de avanço, por meio do aumento da vazão de entrada bem próxima da máxima não erosiva e utilizando uma estratégia de fluxo reduzido.

5.8 - A determinação de condutividade hidráulica pelo teste do furo de trado em presença de lençol, é bastante confiável, quando comparado com os valores de condutividade hidráulica obtida a partir das cargas hidráulicas e taxas de descarga em campo. O percentual de variação obtido pelo autor foi de 3,6 a 10%.

5.9 - Em função dos primeiros $\frac{1}{4}$ do campo do dreno DE-03 do lote 019, encontrar-se salino-sódico, recomenda-se após a melhoria do sistema de drenagem, citado no item 5.2, incorporar gesso ao solo, na dosagem de 6.420,16 Kg/Ha .

5.10 - A profundidade efetiva do sistema radicular da videira decresceu à medida que a densidade global aumentou e à medida que a profundidade do lençol freático diminuiu. Recomenda-se aplicação de matéria orgânica com incorporação ao solo em profundidade superiores a 30 cm, visando a melhoria das

características físicas em profundidades, necessárias ao aprofundamento das raízes, assim como melhoria da performance da irrigação parcelar.

5.11 - Todos os tratamentos apresentaram um bom rendimento dos tubos e envoltórios. Tendo o envoltório de cascalho apresentado um rendimento melhor do que a manta sintética bidim OP- 20.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F. e LUND, Z. F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. Soil Sci, 101:193-198, 1966.
- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura; tradução de Gheyl, H. R.; Medeiros J. F. e Damascena, F. A. V. (Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1), UFPB, 11p, 1991.
- BATISTA, M. J. Drenagem subterrânea por tubos corrugados. CODEVASF, Brasília-DF, 20p, 1989.
- BATISTA, M. J. Teste de furo do trado em presença de lençol freático. CODEVASF, Brasília-DF, 30p, 1982.
- BATISTA, M. J. Teste de furo do trado em ausência de lençol freático. CODEVASF, Brasília-DF, 36p, 1981.
- BELTRAME, L. F. S. & FIETZ, C. R. Análise de modelo empregado para estimativa da porosidade drenável. ANAIS do VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Florianópolis, p.816-829, 1988.
- BELTRÁN, J. M.; SANCHEZ, I. G. & FRUK, M. P. Drenagem agrícola. II Curso Internacional de Ingenieria de Regadios, Brasília-DF, 20p, 1988.
- BELTRÁN, J. M. Drenagem agrícola. manual técnico nº 05, vol. I, Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Madrid, 70p, 1986.

BENGTSON, R. L.; CARTER, C. E.; MORRIS, H. F. AND KOWALCZUK, J. G.
Reducing water pollution with subsurface drainage. ASAE paper nº 82-2554, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich, 1982.

BUREAU OF RECLAMATION U.S. Department of the Interior. Drainage Manual, A Water Resources Technical Publication, First Edition, 40p, 1978.

CODEVASF. Relatório de atividades, 3º DR, Petrolina-PE, p.10, 1989.

COELHO, E. F.; FERREIRA, P. A.; CAIXETA, J. J.; PEREIRA, P. M. & OLIVEIRA, C. S. G. Desempenho de sistema de drenagem e análise da eficiência de equações de dimensionamento de drenos abertos em condições de campo. ANAIS do VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília-DF, p.673-685, 1986.

COSTA, C.; RICHTER, L. A.; ZINN, D. M.; EICHLER, L.; FONTANELI, R. S.; PEDROSA, B. A.; SCPIONI, C & MIOLA, G. Influência da profundidade do lençol freático sobre a produção de matéria verde e seca de genótipos de aveia. ANAIS do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Londrina, p.550-556, 1991.

CRUCIANI, D. E. A drenagem na agricultura. 4. ed, São Paulo, 30p, 1989.

DIELEMAN, P. J. & TRAFFORD, B. D. Drainage Testing. FAO-Irrigation and drainage paper 28, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 80p, 1984.

DRENOVALE. Projeto de drenagem subterrânea, superficial e obras de arte-
estudo básico, Petrolina, 21p, 1991.

REGO, M. T. M. Estruturação e apresentação de dissertação e tese. Ed.
Universitária/UFPB, João Pessoa, 48p, 1982.

FARIA, C. M. B.; CABRAL, F. J. G.; FERRAZ, M. L.; CHOUDHURY, E. N. &
MARTINS, C. E. Avaliação da fertilidade do solo do projeto de irrigação
de Bebedouro-PE. CPATSA, Petrolina, p.798-810, 1982.

LIMA, C. A. S.; FERREIRA, P. A.; CAIXETA, T. J. & LOUREIRO, B. T. Efeito
da profundidade do lençol freático como fonte de suprimento d'água à
cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). ANAIS VII Congresso Nacional de
Irrigação e Drenagem, Brasília, p.571-582, 1986.

LOMA, J. L. Aspecto econômico del drenaje agrícola. Memorandum técnico
nº 306, Secretaria de recursos hídricos, México, 30p, 1972.

LOWRANCE, R.R.; TODD, R. L. AND ASMUSSEN, L. E. Nutrient cycling in an
agricultural watershed II: Streamflow and artificial drainage. J. Envir, p.27-
32, 1984.

LUTHIN, J. N. Drainage of agricultural lands. Madison, Wisconsin: American
Society of Agronomy, 51p, 1957.

LUTHIN, J. N. Drenaje de tierras agrícolas. Editorial Limusa, México,
62p, 1967.

MILLAR, A. A. Drenagem de terras agrícolas. Editerra editorial, São Paulo, 53p, 1988.

PARFITT, C. B. & CRUCIANI, D. E. Geometria em drenos tubulares e sua descarga subterrânea. ANAIS do VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Florianópolis, p.680-697, 1988.

PEREIRA, A. L.; BASTOS, E. A. & CATANEO, A. Programa para cálculo de espaçamento entre drenos, utilizando as equações de Hooghoudt e Glover-Dumm. ANAIS do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, vol IV, Ilhéus, p.2323-2326, 1993.

PEREIRA, A. A. A. & CRUCIANI, D. E. Desempenho de envoltórios no aumento da capacidade de drenagem e no controle do carreamento de solos para os drenos tubulares. ANAIS do VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Florianópolis, p.656-672, 1988.

PIZARRO, F. Drenaje agrícola e recuperacion de suelos salinos. Editora agrícola la Espanhola, Madrid, 128p, 1978.

QUEIROZ, J. E. & OLIVEIRA, G. R. Espaçamento entre linhas de drenos para diferentes critérios de drenagem no Perímetro Irrigado de Sumé-PB. ANAIS do VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Florianópolis, p.777-789, 1988.

QUEIROZ, J. E.; OLIVEIRA, G. R. & SEMANAPALLI, S. R. K. Avaliação do desempenho hidráulico de dois sistemas pilotos de drenagem

- subterrânea no Perímetro de Sume-PB. ANAIS do VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília, p.551-563,1986.
- SCALOPPI, E. J. Tubos plásticos corrugados para drenagem subterrânea. ANAIS do VIII congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, Florianópolis, p.708-740, 1988.
- SOUZA, J. B. Avaliação e eficiência do sistema de drenos subterrâneos e tratamentos mecânicos na melhoria das condições de drenabilidade dos solos do Perímetro Mançoba-BA. Dissertação de Tese aprovada, Fortaleza, 20p, 1991.
- SPIEGEL, M. R. Estatístico. 2.ed, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 35p, 1985.
- SUGUINO, H. H.; JUNIOR, W. C.; VALDIVIESO, C. R. & CORDEIRO, G. G. Parâmetros de drenagem subterrânea nos Latossolos do Perímetro Irrigado de Bebedouro-PE. ANAIS do VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília-DF, p.515-609, 1986.
- THOMAS, D. L.; SHIRMOHAMMADI, A.; LOWRANCE R. R. AND SMITH M. C. Drainage-subirrigation effect on water quality in Georgia Flatwoods. Journal of irrigation and drainage engineerin, vol 117 nº 1, p.124-135, 1991.
- HUCK M. G. Impairment of sucrose utilization for cell wall formation in the roots of aluminum damaged cotton seedlings. Plant Cell Physic, 13:7-14, 1972.

UHLAND, R. E. Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Science Society of America Proceedings, 6p, 1949.

ULZURRUN, M. D. D.; CASTILLO, F. E.; BELTRÁN, J. M. & LASALA, L. C. Principio y aplicaciones del drenaje. ILRI, Wageningen, vol I 16p, vol II 33p, 1977.

VALDIVIESO, C. R.; CORDEIRO, G. G. & PONTES, P. D. Drenagem subterrânea no Perímetro Irrigado de Bebedouro-PE: estudo do lençol freático. ANAIS do VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília, p.627-633, 1986.

VALDIVIESO, C. R.; SUGUINO, H. H.; CORDEIRO, G. G. & JUNIOR, W. C. Drenagem subterrânea no Perímetro Irrigado de Maniçoba-BA: critérios de dimensionamento e avaliação de desempenho. ANAIS do VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília, p.649-660, 1986.

WALKER, W. R. AND SKOGERBOE, G. V. Surface Irrigation Theory and practice. UTAH STATE UNIVERSITY, 9p, 1987.

ANEXO

Anexo 01 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-02 do lote 059 do ensaio 02, sob regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 59

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira à 1.4 m a 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo :					Condv. hidrá.	Dados estimados no projeto :		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre dre-nos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø(mm)	projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid ponto mé dio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-02	BIDIM	35,0	227,0	65,0	4,29	0,30	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidráulica "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		média esquerda	média direita			
09-4-94	15	50	7	0,40	0,23	0,25	0,00272	0,80
10-4-94	10	31	24	0,36	0,20	0,23	0,00250	0,70
11-4-94	10	20	48	0,28	0,15	0,15	0,00163	0,50
12-4-94	10	30	72	0,19	0,08	0,08	0,00087	0,50

média esquerda = média dos poços 12, 27 e 42

média esquerda = média dos poços 04, 19 e 34

Anexo 01 - Continuação - dreno DE-02 do lote 059 do ensaio 02

regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 59

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54,4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira à 1,4 m e 2,2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo :					Condv.	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø (mm)	hidrául. projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid. ponto mé dio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-02	BIDIM	35,0	227,0	65,0	4,29	0,30	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Tempo após a recarga horas	Coeficiente de drenagem subterrânea q (m/dia)	Carga hidráulica (h) dos poços no ponto L/2 (m)			Relação Coef. dren Carga esq. q/h (l/dia)	Relação Coef. dren Carga dir. q/h (l/dia)	Relação Coef. dren./ Carga médi q/h (l/dia)	
		média esquerda	média direita	"h" (m) médio				
7	0,00272	0,40	0,23	0,32	0,0069	0,0117	0,0086	
24	0,00250	0,36	0,20	0,28	0,0070	0,0125	0,0090	
48	0,00163	0,28	0,15	0,22	0,0059	0,0106	0,0076	
72	0,00087	0,19	0,06	0,14	0,0047	0,0104	0,0064	
média	0,00193		média	0,24				

média direita = média dos poços 12,27 e 42

média esquerda = média dos poços 04, 19 e 54

**Anexo 01 - Continuação - Resultado dos parâmetros do sistema do dreno
DE-02 do lote 059 do ensaio 02, regime permanente**

Perímetro Irrigado de Bebedouro No. lote 59

Linha dos Poços: médias Prec. Pluviométrica: 54,4 mm
 Tipo de solo: PVeL Profundidade: Profundo
 Drenagem : moderada Textura: Arenosa/média, barreira à 1.4 m e 2.2 m
 Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Regressão q/h versus h médio em todos os poços do ponto intermediários aos drenos
 Resultado de Regressão

Constante (coeficiente linear) =====>	A =	0,00466
Erro padrão de valores estimados em	E(q/h)	0,00044
Rao Quadrado (coefic. de correlação)		0,90209
Nº de observações		4
Graus de Liberdade		2
Coeficiente angular =====>	B =	0,01378

Calculo da condutividade hidráulica "k" (m/dia)

$$K = [B * (L^2)] / 4$$

$$K = 4,22 \text{ m/dia}$$

Calculo do extrato equivalente "d" (m)

$$d = [A * (L^2)] / (8 * K)$$

$$d = 0,17 \text{ m}$$

Anexo 02 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-02 do lote 059 do ensaio 02, sob regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 59

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira à 1.4 m a 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo :					Condv.	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø (mm)	hidrául. projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid. ponto mé dio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-02	BIDIM	35.0	227.0	65.0	4.40	0.30	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidráulica "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		media esquerda	media direita			
09-4-94	15	50	7	0.40	0.23	0.25	0.00272	0.60
10-4-94	10	31	24	0.36	0.20	0.23	0.00250	0.70
11-4-94	10	20	48	0.28	0.15	0.15	0.00163	0.50
12-4-94	10	30	72	0.19	0.06	0.06	0.00087	0.50

media esquerda = média dos poços 12, 27 e 42

media direita = média dos poços 04, 19 e 34

**Anexo 02 - Continuação - dreno DE-02 do lote 059 do ensaio 02
regime variado**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 59

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira à 1.4 m e 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo :					Condv. hidral. projeto (m/dia)	Dados estimados na avaliação:		
Nome do Dreno	Tipo envol- torio	Espaçam. entre dre- nos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø mm		Profundid média Da (m)	'd' equiv. determin Campo (Tempo de drenagem t (dias)
DE-03	BIDIM	35.0	227.0	65.0	4.40	0.35	0.17	3

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
data da coleta dados	Tempo após a Recarga (t)		Coefic. drenag. subterrân q (mm/dia)	Carga hidráulica "h" em L ² (m)		Carga hid. média em L/2 h (mm)	logaritmo do Coefic drenage log (q)	logaritmo da carga hi média log (h)
	total horas	total dias		média esquer	média direita			
	10-4-94	7		0.3	2,719			
11-4-94	24	1.0	2,501	356.7	200.0	278.33	0.39315	2.44
12-4-94	48	2.0	1.631	276.7	153.3	215.00	0.21251	2.33
13-4-94	72	3.0	0.870	186.7	83.3	135.00	-0.06049	2.13

media esquerda = média dos poços 12, 27 e 42

media direita = média dos poços 04, 19 e 34

Anexo D2 - Continuação - Resultado dos parâmetros do sistema do dreno DE-02 do lote 059 do ensaio 02, regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 59

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira à 1.4 m a 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity Laboratory : Normal

Cálculo do fator de reação ou de intensidade de drenagem (B)

$$B = \{ 2.3 [\log (h)_0 - \log (h)_t] \} / t$$

$$B = 0.28 \text{ (1/dias)}$$

Cálculo da Transmissividade Kd (m²/dia)

$$Kd = q/h * [(L^2) / 6.28] \quad Kd = 1.68 \text{ m}^2\text{/dia}$$

Cálculo da porosidade drenável "V"

$$V = 9.87 * Kd / B * L^2$$

$$V = 0.05$$

Anexo 03 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-03 do lote 019 do ensaio 02, sob regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profund(1/4), Muito profundo (3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.4 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino-sódico (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo					Condv. hidral. projeto (m/dia)	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet tubo Ø mm		Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid ponto mé dio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q(m/dia)
DE-03	BIDIM	40.0	370.0	100.0	4,29	0.80	0.40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes.								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidráulica "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		média esquer	média direita			
	09-4-94	14	35	6	0,33	0,24	0,30	0,00175
10-4-94	9	22	24	0,29	0,20	0,23	0,00134	1,30
11-4-94	9	34	48	0,26	0,15	0,16	0,00093	1,50
12-4-94	9	35	72	0,20	0,12	0,12	0,00070	1,80
13-4-94	9	25	96	0,16	0,08	0,08	0,00047	1,90
14-4-94	9	40	120	0,14	0,04	0,06	0,00035	2,00
15-4-94	9	32	144	0,13	0,02	0,05	0,00029	2,20
16-4-94	9	27	168	0,10	0,01	0,03	0,00018	2,30

média esquerda = média dos poços 12, 35 e 58

média direita = média dos poços 04, 27 e 50

**Anexo 03 - Continuação - dreno DE-03 lote 019 do ensaio 02,
regime permanente**

Perímetro Irrigado de Babedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profund(1/4), Muito profundo (2/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.4 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino-sódico (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo :					Cond. hidrául.	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre dre-nos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø mm	projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid ponto mé dio=h(m)	Coefic. de dren. subt. q(m/dia)
DE-03	BIDIM	40,0	370,0	100,0	4,29	0,80	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:									
Tempo após a recarga horas	Coeficiente de drenagem subterrânea q (m/dia)	Carga hidráulica (h) dos poços no ponto L/2 (m)			Relação Coef. dren	Relação Coef dre	Relação Coef. dren./		
		média esquerda	média direita	"h" (m) médio	Carga esq. q/h (l/dia)	Carga dir. q/h (l/dia)	Carga médi q/h (l/dia)		
6	0,00175	0,33	0,24	0,29	0,0053	0,0073	0,0061		
24	0,00134	0,29	0,20	0,25	0,0046	0,0068	0,0055		
48	0,00093	0,26	0,15	0,21	0,0035	0,0064	0,0046		
72	0,00070	0,20	0,12	0,16	0,0035	0,0060	0,0044		
96	0,00047	0,16	0,08	0,12	0,0029	0,0058	0,0039		
120	0,00035	0,14	0,04	0,09	0,0025	0,0068	0,0039		
144	0,00029	0,13	0,02	0,08	0,0022	0,0146	0,0039		
168	0,00018	0,10	0,01	0,06	0,0018	0,0175	0,0032		

média esquerda = média dos poços 12, 35 e 58

média direita = média dos poços 04, 27 e 50

Anexo 03 - Continuação - Resultados dos parâmetros do sistema do dreno DE-03 do ensaio 02, sob regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote : 019

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profund(1/4), Muito profundo (3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.4 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino-sódico (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Regressão q/h versus h médio em todos os poços intermediários aos drenos

Resultado de Regressão

Constante (coeficiente linear) =====>	A =	0,00278
Erro padrão de valores estimados em	E(q/h)	0,00031
R ao Quadrado (coefic. de correlação)		0,90335
Nº de observações		8
Graus de Liberdade		6
Coeficiente angular =====>	B =	0,01030

Calculo da condutividade hidráulica "k" (m/dia)

$$K = [B * (L^2)] / 4$$

$$K = 4,12 \text{ m/dia}$$

Calculo do extrato equivalente "d" (m)

$$d = [A * (L^2)] / (8 * K)$$

$$d = 0,135 \text{ m}$$

Anexo 04 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-03 do lote 019 do ensaio 02, sob regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linhas dos poços : média

Prec. Pluviométrica : 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo (1/4), Muito profundo (3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira de 1.4 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino-sódico (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo					Cond. hidrául. projeto (m/dia)	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø (mm)		Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid. ponto mé dio = h (m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-03	BIDIM	40,0	370,0	100,0	4,29	0,80	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidráulica "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d. drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		media esquerda	média direita			
09-4-94	14	35	6	0,33	0,24	0,30	0,00175	1,30
10-4-94	9	22	24	0,31	0,20	0,23	0,00134	1,30
11-4-94	9	34	48	0,28	0,14	0,16	0,00093	1,50
12-4-94	9	35	72	0,22	0,10	0,12	0,00070	1,80
13-4-94	9	25	96	0,18	0,06	0,08	0,00047	1,90
14-4-94	9	40	120	0,14	0,04	0,06	0,00035	2,00
15-4-94	9	32	144	0,13	0,02	0,05	0,00029	2,20
16-4-94	9	27	168	0,10	0,01	0,03	0,00018	2,30

média esquerda = média dos poços 12, 35 e 58

média direita = média dos poços 04, 27 e 50

Anexo 04 - Continuação - dreno DE-03 lote 019 do ensaio 02,

regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linhas dos poços : média

Prec. Pluviométrica : 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo (1/4), Muito profundo (3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira de 1.4 a 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino-sódico (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo					Cond.	Dados estimados na avaliação:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø mm	hidral. projeto (média)	Profundid. média Da (m)	'd' equiv. determinado Campo (Tempo de drenagem t (dias)
DE-03	BIDIM	40.0	370.0	100.0	4.29	0.40	0.11	3

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
data da coleta dados	Tempo após a Recarga (t)		Coefic. drenag. subterrân q (mm/dia)	Carga hidráulica em L/2 (mm)		Carga hid. média em L/2 h (mm)	logaritmo do Coefic. drenage log (q)	logaritmo da carga hi média log (h)
	total horas	total dias		Nº do poço				
				12	4			
09-4-94	6	0.3	1.751	333.3	240.0	286.67	0.24337	2.46
10-4-94	24	1.0	1.343	306.7	196.7	251.67	0.12798	2.40
11-4-94	48	2.0	0.934	276.7	143.3	210.00	-0.02963	2.32
12-4-94	72	3.0	0.701	223.3	96.7	160.00	-0.15457	2.20
13-4-94	96	4.0	0.467	180.0	60.0	120.00	-0.33066	2.08
14-4-94	120	5.0	0.350	140.0	40.0	90.00	-0.45560	1.95
15-4-94	144	6.0	0.292	130.0	20.0	75.00	-0.53478	1.88
16-4-94	168	7.0	0.175	100.0	10.0	55.00	-0.75663	1.74
		média	0.752		média	156.04		

média esquerda = média dos poços 12, 35 e 58

média direita = média dos poços 04, 27 e 50

Anexo 04 - Continuação - Resultados dos parâmetros do sistema do dreno DE-03 do ensaio 02, sob regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linhas dos poços : média

Prec. Pluviométrica : 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo (1/4), Muito profundo (3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/média, barreira de 1.4 a 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino-sódico (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Cálculo do fator de reação ou de intensidade de drenagem (B)

$$B = \{ 2.3 [\log (h)_0 - \log (h)_t] \} / t$$

$$B = 0.24 \text{ (1/dias)}$$

Cálculo da Transmissividade Kd (m²/dia)

$$Kd = q/h * [(L^2) / 6.28] \quad Kd = 1.56 \text{ m}^2/\text{dia}$$

Cálculo da porosidade drenável "V"

$$V = 9.87 * Kd / B * L^2$$

$$V = 0.04$$

Anexo 05 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-04 do lote 019 do ensaio 02, sob regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profund(1/4), Muito profundo(3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.6 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo					Condv.	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drens nos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diame tubo Ø (mm)	hidrául. projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid ponto me dio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-04	BIDIM	58.0	370.0	100.0	4.29	0.80	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidráulic 'h' em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		média esque	média direita			
09-4-94	14	35	6	0,26	0,34	0,27	0,00109	0,70
10-4-94	9	22	24	0,23	0,31	0,22	0,00089	0,70
11-4-94	9	34	48	0,19	0,27	0,17	0,00068	0,60
12-4-94	9	35	72	0,14	0,22	0,13	0,00052	0,60
13-4-94	9	25	96	0,12	0,17	0,10	0,00040	0,50
14-4-94	9	40	120	0,10	0,14	0,08	0,00032	0,50
15-4-94	9	32	144	0,09	0,13	0,07	0,00028	0,40
16-4-94	9	27	168	0,05	0,10	0,03	0,00012	0,40

media esquerda = media dos poços 20, 43 e 66

media direita = média dos poços 12, 35 e 58

Anexo 05 - Continuação - dreno DE-04 do lote 019 do ensaio 02,

regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54,4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profund(1/4), Muño profundo(3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.6 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo					Condv. hidrául. projeto (m/dia)	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol- tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diame tubo Ø (mm)		Extrato Equivalent "d" (m)	Carga hid ponto mé dio = h (m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-04	BIDIM	58,0	370,0	100,0	4,29	0,80	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Tempo após a recarga horas	Coeficiente de drenagem subterrânea q (m/dia)	Carga hidráulica (h) dos poços no ponto L/2 (m)			Relação Coef. dren Carga eq. q/h (l/dia)	Relação Coef dre Carga dir. q/h (l/dia)	Relação Coef. dren./ Carga medi q/h (l/dia)	
		média esquerda	média direita	"h" (m) médio				
6	0,00109	0,26	0,34	0,30	0,0041	0,0032	0,0036	
24	0,00089	0,23	0,31	0,27	0,0038	0,0029	0,0033	
48	0,00068	0,19	0,27	0,23	0,0036	0,0025	0,0030	
72	0,00052	0,14	0,22	0,18	0,0037	0,0024	0,0029	
96	0,00040	0,12	0,17	0,15	0,0033	0,0023	0,0027	
120	0,00032	0,10	0,14	0,12	0,0033	0,0022	0,0027	
144	0,00028	0,09	0,13	0,11	0,0033	0,0022	0,0026	
168	0,00012	0,05	0,10	0,08	0,0023	0,0012	0,0016	
média	0,00054		média	0,18				

média esquerda = média dos poços 20, 43 e 66

média direita = média dos poços 12, 35 e 58

**Anexo 05 - Continuação - Resultados dos parâmetros do sistema do dreno
DE-04 do lote 019 do ensaio 02, sob regime permanente**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profund(1/4), Muito profundo(3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.6 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Regressão q/h versus h médio em todos os poços do ponto intermediários aos drenos

Resultado de Regressao

Constante (coeficiente linear) =====>	A =	0,00161
Erro padrao de valores estimados em	E(q/h)	0,00030
R ao Quadrado (coefic. de correlação)		0,78992
Nº de observações		8
Graus de Liberdade		6
Coeficiente angular =====>	B =	0,00674

Calculo da condutividade hidráulica "k" (m/dia)

$$K = [B * (L^2)] / 4$$

$$K = 5,67 \text{ m/dia}$$

Calculo do extrato equivalente "d" (m)

$$d = [A * (L^2)] / (8 * K)$$

$$d = 0,12 \text{ m}$$

**Anexo 06 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-04 do lote
019 do ensaio 02, sob regime variado**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54,4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo(1/4), Muito profundo(3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.6 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo					Condv. hidrául. projeto (m/dia)	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø(mm)		Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid. ponto médio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-04	BIDIM	58,0	370,0	100,0	4,29	0,80	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidráulica 'h' em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		média esquerda	média direita			
	09-4-94	14	35	6	0,26	0,33	0,27	0,00109
10-4-94	9	22	24	0,22	0,31	0,22	0,00089	0,70
11-4-94	9	34	48	0,19	0,28	0,17	0,00068	0,60
12-4-94	9	35	72	0,14	0,22	0,13	0,00052	0,60
13-4-94	9	25	96	0,12	0,18	0,10	0,00040	0,50
14-4-94	9	40	120	0,10	0,14	0,06	0,00032	0,50
15-4-94	9	32	144	0,06	0,13	0,07	0,00028	0,40
16-4-94	9	27	168	0,05	0,10	0,03	0,00012	0,40

média esquerda = média dos poços 20, 43 e 66

média direita = média dos poços 12, 35 e 53

**Anexo 06 - Continuação - dreno DE-04 do lote 019 do ensaio 02,
regime variado**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo(1/4), Muito profundo(3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, de 1.6 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Dados projetados e executados em campo					Cond.	Dados estimados na avaliação:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø(mm)	hidrául. projeto (m/dia)	Profundid média Dø (m)	"d" equiv. determin Campo (Tempo de drenagem t (dias)
DE-03	BIDIM	58,0	370,0	100,0	4,29	0,40	0,11	3

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
data da coleta dados	Tempo apos a Recarga (t)		Coefic. drenag. subterrân q(mm/dia)	Carga hidráulica em L/2 (mm)		Carga hid. média em L/2 h (mm)	logaritmo do Coefic. drenage log (q)	logaritmo da carga hi média log (h)
	total horas	total dias		media esquerda	media direita			
09-4-94	6	0,3	1,087	256,7	333,3	295,00	0,03625	2,47
10-4-94	24	1,0	0,886	223,3	306,7	265,00	-0,05269	2,42
11-4-94	48	2,0	0,684	190,0	276,7	233,33	-0,16467	2,37
12-4-94	72	3,0	0,523	143,3	223,3	183,33	-0,28117	2,26
13-4-94	96	4,0	0,403	120,0	180,0	150,00	-0,39512	2,18
14-4-94	120	5,0	0,322	100,0	140,0	120,00	-0,49203	2,08
15-4-94	144	6,0	0,282	80,0	130,0	105,00	-0,55002	2,02
16-4-94	168	7,0	0,121	50,0	100,0	75,00	-0,91799	1,88

**Anexo 06 - Continuação - Resultado dos parâmetro do sistema do dreno
DE-04 do lote 019 do ensaio 02, regime variado**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 19

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Profundo(1/4), Muito profundo(3/4)

Drenagem : moderada

Textura: Arenosa/Média, barreira de 1.6 à 2.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Salino (1/4 área) e Normal (3/4 área)

Cálculo do fator de reação ou de intensidade de drenagem (B)

$$B = \{ \text{Resultado de Regressão} \}$$

$$B = 0,20 \text{ (1/dias)}$$

Cálculo da Transmissividade Kd (m²/dia)

$$Kd = q/h * [(L^2) / 6,28] \quad Kd = 1,97 \text{ m}^2/\text{dia}$$

Cálculo da porosidade drenável "V"

$$V = 9,87 * Kd / B * L^2$$

$$V = 0,03 \text{ m}$$

Anexo 07 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-12 do lote 045 do ensaio 03, sob regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 45

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo					Condv.	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drenos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø (mm)	hidral. projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid. ponto mé dio=h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-12	BIDIM	35.0	200.0	65.0	12.78	0.00	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidráulica "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		média direita	média esquer			
09-4-94	13	45	5	0,37	0,28	0,15	0,00185	0,50
10-4-94	8	40	24	0,30	0,23	0,11	0,00136	0,50
11-4-94	8	30	48	0,23	0,18	0,08	0,00099	0,40
12-4-94	8	35	72	0,15	0,13	0,05	0,00062	0,40

média esquerda = média dos poços 12, 27 e 42

média esquerda = média dos poços 04, 19 e 34

Anexo 07 - Continuação - dreno DE-12 do lote 045 do ensaio 03,

regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 45

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54,4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo :					Condv.	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol- tório	Espaçam. entre dre- nos L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo d (mm)	hidral. projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd" (m)	Carga hid ponto mé dio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-12	BIDIM	35,0	200,0	65,0	12,78	0,00	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:									
Tempo após a recarga horas	Coeficiente de drenagem subterrânea q (m/dia)	Carga hidráulica (h) dos poços no ponto L/2 (m)			Relação Coef. dren Carga esq q/h (l/dia)	Relação Coef. dre Carga dir q/h (l/dia)	Relação Coef. dren./ Carga medi q/h (l/dia)		
		média esquerda	média direita	médio h (m)					
5	0,00185	0,97	0,28	0,32	0,0050	0,0067	0,0058		
24	0,00136	0,30	0,23	0,27	0,0045	0,0060	0,0051		
48	0,00099	0,23	0,18	0,21	0,0042	0,0054	0,0047		
72	0,00062	0,15	0,13	0,14	0,0042	0,0046	0,0044		
media	0,00120		media	0,23					

média esquerda = média dos poços 12, 27 e 42

média esquerda = média dos poços 04, 19 e 34

**Anexo 07 - Continuação dos parâmetros do sistema do dreno
DE-12 do lote 045 do ensaio 03, regime permanente**

Perimetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 45

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Medianeiramente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Regressão q/h versus h médio em todos os poços do ponto intermediários aos drenos

Resultado de Regressão

Constante (coeficiente linear) =====>	A =	0,00345
Erro padrão de valores estimados em	E(q/h)	0,00028
Rao Quadrado (coefic. de correlação)		0,84492
Nº de observações		4
Graus de Liberdade		2
Coeficiente angular =====>	B =	0,00701

Calculo da condutividade hidráulica "k" (m/dia)

$$K = [B * (L^2)] / 4$$

$$K = 2,15 \text{ m/dia}$$

Calculo do extrato equivalente "d" (m)

$$d = [A * (L^2)] / (8 * K)$$

$$d = 0,25 \text{ m}$$

Anexo 08 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-12 do lote 045 do ensaio 03, sob regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 45

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo :					Cond.	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaçam. entre drens L (m)	Comprim. do dreno C (m)	Diamet. tubo Ø (mm)	hidral. projeto (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid. ponto mé dio = h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-12	BIDIM	35.0	200.0	65.0	12.78	0.00	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a irrigação horas	Carga hidráulica 'h' em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		média esquerda	média direita			
09-4-94	13	45	5	0,37	0,28	0,15	0,00185	0,50
10-4-94	8	40	24	0,30	0,23	0,11	0,00136	0,50
11-4-94	8	30	48	0,23	0,20	0,08	0,00099	0,40
12-4-94	8	35	72	0,15	0,13	0,05	0,00062	0,40

média esquerda = média poços 12,27 e 42

média direita = média poços 04, 19 e 34

**Anexo 08 - Continuação - dreno DE-12 do lote 045 do ensaio 03,
regime variado**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 45

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em campo :					Cond.	Dados estimados na avaliação:			
Nome do Dreno	Tipo envol-tonio	Espaçam-entre dre-nos L (m)	Comprim-do dreno C (m)	Diamet- tubo Ø (mm)	hidral. projeto (m-dia)	Profundid- média Do (m)	'd' equiv. determin- Campo (Tempo de drenagem t (dias)	
DE-03	BIDIM	35.0	200.0	65.0	12.78	0.50	0.19	3	

Dados medidos em campo e determinados a partir destes.								
data da coleta dados	Tempo após a Recarga (t)		Coefic. drenag. subterrân q (mm/dia)	Carga hidráulica 'h' em L/2 (m)		Carga hid. média em L/2 h (mm)	logaritmo do Coefic drenage log (q)	logaritmo da carga hi media log (h)
	total horas	total dias		media esquer	media direita			
10-4-94	5	0.2	1.851	370.0	280.0	325.00	0.26751	2.51
11-4-94	24	1.0	1.358	303.3	226.7	265.00	0.13261	2.42
12-4-94	48	2.0	0.967	230.0	196.7	213.33	-0.00549	2.33
13-4-94	72	3.0	0.617	150.0	133.3	141.67	-0.20961	2.15

média esquerda = média poços 12,27 e 42

média direita = média poços 04, 19 e 34

**Anexo 08 - Continuação - Resultado dos parâmetros do sistema do dreno
DE-12 do lote 045 do ensaio 03, regime variado**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 45

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Cálculo do fator de reação ou de intensidade de drenagem (B)

$$B = \{ 2,3 [\log (h)_o - \log (h)_t] \} / t$$

$$B = 0,26 \text{ (1/dias)}$$

Cálculo da Transmissividade Kd (m²/dia)

$$Kd = q/h * [(L^2) / 6,26] \quad Kd = 1,11 \text{ m}^2\text{/dia}$$

Cálculo da porosidade drenável "V"

$$V = 9,87 * Kd / B * L^2$$

$$V = 0,03$$

Anexo 09 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-03 do lote 082 do ensaio 03, sob regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: Medias

Prec. Pluviométrica: 54,4 mm

Tipo de solo: PVe1

Profundidade Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, com cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Condv	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaça entre dr nos L (m)	Compri do dren C (m)	Diame tubo Ø (m)	hidral. projet (m/dia)	Extrato Equivalent "d" (m)	Carga hid. ponto mé dio=h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-03	SEIXO	23.3	92.0	65.0	3.80	0.00	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidrali "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		esque	direito			
09-4-94	16	0	7	0,35	0,31	0,094	0,00379	0,05
10-4-94	11	0	24	0,16	0,14	0,050	0,00202	0,04
11-4-94	10	50	48	0,08	0,06	0,030	0,00121	0,04
12-4-94	11	0	72	0,01	0,01	0,005	0,00020	0,04

média esquerda = média poço 12, 35 e 56

média direita = média poço 04, 27 e 50

**Anexo 09 - Continuação - dreno DE-03 do lote 082 do ensaio 03,
regime permanente**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: Médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVel

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, com cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Cond. hidrául. projet. (m/dia)	Dados estimados no projeto		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaça entre drenos L (m)	Comprimento do dren C (m)	Diâmetro do tubo Ø (m)		Extrato Equivalente "d" (m)	Carga hidrául. no ponto de dren. = h(m)	Coeff. de dren. subt. q (m/dia)
DE-03	SEIXO	23,3	92,0	65,0	3,80	0,00	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Tempo após a recarga horas	Coeficiente de drenagem subterrânea q (m/dia)	Carga hidráulica (h) d poços no ponto L/2 (m)			Relação Coef. dren Carga hidr. q·h (l/dia)	Relação Coef. dren Carga hidr. q·h (l/dia)	Relação Coef. dren. / Carga hidr. q·h (l/dia)	
		media esquerda	media direita	media h (m)				
7	0,00379	0,35	0,31	0,33	0,0108	0,0122	0,0115	
24	0,00202	0,16	0,14	0,15	0,0123	0,0147	0,0134	
48	0,00121	0,08	0,06	0,07	0,0158	0,0202	0,0177	
72	0,00020	0,01	0,01	0,01	0,0202	0,0202	0,0202	
media	0,00180			0,14				

media esquerda = média poço 13, 35 e 53

media direita = média poço 04, 27 e 50

**Anexo 09 - Continuação dos parâmetros do sistema do dreno
DE-03 do lote 082 do ensaio 03, regime permanente**

Perimetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: Medias Prec. Pluviométrica: 54.4 mm
 Tipo de solo: PVeI Profundidade: Mediamente profundo
 Drenagem: Moderada Textura: Arenosa/média, com cascalho a 1.2 m
 Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Regressão q/h versus h médio em todos os poços do ponto intermediários aos drenos
 Resultado de Regressão

Constante	A =	0,01940
Erro padrao de valores estimados em Y	E(q/h)	0,00169
Rao Quadrado		0.87829
Nº de observações		4
Graus de Liberdade		2
Coefficiente angular	===== B =	0.02655

Calculo da condutividade hidráulica "k" (m/dia)

$$K = [B * (L^2)] / 4$$

$$K = 3,60 \text{ m/dia}$$

Calculo do extrato equivalente "d" (m)

$$d = [A * (L^2)] / (8 * K)$$

$$d = 0,37 \text{ m}$$

Anexo 10 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-03 do lote

082 do ensaio 03, regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: média

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, com cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Condv hidral. projet (m/dia)	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol- tório	Espaça entre dr nos L (m)	Compri do dren C (m)	Diame tubo Ø (m)		Extrato Equivalent "d" (m)	Carga hid ponto me dio=h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-03	SEIXO	23.3	92.0	65.0	3.80	0.00	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidrali "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da agua drena CE (dS/m)
	hora	minuto		esque	direito			
09-4-94	16	0	7	0,35	0,31	0,094	0,00379	0,05
10-4-94	11	0	24	0,16	0,14	0,050	0,00202	0,04
11-4-94	10	50	48	0,08	0,06	0,030	0,00121	0,04
12-4-94	11	0	72	0,01	0,01	0,005	0,00020	0,04

média esquerda = média do poços 12, 35 e 58

média direita = média poço 04, 27 e 50

Anexo 10 - Continuação - dreno DE-03 do lote 082 do ensaio 03,

regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 62

Linha dos Poços: média

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, com cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Condição hidral. projet (m/dia)	Dados estimados na avaliação:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaça entre dr nos L (m)	Compri do dren C (m)	Diame do tubo Ø (mm)		Profundid media Da (m)	d ^e equiv. determin Campo (Tempo de drenagem t (dias)
DE-03	SEIXO	23.3	92.0	65.0	3.60	0.60	0.54	3

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
data da coleta dados	Tempo após a Recarga (t)		Coefic. drenag subterrâ q (mm/di	Carga hidral em L/2 (mm)		Carga hid. media em L/2 h (mm)	logaritmo do Coefic drenage log (q)	logaritmo da carga hi media log (h)
	total horas	total dias		Nº do esque	direito			
09-4-94	7	0,3	3,789	350,0	310,0	330,00	0,57650	2,52
10-4-94	24	1,0	2,015	160,0	140,0	150,00	0,30434	2,18
11-4-94	48	2,0	1,209	80,0	60,0	70,00	0,08249	1,85
12-4-94	72	3,0	0,202	10,0	10,0	10,00	-0,69566	1,00
		media	1,804		media	140,00		

media esquerda = media do poços 12, 35 e 58

media direita = media poço 04, 27 e 50

**Anexo 10 - Continuação - Resultado dos parâmetros do sistema do dreno
DE-03 do lote 082 do ensaio 03, regime variado**

Perimetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: média

Prec. Pluviométrica: 54,4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, com cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Cálculo do fator de reação ou de intensidade de drenagem (B)

$$B = \{ 2,3 [\log (h)_0 - \log (h)_t] \} / t$$

$$B = 1,16 \text{ (1/dias)}$$

Cálculo da Transmissividade Kd (m²/dia)

$$Kd = q/h * [(L^2) / 6,28] \quad Kd = 1,16 \text{ m}^2\text{/dia}$$

Cálculo da porosidade drenável "V"

$$V = 9,87 * Kd / B * L^2$$

$$V = 0,02$$

Anexo 11 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-04 do lote 082 do ensaio 03, regime permanente

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidad Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Condv hidral. projet (m/dia)	Dados estimados no projeto		
Nome do Dreno	Tipo envol- tório	Espaça entre dr nos L (m)	Compri- do dren C (m)	Diame- tubo Ø mm		Extrato Equivalent "d" (m)	Carga hid ponto mé dio=h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-04	SEIXO	19.6	87.0	65.0	3.80	0.00	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidrali "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS-m)
	hora	minuto		media esquer	media direito			
09-4-94	16	0	7	0,32	0,29	0,060	0,00405	0,07
10-4-94	11	0	24	0,15	0,14	0,050	0,00253	0,06
11-4-94	10	50	48	0,09	0,07	0,030	0,00152	0,05
12-4-94	11	0	72	0,01	0,01	0,005	0,00025	0,05

media esquerdo : média dos poços intermediarios de nº 20, 43 e 66

media direito : média dos poços intermediarios de nº 12, 35 e 58

**Anexo 11 - Continuação - dreno DE-04 do lote 082 do ensaio 03,
regime permanente**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54,4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1,2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Condu	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaça entre dr nos L (m)	Compri do dren C (m)	Diame tubo Ø mm	hidral. projet (m/dia)	Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid ponto me dio=h(m)	Coefic. de dren. subt. q (m/dia)
DE-04	SEIXO	19,6	87,0	65,0	3,60	0,00	0,40	0,0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:									
Tempo após a recarga horas	Coeficiente de drenagem subterrânea q (m/dia)	Carga hidráulica (h) d poços no ponto L/2 (m)			Relação Coef. dren Carga esq q/h (l/dia)	Relação Coef dre Carga dir q/h (l/dia)	Relação Coef. dren. Carga medi q/h (l/dia)		
		media esquerd	media direito	medio h (m)					
7	0,00405	0,32	0,29	0,31	0,0127	0,0140	0,0133		
24	0,00253	0,15	0,14	0,15	0,0165	0,0177	0,0171		
48	0,00152	0,09	0,07	0,08	0,0175	0,0207	0,0190		
72	0,00025	0,01	0,01	0,01	0,0253	0,0253	0,0253		
média	0,00209		media	0,14					

média esquerdo : média dos poços intermediários de nº 20, 43 e 66

média direito : média dos poços intermediários de nº 12, 35 e 58

**Anexo 11 - Continuação dos parâmetros do sistema do dreno
DE-04 do lote 082 do ensaio 03, regime permanente**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: médias Prec. Pluviométrica: 54.4 mm
 Tipo de solo: PVeL Profundidade: Mediamente profundo
 Drenagem: Moderada Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m
 Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Regressão q/h versus h médio em todos os poços do ponto intermediários aos drenos
 Resultado de Regressão

Constante	A =	0,02376
Erro padrão de valores estimados em Y	E(q/h)	0,00213
R ao Quadrado		0,88051
Nº de observações		4
Graus de Liberdade		2
Coefficiente angular	===== B =	0,03744

Calculo da condutividade hidráulica "k" (m/dia)

$$K = [B * (L^2)] / 4$$

$$K = 3,60 \text{ m/dia}$$

Calculo do extrato equivalente "d" (m)

$$d = [A * (L^2)] / (B * K)$$

$$d = 0,32 \text{ m}$$

Anexo 12 - Memória de cálculo dos dados obtidos do dreno DE-04 do lote 082 do ensaio 03, regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidad Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Condy hidral. projet (m/dia)	Dados estimados no projeto:		
Nome do Dreno	Tipo envol-tório	Espaça entre dr nos L (m)	Compri do dren C (m)	Diame tubo Ø mm		Extrato Equivalent 'd' (m)	Carga hid ponto mé dio = h(m)	Coefic. de dre. subt. q (m/dia)
DE-04	SEIXO	19.6	87.0	65.0	3.80	0.00	0.40	0.0060

Dados medidos em campo e determinados a partir destes:								
Data da coleta dados	Hora da medição em campo		Tempo após a recarga horas	Carga hidrali "h" em L/2 (m)		Descarga medida no dreno Q (l/s)	Coefic. d drenage subterrân q (m/dia)	Condutivida elétrica da água drena CE (dS/m)
	hora	minuto		média esquerda	média direita			
09-4-94	16	0	7	0,32	0,29	0,06	0,00405	0,07
10-4-94	11	0	24	0,15	0,14	0,05	0,00253	0,06
11-4-94	10	50	48	0,09	0,07	0,03	0,00152	0,05
12-4-94	11	0	72	0,01	0,01	0,01	0,00025	0,05

média esquerda = média poço 20, 43 e 66

média direita = média 12, 35 e 58

Anexo 12 - Continuação - dreno DE-04 do lote 082 do ensaio 03,

regime variado

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho à 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Dados projetados e executados em cam					Condy	Dados estimados na avaliação:		
Nome do Dreno	Tipo envol- torio	Espaça entre dr nos L (m)	Compri do dren C (m)	Diame tubo Ømm	hidral. projet (m/dia)	Profundid média Da (m)	'd' equiv. determin Campo (Tempo de drenagem t (dias)
DE-04	SEIXO	19,6	87,0	65,0	3,80	0,60	0,54	3

Dados medidos em campo e determinados a partir destes.								
data da coleta dados	Tempo após a Recarga (t)		Coefic. drenag. subterrâ q(mm/di)	Carga hidrali em L/2 (mm)		Carga hid. média em L/2 h (mm)	logaritmo do Coefic. drenage log (q)	logaritmo da carga hi média log (h)
	total horas	total dias		Nº do esque	direito			
09-4-94	7	0,3	4,053	320,0	290,0	305,00	0,60783	2,48
10-4-94	24	1,0	2,533	150,0	140,0	145,00	0,40371	2,16
11-4-94	48	2,0	1,520	90,0	70,0	80,00	0,18186	1,90
12-4-94	72	3,0	0,253	10,0	10,0	10,00	-0,59629	1,00

média esquerda = média poço 20, 43 e 66

média direita = média 12, 35 e 58

**Anexo 12 - Continuação - Resultado dos parâmetros do sistema do dreno
DE-04 do lote 082 do ensaio 03, regime variado**

Perímetro Irrigado de Bebedouro

No. lote 82

Linha dos Poços: médias

Prec. Pluviométrica: 54.4 mm

Tipo de solo: PVeL

Profundidade: Mediamente profundo

Drenagem: Moderada

Textura: Arenosa/média, cascalho a 1.2 m

Classif. do U.S. Salinity laboratory : Normal

Cálculo do fator de reação ou de intensidade de drenagem (B)

$$B = \{ 2,3 [\log (h)_0 - \log (h)_t] \} / t$$

$$B = 1,14 \text{ (1/dias)}$$

Cálculo da Transmissividade Kd (m²/dia)

$$Kd = q/h * [(L^2) / 6,28] \quad Kd = 1,07 \text{ m}^2/\text{dia}$$

Cálculo da porosidade drenável "V"

$$V = 9,87 * Kd / B * L^2$$

$$V = 0,02$$

ANEXO 13 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

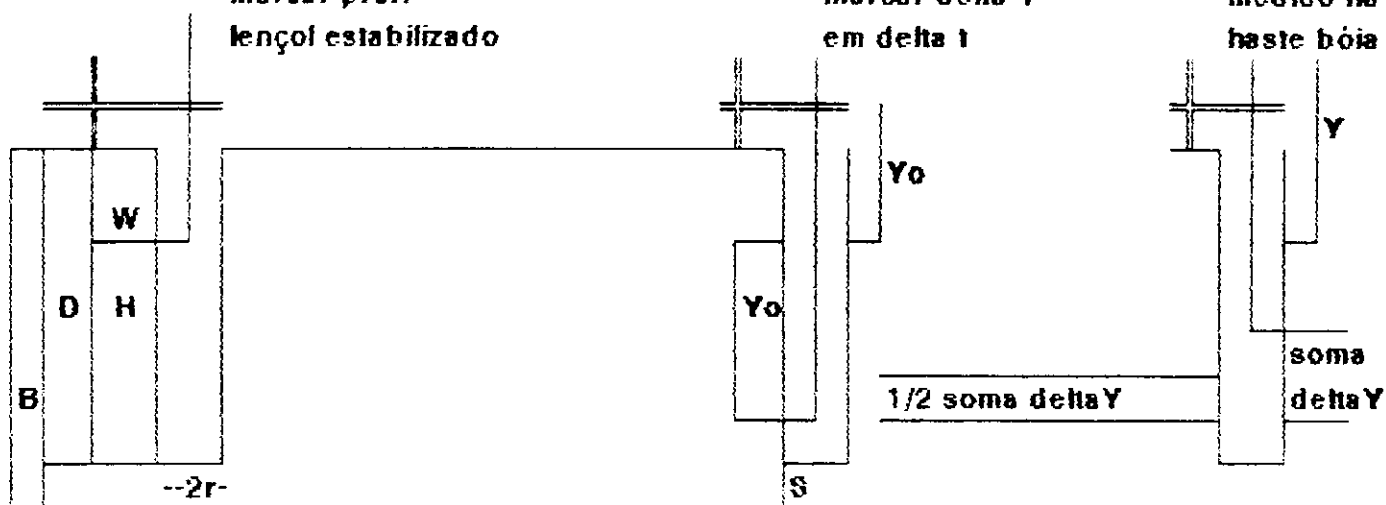
Nº DO LOTE: 059

DRENO DE-02

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X | XXXXX XXXX IMPERMEÁVEL XX XX X X | XXX IMPERMEÁVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos		
ARENOSO	raio do poço = r = cm		4,0		H = D - W = cm	45,00 cm	
FRANCO	D = Prof do poço = cm		140,0		soma delta Y = 1/4 Yo	8,10 cm	
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm		95,0		soma dos delta t	30,00 seg	
FRANCO	B = Prof Imperm. = cm		160,0		Y = Yo - 1/2 soma delta Y	29,65 cm	
ARENOSO	Yo = Água retira. = cm		33,7		S = B - D	20,00 cm	
30-60 cm	1/4 de Yo = cm		8,4		H/2	22,50 cm	
FRANCO					Y/H	0,66	
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	11,25	
60-90 cm	seg.	l seg.	cm	delta Y cm	para S=0 ==> C =	17,04	
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para S > 0,5H ==> C =	12,88	
ARG AREN	5	5	1,8	1,8	CONDUTIVID. HIDRÁULICA P/ S=0 $K = C * [soma\ delta\ Y / soma\ delta\ t]$ $K\ (m/dia) = 4,60$		
90-120 cm	10	5	1,3	3,1			
FRANCO	15	5	1,3	4,4			
ARG AREN	20	5	1,3	5,7			
120-150 cm	25	5	1,3	7,0			
ARGILA	30	5	1,1	6,1			
A 160 cm	35	5	1,1	9,2			
	40	5	1,0	10,2			
	45	5	1,0	11,2			
	50	5	0,9	12,1			
						CONDUTIV. HIDRÁULICA P/ S > 0,5H $K = C * [soma\ delta\ Y / soma\ delta\ t]$ $K\ (m/dia) = 3,48$	

ANEXO 14 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

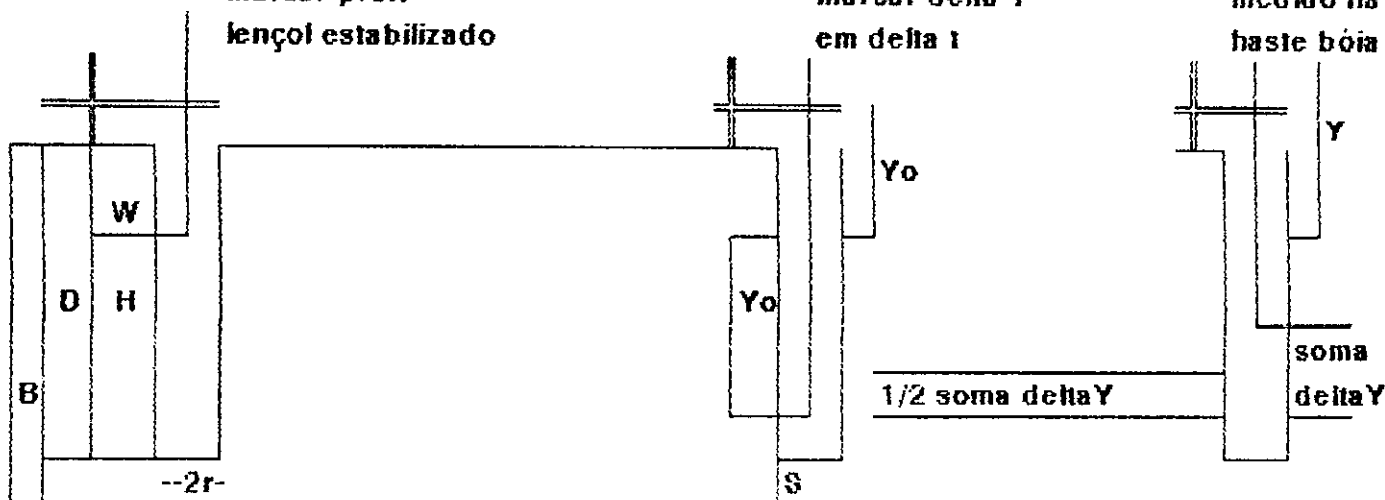
Nº DO LOTE: 059

DRENO DE-02

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X | XXXXX XXXX IMPERMEÁVEL XX XX X X | XXX IMPERMEÁVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
ARENOSO	raio do poço = r = cm	4,0			$H = D - W =$ cm	105,00 cm
FRANCO	D = Prof do poço = cm	200,0			soma delta Y = $1/4 Y_o$	13,00 cm
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	95,0			soma dos delta t	140,00 seg
FRANCO	B = Prof Imperm. = cm	160,0			$Y = Y_o - 1/2 \text{soma delta Y}$	47,50 cm
ARENOSO	$Y_o =$ Água retira. = cm	54,0			$S = B - D$	-40,00 cm
30-60 cm	$1/4$ de $Y_o =$ cm	13,5			H/2	52,50 cm
FRANCO					Y/H	0,45
ARG AREN	Tempo	delta t	delta Y	soma dos	H/r	26,25
60-90 cm	seg.	seg.	cm	delta Y cm	para $S=0 \implies C =$	5,40
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para $S > 0,5H \implies C =$	4,71
ARG AREN	20	20	2,0	2,0	CONDUTIV. HIDRÁULICA P/ $S=0$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ K (m/dia) = 0,50	
90-120 cm	40	20	2,0	4,0		
FRANCO	60	20	2,0	6,0	CONDUTIV. HIDRÁULICA P/ $S > 0,5H$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ K (m/dia) = 0,44	
ARG AREN	80	20	1,8	7,8		
120-150 cm	100	20	1,8	9,6		
ARGILA A 160 cm	120	20	1,8	11,4		
	140	20	1,6	13,0		
	160	20	1,6	14,6		
	180	20	1,2	15,8		
	200	20	1,2	17,0		

ANEXO 15 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

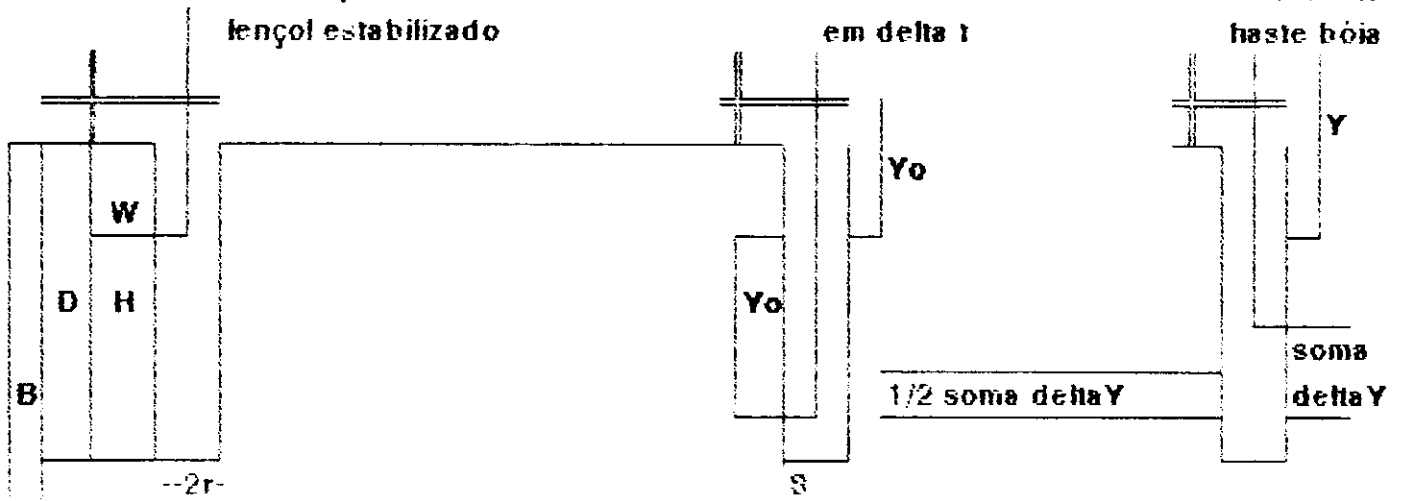
Nº DO LOTE: 019

DRENO DE-03

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X

XXXXX XXXX IMPERMEAVEL XX XX X X

XXX IMPERMEAVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
ARENOSO	raio do poço = r = cm		4,0		H = D - W = cm	41,70 cm
FRANCO	D = Prof do poço = cm		140,0		soma delta Y = 1/4 Yo	6,00 cm
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm		98,3		soma dos delta t	30,00 seg
ARENOSO	B = Prof Imperm. = cm		160,0		Y = Yo - 1/2 somadelta Y	26,50 cm
FRANCO	Yo = água retira. = cm		29,5		S = B - D	20,00 cm
30-60 cm	1/4 de Yo = cm		7,4		H/2	20,85 cm
FRANCO					Y/H	0,64
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	10,42
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para S=0 ==> C =	19,50
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para S>0,5H ==> C =	14,54
ARG AREN	10	10	2,0	2,0	CONDUTIVID. HIDRAULICA P/ S=0 $K = C * [soma\ delta\ Y / soma\ delta\ t]$ $K (m/dia) = 3,90$	
90-120 cm	20	10	2,0	4,0		
FRANCO	30	10	2,0	6,0		
ARG AREN	40	10	1,6	7,6		
120-150cm	50	10	1,6	9,2		
ARGILA	60	10	1,6	10,6		
A 160 cm	70	10	1,0	11,8		
	80	10	1,0	12,8		
	90	10	0,6	13,4		
	100	10	0,6	14,0		
						CONDUTIV. HIDRAULICA P/ S>0,5H $K = C * [soma\ delta\ Y / soma\ delta\ t]$ $K (m/dia) = 2,91$

ANEXO 16 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

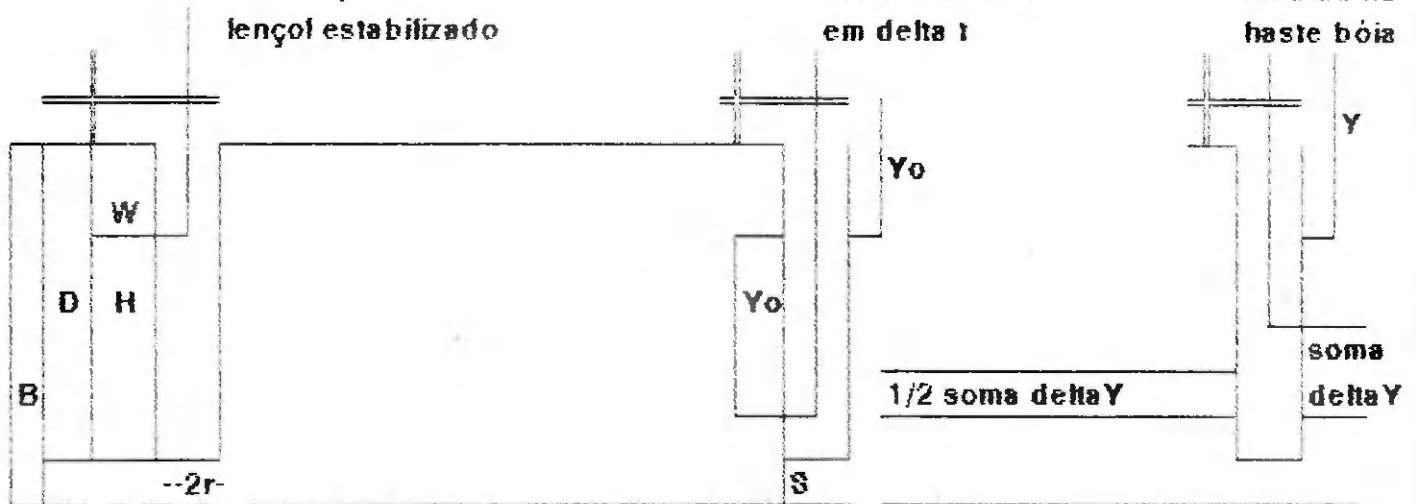
Nº DO LOTE: 019

DRENO DE-03

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X XXXXX XXXX IMPERMEÁVEL XX XX X X XXX IMPERMEÁVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
ARENOSO	raio do poço = r = cm	4,0			$H = D - W = \text{cm}$	81,70 cm
FRANCO	D = Prof do poço = cm	180,0			soma delta Y = $1/4 Y_o$	10,80 cm
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	98,3			soma dos delta t	90,00 seg
ARENOSO	B = Prof Imperm. = cm	160,0			$Y = Y_o - 1/2 \text{soma delta Y}$	37,60 cm
FRANCO	$Y_o = \text{água retira.} = \text{cm}$	43,0			$S = B - D$	-20,00 cm
30-60 cm	$1/4 \text{ de } Y_o = \text{cm}$	10,8			H/2	40,85 cm
FRANCO					Y/H	0,46
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	20,43
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para $S=0 \implies C =$	8,17
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para $S > 0,5H \implies C =$	6,84
ARG AREN	15	15	2,1	2,1	CONDUTIV. HIDRÁULICA P/ $S=0$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ $K \text{ (m/dia)} = 0,98$	
90-120 cm	30	15	2,1	4,2		
FRANCO	45	15	1,9	6,1	CONDUTIV. HIDRÁULICA P/ $S > 0,5H$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ $K \text{ (m/dia)} = 0,82$	
ARG AREN	60	15	1,9	8,0		
120-150 cm	75	15	1,4	9,4		
ARGILA	90	15	1,4	10,8		
A 160 cm	105	15	1,0	11,8		
	120	15	1,0	12,8		
	135	15	0,8	13,6		
	150	15	0,8	14,4		

ANEXO 17 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

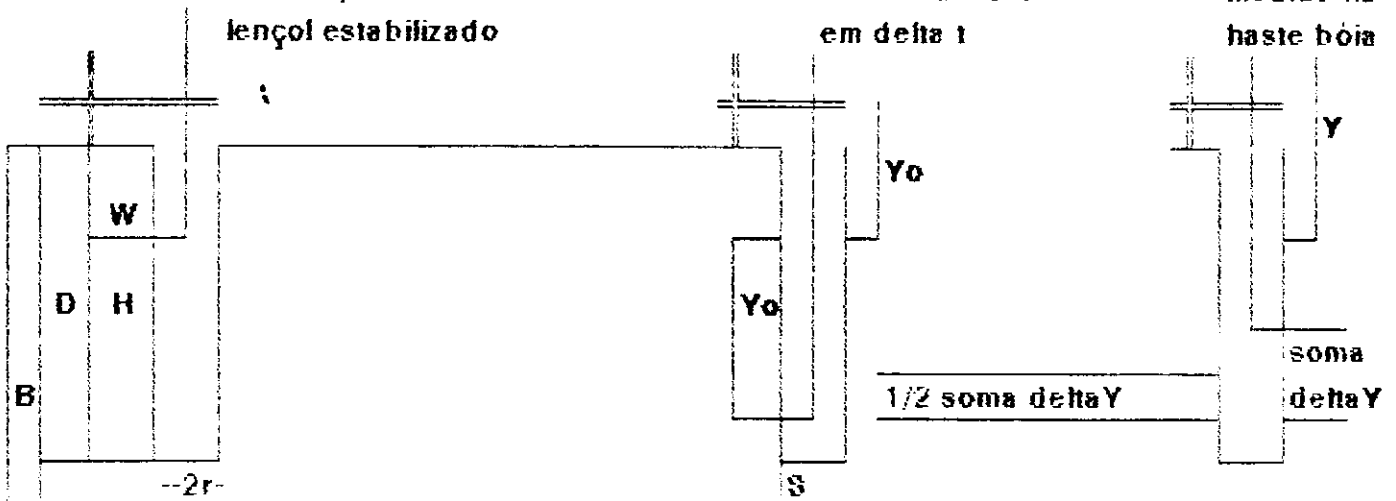
Nº DO LOTE: 019

DRENO DE-04

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X XXXXX XXXX IMPERMEAVEL XX XX X X XXX IMPERMEAVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos		
ARENOSO	raio do poço = r = cm	4,0			$H = D - W =$ cm	41,60 cm	
FRANCO	D = Prof do poço = cm	131,0			soma delta Y = $1/4 Y_o$	7,00 cm	
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	89,4			soma dos delta t	20,00 seg	
ARENOSO	B = Prof Imperm. = cm	160,0			$Y = Y_o - 1/2 \text{soma delta Y}$	26,50 cm	
FRANCO	$Y_o =$ água retira. = cm	30,0			S = B - D	49,00 cm	
30-60 cm	$1/4$ de $Y_o =$ cm	7,5			H/2	20,50 cm	
FRANCO					Y/H	0,84	
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	10,40	
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para S = 0 ==> C =	19,54	
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para S > 0,5H => C =	14,57	
ARG AREN	10	10	4,0	4,0	CONDUTIVID. HIDRÁULICA P/ S = 0 $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ $K \text{ (m/dia)} = 6,64$		
90-120 cm	20	10	3,0	7,0			
FRANCO	30	10	3,0	10,0			
ARG AREN	40	10	1,8	11,8			
120-150 c	50	10	1,8	13,6			
ARGILA	60	10	1,5	15,1			
A 180 cm	70	10	1,5	16,6			
	80	10	1,5	18,1			
	90	10	1,0	19,1			
	100	10	1,0	20,1			
						CONDUTIV. HIDRÁULICA P/ S > 0,5H $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ $K \text{ (m/dia)} = 5,10$	

ANEXO 18 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

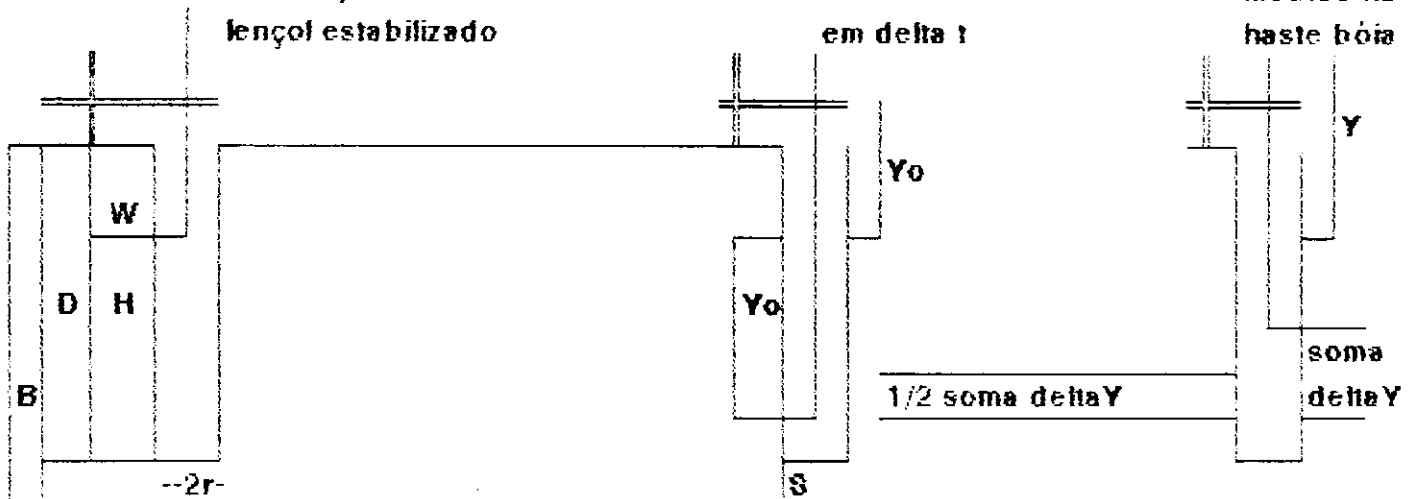
Nº DO LOTE: 019

DRENO DE-04

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X XXXXX XXXX IMPERMEAVEL XX XX X X XXX IMPERMEAVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
ARENOSO	raio do poço = r = cm	4,0			$H = D - W =$ cm	130,60 cm
FRANCO	D = Prof do poço = cm	220,0			soma delta Y = $1/4 Y_o$	18,20 cm
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	89,4			soma dos delta t	90,00 seg
ARENOSO	B = Prof imperm. = cm	180,0			$Y = Y_o - 1/2 \text{soma delta Y}$	70,90 cm
FRANCO	$Y_o =$ água retira. = cm	80,0			$S = B - D$	-40,00 cm
30-60 cm	$1/4 \text{ de } Y_o =$ cm	20,0			H/2	65,30 cm
FRANCO					Y/H	0,54
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	32,65
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para $S=0 \implies C =$	3,27
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para $S > 0,5H \implies C =$	2,94
ARG AREN	10	10	3,5	3,5	CONDUTIVID. HIDRÁULICA P/ $S=0$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ K (m/dia) = 0,56	
90-120 cm	20	10	2,5	6,4		
FRANCO	30	10	2,9	9,3	CONDUTIV. HIDRÁULICA P/ $S > 0,5H$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ K (m/dia) = 0,59	
ARG AREN	40	10	1,7	11,0		
120-150cm	50	10	1,7	12,7		
ARGILA	60	10	1,5	14,2		
A 180 cm	70	10	1,5	15,7		
	80	10	1,5	17,2		
	90	10	1,0	18,2		
	100	10	1,0	19,2		

ANEXO 19 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

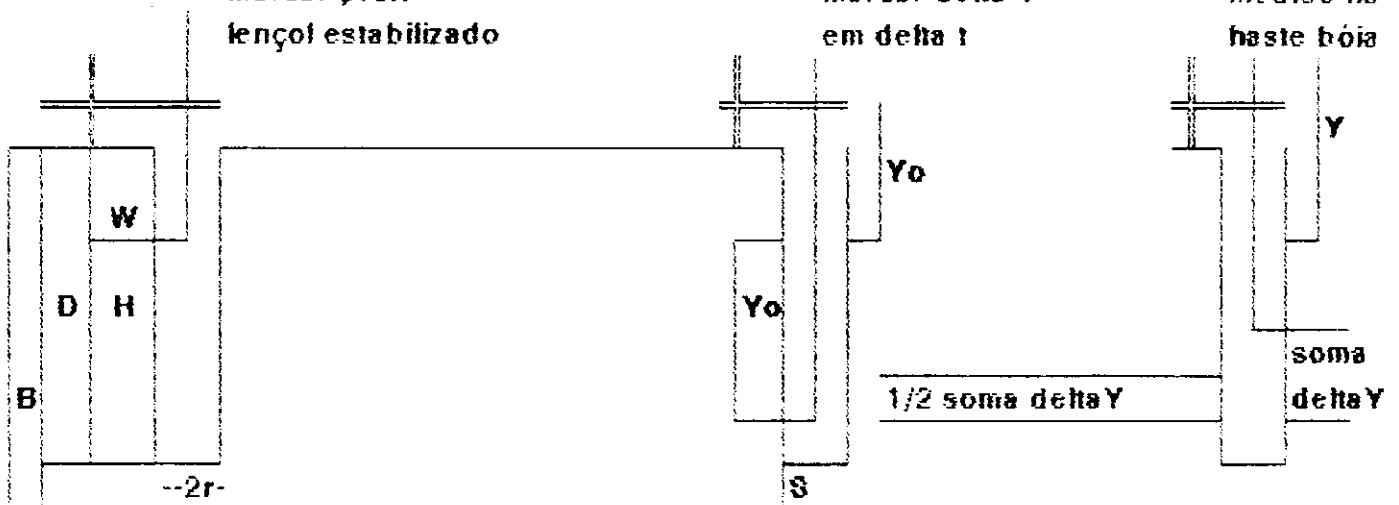
Nº DO LOTE: 045

DRENO DE-12

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X XXXXX XXXX IMPERMEAVEL XX XX X X XXX IMPERMEAVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
FRANCO	raio do poço = r = cm	4,0			$H = D - W = \text{cm}$	30,80 cm
ARENOSO	D = Prof do poço = cm	115,0			soma delta Y = 1/4 Yo	5,20 cm
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	84,2			soma dos delta t	45,00 seg
FRANCO	B = Prof Imperm. = cm	180,0			$Y = Yo - 1/2 \text{ somadelta Y}$	22,40 cm
ARG AREN	Yo = agua retira. = cm	25,0			S = B - D	65,00 cm
30-60 cm	1/4 de Yo = cm	6,3			H/2	15,40 cm
FRANCO					Y/H	0,73
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	7,70
60-90 cm	seg.	l seg.	cm	delta Y cm	para S=0 ==> C =	26,54
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para S>0,5H ==> C =	20,26
ARG AREN	15	15	1,8	1,8	CONDUTIVID. HIDRAULICA P/ S=0 $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ K (m/dia) = 3,30	
90-120 cm	30	15	1,8	3,6		
FRANCO	45	15	1,6	5,2	CONDUTIV. HIDRAULICA P/ S>0,5H $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ K (m/dia) = 2,34	
ARG AREN	60	15	1,6	6,8		
120-150cm	75	15	1,6	8,4		
CASCALH	90	15	1,5	9,9		
A 120 cm	105	15	1,5	11,4		
	120	15	1,0	12,4		
ARGILA	135	15	1,0	13,4		
A 180 cm	150	15	0,8	14,2		

ANEXO 20 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

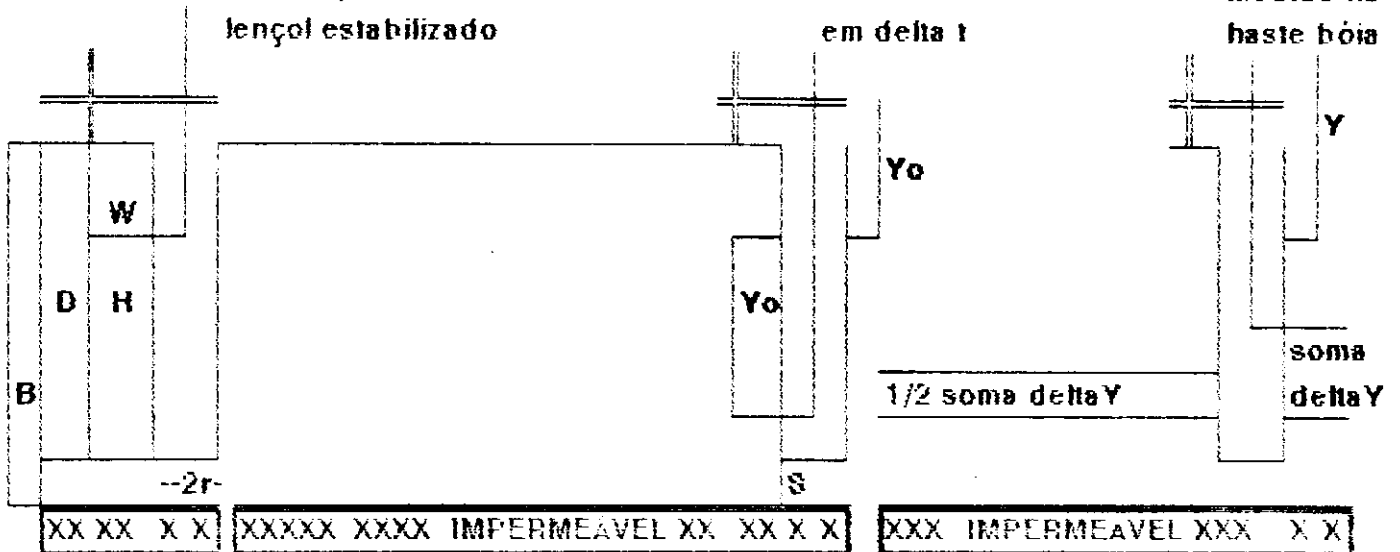
Nº DO LOTE: 045

DRENO DE-12

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
FRANCO	raio do poço = r = cm		4,0		H = D - W = cm 65,60 cm	
ARENOSO	D = Prof do poço = cm		150,0		soma delta Y = 1/4 Yo 9,00 cm	
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm		84,2		soma dos delta t 50,00 seg	
FRANCO	B = Prof Imperm. = cm		180,0		Y = Yo - 1/2 soma delta Y 35,10 cm	
ARG AREN	Yo = água retina. = cm		39,6		S = B - D 30,00 cm	
30-60 cm	1/4 de Yo = cm		9,9		H/2 32,90 cm	
FRANCO					Y/H 0,63	
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r 16,45	
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para S=0 ==> C = 10,58	
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para S>0,5H => C = 8,53	
ARG AREN	10	10	1,9	1,9		
90-120 cm	20	10	1,9	3,8		
FRANCO	30	10	1,8	5,6		
ARG AREN	40	10	1,8	7,4	CONDUTIVID. HIDRAULICA P/ S=0	
120-150 cm	50	10	1,6	9,0	K = C * [soma delta Y / soma delta t]	
CASCALH	60	10	1,1	10,1	K (m/dia) = 1,90	
A 120 cm	70	10	1,1	11,2		
	80	10	1,0	12,2	CONDUTIV. HIDRAULICA P/ S>0.5H	
ARGILA	90	10	1,0	12,2	K = C * [soma delta Y / soma delta t]	
A 180 cm	100	10	0,8	14,0	K (m/dia) = 1,53	

ANEXO 21 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

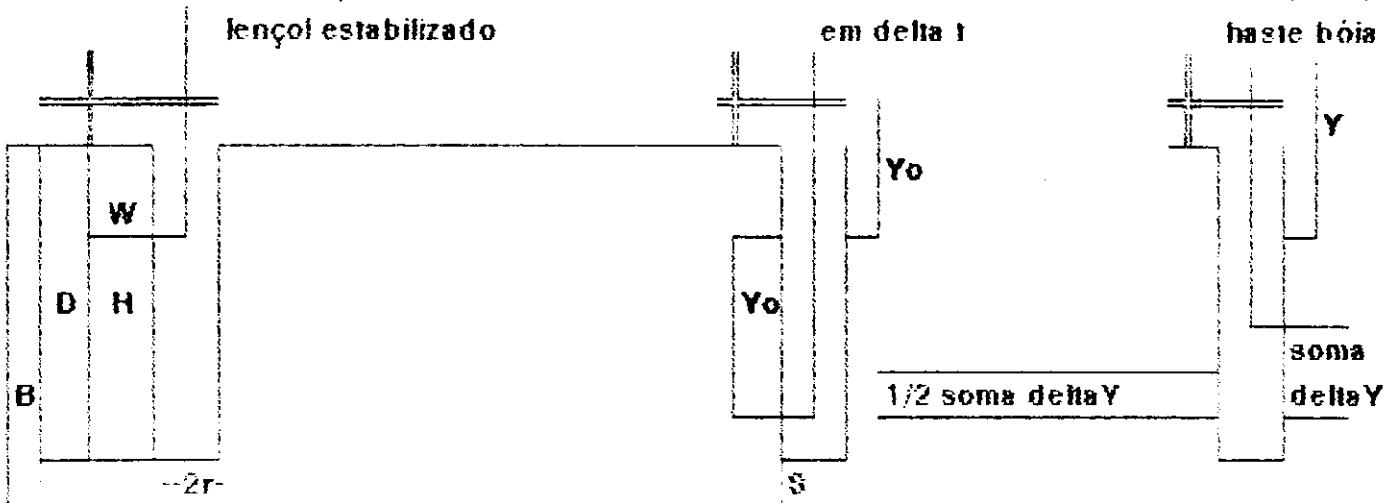
Nº DO LOTE: 082

DRENO DE-03

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X

XXXXX XXXX IMPERMEAVEL XX XX X X

XXX IMPERMEAVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
FRANCO	raio do poço = r = cm	4,0			$H = D - W =$ cm	30,30 cm
ARENOSO	D = Prof do poço = cm	120,0			soma delta Y = $1/4 Y_0$	4,80 cm
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	89,7			soma dos delta t	30,00 seg
FRANCO	B = Prof Imperm. = cm	180,0			$Y = Y_0 - 1/2 \text{soma delta Y}$	17,60 cm
ARG AREN	$Y_0 =$ água retira. = cm	20,0			$S = B - D$	60,00 cm
30-60 cm	$1/4$ de $Y_0 =$ cm	5,0			H/2	15,15 cm
FRANCO					Y/H	0,58
ARG AREN	Tempo	delta t	delta Y	soma dos	H/r	7,58
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para $S=0 \implies C =$	32,80
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para $S > 0,5H \implies C =$	23,23
ARG AREN	5	5	1,1	1,1	CONDUTIVID. HIDRAULICA P/ $S=0$ $K = C * (\text{soma delta Y} / \text{soma delta t})$ K (m/dia) = 5,25	
90-120 cm	10	5	1,0	2,1		
FRANCO	15	5	1,0	3,1	CONDUTIV. HIDRAULICA P/ $S > 0,5H$ $K = C * (\text{soma delta Y} / \text{soma delta t})$ K (m/dia) = 3,72	
ARG AREN	20	5	0,9	4,0		
120-150cm	25	5	0,4	4,4		
CASCALH	30	5	0,4	4,8		
A 120 cm	35	5	0,3	5,1		
	40	5	0,3	5,4		
ARGILA	45	5	0,2	5,6		
A 180 cm	50	5	0,2	5,8		

ANEXO 22 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

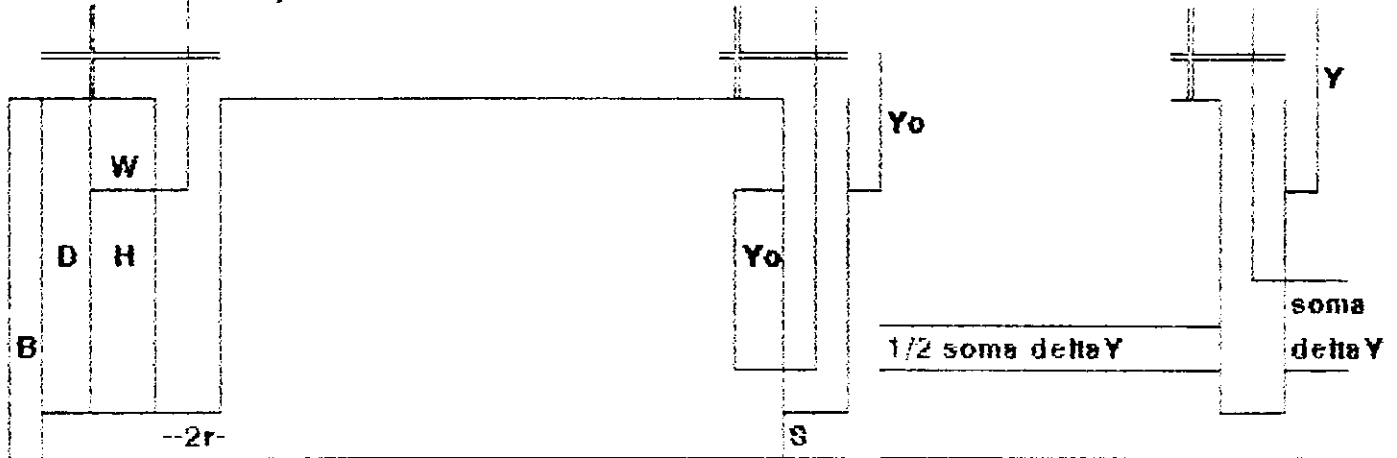
Nº DO LOTE: 082

DRENO DE-03

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X XXXXX XXXX IMPERMEAVEL XX XX X X XXX IMPERMEAVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
FRANCO	raio do poço = r = cm	4,0		H = D - W = cm	61,30 cm	
ARENOSO	D = Prof do poço = cm	171,0		soma delta Y = 1/4 Yo	12,20 cm	
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	89,7		soma dos delta t	32,00 seg	
FRANCO	B = Prof imperme. = cm	180,0		Y = Yo - 1/2 somadelta Y	42,90 cm	
ARG AREN	Yo = água retira. = cm	49,0		S = B - D	9,00 cm	
30-60 cm	1/4 de Yo = cm	12,3		H/2	40,65 cm	
FRANCO				Y/H	0,53	
ARG AREN	Tempo delta	delta Y	soma dos	H/r	20,32	
60-90 cm	seg. l seg.	cm	delta Y cm	para S=0 ==> C =	7,52	
FRANCO	0	0	0,0	para S>0,5H ==> C =	6,26	
ARG AREN	4	4	2,0	CONDUTIVID. HIDRAULICA P/ S=0 K=C * [soma delta Y / soma delta t] K (m/dia) = 2,67		
90-120 cm	8	4	2,0			
FRANCO	12	4	1,7	CONDUTIV. HIDRAULICA P/ S>0,5H K=C * [soma delta Y / soma delta t] K (m/dia) = 2,39		
ARG AREN	16	4	1,7			
120-150cm	20	4	1,4			
CASCALH	24	4	1,4			
A 120 cm	28	4	1,0			
	32	4	1,0			
ARGILA	36	4	1,0			
A 180 cm	40	4	0,7			

ANEXO 23 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

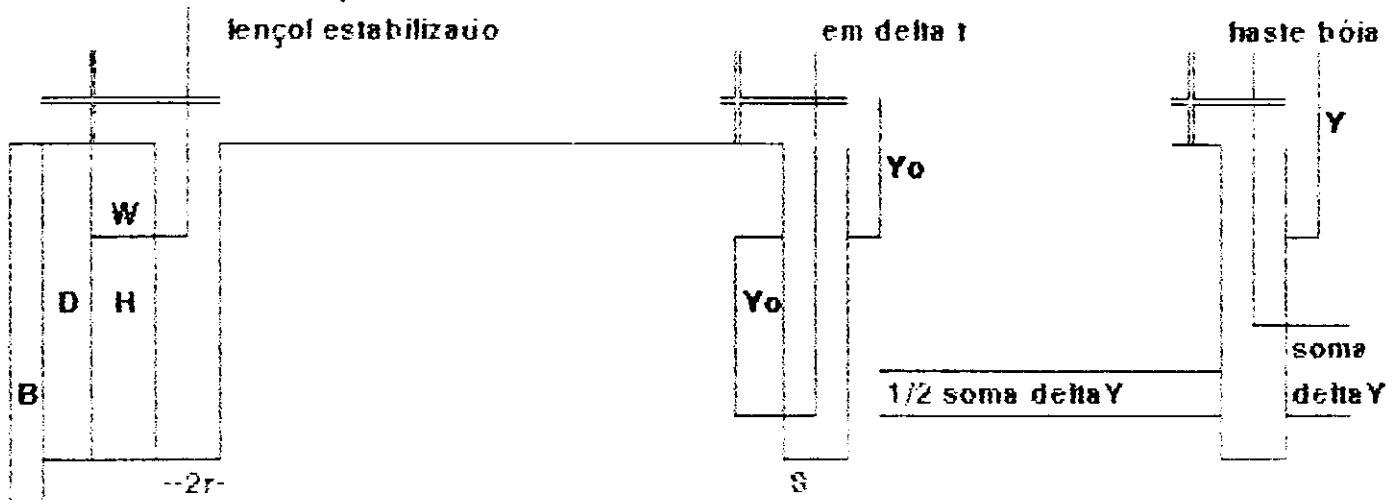
Nº DO LOTE: 082

DRENO DE-04

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X

XXXXX XXXX IMPERMEÁVEL XX XX X X

XXX IMPERMEÁVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
FRANCO	raio do poço = r = cm	4,0			$H = D - W =$ cm	31,00 cm
ARENOSO	D = Prof do poço = cm	120,0			soma delta Y = $1/4 Y_0$	5,90 cm
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm	89,0			soma dos delta t	25,00 seg
FRANCO	B = Prof Imperm. = cm	160,0			$Y = Y_0 - 1/2 \text{soma delta Y}$	22,35 cm
ARG AREN	$Y_0 =$ água retira. = cm	25,3			$S = B - D$	60,00 cm
30-60 cm	$1/4 \text{ de } Y_0 =$ cm	6,3			H/2	15,50 cm
FRANCO					Y/H	0,72
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	7,75
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para $S=0 \implies C =$	26,36
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para $S > 0,5H \implies C =$	20,17
ARG AREN	5	5	1,0	1,0	CONDUTIVID. HIDRAULICA P/ $S=0$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ $K \text{ (m/dia)} = 4,76$	
90-120 cm	10	5	1,0	2,0		
FRANCO	15	5	0,8	2,8		
ARG AREN	20	5	0,8	3,6		
120-150 cm	25	5	0,8	4,4		
CASCALH	30	5	0,8	5,2	CONDUTIV. HIDRAULICA P/ $S > 0,5H$ $K = C * [\text{soma delta Y} / \text{soma delta t}]$ $K \text{ (m/dia)} = 3,40$	
A 120 cm	35	5	0,7	5,9		
	40	5	0,4	6,3		
ARGILA	45	5	0,4	6,7		
A 180 cm	50	5	0,3	7,0		

ANEXO 24 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

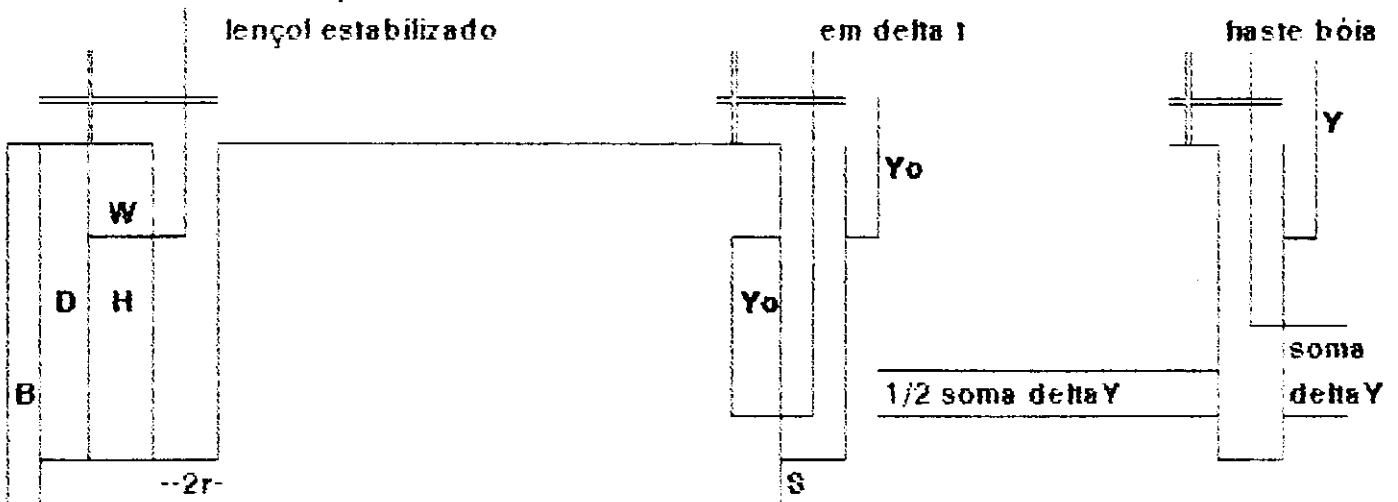
Nº DO LOTE: 062

DRENO DE-04

marcar prof.
lençol estabilizado

marcar delta Y
em delta t

medido na
haste bóia



XX XX X X

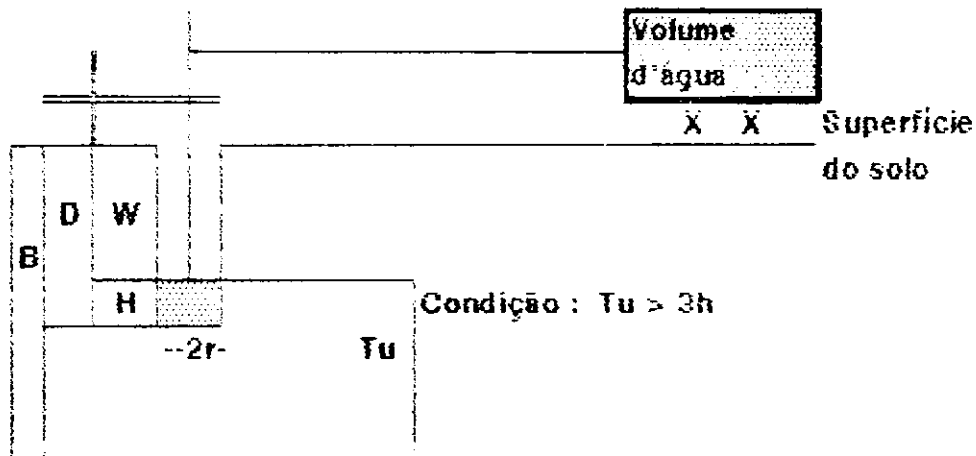
XXXXX XXXX IMPERMEÁVEL XX XX X X

XXX IMPERMEÁVEL XXX X X

Perfil solo	Dados medidos em campo				Computação dos dados medidos	
FRANCO	raio do poço = r = cm		4,0		H = D - W = cm	
ARENOSO	D = Prof do poço = cm		167,2		soma delta Y = 1/4 Yo	
0-30 cm	W = Prof. lençol = cm		89,0		soma dos delta t	
FRANCO	E = Prof Imperm. = cm		180,0		Y = Yo - 1/2 soma delta Y	
ARG AREN	Yo = água retira. = cm		51,9		S = B - D	
30-60 cm	1/4 de Yo = cm		13,0		H/2	
FRANCO					Y/H	
ARG AREN	Tempo	delta	delta Y	soma dos	H/r	
60-90 cm	seg.	t seg.	cm	delta Y cm	para S=0 ==> C =	
FRANCO	0	0	0,0	0,0	para S > 0,5H ==> C =	
ARG AREN	5	5	2,5	2,5		
90-120 cm	10	5	2,5	5,0		
FRANCO	15	5	1,9	6,9		
ARG AREN	20	5	1,9	8,8	CONDUTIV. HIDRAULICA P/ S=0	
120-150 cm	25	5	1,4	10,2	K = C * [soma delta Y / soma delta t]	
CASCALH	30	5	1,4	11,6	K (m/dia) =	
A 120 cm	35	5	0,9	12,5		
	40	5	0,9	13,4	CONDUTIV. HIDRAULICA P/ S > 0,5H	
ARGILA	45	5	0,4	13,8	K = C * [soma delta Y / soma delta t]	
A 180 cm	50	5	0,3	14,1	K (m/dia) =	

ANEXO 25 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA (inverso)
 PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO

Nº DO LOTE: 063



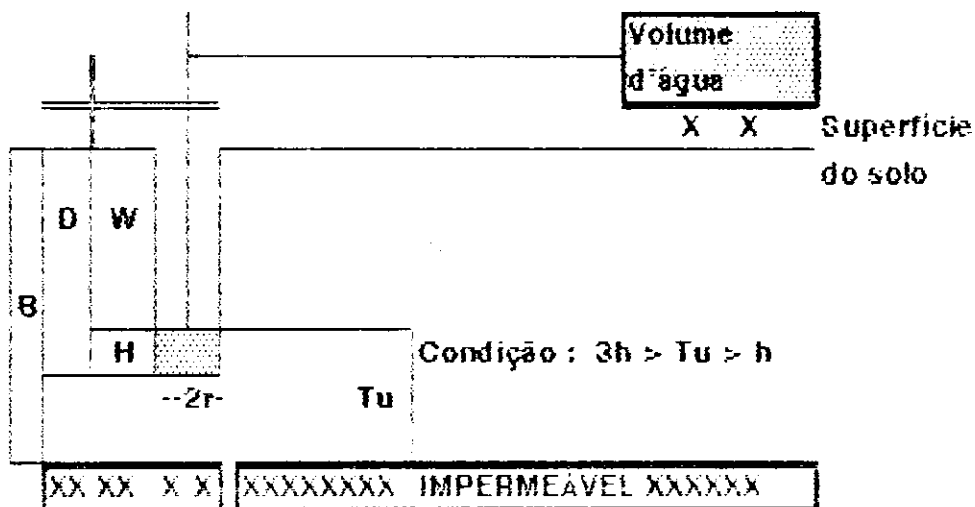
XX XX X X XXXXXXXX IMPERMEAVEL XXXXXX

Perfil solo	Dados medidos em campo			
AREIA	r=raio do poço = m	0,06	B=Imperm.=m	3,00
FRANCO	D=Prof. do poço=m	1,30	W=D-H = m	0,80
0-30 cm	H=Altura d'água=m	0,50	Tu=B-W = m	2,20

Perfil solo	Condição abaixo: estabilização de vazão de entrada (48 horas após o início do teste)			
	vazão entrada	temperatura d'água no furo	viscosidade da água (visc.)	vazão entrada ajustada
	Qe (l/h)	C	água (visc.)	Qej (l/h)
FRANCO ARENOSO 60-90 cm	0,202	25,0	0,8937	0,202
FRANCO ARENOSO 90-120 cm	0,180	29,0	0,8160	0,197
FRANCO ARENOSO 120-150cm	0,176	27,0	0,8545	0,184

Perfil solo	Cálculo de condutividade hidráulica = K (m/dia)	
ARGILA A 300 Cm (Barreira)	K = [1440 [(ln H/r - 0,31) / 6,28 * H * H]] * Qej	
	K =	7,34 m/dia

ANEXO 26 - TABULACAO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA (Inverso)
PERIMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO Nº DO LOTE: 063



Perfil solo	Dados medidos em campo			
AREIA	r=raio do poço = m	0,06	B=Imperm.=m	3,00
FRANCO	D=Prof. do poço=m	1,80	W=D-H = m	1,10
0-30 cm	H=Altura d'água=m	0,70	Tu=B-W = m	1,90
FRANCO	Condição abaixo: estabilização da vazão de entrada (48 horas após o início do teste)			
ARENOSO	vazão entrada	temperatura d'água	viscosidade da água (visc.)	vazão entrada ajustada
30-60 cm	Qe (l/h)	no furo C	água (visc.)	Qej (l/h)
FRANCO	0,300	26,0	0,8737	0,300
ARENOSO	0,290	27,0	0,8545	0,297
60-90 cm	0,265	29,0	0,8180	0,204
FRANCO	Cálculo da condutividade hidráulica = K (m/dia)			
ARENOSO	K = { 1440 [(3*ln H/r1) / 3,14*H*(H + 2*Tu)] } * Qej			
120-150cm	K = 7,84 m/dia			
ARGILA				
A 300 Cm				
(Barreira)				

ANEXO 27 - Fração de perda de carga e Resistência hidráulica

Perímetro irrigado de Bebedouro

Fração de perda de carga após horas da recarga						
Tempo após recarga	Lote 059 Dreno DE-02	Lote 019 Dreno DE-03	Lote 019 Dreno DE-04	Lote 045 Dreno DE-12	Lote 082 Dreno DE-03	Lote 082 Dreno DE-04
7	0,18	0,32	0,26	0,19	0,32	0,27
24	0,15	0,27	0,24	0,13	0,22	0,19
48	0,09	0,22	0,19	0,07	0,11	0,09
72	0,03	0,18	0,14	0,02	0,02	0,01
96	-	0,12	0,09	-	-	-
120	-	0,07	0,05	-	-	-
144	-	0,03	0,02	-	-	-
168	-	0,01	0,01	-	-	-
média	0,11	0,15	0,13	0,10	0,17	0,14

Resistência hidráulica após horas da recarga (dias/m)						
Tempo após recarga	Lote 059 Dreno DE-02	Lote 019 Dreno DE-03	Lote 019 Dreno DE-04	Lote 045 Dreno DE-12	Lote 082 Dreno DE-03	Lote 082 Dreno DE-04
7	0,46	0,99	0,61	0,47	0,29	0,26
24	0,37	0,86	0,54	0,35	0,21	0,21
48	0,27	0,78	0,43	0,24	0,12	0,11
72	0,11	0,63	0,35	0,15	0,01	0,01
96	-	0,54	0,29	-	-	-
120	-	0,40	0,19	-	-	-
144	-	0,26	0,13	-	-	-
168	-	0,08	0,05	-	-	-
média	0,30	0,57	0,32	0,30	0,16	0,15

ANEXO 2B - Condutividade Hidráulica pelo teste do furo do trado

Perimetro irrigado de Bebedouro

		Condutividade hidráulica pelo teste furo do trado (m/dia)					
Numero da linha de poços	Nº do teste	Lote 059 Dreno DE-02	Lote 019 Dreno DE-03	Lote 019 Dreno DE-04	Lote 045 Dreno DE-12	Lote 082 Dreno DE-03	Lote 082 Dreno DE-04
Linha 01	1	4,45	3,90	4,90	2,25	3,64	3,11
	2	4,61	3,89	5,10	2,34	3,65	3,20
	3	4,60	3,76	5,14	2,35	3,71	3,40
Linha 02	1	4,60	4,00	5,10	2,34	3,72	3,60
	2	4,62	3,90	4,98	2,30	3,69	3,40
	3	4,66	3,65	5,23	2,31	3,78	3,50
Linha 03	1	4,60	3,90	5,10	2,34	3,75	3,50
	2	4,63	3,98	5,22	2,36	3,72	3,41
	3	4,69	4,05	5,30	2,45	3,80	3,48
Média		4,61	3,91	5,12	2,34	3,72	3,40