

AVALIAÇÃO TÉCNICA-ECONOMICA DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO NA
CULTURA DO CAUPI, *Vigna unguiculata* (L) Walp.

ANTONIO EDINARDO SOARES DE SENA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

1988

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrícola, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Antonio Edinaldo Soares de Sena

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/12/1988

Prof. Francisco de Souza, Ph. D.
- Orientador -

Prof. José Valdeci Biserra, Ph. D.

Prof. Paulo Teodoro de Castro, Mestre

Aos meus pais,

AGOSTINHO e VERÔNICA

A
MARCIA e
RENATA
DEDICO.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE QUADROS</u>	
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	
<u>RESUMO</u>	
<u>ABSTRACT</u>	
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	2
2.1 - <u>Considerações sobre a cultura do caupi (<u>Phaseolus vulgaris</u>, <u>L.</u>)</u>	2
2.2 - <u>Fatores que influenciam na performance da irrigação</u>	3
2.3 - <u>Fatores que influenciam na uniformidade de distribuição</u>	6
2.4 - <u>Efeitos causados pelo vento na irrigação por aspersão</u>	8
2.5 - <u>Influências do clima na evaporação do jato</u>	9
2.6 - <u>Influência da rotação do aspersor na performance de irrigação</u>	10
2.7 - <u>Fatores econômicos que influenciam na irrigação por aspersão</u>	12
3 - <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	14
3.1 - <u>Caracterização da área do experimento</u>	14
3.2 - <u>Características físico-hídricas do solo</u>	15
3.2.1 - Capacidade de campo (Método Direto no Campo)	15
3.2.2 - Massa específica do solo	15
3.2.3 - Massa específica das partículas do solo	15

	Página
3.2.4 - Ponto de murchamento permanente	16
3.2.5 - Composição granulométrica	16
3.3 - <u>Procedimento experimental</u>	16
3.3.1 - Curva característica da evapotranspiração real da cultura	18
3.3.2 - O conjunto aspensor	18
3.3.3 - Equipamentos de Medição	24
3.3.4 - Obtenção dos dados	26
3.3.5 - Manejo da irrigação	27
3.4 - <u>Análise econômica</u>	29
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	30
4.1 - <u>Diferenças entre as vazões previstas e as observadas</u>	30
4.2 - <u>Avaliação do sistema de irrigação</u>	32
4.2.1 - Parâmetros de avaliação da performance	32
4.2.2 - Classificação da irrigação praticada no experimento	34
4.2.3 - Influências da rotação do aspensor sobre os parâmetros de irrigação	35
a) Influência da rotação do aspensor no padrão de distribuição	35
b) Influência da rotação dos aspersores na eficiência de aplicação (Ea)	37
4.3 - <u>Análise estatística entre os testes realizados nas laterais extremas versus realizados na lateral central</u>	38
4.4 - <u>Avaliação da uniformidade de distribuição da água pelo aspensor através da construção de isoietas (Método DAM)</u>	38
4.5 - <u>Análise econômica</u>	42

Página

5 - <u>CONCLUSÕES</u>	55
6 - <u>RECOMENDAÇÕES</u>	57
7 - <u>LITERATURA CITADA</u>	58
8 - <u>ANEXOS</u>	61

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
3.1 Características físicas do perfil do Solo Aluvial Eutrófico. Pentecoste-CE (BEZERRA, 1985)	17
3.2 Pressões nos diferentes pontos das laterais de testes	22
3.3 Valores individuais e médias das vazões dos aspersores (1º e 2º) nos diferentes testes de precipitação	23
3.4 Manejo da irrigação durante todo o experimento indicando-se os tempos de irrigações, turnos de rega e lâmina requerida em cada uma das irrigações, considerando-se uma precipitação do aspersor de 6,66mm/h e uma eficiência de irrigação de 80%	28
4.1 Diferenças entre vazões, medidas e calculadas, para as pressões impostas aos aspersores nas diferentes laterais de testes . . .	31
4.2 Parâmetros de avaliação da performance do experimento	33
4.3 Tempo de rotação dos aspersores, velocidade e direção do vento medidos em cada teste de precipitação	36
4.4 Análise estatística usando-se o teste <u>t</u> de Student, para comparação dos parâmetros obtidos nos testes realizados em posições laterais extremas versus posição central	39
4.5 Valores das Zonas Déficit (ZD), Zonas Médias (ZM), Zonas Excedentes (ZE), velocidades do	

Quadro		Página
	vento e média de rotação dos aspersores de teste nos diferentes testes de precipitações	41
4.6	Comparações dos gastos de tempo e energia entre os manejos convencional e baseado no uso consuntivo da cultura, nas diversas irrigações	52
4.7	Estrutura de Custos e Receitas para uma safra de feijão irrigado	54
4.8	Indicadores econômicos para uma safra de feijão (caupi) irrigado	54

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
3.1 Curva característica de evapotranspiração real da cultura do feijoeiro (caupi) Pitiúba (SAUNDERS et alii, 1981)	19
3.2 Conjunto Aspensor indicando as posições de linhas e aspersores de testes, compreendendo uma área de 0,648 ha	21
3.3 Representação da instalação dos pluviômetros (coletores) entre os aspersores de teste . .	25
4.1 Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 01	43
4.2 Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 02	44
4.3 Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 03	45
4.4 Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 04	46
4.5 Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 05	47
4.6 Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 06	48
4.7 Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº	

Figura		Página
	07	49
4.8	Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº	
	08	50
4.9	Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº	
	09	51

RESUMO

O experimento foi conduzido no campo, num período de 5 meses (Agosto a Dezembro de 1986), na Estação Experimental Vale do Curu, Pentecoste, Ce., numa área de 0,648ha. As condições de velocidade do vento durante os testes variaram de 9,60 a 19,04 km/h, com vazão média dos aspersores de teste entre 2,27 e 2,76 m³/h e direção do vento alternando entre SE e E. Os testes foram realizados entre 6:33 e 18:04 h.

Foi usado o modelo linear de KARMELI et alii (1978) para se determinar os parâmetros da qualidade da irrigação, tendo-se alcançado com o manejo usado uma eficiência de aplicação média (\bar{E}_a) de 83,86%, um coeficiente de uniformidade de Christiansen médio (\overline{CUC}) de 76,54%, uma eficiência de armazenamento média (\bar{E}_s) de 89,57% e uma perda por percolação profunda média (\bar{D}_p) de 16,14%.

Avaliando-se a uniformidade de distribuição da água pelos aspersores através do método DAM, verificou-se que em média 33,65% da área foi irrigada com deficiência, 33,10% foi irrigada medianamente e 33,25% irrigada em excesso.

A análise estatística comparativa entre os testes realizados nas posições de laterais extremas versus a posição central não apresentou diferenças significativas.

O manejo da irrigação aplicado no experimento, baseado no uso consuntivo da cultura, economizou 4,08% de energia comparado com o manejo convencional.

Com o manejo de irrigação aplicado, foi alcançado uma produção de 1.148 kg de grãos de caupi na área de 0,648 ha, ou seja, 1.794 kg/ha.

Para avaliar a influência do manejo aplicado na economicidade da irrigação por aspersão na cultura do caupi foi feita uma análise econômica chegando-se aos seguintes resultados:

- O lucro foi de Cz\$ 11.147,05 (104,77 OTN's), na área de 0,648 ha, o que equivale a 17.202,23 Cz\$/ha (161,68 OTN's/ha).

- O retorno ao trabalho foi de Cz\$ 159,18 (1,496 OTN) por homem-dia.

- O retorno à água usada para as irrigações foi de Cz\$ 1,71 (0,016 OTN) por metro cúbico de água usada.

ABSTRACT

The experiment was carried out, during 5 months (august to december, 1986) at the "Vale do Curu" Experimental Station (Pentecoste, CE, Brazil). Wind velocity ranged from 9.60 to 19.04 km/h; the average sprinkler discharge varied from 2.27 to 2.76 m³/h. Field tests were done between 6:33 AM and 6:04 PM.

KARMELI et alii (1978) linear model was applied to determine the irrigation quality parameters. The average values of the irrigation quality parameters found, were the following: application efficiency, $\bar{E}_a = 83.86\%$. Christiansen uniformity coefficient, $\overline{CUC} = 76.54\%$; storage efficiency, $\bar{E}_s = 89.57\%$, and deep percolation, $\bar{D}_p = 16.14\%$.

Evaluation of the uniformity of water distribution by the sprinklers by applying the DAM methodology presented an deficient irrigated area of 33.65%, medium irrigated area of 33.10% and 33.25% irrigated in excess.

Statistical analysis comparing tests in extreme positions versus tests in central position presented no statistic significance.

Under the experimental conditions the crop productivity was 1794 kg/ha.

The economical analysis showed the following results:

- profit: Cz\$ 11 174.05 (104.77 OTN's) in 0,648 ha; equivalent to 17 202.23 Cz\$/ha.
- the return to labor/man-day was Cz\$ 159.18 (1.496 OTN's).
- the return to water used for irrigation was Cz\$ 1.71 (0.016 OTN) per each meter of water.

1 - INTRODUÇÃO

Na exploração agrícola, dois recursos naturais são de importância fundamental: o solo e a água. Com o constante aumento da densidade demográfica em quase todo o mundo e, principalmente em nosso país, tornou-se necessária a expansão das áreas cultivadas pela agricultura, para o aumento da produção de gêneros alimentícios, ainda deficientes em várias regiões do mundo, inclusive no Brasil. Diante da necessidade de suprir as deficiências de produção de alimentos, o manejo e exploração eficientes do solo, da água e da planta, são tarefas importantes a serem executadas.

Dentre as culturas exploradas no Brasil, o feijão é uma das principais, sendo que no Nordeste brasileiro o caupi, do gênero Vigna, é o mais cultivado e consumido.

O consumo "per capita" da leguminosa na região atinge 30 kg na zona urbana e 40 kg na zona rural, um dos mais elevados do mundo. O caupi tem importância nutricional decorrente da sua boa fonte de proteínas para a população.

Como exploração econômica o caupi contribui em grande parcela na renda familiar do nordestino, e quando cultivado através da irrigação, na entressafra, época em que os preços se elevam bastante, pode tornar-se uma das explorações mais rentáveis ao agricultor.

A irrigação bem planejada e eficiente supõe-se aumentar a produtividade da cultura e, conseqüentemente, o lucro do agricultor por unidade de área. Com base neste argumento é que foi realizado o presente trabalho.

O objetivo principal deste foi determinar a rentabilidade da exploração do caupi irrigado por aspersão, através da determinação das eficiências de irrigação (Ea, Es e Dp) e distribuição de água (CUC). Assim como os seus resultados econômicos.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

CRIDDLE et alii (1969), estabeleceram que sete fatores principais deveriam ser observados em qualquer sistema de aspersores rotativos para determinar a adequacidade para projeto e operação, e que ajustes podem ser necessários na distribuição e no uso do equipamento: a taxa de aplicação, a lâmina bruta, a capacidade do sistema, a uniformidade de aplicação, as perdas d'água, o diâmetro econômico da tubulação e os danos causados à cultura.

2.1 - Considerações sobre a cultura do caupi (Phaseolus vulgaris, L.).

Segundo DUBETZ & MAHALLE (1969), citado por BEZERRA (1985), o estresse hídrico quando aplicado nas três fases vegetativas do feijão (caupi) provoca redução no rendimento, porém o efeito é mais drástico quando ocorre na fase de floração.

Para MAGALHÃES & MILLAR (1978), citado por BEZERRA (1985), o rendimento relativo do caupi diminui à medida que o potencial mátrico da água do solo decresce e para se obter rendimentos de pelo menos 80% da produção potencial, é necessário que o solo esteja com um potencial acima de - 2 bars e que a cultura seja irrigada no máximo com turno de rega de 14 dias, no período crítico.

De acôrdo com DAKER (1984), a cultura do caupi possui um sistema radicular composto de uma raiz principal pivotante com raízes e radículas, que exploram uma camada relativamente superficial do solo, geralmente não mais que 60cm de profundidade. Afirma ainda, que os métodos de irrigação por aspersão e por superfície, são os mais adaptados

a cultura do caupi, e que a escolha do método a adotar depende das características do solo, da topografia e da conveniência do irrigante.

PEREZ (1979), citado por BEZERRA (1985), submetendo o feijão comum (caupi) a déficits hídricos durante diferentes fases de seu ciclo fenológico, observou que a cultura é muito sensível à variação de umidade do solo nas fases de floração e frutificação, acarretando diminuição significativa nos rendimentos. Afirma o autor, que no período de desenvolvimento vegetativo as variações da umidade do solo, entre 73 e 80% da capacidade de campo, não afetam os rendimentos do caupi.

Segundo BEZERRA (1985), ocorrem diferenças estatísticas pelo teste de Duncan, ao nível de 0,05 de probabilidade, no fator época de plantio. As melhores produtividades de vagens e de grãos deram-se nas três primeiras épocas de plantio e foram respectivamente, 1610,60 e 1248,10 Kg/ha para a 1ª época (28/julho), 1357,60 e 979,70 Kg/ha na 3ª época (27/agosto), e 1071,60 e 858,00 Kg/ha na 2ª época (12/agosto).

2.2 - Fatores que influenciam na performance da irrigação.

CRIDDLE et alii (1969), afirmam que se as pressões na lateral podem ser mantidas aproximadamente iguais para todas as posições, as eficiências da lateral e do sistema podem ser consideradas idênticas. Entretanto, se as pressões na lateral variam em diferentes posições, testes adicionais de avaliação podem ser necessários para determinar a eficiência total do sistema.

Segundo HART et alii (1979), a eficiência e a distribuição de uma determinada irrigação podem ser descritas através da medição de quatro quantidades independentes, que também permitem a definição da performance da irrigação e a determinação das melhorias necessárias. E que o conhecimen-

to corrente da irrigação pode sugerir limites gerais dos quatro parâmetros listados: Es - Eficiência de Armazenamento; Ep - Eficiência de Percolação Profunda; Ed - Eficiência de Distribuição; Ud - Uniformidade de Distribuição, cujos níveis dos parâmetros de qualidade de irrigação sugeridos estão no Quadro 01. Três limites de cada parâmetro são apresentados: Excelente, Satisfatório e Insatisfatório. A partir destes, seis categorias de performance de irrigação podem ser expressas.

QUADRO 01 - Níveis dos parâmetros de qualidade de irrigação.

Parâmetro	Excelente	Satisfatório	Insatisfatório
Es	$\geq 0,8$	$\geq 0,5 < 0,8$	$< 0,5$
Ep	$\geq 0,8$	$\geq 0,5 < 0,8$	$< 0,5$
Ud	$\geq 0,9$	$\geq 0,7 < 0,9$	$< 0,7$
Ed	$\geq 0,8$	$\geq 0,6 < 0,8$	$< 0,6$

CATEGORIA I - Os parâmetros Es, Ep e Ud estão na faixa excelente. Não sendo necessária melhoria na distribuição de água ou lâmina de aplicação.

CATEGORIA II - As eficiências Es e Ep estão na faixa excelente, mas a distribuição está fora dessa faixa. A distribuição de água deve ser melhorada para o mesmo nível médio de aplicação.

CATEGORIA III - Os parâmetros Ep e Ud estão na faixa excelente, mas Es não está nessa faixa, implicando que a quantidade de água requerida não tem sido absorvida pelo solo. Para satisfazer o requerimento, a lâmina média de aplicação deve ser aumentada.

CATEGORIA IV - Os parâmetros Es e Ud estão na faixa excelente e o parâmetro Ep está fora dessa faixa, implicando que a distribuição é boa e que a lâmina requerida foi absorvida pelo solo. Entretanto, uma quantidade excessiva de água tem sido absorvida. O total de água absorvida deve ser reduzido.

CATEGORIA V - O parâmetro Ud não está na faixa excelente e os parâmetros Es ou Ep, ou ambos, não estão na faixa excelente, e $Es < Ep$. Requer melhoria na distribuição. Se somente Ep é diferente, então a aplicação total deve ser diminuída em combinação com a distribuição melhorada.

CATEGORIA VI - O parâmetro Ud não está na faixa excelente e os parâmetros Es ou Ep, ou ambos, não estão na faixa excelente, e $Es > Ep$. A performance requer melhor distribuição e diminuição na aplicação total de água.

Para BAGLEY & CRIDDLE (1955), a eficiência de aplicação de água, definida como a razão da água armazenada na zona radicular do solo e utilizada pela cultura pela água distribuída ao campo, é a medida comumente usada em prática de irrigação. Entretanto, eficiências de aplicação podem ser altas e a prática da irrigação pobre, se a água aplicada não é uniformemente distribuída através do campo e da zona radicular do solo.

De outro modo, a eficiência de aplicação é a razão da quantidade de água que atinge a superfície do solo como medida por amostragem de latas pela quantidade que é descarregada dos bocais dos aspersores. Se não há perda d'água por escoamento superficial ou percolação profunda, a eficiência de aplicação anteriormente definida, dá uma medida indireta das perdas d'água por arrastamento pelo vento e evaporação. E que entre os fatores climáticos que afetam a eficiência de aplicação estão a umidade relativa, a taxa de aplicação e temperatura. O espaçamento de aspersores, a pressão de operação e o movimento do ar afetarão também a eficiência de aplicação mas podem ter um efeito mais pronunciado sobre o padrão de distribuição. Eficiências de aplicação mais altas devem ser obtidas quando o sistema é projetado para aplicar água o mais rapidamente possível sem causar escoamento superficial.

Segundo ERIE et al. (1954), citado por BAGLEY & CRIDDLE (1955), a umidade relativa do ar, a taxa de aplicação de água e a temperatura têm consideravelmente mais efeito na eficiência de aplicação que a velocidade do vento ou o brilho do sol durante a irrigação.

Para HALDERMAN & FROST (1968), a água de irrigação pode ser aplicada com um sistema de irrigação bem projetado com uma eficiência de 70 a 80%. Isto significa que 70 a 80% da água que deixa a bomba é armazenada no solo para uso das culturas.

De acordo com RIBEIRO (1982), o modelo proposto para o cálculo das eficiências de uma irrigação (Modelo Linear de KARMELI et alii., 1978) é de fácil aplicação, possibilitando rápida análise, interpretação dos dados e apresenta elementos práticos para verificação da performance (eficiências) de aspersores e sistemas de irrigação.

2.3 - Fatores que influenciam na uniformidade de distribuição.

Segundo SOARES, PINTO & MAGALHÃES (1986), a uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão é um importante parâmetro a ser determinado para se obter melhor eficiência de aplicação. Há diversas expressões numéricas que servem para determinar a uniformidade de distribuição de água pelos aspersores (BRANSCHIED & HART 1968; DAVIS, 1966 e PAIR, 1968). Tais expressões permitem uma análise dos modelos de distribuição da água e, também, verificar os espaçamentos entre os aspersores e uma série de outros fatores, que influenciam na uniformidade de aplicação, podendo provocar uma redução na eficiência do sistema.

FRY & GRAY (1969), citados por SOARES et alii (1986), afirmam que a uniformidade de distribuição obtida depende do tipo de modelo de distribuição produzido e do espaçamento dos aspersores, sendo influenciada por fatores como velocidade de rotação do aspersor, pressão de serviço, altura do tubo de elevação e diâmetro do bocal. Acrescenta LOPEZ (1985) que o fenômeno climático de consideração mais importante na aspersão é o vento, devendo-se ter, por um lado uma idéia aproximada de sua velocidade, que desempenha

um papel significativo na eficiência de aplicação e, por outro lado, sua direção, que deve ser levado em conta nas disposições das tubulações. Esclarece ainda que as altas temperaturas e a baixa umidade relativa do ar diminuem a eficiência do sistema aumentando as perdas por evaporação.

Para MERRIAM et alii (1968), citados por SOARES et alii. (1986), a determinação do coeficiente de uniformidade é o processo estatístico mais comum para avaliação do sistema de irrigação por aspersão, sendo que, por convenção 80% é o valor mínimo aceitável para um bom desempenho normal do aspersor.

Segundo BAGLEY & CRIDDLE (1955), o propósito de uma boa irrigação por aspersão é prevenir partes do campo de serem sub-irrigadas. A falta de uniformidade pode resultar em áreas de pobre cobertura vegetal e baixa produção. A eficiência de distribuição dá uma média da capacidade de um sistema aplicar iguais quantidades de água em todas as partes da área coberta. Além do mais a uniformidade de aplicação da água pelos aspersores é afetada pela pressão do bocal, espaçamento dos aspersores e velocidade do vento.

Para SOLOMON (1978), desde que muitos sistemas de aspersão são operados para aplicar várias irrigações em um dado campo durante uma estação da cultura, a distribuição da lâmina de irrigação acumulada por múltiplas irrigações é mais importante do que de uma simples irrigação. Normalmente a resposta de culturas a aplicações limitadas de água pode ser esperada como sendo uma função de múltiplas irrigações (PAIR, 1968).

CHRISTIANSEN (1942), estabeleceu que para se determinar a uniformidade de distribuição deve-se utilizar uma expressão chamada Coeficiente de Uniformidade (CU), expresso em porcentagem e definido pela equação:

$$CU = 100 \left(1,0 - \frac{\sum x}{mn} \right)$$

em que x é o desvio das observações individuais do valor médio \underline{m} , e \underline{n} é o número de observações.

Segundo RIBEIRO (1982), os valores de CUC, CUH e

CUL, podem ser usados indistintamente, quando o valor do coeficiente de variação é baixo ou médio.

Para NOGUEIRA (1987), em irrigações de padrão médio e bom ($C_v \leq 62\%$), os coeficientes de uniformidade de CHRISTIANSEN (CUC) e de HART (CUH) podem ser usados indistintamente para descrever a uniformidade dos sistemas de aspersão. Entretanto, o cálculo de CUH é mais rápido e prático.

OLITTA (1981), afirma que uma avaliação mais rigorosa da uniformidade de distribuição da água pelo aspersor poderá ser obtida com a construção das isoietas (método Dam) que compreendem as linhas de igual valor dos volumes coletados nos recipientes. Considera-se que uma variação de 10% acima e 10% abaixo do valor da taxa média de aplicação delimita a zona de aplicação média, sendo que as outras zonas delimitadas serão denominadas zona excedente e zona deficitante, respectivamente.

2.4 - Efeitos causados pelo vento na irrigação por aspersão.

Segundo SOARES et alii (1986), a elevada velocidade do vento registrada ao longo dos testes causa problemas ao desempenho do sistema de irrigação por aspersão.

Segundo NOGUEIRA (1987), o aspersor ZE-30 (3,2 atm e 4,26mm/h) apresentou maior sensibilidade ao aumento da velocidade do vento (e de C_v) em relação ao aspersor ZED-30 (2,40 atm e 7,83mm/h). Ainda, para as condições climáticas do local da realização do estudo (Vale do Curú - Petence/CE), deve-se preferir irrigação por aspersão no horário matutino e, sempre que possível, antes das 8:00h da manhã, conforme também recomendou RIBEIRO (1982). Aquele autor recomenda aumentar a frequência de registro dos valores de velocidade e direção do vento (pelo menos de 10 em 10 minutos) durante os testes, para melhor representatividade das condições locais do vento.

BAGLEY & CRIDDLE (1955), em seus estudos indicam

que se os ventos são um fator que ainda prevalecem em uma certa direção, os aspersores devem ser espaçados entre si não mais que a metade do seu diâmetro de cobertura. Para ventos que prevalecem, as laterais devem ser dispostas transversalmente ao vento e o espaçamento de aspersores na lateral deve ser reduzido a 0,2 ou 0,3 do diâmetro molhado. Indiferente do espaçamento as eficiências de distribuição podem ser grandemente melhoradas pelo posicionamento dos aspersores na metade do espaçamento lateral na próxima irrigação.

CHRISTIANSEN (1942), afirma que embora a água seja lançada um tanto longe na direção sotavento, ela não é lançada tão longe em outras direções, e a área coberta é apreciavelmente reduzida. Há geralmente uma alta concentração de água próximo ao aspersor, especialmente em direções normais ao vento, e uma deficiência na direção sotavento.

Para NOGUEIRA (1987), a direção do vento não influenciou, praticamente, nos parâmetros de performance obtidos no seu estudo, uma vez que as diferenças entre elas foram inferiores a 2% e que o espaçamento utilizado era quadrado (18 x 18m).

A direção do vento é um dos fatores alteradores da uniformidade da irrigação por aspersão. No entanto, o efeito da direção do vento sobre os parâmetros da performance de irrigação por aspersão torna-se negligível quando o espaçamento é quadrado, conforme explicou SOLOMON (1978), citado por VORIES & von BERNUTH (1985) e NOGUEIRA (1987).

2.5 - Influências do clima na evaporação do jato.

Segundo BAGLEY & CRIDDLE (1955), a grande porção da perda por evaporação é da folhagem e da superfície do solo molhadas, já que as superfícies expostas são extensas e a água continuará a evaporar por algum período de tempo após a irrigação. Entretanto, essa evaporação tende a diminuir a

transpiração e pode ser parcialmente efetiva na satisfação das necessidades hídricas das culturas.

Para SEGNER (1970, 1971, 1973), cálculos de perdas d'água de aspersão entre o bocal e a cultura ou superfície do solo varia de menos de 1% para um máximo de 6%, dependendo do tamanho da gotícula e condições atmosféricas. A maioria dos cálculos caem nos valores mais baixos desta variação, sugerindo perdas por evaporação sendo de cerca de 1 a 2% do total da água descarregada.

De acôrdo com CHRISTIANSEN (1942), a perda por evaporação do jato é negligível em comparação com as perdas subsequentes do solo e da vegetação molhada. Mesmo quando se considera o possível efeito da radiação solar e o aumento na pressão de vapor da água quando na forma de pequenas gotas não se pode computar como perdas por evaporação do jato de mais de 2% da água aplicada. E que a evaporação dos solos e outras superfícies molhadas, durante e seguinte a aplicação da água, pode ser apreciável. Esta perda é relativamente mais importante quando da irrigação por aspersão que com irrigação por outros métodos.

Para HALDERMAN & FROST (1968), as perdas por evaporação e por arrastamento pelo vento são geralmente menos que 10% dependendo da temperatura do ar, vento e pressão de operação. Altas temperaturas e ventos velozes aumentam as perdas. Altas pressões de operação produzem pequenas gotículas e resultam em maiores perdas por evaporação e arrastamento.

2.6 - Influência da rotação do aspersor na performance de irrigação.

Segundo CRIDDLE et alii (1969), a água aplicada em qualquer ponto em uma revolução do aspersor deverá desaparecer antes da água ser novamente aplicada naquele ponto. Não deverá haver movimento de água sobre a superfície, e

mesmo o mais leve espaçamento é geralmente insatisfatório. O movimento superficial de água sobre outra área é indicativo de muito alta taxa de aplicação.

Para CHRISTIANSEN (1942), houve evidência que as variações na taxa de rotação do aspersor foram grandemente responsáveis pela distribuição irregular. Foi encontrado que houve variações apreciáveis na taxa média para diferentes quadrantes. Testes apresentam evidências definidas que a distribuição irregular em muitos testes foi devido grandemente a variações na taxa de rotação do aspersor, e que essas variações são indubitavelmente devido a variação na fricção no ponto de apoio quando o aspersor está em diferentes posições. Já que a força motriz é relativamente constante, uma variação na velocidade resulta quando a resistência friccional varia. Observações de campo indicam que aspersores usados frequentemente variam mais na velocidade de rotação que aspersores novos e que há uma grande diferença na performance de aspersores do mesmo tipo na mesma linha. O aspecto mais visível da influência da rotação do aspersor nos padrões de distribuição é a grande redução na área coberta, esta redução na área resulta num aumento correspondente na taxa de aplicação real. Conseqüentemente, os aspersores devem ter espaçamentos mais juntos quando girando rapidamente, para assegurar a mesma uniformidade de distribuição. Além disso, com sistemas portáteis, as linhas devem ser movidas mais frequentemente. Aspersores de revolução lenta são projetados para operar com velocidade de uma revolução por minuto, e nunca deve girar mais rápido que três ou quatro revoluções por minuto. Velocidades excessivas aumentam o desgaste nos pontos de apoio e eixos, que em retorno podem causar rotação irregular do aspersor.

2.7 - Fatores econômicos que influenciam na irrigação por aspersão.

Os custos de operação são menores e a aplicação da

água é mais uniforme quando as pressões diferem pouco entre vários pontos (CRIDDLE, DAVIS, PAIR & SCHOCKLEY, 1969), citados por SOARES et alii (1986).

BAGLEY & CRIDDLE (1955), afirmam que mesmo que as perdas por arrastamento pelo vento e pela evaporação não representam uma grande porcentagem, elas são importantes e devem ser levadas em conta e mantidas a um mínimo. Já que os custos de aplicação de água por aspersão são relativamente altos, qualquer desperdício representa uma perda econômica. E que a seleção do espaçamento será em base de encontrar um balanço entre custo de mão-de-obra para movimentação, custos de energia e aumentos da eficiência à partir de aplicação mais uniforme com espaçamentos mais juntos.

Para HALDERMAN & FROST (1968), depreciação, custo de investimentos, manutenção, energia para a pressão dos aspersores e trabalho para movimentar o sistema são custos adicionais. Perdas de culturas causadas pelo movimento da tubulação ou sobras de terras ociosas ao longo da lateral são responsáveis por reduções de retornos. E que geralmente o trabalho requerido para o movimento manual do sistema varia de três quartos de hora-homem por acre para irrigação de solos arenosos e culturas de porte baixo a mais de uma hora-homem por acre para irrigações de locais lamacentos, solos de textura finas e culturas altas.

E ainda, o custo total de reposição e operação de um sistema por aspersão incluem custos do capital, energia, trabalho e manutenção.

Para DAKER (1984), nas estações desfavoráveis à cultura do caupi, nas estações de forte estiagem, o preço desse produto sobe consideravelmente devido à pobreza das safras, dando enormes lucros àqueles que se preocupam em empregar melhores técnicas (como a irrigação) para produzi-lo.

Ainda segundo HALDERMAN & FROST (1968), numa irrigação, efeitos positivos implicam em retornos adicionais e efeitos negativos aumentam os custos e reduzem os retornos. Dentre os vários ítems que incluem redução dos custos é o de bombeamento (se menos água é usada) o mais eficiente me-

canismo de operação, implicando numa menor depreciação dos equipamentos. Já o custo total de reposição de um sistema por aspersão inclui custos de capital (investimento), energia, trabalho e manutenção. Nesse tipo de irrigação (aspersão), depreciação, custos de investimentos, manutenção, energia para a pressão dos aspersores e trabalho para movimentar o sistema, são custos adicionais. Perdas de culturas causadas pelo movimento da tubulação ou terras ociosas ao longo da lateral, dando-lhes lugar, são responsáveis por redução de retornos (produção).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Caracterização da área do experimento.

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Vale do Curú, município de Pentecoste/CE, de propriedade da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, situada geograficamente entre os paralelos 3°45' e 4°00' S e os meridianos de 39°15' e 39°30' a Oeste de Greenwich e a uma altitude de aproximadamente 47 metros acima do nível do mar. O clima, de acordo com a Classificação de Koeppen, é do tipo Aw' (quente e úmido), com chuvas e precipitações máximas no outono. A temperatura média mensal mínima é de 21,9°C e a máxima é de 34,8°C; a umidade relativa (média mensal) tem valor de 67,4%, sendo a demanda evaporativa (média mensal) 208,3mm, pelo evaporímetro de Piche e 234mm/mês pelo tanque Classe "A". O experimento foi realizado no período de Agosto a Dezembro de 1986, registrando-se uma precipitação total de 16,8mm no período.

O relevo da área experimental (Plano AT1) é tipicamente plano, com declividade média de 0 - 2%. Os solos são, geomorfologicamente, Terraços Aluviais provenientes de deposições de sedimentos aluvionais recentes. De acordo com os critérios adotados pela Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo do Ministério da Agricultura e com o novo Sistema Americano de Classificação - 7ª aproximação, são classificados como solos Aluviais Eutróficos, argila de atividade alta, horizonte A fraco, textura arenosa, Typic Terrifluent (COELHO, 1971).

As amostras coletadas para a obtenção de terra fina seca ao ar, e as amostras com estrutura não alteradas obtidas em cilindro de alumínio, permitiram a determinação das seguintes características físicas e químicas do solo: massa

específica, composição granulométrica, massa específica das partículas, ponto de murchamento e matéria orgânica. Os resultados de análises de amostras coletadas nas camadas de (0 - 30)cm e (30 - 60)cm, de acordo com o Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da UFC, constam no Quadro 3.1.

3.2 - Características físico-hídricas do solo.

3.2.1 - Capacidade de campo (Método Direto no Campo).

Usando-se a metodologia de THOMAS & HARRIS (1926), descrita pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1969), no Manual de Métodos de Análise de Solo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS - EMBRAPA), foram obtidas determinações da Capacidade de Campo de (0 - 30)cm e (30 - 60)cm com valores de $0,273 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ e $0,247 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ para as respectivas camadas.

3.2.2 - Massa específica do solo.

Pelo método do anel volumétrico, descrito por UNLAND (1949), os valores da massa específica do solo, calculados com base na massa das partículas sólidas a 105°C , a partir de amostras com estrutura indeformada são de 1,42 e 1,38 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ nas camadas de (0 - 30)cm e (30 - 60)cm, respectivamente.

3.2.3 - Massa específica das partículas do solo.

Através do método do balão volumétrico, os valores

da massa específica das partículas do solo nas camadas de (0 - 30) e (30 - 60)cm, segundo a massa e o volume das partículas sólidas do solo a 105°C, são de 2,59 e 2,59 g.cm⁻³, respectivamente.

3.2.4 - Ponto de murchamento permanente.

Foi obtido através do extrator de Richards com placa cerâmica, usando-se amostras indeformadas saturadas em anéis de borracha de 1cm de altura por 6cm de diâmetro e pressão de 15 atm. Após 24 horas o conteúdo de umidade do ponto de murchamento permanente das camadas de (0 - 30) e (30 - 60)cm foram de 0,065cm³.cm⁻³.

3.2.5 - Composição granulométrica.

A granulometria do solo foi determinada a partir de amostras de 20g de terra seca ao ar das camadas (0 - 30) e (30 - 60) cm, pelo método da pipeta (RICHARDS, 1945), sendo as frações primárias caracterizadas de acordo com a Classificação da Sociedade Internacional da Ciência do Solo. Os resultados são apresentados no Quadro 3.1.

3.3 - Procedimento experimental.

A área experimental havia sido cultivada obedecendo a rotação de culturas. Anteriormente ao plantio, a referida área foi submetida a uma aração com profundidade média de 30 cm, seguida de gradagens cruzadas para destorroamento. As dimensões da mesma foram de 90m x 72m (0,648 ha), com uma bordadura de 3 m de largura ao redor de toda a área, sendo

QUADRO 3.1 - Características físicas do perfil do Solo Aluvial Eutrófico. Pentecoste-CE (BEZERRA, 1985).

CAMADA		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				ARGILA DISPERSA EM ÁGUA (%)	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL	GRAU DE FLOCULAÇÃO	MASSA ESPECÍFICA		POROSIDADE (%)
SÍMBOLO	PROF. (cm)	AREIA GROSSA 2 - 0,2 mm	AREIA FINA 0,2-0,02mm	SILTE 0,02 - 0,002 mm	ARGILA < 0,002 mm				DO SOLO (g.cm ⁻³)	DAS PARTÍCULAS (g.cm ⁻³)	
I _c	15	13,6	53,5	23,1	9,8	7,7	FRANCO ARENOSA	21	1,42	2,59	45
II _c	45	4,6	52,3	29,7	13,4	10,3	FRANCO ARENOSA	23	1,38	2,59	47

irrigada por um conjunto aspensor.

A cultura escolhida foi o caupi, Vigna unguiculata (L) Walp, procedente do Banco de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará. A cultivar usada (João Paulo II) é de grande aceitação na região, bem como, de grande representatividade na alimentação básica da família brasileira e principalmente nordestina. A fórmula de adubação química usada foi a 00-60-30 - quilogramas de NPK aplicada 50% na cova e 50% a lanço.

3.3.1 - Curva característica da evapotranspiração real da cultura.

Com base nos dados levantados na mesma área por SAUNDERS et alii (1981), obteve-se a curva característica da evapotranspiração da cultura do caupi Pitiúba, plotando-se no eixo das ordenadas o uso consuntivo acumulado, em milímetros, e nas abscissas o tempo acumulado de desenvolvimento da cultura, em dias. Considerando que as duas variedades - Pitiúba e João Paulo II - possuem grande identidade morfológica e ambiental, usou-se a curva característica da evapotranspiração real do Pitiúba, conforme se observa na figura 3.1.

3.3.2 - O conjunto aspensor.

O sistema de irrigação foi constituído por um conjunto moto-bomba, uma linha principal e uma linha lateral trabalhando em cinco diferentes posições. Essas linhas, eram constituídas de tubos de alumínio de 3" de diâmetro. A linha lateral, com 54m de comprimento, 4 aspersores com as seguintes características: modelo ZE-30 (ASBRASIL), com bocal de 6 mm, raio de alcance de 16,25m, pressão de serviço de

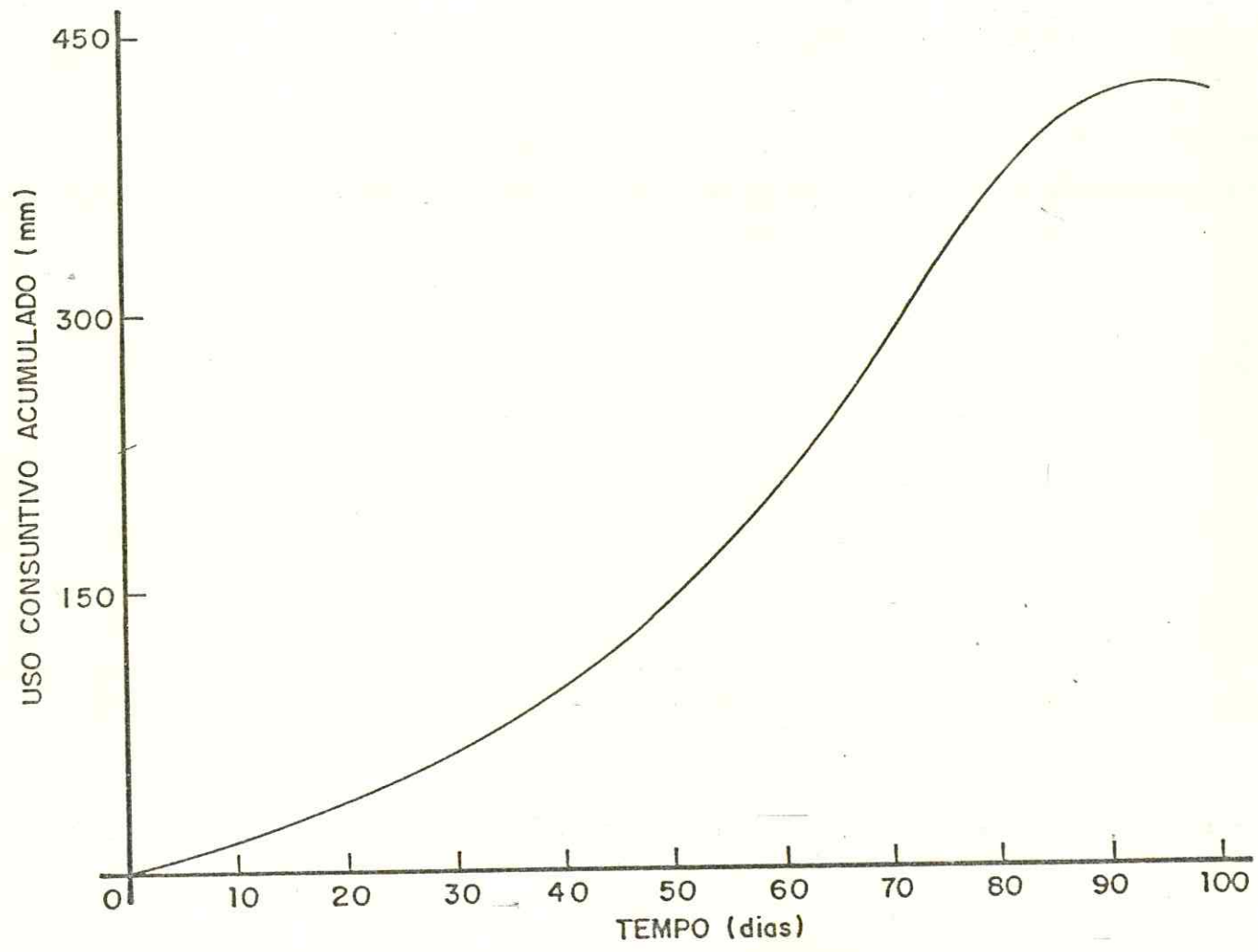


Fig. 3.1 - Curva característica de evapotranspiração real da cultura do feijoeiro Pitiúba (SAUNDERS et alii, 1981):

2,50 atm, 2,16 m³/h de vazão e 6,66 mm/h de precipitação para o espaçamento de 18 x 18m, funcionando a uma velocidade média de vento de 2 m/s (7,2 km/h). O conjunto foi adaptado com registros de gaveta para permitir o controle das pressões pré-estabelecidas para cada posição de lateral.

Todos os testes de avaliação do sistema foram realizados nos dois aspersores centrais da linha lateral, doravante considerados como 1º (primeiro) e 2º (segundo) aspersores de teste. Como a linha lateral deveria funcionar em 5 diferentes posições, escolheu-se as posições 1ª (primeira), 3ª (terceira) e 5ª (quinta) para a realização dos nove (9) testes de precipitação, tendo sido efetuado três (3) testes em cada uma das posições escolhidas de lateral, do seguinte modo: (Ver Fig. 3.2).

Posição da Lateral	nº do teste
1ª	1, 4 e 7
2ª	2, 5 e 8
3ª	3, 6 e 9

Para garantir que os aspersores funcionassem sempre com uma pressão constante em cada posição, estabeleceu-se que o 1º aspersor da terceira posição da lateral trabalharia com a pressão de serviço indicada pelo fabricante, ou seja, 2,50 atm. A partir daí procedeu-se o cálculo da pressão de serviço de cada aspersor teste, em cada uma das posições da linha lateral, o que pode ser observado no Quadro 3.2. Estas pressões eram medidas no bocal do aspersor, em cada teste, e, devidamente controladas através dos registros de gaveta.

A vazão de cada aspersor-teste foi determinada volumetricamente no campo (ver Quadro 3.3). Além do mais a vazão teórica de cada um deles foi previamente calculada de acordo com a equação:

$$q_a = C_d \cdot A \sqrt{2gh}$$

onde, q_a = vazão do aspersor de teste;

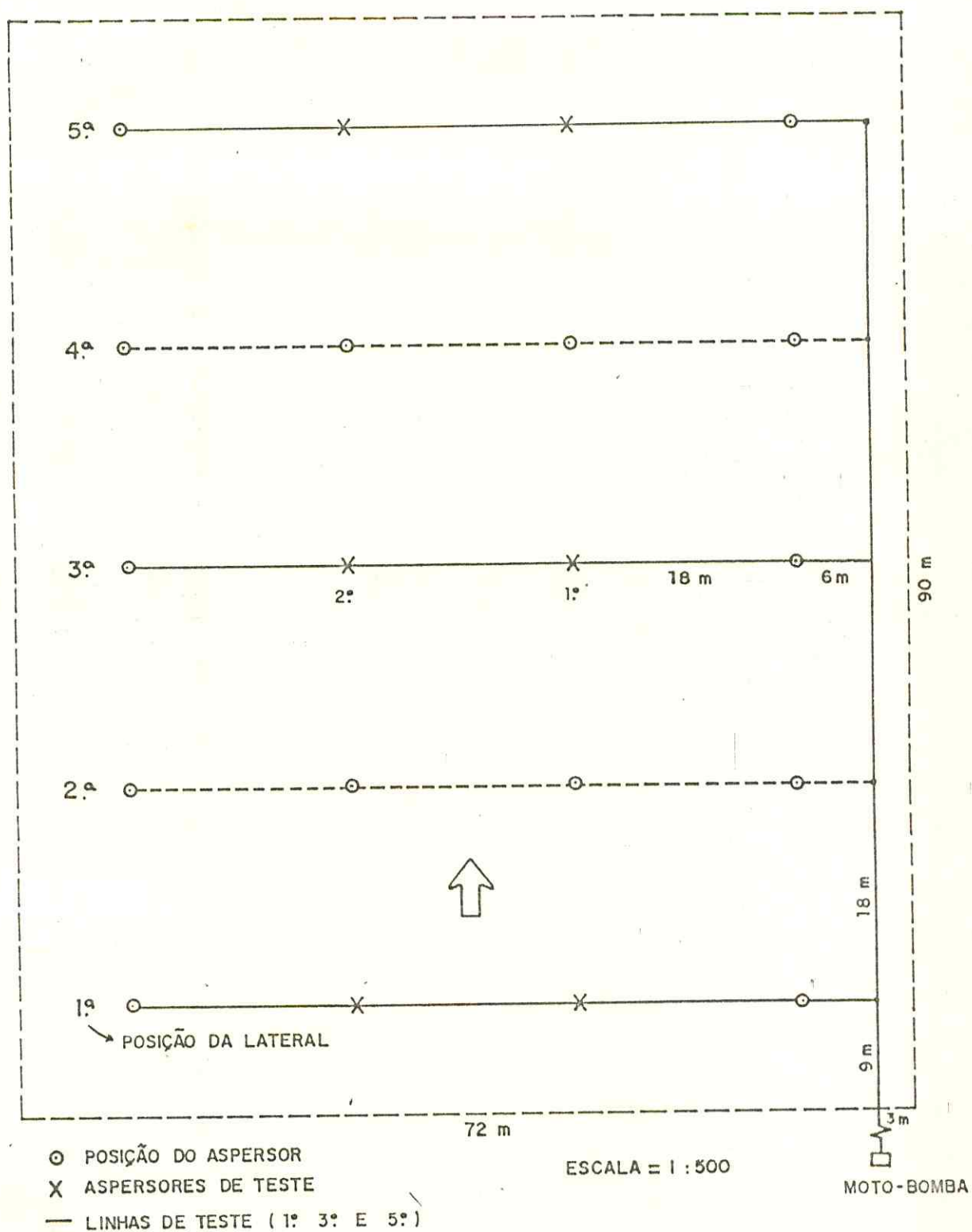


Fig. 3.2 - Conjunto Aspersor indicando as posições de linhas e aspersores de testes, compreendendo uma área de 0,648 ha.

QUADRO 3.2 - Pressões nos diferentes pontos das laterais de testes.

LATERAL TESTE	PRESSÃO NA ENTRADA DA LATERAL (atm)	PRESSÃO NA BASE DO 1º ASPERSOR (atm) *	PRESSÃO NA BASE DO 2º ASPERSOR (atm) *	PRESSÃO NO BOCAL DO 1º ASPERSOR (atm) *	PRESSÃO NO BOCAL DO 2º ASPERSOR (atm) *
1º	2,70	2,67	2,65	2,54	2,52
3º	2,66	2,63	2,61	2,50	2,48
5º	2,62	2,59	2,57	2,46	2,44

* ASPERSOR DE TESTE

QUADRO Nº 3.3 - Valores individuais e médias das vazões dos aspersores (1º e 2º) nos diferentes testes de precipitação.

ASPERSORES DE / TESTE	TESTES/VAZÕES DOS ASPERSORES (m ³ /h)								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
1º aspersor	2,41	2,23	3,10	2,41	2,30	2,30	2,38	2,23	2,30
2º aspersor	2,23	2,34	2,16	2,41	2,38	2,38	3,13	2,30	2,38
Média (\bar{x})	2,32	2,29	2,63	2,41	2,34	2,34	2,76	2,27	2,34

$C_d = 0,96$, é o coeficiente de descarga;
 $A =$ área do bocal do aspersor em $m^2 = \frac{\pi d^2}{4}$;
 $d =$ diâmetro do bocal em m;
 $g =$ aceleração da gravidade em m^2/s ;
 $h =$ pressão do bocal em m.c.a. .

Havia no campo 12 aspersores do mesmo modelo, dos quais eram escolhidos os quatro aspersores a serem aleatoriamente utilizados, para uma melhor percepção da variação das características técnicas do referido modelo, com as decorrentes conclusões práticas.

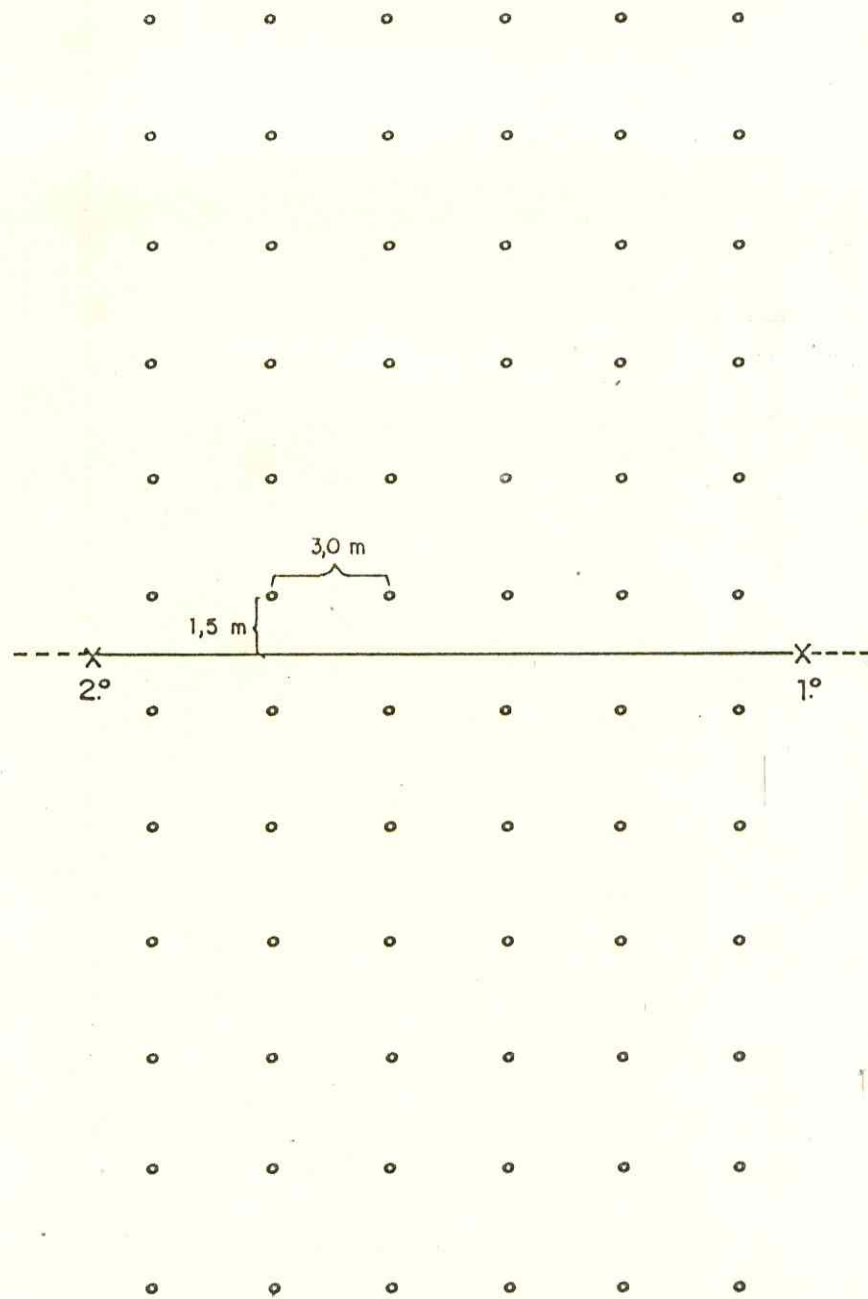
3.3.3 - Equipamentos de Medição.

Para a obtenção dos dados necessários ao cálculo dos parâmetros técnicos indicadores da performance do sistema de irrigação, isto é, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Eficiência de Aplicação (Ea), Eficiência de Armazenamento (Es) e Perdas por Percolação (Dp), foram instalados pluviômetros (latas de óleo lubrificante) entre os dois aspersores centrais da linha lateral de teste. Cada pluviômetro cobria uma área de $9m^2$, distanciados entre si de 3m, conforme a figura 3.3. Cada malha de pluviômetros era constituída de 72 unidades.

As medidas de pressão na entrada da linha principal, entrada das laterais e base do tubo de subida do aspersor, foram controladas por manômetros enroscados na própria tubulação. Já as medidas das pressões nos bocais dos aspersores foram controladas com manômetro acoplado a um "tubo Pitot".

As medidas de vazão dos dois aspersores centrais das linhas de teste foram efetuadas com mangueiras - para a condução do jato após sua saída do bocal do aspersor - balde calibrado e cronômetro.

A velocidade e a direção do vento nos períodos de realizações dos testes foram obtidas através de anemômetro totalizador e de um catavento indicador da direção na rosa-



X ASPERSOR DE TESTE
 • COLETOR DE PRECIPITAÇÃO
 — LATERAL DE ASPERSORES

ESCALA = 1:200

Fig. 3.3 - Representação da instalação dos pluviômetros (coletores) entre os aspersores de teste.

dos-ventos.

A medida da precipitação colhida nos pluviômetros foi feita através de provetas graduadas para uma maior precisão.

A velocidade de rotação dos aspersores foi medida com cronômetro, durante as realizações dos testes, medindo-se o tempo em que cada aspersor percorria cada quadrante e o círculo completo.

3.3.4 - Obtenção dos dados.

A determinação do volume da precipitação em cada pluviômetro constituinte da malha de coletores foi realizada com provetas graduadas. O volume precipitado dividido pela área do coletor determina a precipitação ocorrida na área representativa do mesmo. A partir desses dados os parâmetros de performance do sistema foram calculados através do modelo proposto por KARMELI et alii (1978) e descrito por RIBEIRO (1982): Eficiência de Aplicação (Ea), Eficiência de Armazenamento (Es) e Perdas por Percolação Profunda (Dp), cujas equações estão descritas no referido trabalho.

Os dados de precipitação dos pluviômetros ainda foram usados para o cálculo da uniformidade de distribuição da água no solo através do parâmetro Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), cuja equação encontra-se na Revisão de Literatura deste trabalho.

O tempo de duração de cada teste de precipitação correspondeu à metade do tempo necessário à aplicação da lâmina de irrigação, conforme indicação de OLITTA (1981).

Para se determinar os parâmetros da qualidade de irrigação por aspersão foi calculada a lâmina líquida de irrigação (Yrr), a ser aplicada em cada turno de rega usando-se os dados de Capacidade de Campo e Ponto de Murcha Permanente (conteúdo de água no solo a $-1/3$ e a -15atm , respectivamente), densidade do solo, profundidade efetiva do sistema

radicular da cultura (considerada de 60 cm) e um fator cultural de 35% da água disponível no solo, utilizando-se a seguinte expressão:

$$Y_{rr} = \frac{CC - PM}{100} \cdot d_a \cdot Z_{ef} \cdot f$$

onde, Y_{rr} = Lâmina líquida (ou lâmina real requerida), mm;

CC = Capacidade de Campo, % em massa;

PM = Ponto de Murcha Permanente, % em massa;

d_a = Densidade aparente do solo, g/cm³;

Z_{ef} = Profundidade efetiva das raízes, mm;

f = Fator cultural, $0 < f < 1$.

3.3.5 - Manejo da irrigação.

O planejamento das irrigações, conforme o Quadro 3.4, foi feito tomando-se como referência a curva de uso consuntivo versus tempo de desenvolvimento da cultura (Figura 3.1). Baseou-se na divisão de seu ciclo em fases do desenvolvimento de acordo com a literatura (FAO, 1979). Segundo a FAO as culturas em geral têm o seu ciclo produtivo dividido em cinco fases com relação à sua parte aérea. Neste trabalho o ciclo do feijão foi dividido em três, levando-se em consideração o crescimento do sistema radicular.

Considerou-se uma profundidade efetiva de raízes total de 60 cm, dividida em três camadas de 20 cm. Assim, inicialmente foi feita uma irrigação com uma lâmina d'água suficiente para que os primeiros 20 centímetros de camada do solo atingissem a capacidade de campo. Como foi estabelecido um estresse hídrico de 35% da umidade disponível para consumo da cultura (evapotranspiração) a curva de uso consuntivo acumulado para o feijão era utilizada para determinar o número de dias em que 35% da umidade disponível da camada era utilizado e estabelecia-se o turno de rega.

Na irrigação seguinte fazia-se testes de precipitações com três repetições para a mesma lâmina e em laterais diferentes (1ª, 3ª e 5ª laterais), e com duração da metade

QUADRO Nº 3.4 - Manejo da irrigação durante todo o experimento indicando-se os tempos de irrigações, turnos de rega e lâmina requerida em cada uma das irrigações, considerando-se uma precipitação do aspersor de 6,66mm/h e uma eficiência de irrigação de 80%.

CAMADAS (cm)	IRRIGAÇÕES	LÂMINA REQUERIDA PARA ATINGIR A CC (mm)	LÂMINA REQUERIDA PARA SUPRIR 35% DO STRESS HÍDRICO (mm)	TEMPO DE IRRIGAÇÃO (horas)	TURNO DE REGA (mm)	TEMPO DE IRRIGAÇÃO ACUMULADO (dias)	DIAS DE IRRIGAÇÃO COM MESMA LÂMINA NA CAMADA
0 - 20	1ª	47,00		8,82	9	9	24
	2ª		16,45 *	3,08	8	17	
	3ª		16,45	3,08	7	24	
0 - 40	4ª	52,95		9,94	10	34	25
	5ª		29,23 *	5,48	8	42	
	6ª		29,23	5,48	7	49	
0 - 60	7ª	55,23		10,37	6	55	27
	8ª		38,33 *	7,18	6	61	
	9ª		38,33	7,18	5	66	
	10ª		38,33	7,18	5	71	
	11ª		38,33	7,18	5	76	

* IRRIGAÇÕES NAS QUAS FORAM REALIZADOS OS TESTES DE PRECIPITAÇÕES (TRÊS TESTES EM DIFERENTES LATERAIS PARA A MESMA LÂMINA), COM A METADE DO TEMPO DE IRRIGAÇÃO

do tempo suficiente para precipitar a lâmina total.

Quando a lâmina ficava suficiente para um número de dias cada vez menor, atingindo um nível considerado pequeno, mudava-se a profundidade molhada da camada, ou seja, irrigava-se a camada seguinte (no caso, considerava-se a irrigação até 40 cm de profundidade). Novamente quando o turno de rega ia diminuindo consideravelmente irrigava-se a camada seguinte até atingir a profundidade efetiva total das raízes (60 cm).

Desse modo as lâminas de irrigação, os turnos de rega e os tempos de irrigação foram variados. Observou-se, também, que a profundidade de (0 - 20)cm foi irrigada durante 24 dias, a camada de (0 - 40)cm irrigada durante 25 dias e a camada de (0 - 60)cm, durante 27 dias. Assim, até o 24º dia a profundidade molhada era de 20 cm, do 25º ao 49º dia a profundidade molhada era de 40 cm, e do 49º ao 76º dia de desenvolvimento da cultura a profundidade irrigada foi de 60 cm.

Durante todo o ciclo da cultura foram necessárias onze (11) irrigações num período total de 76 dias.

Em todas as irrigações foi considerada uma eficiência de irrigação de 80%.

Torna-se evidente que o manejo de irrigação foi totalmente baseado na curva de uso consuntivo da cultura.

3.4 - Análise econômica.

Com o objetivo de avaliar a economicidade da irrigação por aspersão comparada à performance média encontrada (eficiências), foi feita uma análise econômica levando-se em conta os gastos e receitas versus valor da produção, para uma avaliação da rentabilidade da cultura do feijão irrigada por aspersão na referida performance.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a determinação dos parâmetros de performance da irrigação, quais sejam, o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), a Eficiência de Aplicação (Ea), a Eficiência de Armazenamento (Es) e as Perdas por Percolação Profunda (Dp), os nove testes realizados no experimento foram divididos em grupos de três. Em cada grupo de três testes (chamados G_1 , G_2 e G_3) foram aplicadas diferentes lâminas de irrigação (16,45 mm, 29,23 mm e 38,33 mm, respectivamente), correspondentes ao aumento da profundidade de exploração do solo pelas raízes nas diferentes fases do ciclo da cultura, como explicado anteriormente.

4.1 - Diferenças entre as vazões previstas e as observadas.

Como foi descrito anteriormente, os testes de precipitação eram iniciados depois de ajustadas as pressões de funcionamento dos bocais dos aspersores, através de manômetro com "tubo Pitot". As vazões previstas deveriam ser, de acordo com as informações do fabricante, relacionadas teoricamente, com estas pressões ajustadas.

Observou-se, no entanto, variações entre as vazões previstas e aquelas medidas nos aspersores de teste, conforme se observa no Quadro 4.1. Constata-se em todos os casos que a vazão medida é superior à calculada. Como os quatro aspersores da linha lateral eram escolhidos aleatoriamente entre os doze (12) existentes na área, deduz-se que a causa da variação na vazão medida, é o aumento no diâmetro dos bocais, provavelmente, devido ao seu intenso uso.

Assim, para a mesma pressão imposta a um aspersor em determinado ponto de uma lateral de teste foram observa-

QUADRO 4.1 - Diferenças entre vazões, medidas e calculadas, para as pressões impostas aos aspersores nas diferentes laterais de testes.

LATERAL DE TESTE	Nº DO TESTE	1º ASPERSOR DE TESTE			2º ASPERSOR DE TESTE		
		VAZÃO (q) m ³ /h		PRESSÃO (p) atm	VAZÃO (q) m ³ /h		PRESSÃO (p) atm
		MEDIDA	CALCULADA		MEDIDA	CALCULADA	
1º	01	2,41	2,18	2,54	2,23	2,17	2,52
	04	2,41			2,41		
	07	2,38			3,13		
3º	02	2,23	2,16	2,50	2,34	2,15	2,48
	05	2,30			2,38		
	08	2,23			2,30		
5º	03	3,10	2,14	2,46	2,16	2,13	2,44
	06	2,30			2,38		
	09	2,30			2,38		

das diferentes vazões, todas elas superiores ao valor da vazão esperada para a referida pressão. Como exemplo, pode-se observar o teste nº 07 do segundo (2º) aspersor de teste, que apesar de submetido a uma pressão ligeiramente menor (2,52 atm) teve como resultado uma vazão de 3,13 m³/h, quando a vazão prevista era de 2,17 m³/h. Esta vazão é bem superior à do primeiro (1º) aspersor de teste (2,38 m³/h), submetido a uma pressão ligeiramente maior (2,54 atm).

4.2 - Avaliação do sistema de irrigação.

A irrigação praticada em todo o experimento, através dos dados obtidos nos testes de precipitação de números de 01 a 09, com vazões médias variando entre 2,27 m³/h e 2,76 m³/h, velocidade do vento variando de 9,60 km/h a 19,04 km/h e em horários que variaram de 6:23 h às 18:04 h, resultou nos parâmetros de performance apresentados no Quadro 4.2.

4.2.1 - Parâmetros de avaliação da performance.

A análise dos parâmetros de avaliação da performance do sistema de irrigação por aspersão aqui utilizado, pode ser feita a partir do Quadro 4.2. Os resultados mostram valores de CUC que variam de 69,64 (teste nº 07) a 85,64% (teste nº 09), com média de 76,54%, desvio padrão de 6,15% e coeficiente de variação de 8,03%. O Quadro 4.2, nos mostra que a variação do CUC em relação ao vento sempre foi inversamente proporcional, quanto maior a velocidade do vento, menor o valor do coeficiente de uniformidade. Já com a vazão média dos aspersores de teste o CUC apresentou uma relação direta, exceção observada no teste nº 07, com a maior vazão média dos aspersores de teste (2,76 m³/h), correspon-

QUADRO Nº 4.2 - Parâmetros de avaliação da performance do experimento.

PARÂMETROS	VELOCIDADE DO VENTO (Km / h)									\bar{X} %	S %	CV %
	14,73	14,25	14,40	13,05	13,41	12,81	19,04	11,10	9,60			
	\bar{Q}_0 (m ³ /h)*											
	2,32	2,29	2,63	2,41	2,34	2,34	2,76	2,27	2,34			
	NÚMERO DO TESTE / HORÁRIO											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
6:23 - 7:55	16:44-18:04	9:01 - 10:33	10:36-13:23	8:14 - 10:59	8:53 - 11:38	10:20-13:25	8:36 - 12:11	6:32 - 10:07				
CUC %	71,68	72,61	69,90	81,85	79,45	83,48	69,64	74,61	85,64	76,54	6,15	8,03
E _d %	83,22	82,19	68,96	93,68	98,15	85,56	74,23	82,60	86,14	83,86	8,86	10,57
E _s %	86,77	87,07	91,46	92,39	78,02	95,49	89,65	88,82	96,46	89,57	5,50	6,14
D _p %	16,78	17,81	31,04	6,32	1,85	14,44	25,77	17,40	13,86	16,14	8,86	54,89

* VAZÃO MÉDIA DOS ASPERSORES DE TESTE

dendo ao menor valor de CUC. Obviamente, o efeito do vento na uniformidade de distribuição da água na aspersão é predominante.

Com relação à eficiência de aplicação (E_a), verifica-se através do Quadro 4.2 uma variação de 68,96 a 98,15%, com média de 83,86%, desvio padrão de 8,86% e coeficiente de variação de 10,57%.

A eficiência de armazenamento (E_s), variou entre 78,02 e 96,46%, com média de 89,57%, desvio padrão de 5,50% e coeficiente de variação de 6,14% (Quadro 4.2).

A análise das perdas por percolação profunda (D_p), apresentou valores variando entre 1,85 e 31,04%, com média de 16,14%, desvio padrão de 8,86% e coeficiente de variação de 54,89%.

4.2.2 - Classificação da irrigação praticada no experimento.

Lançando-se mão da classificação de HART et al. (1979), a irrigação praticada no experimento, Quadro 4.2, com CUC, E_a , E_s e D_p médios de 76,54%, 83,86%, 89,57% e 16,14%, respectivamente, apresentou um CUC médio considerado satisfatório ($70\% \leq CUC \leq 90\%$), E_a média considerada excelente ($E_a \geq 80\%$), E_s média considerada excelente ($E_s \geq 80\%$) e D_p média (ou E_p média) considerada excelente ($D_p \leq 20\%$ ou $E_p \geq 80\%$). Com estes resultados, a irrigação praticada no experimento está na categoria II da classificação de HART et al. (1979), requerendo melhoria na distribuição de água para o mesmo nível de aplicação médio.

Para uma melhoria na uniformidade de distribuição sugere-se um arranjo triangular equilátero de aspersores, que dará aplicações quase uniformes para espaçamentos entre aspersores de 55 a 60% do diâmetro de alcance do jato, conforme CHRISTIANSEN (1942).

PAIR (1968), citado por ASAE (1983), mostra o aumento nos coeficientes de uniformidades por adição de sucessi-

vas irrigações. Ventos de altas velocidades causaram uma baixa uniformidade para a primeira irrigação, porém, foram compensadas pelas irrigações seguintes com ventos de baixas velocidades, resultando numa alta uniformidade acumulada.

Diante de tais afirmativas conclui-se que a média dos parâmetros da irrigação representa a irrigação praticada em todo o experimento. Os prejuízos causados nas irrigações em condições desfavoráveis foram compensados por ganhos nas de condições favoráveis, proporcionando resultados médios satisfatórios para os parâmetros da performance da irrigação.

4.2.3 - Influências da rotação do aspersor sobre os parâmetros de irrigação.

A variação na velocidade de rotação do aspersor acarreta uma conseqüente variação no diâmetro de alcance do jato d'água; essa variação é bastante visível quando se observa o funcionamento do aspersor no campo. Nota-se uma modificação na direção do jato formando uma curvatura horizontal no sentido oposto ao de rotação do aspersor. Essa curvatura será tão mais acentuada quanto maior for a velocidade de rotação do mesmo. Conseqüentemente, a curvatura diminuirá o raio de alcance do jato, diminuindo também o diâmetro molhado, aumentando a taxa de precipitação provocada por um mesmo aspersor funcionando com vazão constante.

a) Influência da rotação do aspersor no padrão de distribuição.

O Quadro 4.3 apresenta o tempo de rotação dos aspersores e as médias de velocidades de rotação dos mesmos. O maior valor ocorreu no teste nº 03 (3,81 rpm) e a menor no teste nº 01 (1,87 rpm). O maior valor está muito acima do

QUADRO Nº 4.3 - Tempo de rotação dos aspersores, velocidade e direção do vento medidos em cada teste de precipitação.

PARÂMETROS TESTES	ASPELOR DE TESTE *	TEMPO DE ROTAÇÃO DOS ASPERSORES (s)					VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO ASPERSOR (RPM)	* *	VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (Km/h)	DIREÇÃO DO VENTO (MODA)
		1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	CÍRCULO				
01	1º	9,00	8,00	8,00	10,06	36,00	1,67	1,87	14,73	SE
	2º	7,15	8,00	7,20	7,28	29,00	2,07			
02	1º	8,00	8,00	7,00	8,00	31,00	1,94	2,11	14,25	SE
	2º	6,00	6,00	6,45	7,00	26,45	2,27			
03	1º	5,00	5,40	4,60	5,20	20,00	3,00	3,81	14,40	SE
	2º	3,45	3,30	3,35	3,50	13,00	4,62			
04	1º	7,30	7,00	6,50	7,00	28,00	2,14	2,65	13,05	E
	2º	6,10	6,00	5,00	5,40	19,00	3,16			
05	1º	7,45	7,20	7,60	8,50	30,00	2,00	2,62	13,41	E
	2º	4,65	4,70	4,65	5,50	18,55	3,23			
06	1º	7,45	7,20	7,60	8,50	30,00	2,00	2,62	12,81	E
	2º	4,65	4,70	4,65	5,50	18,55	3,23			
07	1º	7,60	6,25	7,20	7,80	28,70	2,09	2,77	19,04	E
	2º	4,50	4,50	4,30	4,50	17,40	3,45			
08	1º	3,70	4,10	3,75	3,85	14,70	4,08	3,14	11,10	E
	2º	6,00	7,25	6,35	6,90	27,40	2,19			
09	1º	6,40	6,70	6,95	7,00	26,60	2,26	2,06	9,60	SE
	2º	8,15	7,95	8,18	7,70	32,52	1,85			

* 2º E 3º ASPERSORES DA LATERAL RESPECTIVAMENTE

* * MÉDIA DE VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DOS ASPERSORES DE TESTE EM RPM

valor estabelecido por CHRISTIANSEN (1942), de uma RPM para aspersores de revolução lenta. De acôrdo com o mesmo autor os aspersores não devem nunca girar mais rápido que 3 a 4 RPM. Observando-se o Quadro 4.2, constata-se que apesar da realização dos dois testes (nº 03 e nº 01) sob condições de velocidades de vento bastante próximas (14,40 e 14,73 km/h, respectivamente), os valores de CUC apresentaram variações que podem ser devidas a diferenças nas médias de rotação dos aspersores de teste.

- b) Influência da rotação dos aspersores na eficiência de aplicação (E_a).

Segundo o Modelo Linear proposto por KARMELI et alii. (1978), descrito por RIBEIRO (1982), e usado para os cálculos de irrigação do presente trabalho, as eficiências de aplicação (E_a) e armazenamento (E_s) e as perdas por percolação profunda (D_p), dependem somente da lâmina requerida (Y_r) e da diferença entre as lâminas máximas e mínimas coletadas (ANEXO I). Como a lâmina requerida (Y_r) é um dado de projeto, constante, as eficiências e perdas por percolação profunda dependerão diretamente das diferenças entre lâmina máxima e mínima (b). Como a diferença de rotação no aspersor acarreta uma variação na taxa de aplicação real (CHRISTIANSEN, 1942), há também uma modificação dos valores das lâminas máximas e mínimas coletados, alterando consequentemente, as eficiências e perdas por percolação profunda.

Analisando-se novamente o Quadro 4.2, observa-se que as eficiências de aplicação nos testes nº 03 (68,96%) e nº 01 (83,22%), correspondem a maior e menor média de velocidades de rotação (Quadro 4.3), foram bastante diferentes. Apesar das médias de vazão dos aspersores nos testes nº 03 e nº 01 (2,63 e 2,32 m³/h, respectivamente) terem sido diferentes, influenciando na E_a , evidencia-se também uma parcela da diferença às variações na taxa de rotação dos aspersores.

4.3 - Análise estatística entre os testes realizados nas laterais extremas versus realizados na lateral central.

Com o objetivo de simplificar trabalhos futuros, foram feitas comparações através de testes estatísticos entre os testes de precipitações realizados nas laterais extremas (1ª e 5ª posições de laterais) e os realizados na posição central (3ª posição de lateral, Figura 3.2). Os testes realizados nas posições extremas, com vazões e pressões superiores à média (1ª posição de lateral) e com vazões e pressões inferiores à média (5ª posição de lateral), foram comparados aos realizados na posição central (3ª posição de lateral) submetida à condição de vazões e pressões médias. O teste estatístico usado foi o "t de Student", cujos resultados estão resumidos no Quadro 4.4.

Usando-se o teste "t de Student", estabelecendo-se as hipóteses de nulidade (H_0) e alternativa (H_1), observa-se que todos os parâmetros médios calculados para testes realizados nas posições extremas versus os calculados para a posição central resultaram em diferenças não significativas de diferirem entre si ao nível de 5% de probabilidade. Assim, com 95% de certeza qualquer parâmetro de medida da performance da irrigação (CUC, E_a , E_s e D_p), comparando-se os obtidos nas posições extremas versus os obtidos na posição central, são idênticos. Pelos resultados obtidos nos nove testes de precipitação conclui-se que com um número de repetições adequado, os resultados da média dos testes realizados nas posições extremas é idêntico aos resultados de testes realizados na posição central. No caso particular do presente trabalho, bastaria ter sido feito testes na posição central para a obtenção da mesma performance de irrigação.

4.4 - Avaliação da uniformidade de distribuição da água pelo aspersor através da construção de isoietas (Método DAM).

QUADRO Nº 4.4 - Análise estatística usando-se o teste t de Student, para comparação dos parâmetros obtidos nos testes realizados em posições laterais extremas versus posição lateral central.

PARÂMETRO	DADOS ESTAT.	t	t	Conclusão
		calculado	5% probabilidade	
CUC %		$\pm 0,319$	$\pm 2,3646$	Não signific.
Ea %		1,266	2,3646	"
Es %		2,400	2,3646	" *
Dp %		0,897	2,3646	"

* Devido à pequena diferença, de apenas quatro centésimos, entre o t_c e o t com 95% de probabilidade, considerou-se as Es não significativas ao nível de 5%.

A avaliação do desempenho dos aspersores de teste do presente trabalho também foi feita através do parâmetro uniformidade de distribuição (UD) obtida com a construção de isoietas (método Dam) que compreendem as linhas de igual valor dos volumes coletados nos recipientes. Considera-se que uma variação de 10% acima e 10% abaixo do valor da taxa média de aplicação delimita a zona de aplicação média, sendo que as outras zonas delimitadas serão denominadas zona excedente e zona deficitária, respectivamente, (OLITTA, 1981).

O Quadro 4.5 apresenta os valores em porcentagem das zonas deficitária, média e excesso de água aplicada em cada teste de precipitação, bem como a média das referidas zonas durante todo o experimento (nove testes de precipitação). Apresenta-se no mesmo Quadro os valores das velocidades do vento e rotações médias dos aspersores dos respectivos testes de precipitação.

Observa-se no Quadro 4.5, que o teste nº 09, com menor velocidade do vento (9,60 km/h), tem a melhor distribuição de água, correspondendo a maior zona média (43,85%), a segunda menor zona de excesso (28,10%) e também a menor zona deficitária (28,05%); enquanto que o teste de maior velocidade do vento (nº 07) teve, correspondentemente, uma das maiores zonas deficitárias (37,71%), uma das menores zonas médias (28,61%) e uma das maiores zonas de excesso (33,68%).

Também pode-se verificar através do Quadro 4.5 que a soma dos valores das zonas secas e excedentes durante todos os testes representam em média 66,90% de área molhada pelos aspersores. A variação na velocidade do vento pode ser considerada como um dos principais fatores responsáveis pela obtenção de tão alta porcentagem de água irrigada com quantidades indesejáveis de água. Isto, pode ter reduzido, de modo significativo, a produtividade média da cultura em razão da grande porcentagem de área com limitações de água.

Sugere-se a mudança de espaçamento entre aspersores, de 18 x 18m, para o espaçamento de 18 x 12m, com o objetivo de que a soma das áreas deficitária e excedente sejam reduzidas.

QUADRO N° 4.5 - Valores das Zonas Deficit (ZD), Zonas Médias (ZM), Zonas Excedentes (ZE), velocidades do vento e média de rotação dos aspersores de teste nos diferentes testes de precipitações.

TESTE N°	VELOCIDADE DO VENTO (km/h)	ROTAÇÃO MÉDIA DOS ASPERSORES (RPM)	DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DOS ASPERSORES		
			ZD %	ZM %	ZE %
01	14,73	1,87	35,81	24,59	39,60
02	14,25	2,11	35,47	28,84	35,69
03	14,40	3,81	40,06	26,48	33,46
04	13,05	2,65	28,03	35,67	36,30
05	13,41	2,62	32,07	40,22	27,71
06	12,81	2,62	32,77	38,77	28,46
07	19,04	2,77	37,71	28,61	33,68
08	11,10	3,14	32,88	30,86	36,26
09	9,60	2,06	28,05	43,85	28,10
MÉDIA			33,65	33,10	33,25
DESVIO PADRÃO			4,07	6,75	4,26
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)			12,09	20,40	12,81

As figuras 4.1 a 4.9 mostram a distribuição das zonas déficit, média e de excesso de aplicação da água de irrigação durante os nove testes de precipitação.

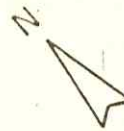
A distribuição das zonas déficit, média e excedente variou de teste para teste dependendo da velocidade e direção do vento em relação às linhas laterais.

Segundo BERNARDO (1984), a irrigação por aspersão tende a ser limitada pelo vento quando este ultrapassa uma velocidade média de 14,40 km/h. Constata-se essa tendência observando-se os valores do Quadro 4.5, durante os testes 01, 03 e 07 de velocidades do vento iguais ou superiores a 14,40 km/h correspondem a soma de áreas irrigadas indesejavelmente, em porcentagens de 75,41%, 73,52% e 71,39%, respectivamente.

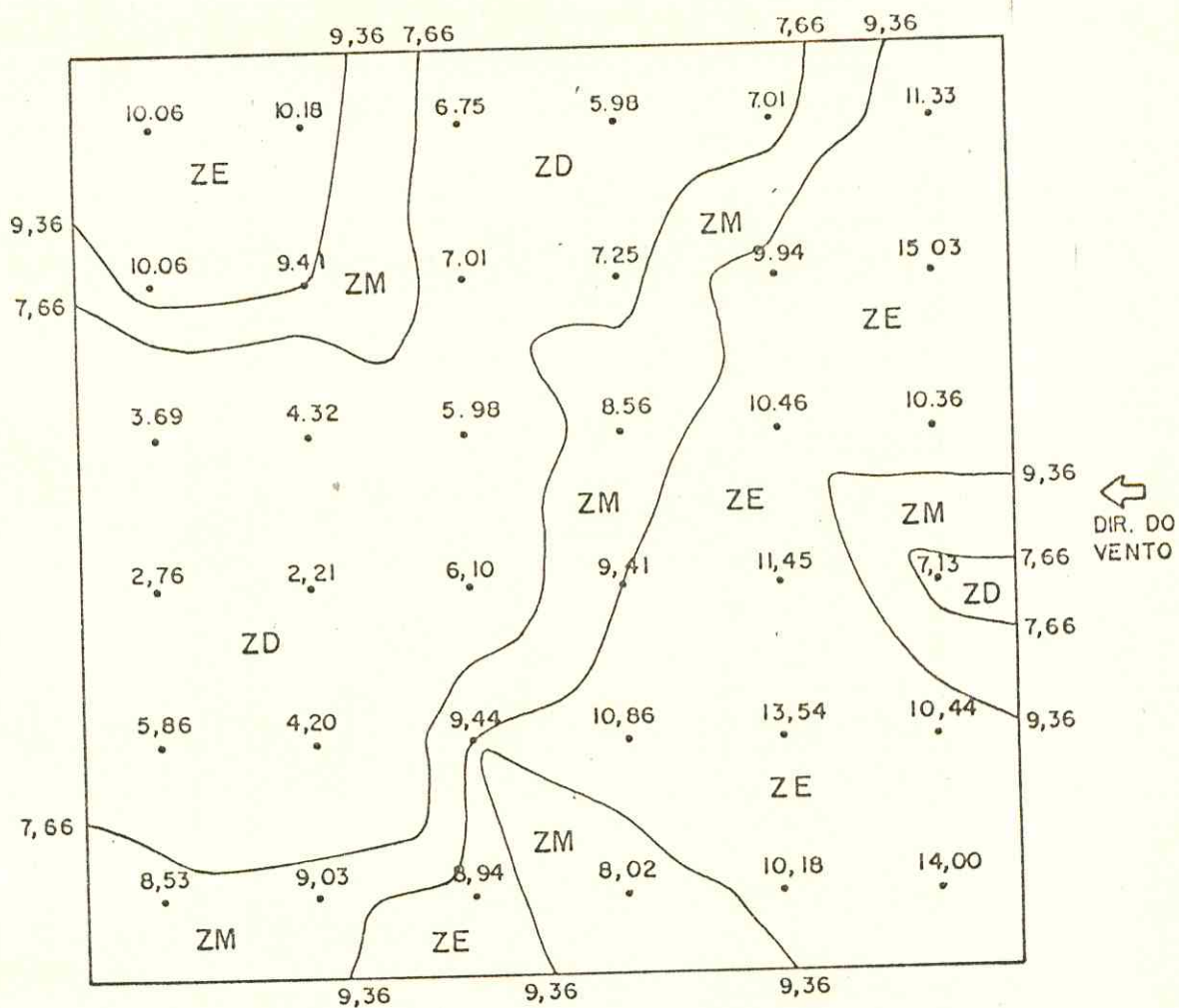
4.5 - Análise econômica.

Para se reduzir os custos totais da irrigação através da redução do bombeamento (aplicação de menos água, isto é, somente o suficiente à cultura), colocou-se em prática, no experimento, o manejo de irrigação não convencional baseado no uso consuntivo da cultura, cuja metodologia está descrita na seção 3.3 deste trabalho. Caso o manejo de irrigação tivesse obedecido ao método convencional teriam sido necessárias 781,05 horas totais de bombeamento, implicando num consumo de 1.591,75 kW de energia, 4,08% a mais que para o manejo baseado no uso consuntivo (Quadro 4.6).

Submetendo-se a cultura às condições de tratamentos culturais (adubação e manejo de irrigação) descritos na seção "Materiais e Métodos" deste trabalho, o experimento teve uma produção de 1.148 kg de grãos cujo preço de mercado era, em dezembro de 1986, de Cz\$ 16,66 ou 0,16 OTN's por quilograma. Essa produção (1.148 kg em 0,648 ha) gera uma produtividade de 29,53 sacas de 60 kg por hectare, superior à produtividade média de caupi irrigado na região, que é ape-

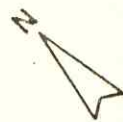


		m ²	%
ZE	EXCEDENTE	128,30	39,60
ZM	MÉDIA	79,67	24,59
ZD	DEFICIT	116,02	35,81

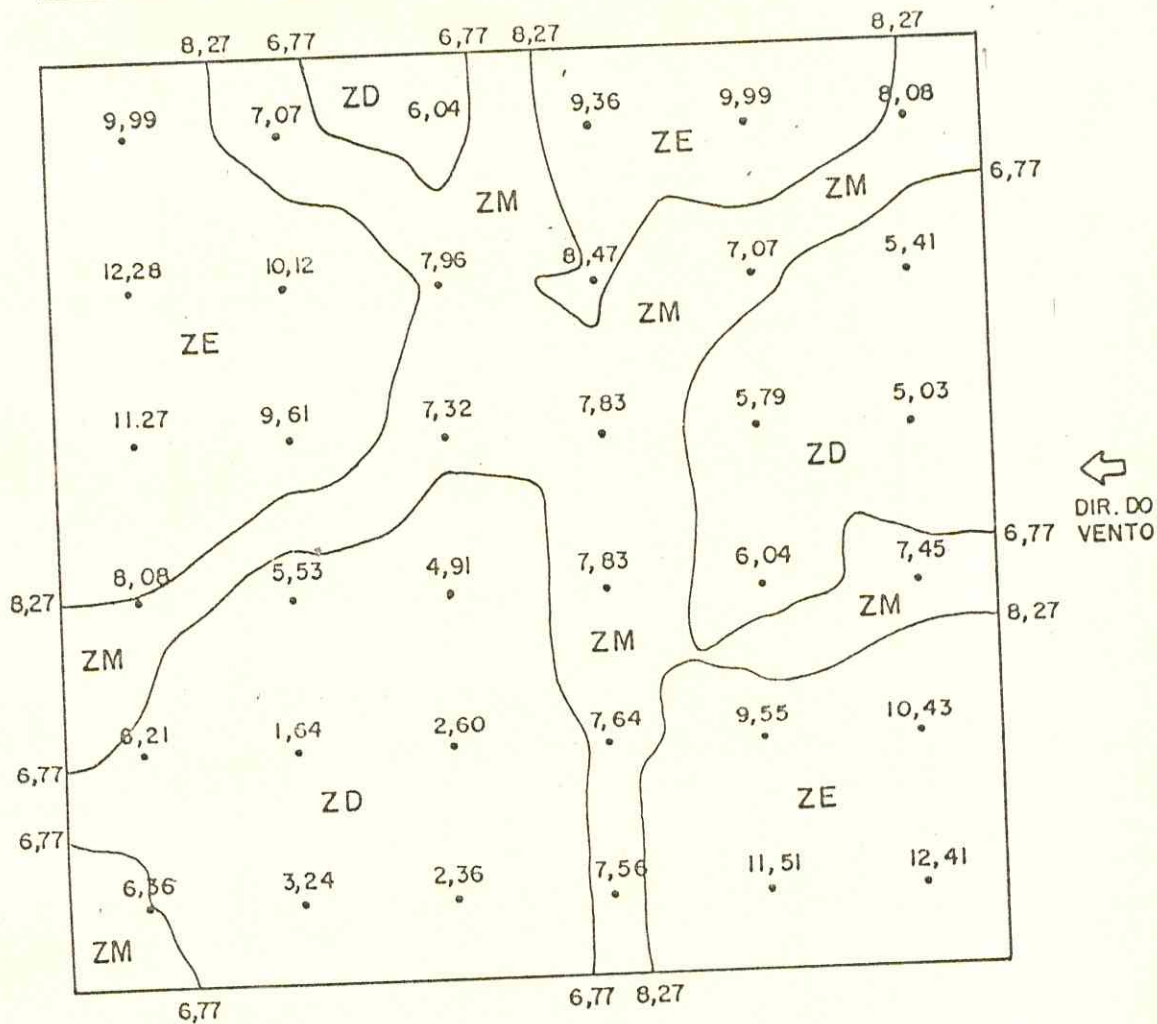


Media precipitada: 8,51 mm
 Limite da Zona de excesso : > 9,36 mm
 Limite da Zona de deficit : < 7,66 mm

Fig. 4.1 - Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 01.



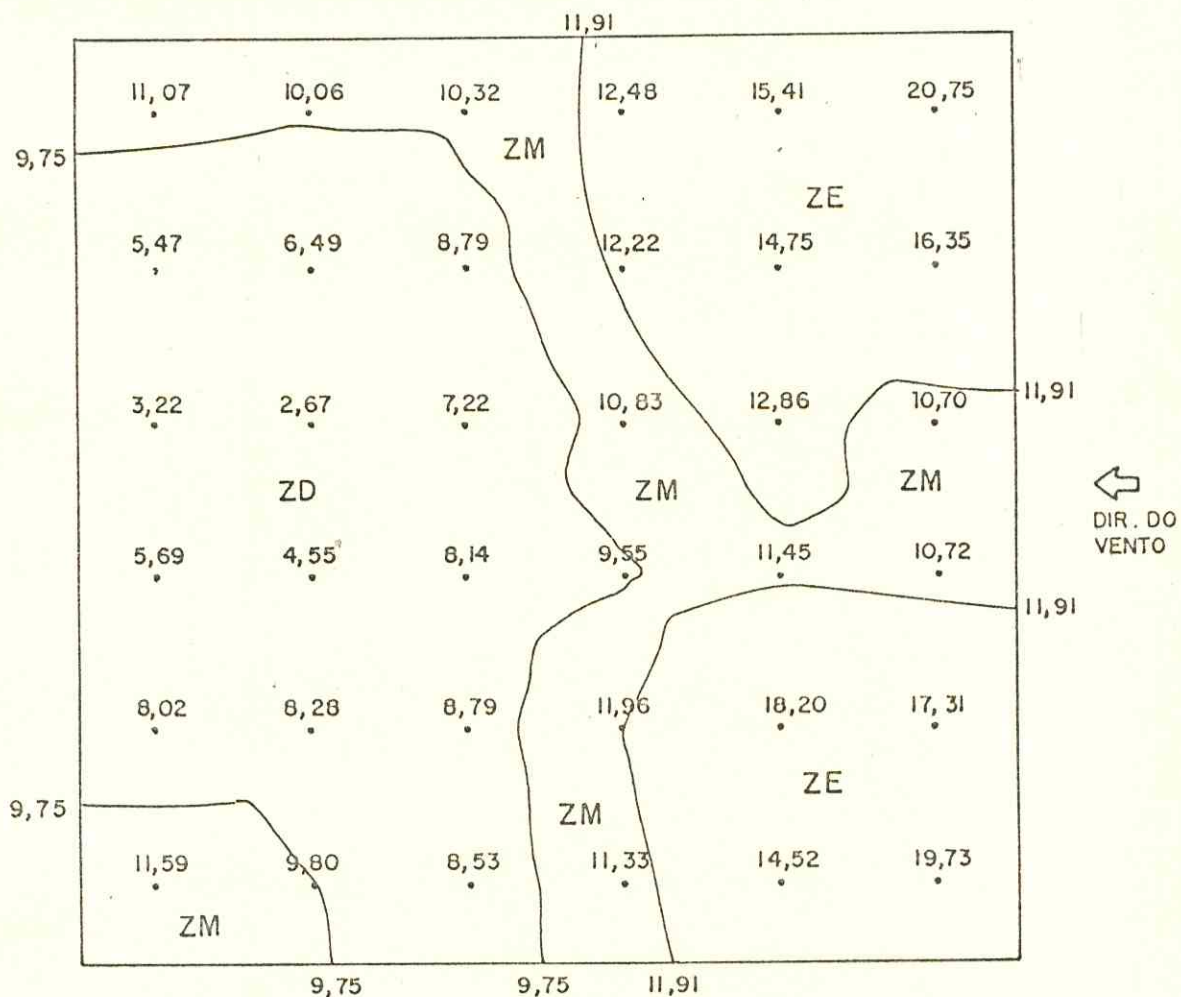
		m ²	%
ZE	EXCEDENTE	115,64	35,69
ZM	MÉDIA	93,44	28,84
ZD	DEFICIT	114,92	35,47



Média coletada : 7,52 mm
 Limite da Zona de excesso : > 8,27 mm
 Limite da Zona de deficit : < 6,77 mm

Fig. 4.2 - Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 02.

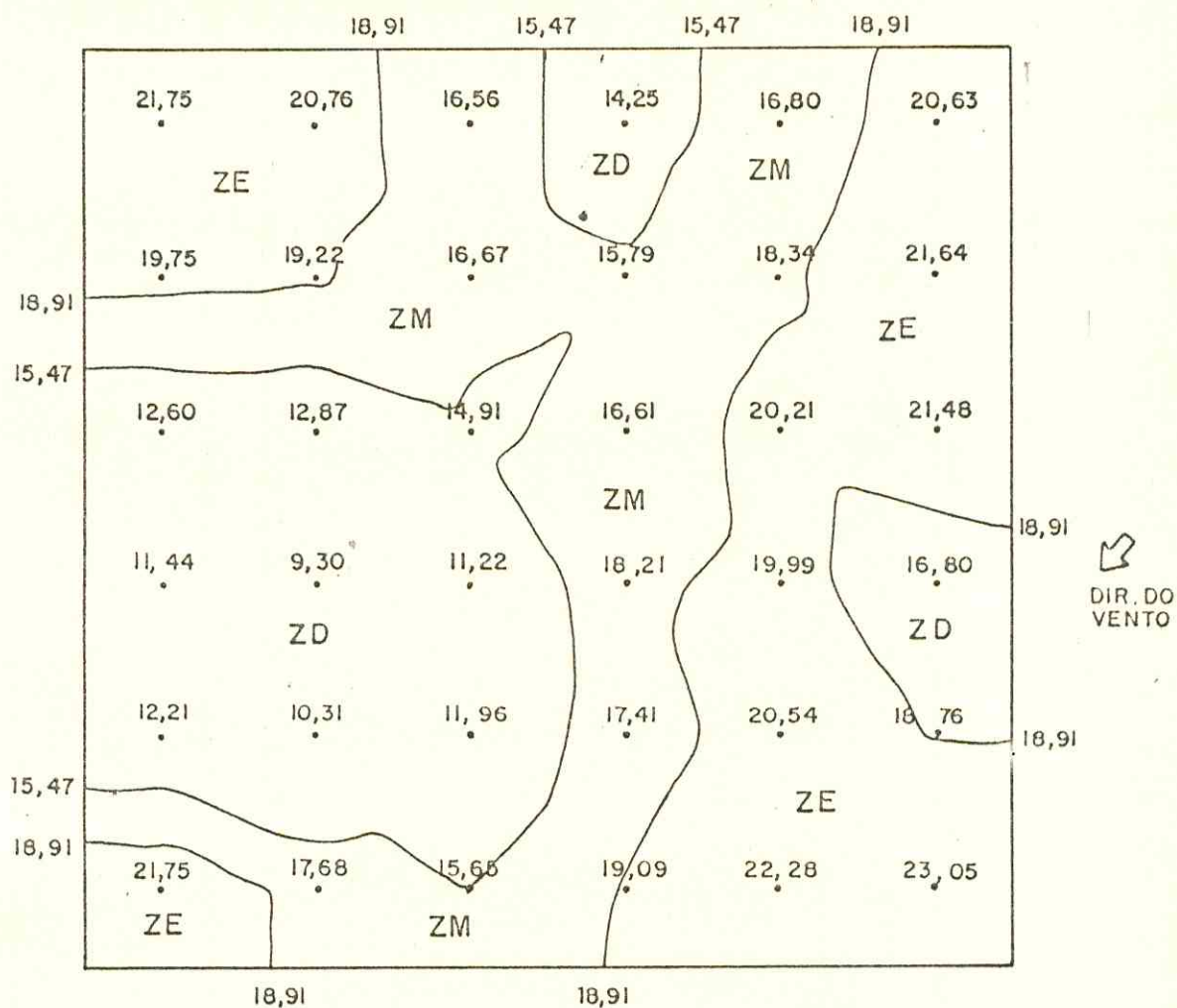
		m ²	%
ZE	EXCEDENTE	108,41	33,46
ZM	MÉDIA	85,80	26,48
ZD	DEFICIT	129,79	40,06



Média coletada : 10,83 mm
 Limite da Zona de excesso : > 11,91 mm
 Limite da Zona de deficit : < 9,75 mm

Fig. 4.3 - Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 03.

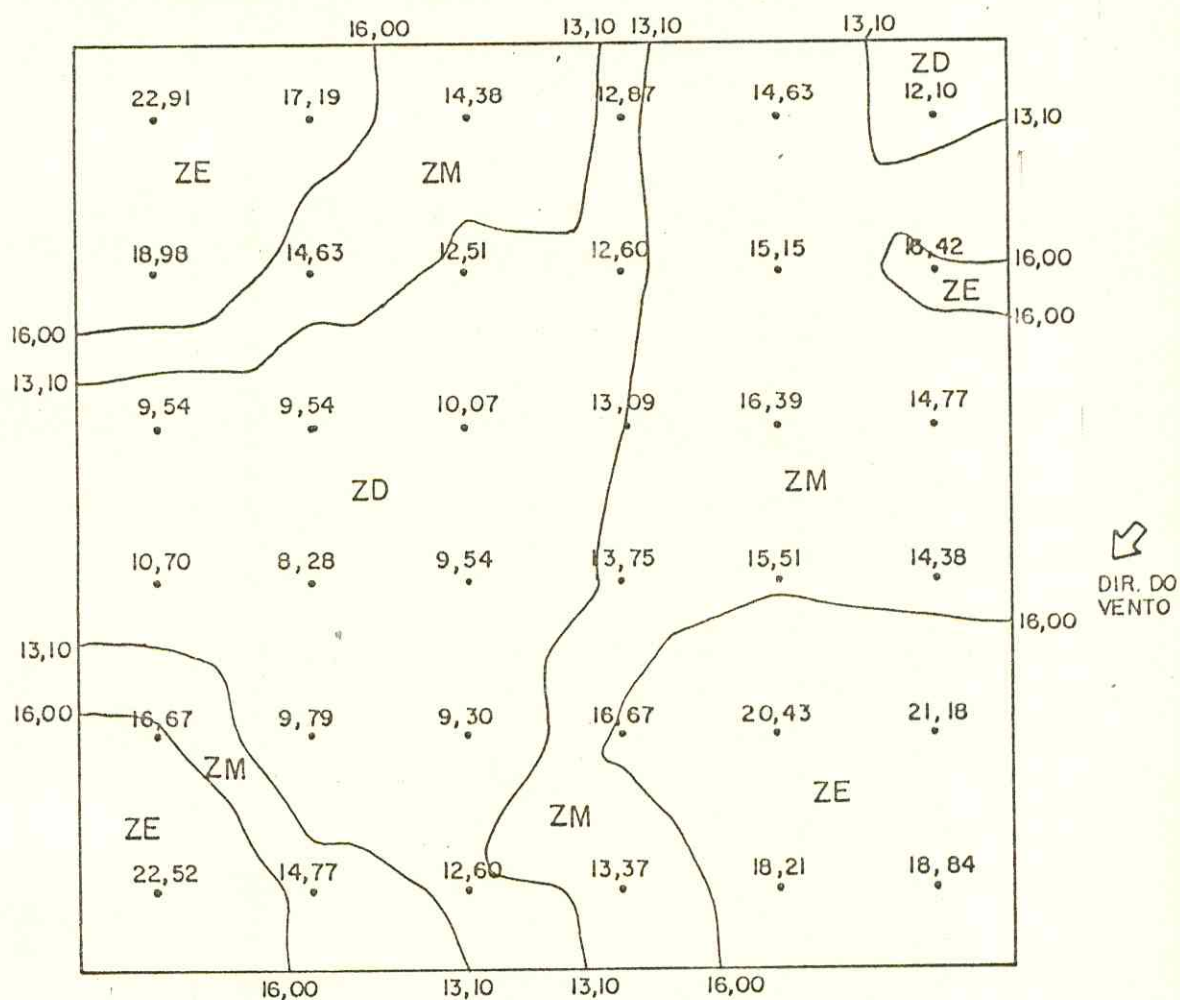
		m ²	%
ZE	EXCEDENTE	117,61	36,30
ZM	MÉDIA	115,57	35,67
ZD	DEFICIT	90,82	28,03



Média precipitada: 17,19 mm
 Limite da Zona de excesso: > 18,91 mm
 Limite da Zona de deficit: < 15,47 mm

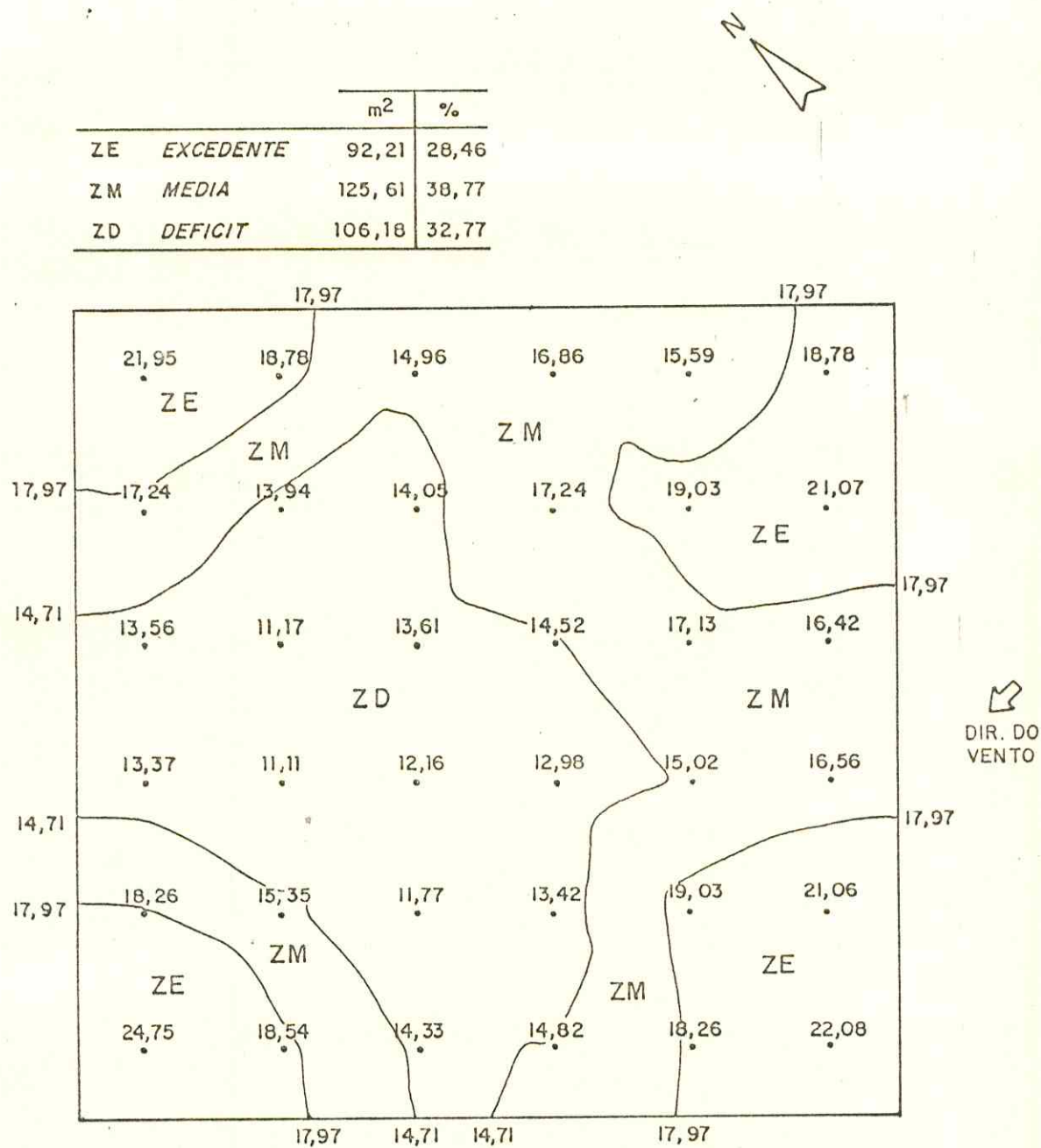
Fig. 4.4 - Distribuição das zonas déficit, média e com excedente de água, teste de precipitação nº 04.

		m ²	%
ZE	EXCESSO	89,78	27,71
ZM	MEDIA	130,31	40,22
ZD	DEFICIT	103,91	32,07



Media coletada : 14,55 mm
 Limite da Zona de excesso : > 16,00 mm
 Limite da Zona de deficit : < 13,10 mm

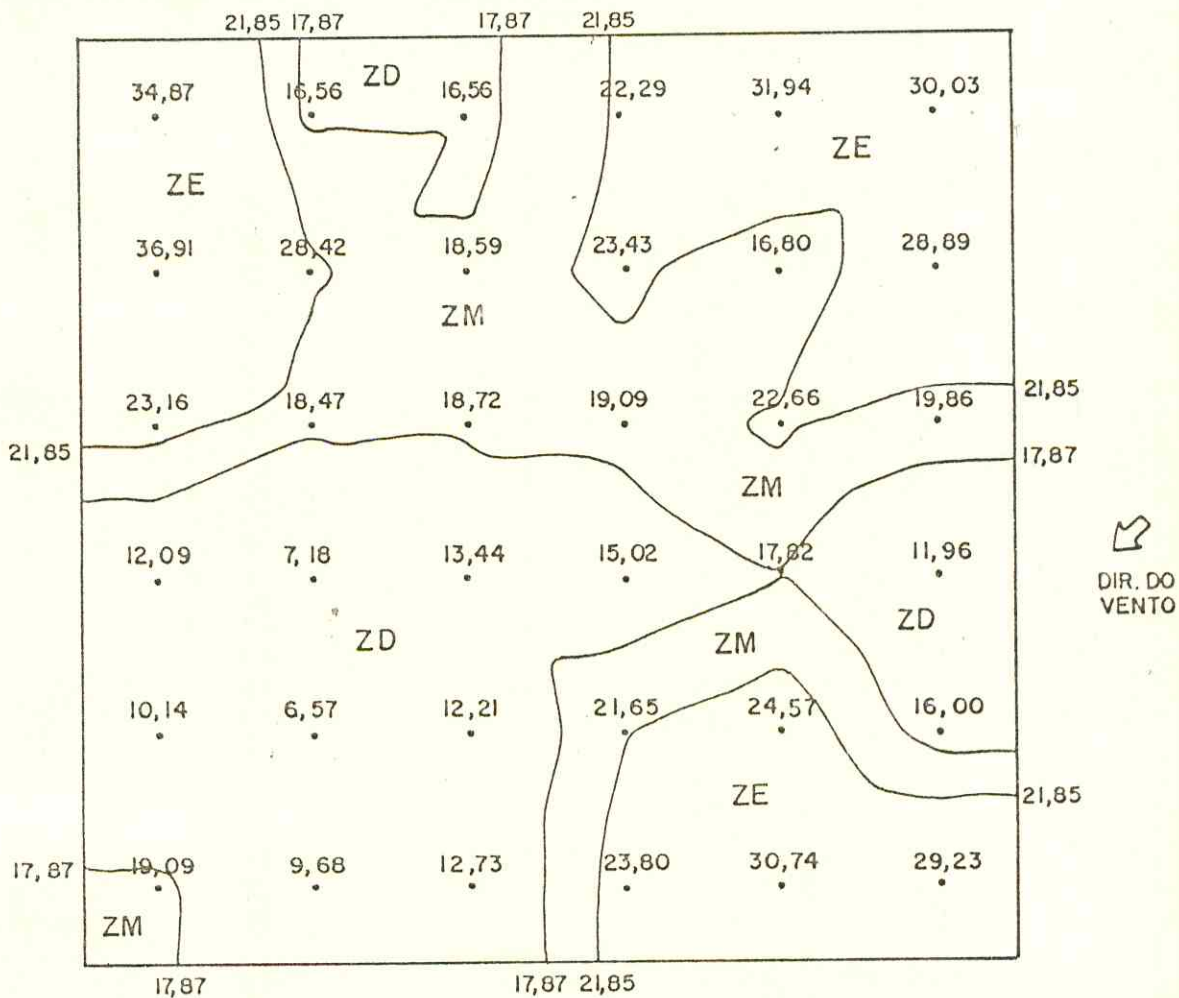
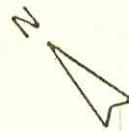
Fig. 4.5 - Distribuição das zonas déficit, média e com excesso de água, teste de precipitação nº 05.



Media precipitada : 16,34 mm
 Limite da Zona de excesso : > 17,97 mm
 Limite da Zona de deficit : < 14,71 mm

Fig. 4.6 - Distribuição das zonas déficit, média e com excesso de água, teste de precipitação nº 06.

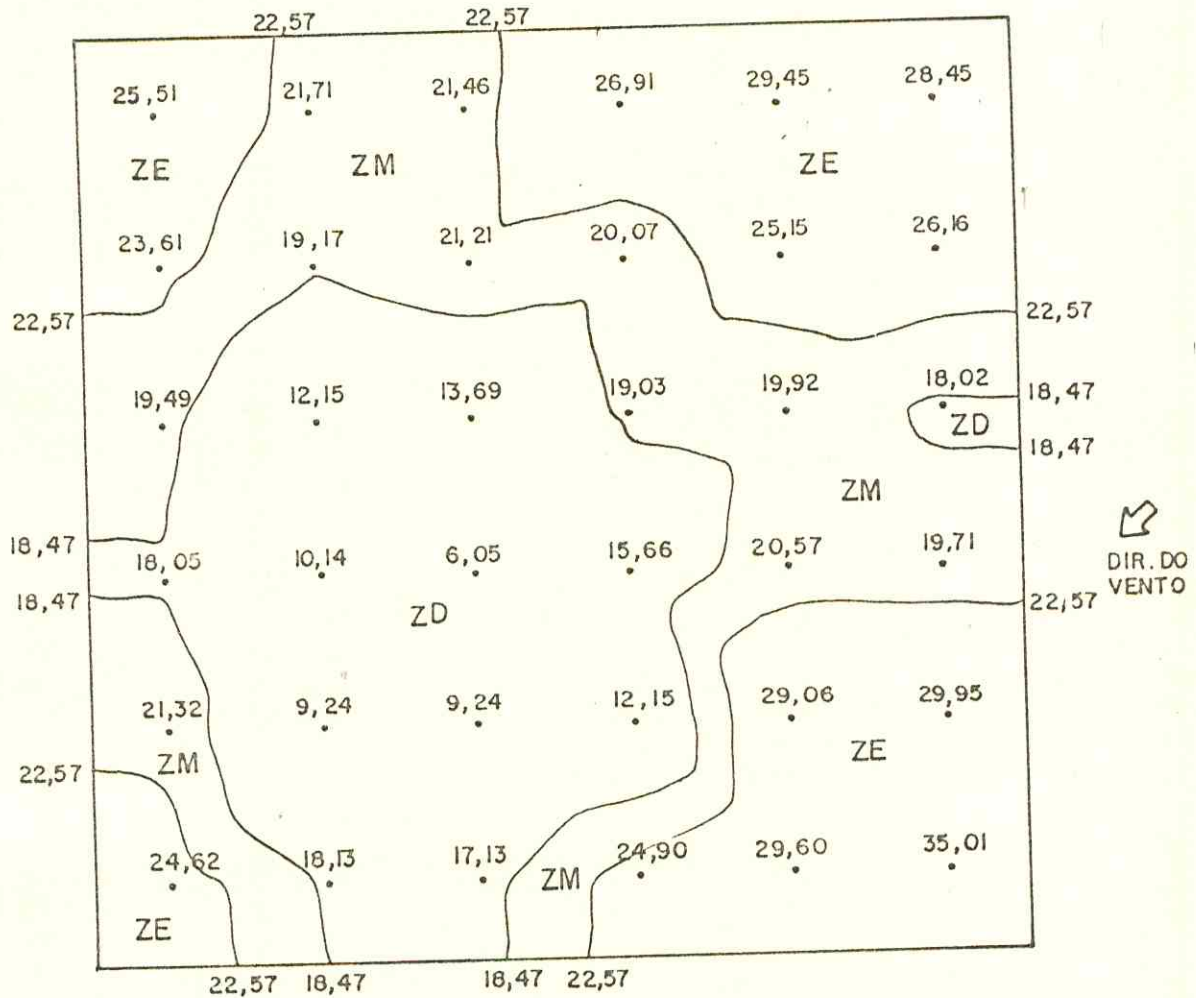
		m ²	%
ZE	EXCESSO	109,12	33,68
ZM	MÉDIA	92,70	28,61
ZD	DEFICIT	122,18	37,71



Média coletada : 19,86 mm
 Limite da Zona de excesso : > 21,85 mm
 Limite da Zona de deficit : < 17,87 mm

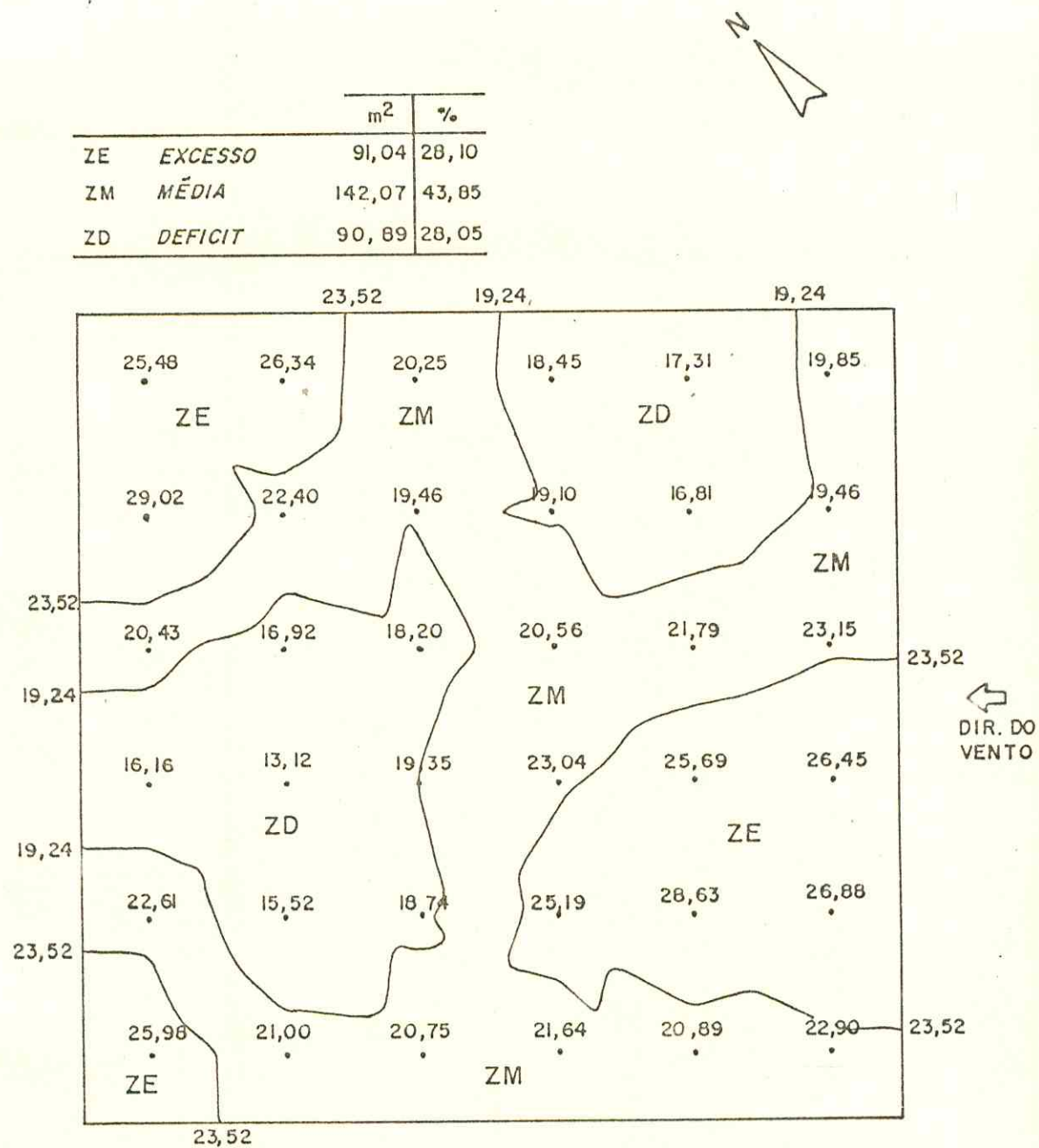
Fig. 4.7 - Distribuição das zonas déficit, média e com excesso de água, teste de precipitação nº 07.

		m ²	%
ZE	EXCESSO	117,48	36,26
ZM	MÉDIA	99,99	30,86
ZD	DEFICIT	106,53	32,88



Média Coletada: 20,52 mm
 Limite da Zona de excesso: > 22,57 mm
 Limite da Zona de deficit: < 18,47 mm

Fig. 4.8 - Distribuição das zonas déficit, média e com excesso de água, teste de precipitação nº 08.



Média coletada : 21,38 mm
 Limite da Zona de excesso : > 23,52 mm
 Limite da Zona de deficit : < 19,24 mm

Fig. 4.9 - Distribuição das zonas déficit, média e com excesso de água, teste de precipitação nº 09.

QUADRO Nº 4.6 - Comparações dos gastos de tempo e energia entre os manejos convencional e baseado no uso consuntivo da cultura, nas diversas irrigações.

MANEJO	Uso Consuntivo		Convencional	
	Horas de Bombeamento	kW gastos	Horas de Bombeamento	kW gastos
01	88,21	179,77	205,53	418,87
02	30,87	62,91	71,94	146,61
03	30,87	62,91	71,94	146,61
04	99,38	202,54	71,94	146,61
05	54,86	111,80	71,94	146,61
06	54,86	111,80	71,94	146,61
07	103,65	211,24	71,94	146,61
08	71,94	146,61	71,94	146,61
09	71,94	146,61	71,94	146,61
10	71,94	146,61	-	-
11	71,94	146,61	-	-
TOTAIS	750,46	1.529,41	781,05	1.591,75

nas 20 sacas por hectare.

Temdo a análise econômica o objetivo de medir a rentabilidade da cultura quando na entresafra e na performance de irrigação (eficiências e distribuição) discutidas anteriormente, observa-se, analisando-se o Quadro 4.7, que os custos de produção resultaram em Cz\$ 7.978,63 ou 74,99 OTN's e as receitas totalizaram Cz\$ 19.125,65 ou 179,75 OTN's, em 0,648 hectares.

No Quadro 4.8, que contém os indicadores econômicos, observa-se que a cultura, na eficiência anteriormente calculada e no manejo descrito, produziu um lucro de Cz\$ 11.147,05 ou 104,77 OTN's.

Com referência ao retorno ao trabalho, obteve-se uma lucratividade de Cz\$ 159,18 (1,496 OTN) por homem-dia, ou seja, se todos os outros fatores permanecessem constantes, poder-se-ia pagar até Cz\$ 159,18 por homem-dia, consideravelmente superior à diária da época, que era de Cz\$ 30,00 ou 0,28 OTN.

Com relação ao retorno à água, a cultura produziu uma lucratividade de Cz\$ 1,71 por metro cúbico de água usada, ou seja, mantendo-se todos os outros fatores constantes, poder-se-ia pagar até Cz\$ 1,71 ou 0,016 OTN por metro cúbico de água usada nas irrigações, quando, na época, o custo era de Cz\$ 0,018 (0,00017 OTN) por metro cúbico (Quadro 4.8). Ver ANEXO III.

QUADRO Nº 4.7 - Estrutura de Custos e Receitas para uma safra de feijão irrigado.

ITEM	VALOR	VALOR
	OTN	CZ\$
I - CUSTOS	74,99	7.978,63
1 - Água	<u>19,56</u>	<u>2.080,90</u>
a) Custos Fixos	14,34	1.525,88
b) Custos Variáveis	5,22	555,02
2 - Outros Custos	<u>55,43</u>	<u>5.897,73</u>
a) Custos Fixos	-	-
b) Custos Variáveis	55,43	5.897,73
II - RECEITAS	179,75	19.125,68

Nota: Valores em dezembro de 1986.

QUADRO Nº 4.8 - Indicadores econômicos para uma safra de feijão irrigado.

ITEM	UNIDADE	VALOR	VALOR
		OTN	CZ\$
Lucro	Cz\$	104,770	11.147,05000
Retorno ao trabalho	Cz\$/h-d	1,496	159,18171
Retorno à água	Cz\$/m ³	0,016	1,70515

Nota: Valores em dezembro de 1986.

5 - CONCLUSÕES

De acôrdo com os resultados encontrados conclui-se que:

5.1 - Do ponto de vista da eficiência de aplicação ($E_a = 83,86\%$), eficiência de armazenamento ($E_s = 89,57\%$) e perda por percolação profunda ($D_p = 16,14\%$), o manejo da irrigação, no presente caso, é considerado excelente; em relação à uniformidade de distribuição ($CUC = 76,54\%$) a irrigação é considerada boa (classificação II de HART et al., 1979), re^querendo melhoria na distribuição de água para o mesmo nível de aplicação médio.

5.2 - A comparação estatística entre os testes realizados nas posições extremas versus posição central apresentou resultados não significativos através do teste "t de Student", ou seja, no caso particular do presente trabalho, bastaria ter sido feito testes na posição central para a obtenção da mesma performance de irrigação, o que pode ser aconselhado para trabalhos posteriores.

5.3 - Com a aplicação do "Método Dam", constatou-se que em média 66,90% da área molhada pelos aspersores, foi irrigada com quantidades indesejáveis de água, constituída por zonas déficit ou excesso de água.

5.4 - A irrigação baseada na curva de uso consuntivo da cultura consumiu 4,08% menos energia do que se fosse baseado no método convencional.

5.5 - Em todos os casos a vazão medida no bocal dos aspersores foi superior à vazão calculada teoricamente.

5.6 - Do ponto de vista econômico, a irrigação por aspersão na cultura do feijoeiro, realizada de acordo com o manejo aqui apresentado, foi rentável e produziu um lucro de Cz\$ 11.147,05 ou 104,77 OTN's, na área do experimento (0,648 ha). O retorno ao trabalho foi de Cz\$ 159,18 ou 1,496 OTN por homem-dia. O retorno à água usada para as irrigações foi de Cz\$ 1,71 ou 0,016 OTN por metro cúbico de água usada.

6 - RECOMENDAÇÕES

A partir das observações realizadas, fazem-se as seguintes recomendações:

6.1 - Realização de testes, em número adequado de repetições, com aspersores de bocais de diâmetros diferentes, para se comprovar uma suposta relação direta entre CUC e vazão média dos aspersores de teste.

6.2 - Para se melhorar a uniformidade de distribuição, recomenda-se um arranjo triangular equilátero de aspersores (CHRISTIANSEN, 1942) no espaçamento de 18 x 18m ou um espaçamento retangular entre aspersores de 18 x 12m.

6.3 - Recomenda-se, em experimentos posteriores, fazer medições com aspersores de vazões iguais nas mesmas condições de velocidade de vento e de preferência no mesmo horário, para quantificar as influências causadas pela variação na rotação de aspersores, na uniformidade de distribuição e eficiências.

6.4 - Realizar estudos comparativos entre o manejo convencional da irrigação, baseado na aplicação de uma lâmina e turno de rega constantes, e o manejo baseado na curva de uso consuntivo utilizado no presente trabalho.

7 - LITERATURA CITADA

- ASAE, Design and operation of farm irrigation systems - Revised Printing, 591-592, 1983.
- BAGLEY, J. M. & CRIDDLE, W. D. Evaluation of sprinkler irrigation systems in northern Utah. Bull. 387, Utah State College. 1955.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 3ª ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1984. 463p.
- BEZERRA, F. M. L. Efeito do potencial mátrico e da época de plantio na produtividade de dois cultivares de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata*, (L) Walp, no Vale do Curu sob regime de irrigação. Fortaleza, UFC, 1985. 93p. (Dissertação de mestrado).
- BRANSCHIED, V. O. & HART, W. E. Predicting field distributions of sprinkler systems. Transaction of the ASAE, 19 (16): 801-803, 1968.
- CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkley, California, University of California, 1942. 124p. (Bull. Nº 670).
- COELHO, M. A. Características de umidade de alguns solos de aluvião: normais, sódicos e sódico-salinos. Rio de Janeiro, 1971. 113p. Tese de mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H. & SHOCKLEY, D. G. Methods for evaluating irrigation systems. Soil Conservation Service, Agriculture Handbook Nº 82. 1969. 24p.
- DAKER, A. Irrigação e drenagem; A água na agricultura. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, v. 3, 1984. 6ª ed.

543p.

DAVIS, J. R. Measuring water distribution from sprinklers. Transaction of the ASAE, 9(1): 94-97, 1966.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Manual de métodos de análise de solo. Parte 1 - Análises Físicas. Rio de Janeiro, SNLCS. 1969.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Yield Response to water. FAO Irrigation and drainage paper, nº 30, Rome, Italy, 1979. 193p.

HALDERMAN, A. D. & FROST, K. R. Sprinkler irrigation in Arizona. Cooperative Extension Service and Agricultural Experiment Station, University of Arizona, 1968. (Bull. A-56).

HART, W. E.; PERI, G. & SKOGERBOE, G. V. Irrigation performance: An evaluation. Journal of the irrigation and drainage division, 105 (3): 275-288. 1979.

KARMELI, D.; SALAZAR, L. J. & WALKER, W. R. Assessing the spatial variability of irrigation water applications. Ada, Oklahoma, Office of Research and Development, U. S. Environmental Protection Agency, 1978, 20lp.

NOGUEIRA, L. C. Determinação dos parâmetros de avaliação de dois sistemas de irrigação por aspersão. Fortaleza, UFC, 1987. 124p. (Dissertação de mestrado).

OLITTA, A. F. L. Os métodos de irrigação. São Paulo, Nobel, 1981. 1ª ed. 3ª reimpressão. 267p.

PAIR, C. H. Water distribution under sprinkler irrigation. Transaction of the ASAE. 14(2): 591-592, 1968.

PAIR, C. H.; WRIGHT, J. L. and JENSEN, M. E. Sprinkler irrigation spray temperatures. Transactions of the ASAE. 14(5): 599, 1969.

- RIBEIRO, J. M. Avaliação do sistema de irrigação por aspersão através do modelo linear. Fortaleza, UFC, 1982. 89p. (Dissertação de mestrado).
- RICHARDS, L. A. and WALDEIGH, C. H. Soil water and plant growth. In: "Soil Physical Condition and Plant Growth". Amer. Soc. Agron. Monograph. 2. 1945. p. 13.
- SAUNDERS, L. C. U.; CASTRO, P. T.; BARBOSA, C. E. & MATIAS, J. F. Dinâmica da água no solo com a cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* (L) Savi), em Aluvião Eutrofico. Ciência Agrônômica, 12(1/2): 141-148. Fortaleza-CE. Dez. 1981.
- SEGINER, I. A resistance model of evaporation during sprinkling. Agr. Meteorol. Transactions of the ASAE. 14 (5): 599-600, 1970.
- SEGINER, I. Water losses during sprinkling. Transactions of the ASAE. 14(5): 599-600, 1971.
- SEGINER, I. A note on sprinkler spray evaporation. Agr. Meteorol. Transaction of the ASAE. 14(5): 599-600, 1973.
- SOARES, J. M.; PINTO, J. M. & MAGALHÃES, A. A. Eficiência de irrigação por aspersão a nível de parcela no sistema de irrigação Senador Nilo Coelho. VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Vol. 3, 437-460, 1986.
- SOLOMON, K. Variability of sprinkler coefficient of uniformity test results. Transactions of the ASAE. 14 (2): 591, 1978.
- UHLAND, R. E. Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 14: 361-366. 1949.
- VORIES, E. D. & von BERNUTH, R. D. Simulation of wind effects on sprinkler uniformity. St. Joseph, Michigan, ASAE, 1985. 41 p. (Paper 85-2063).

ANEXO I

DIAGRAMAS ADIMENSIONAIS ESQUEMÁTICOS DA DIS
TRIBUIÇÃO REAL DE ÁGUA COM AJUSTES LINEARES
DAS PRECÍPITAÇÕES OBTIDAS NOS 09 TESTES REA
LIZADOS, E MÉDIA DOS TESTES OBTIDA, DURANTE
TODO O EXPERIMENTO.

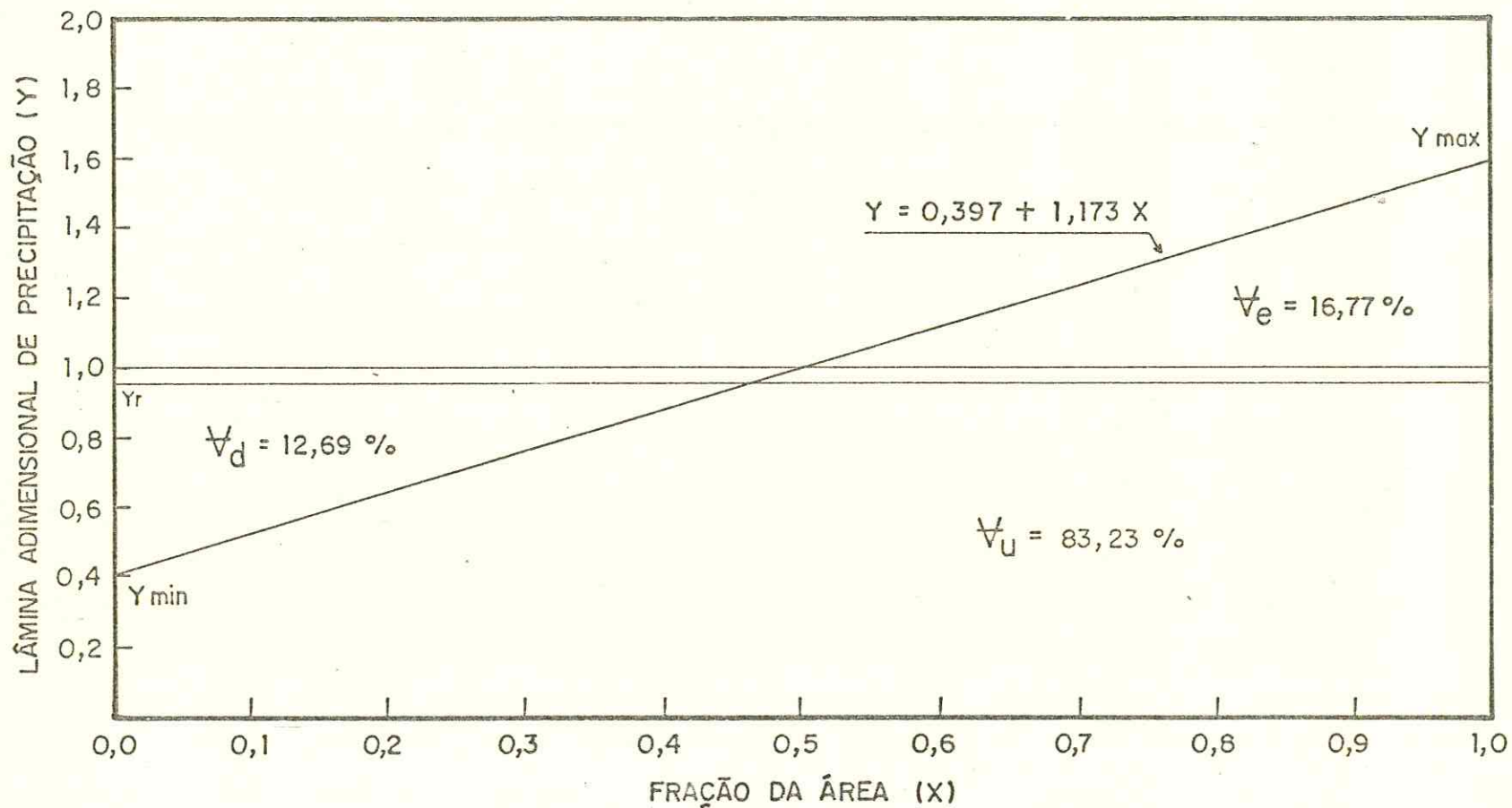


Fig. 01 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 01.

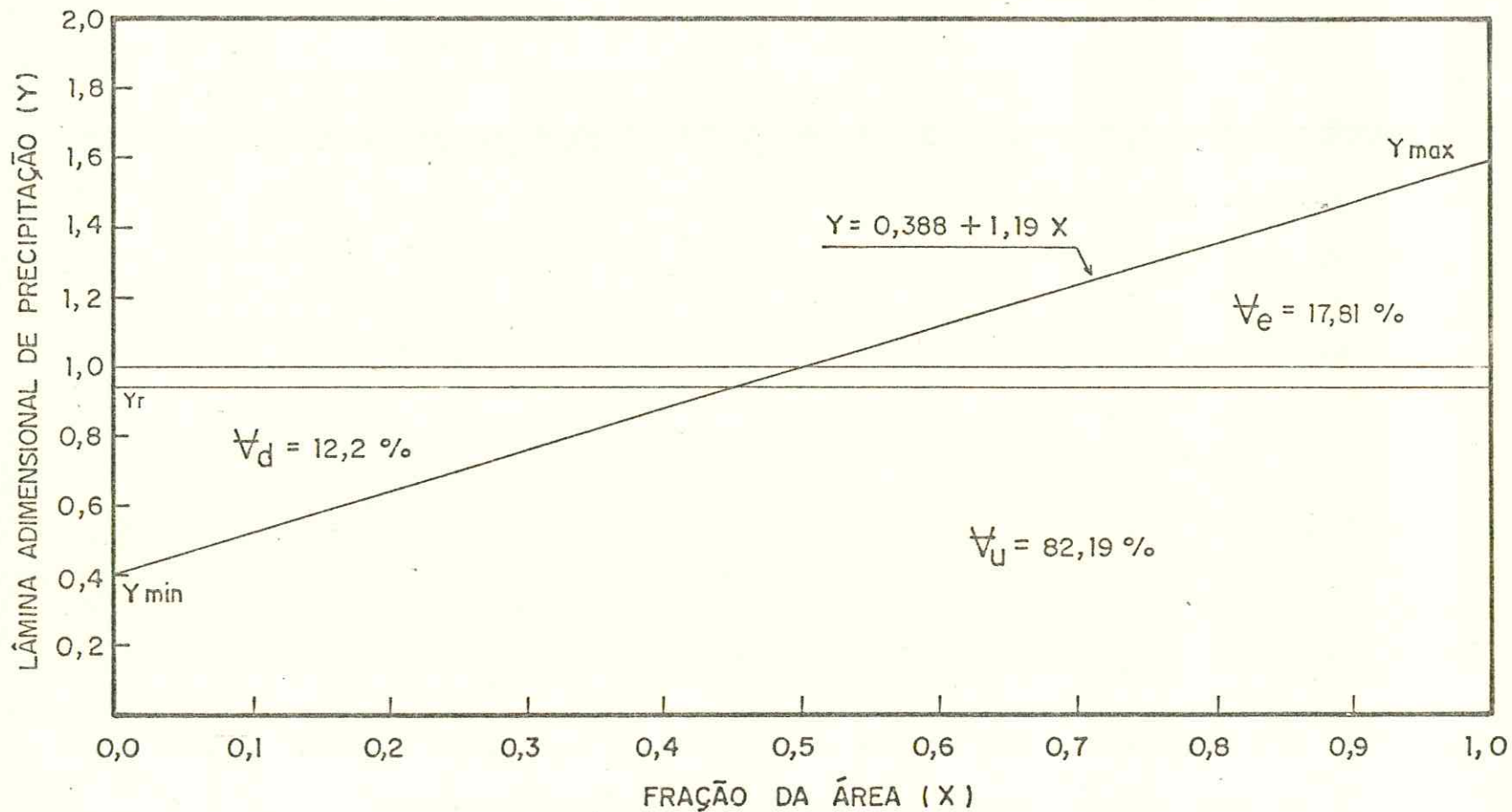


Fig. 02 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 02.

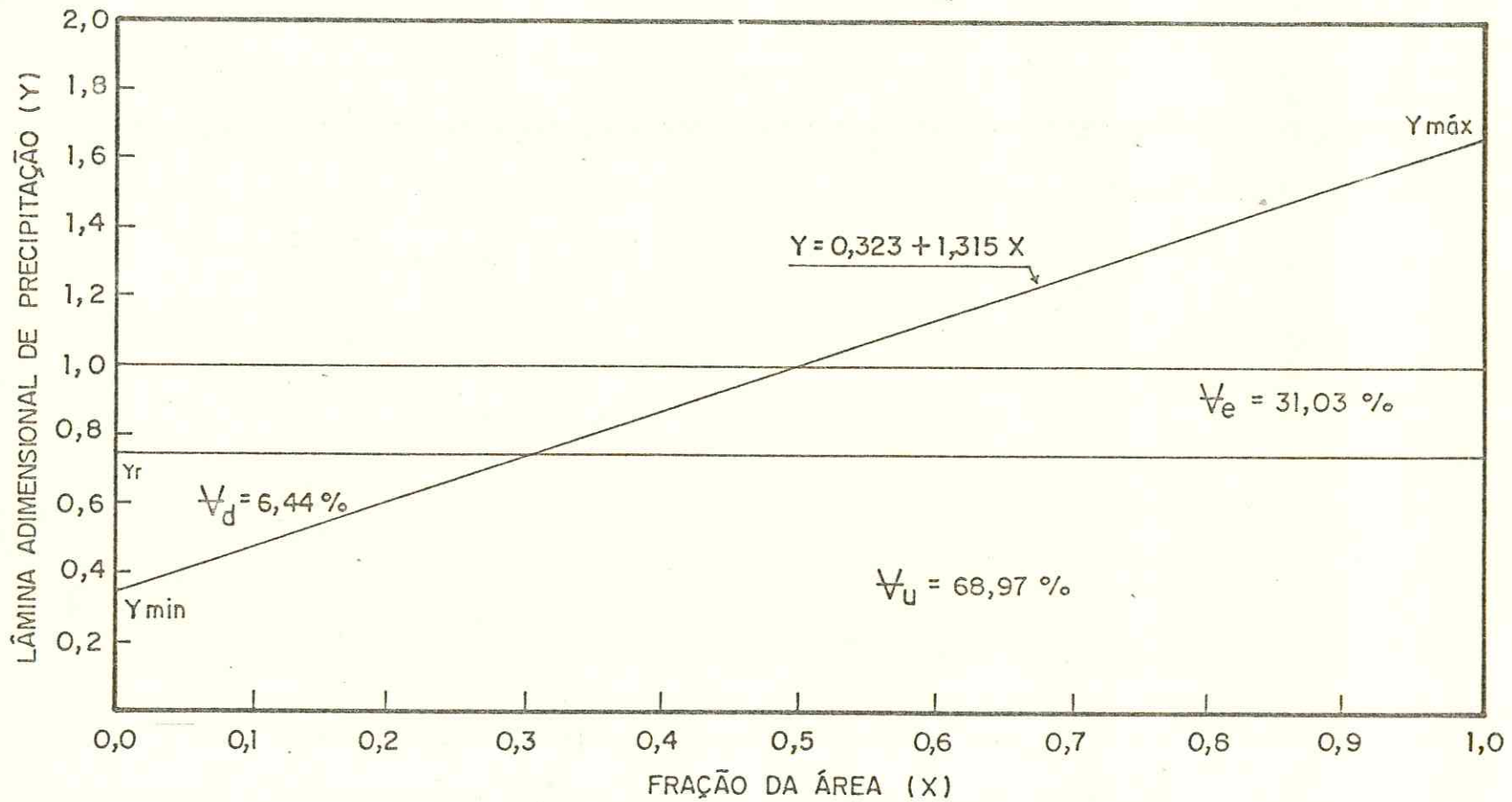


Fig. 03 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 03.

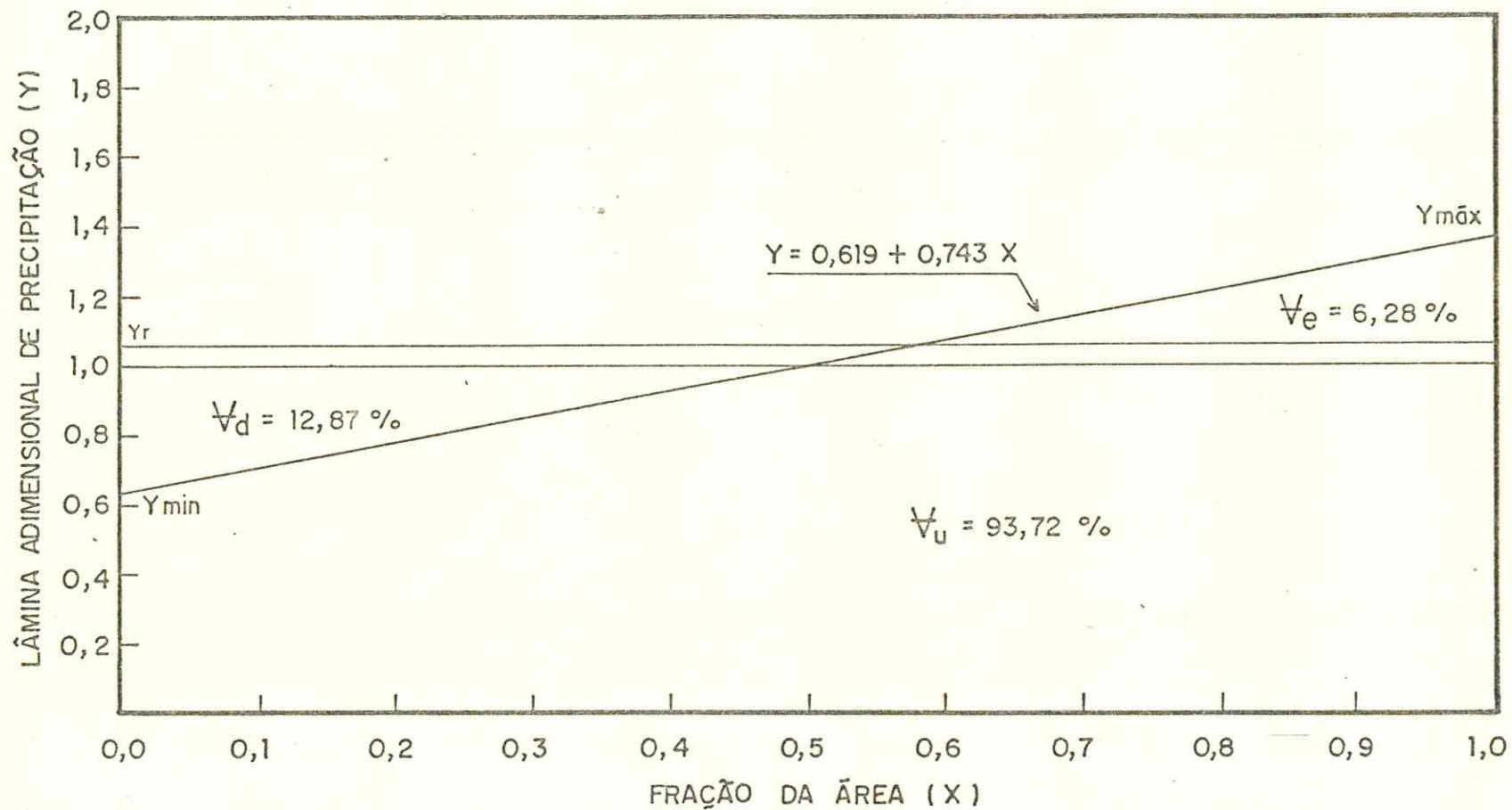


Fig. 04 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 04.

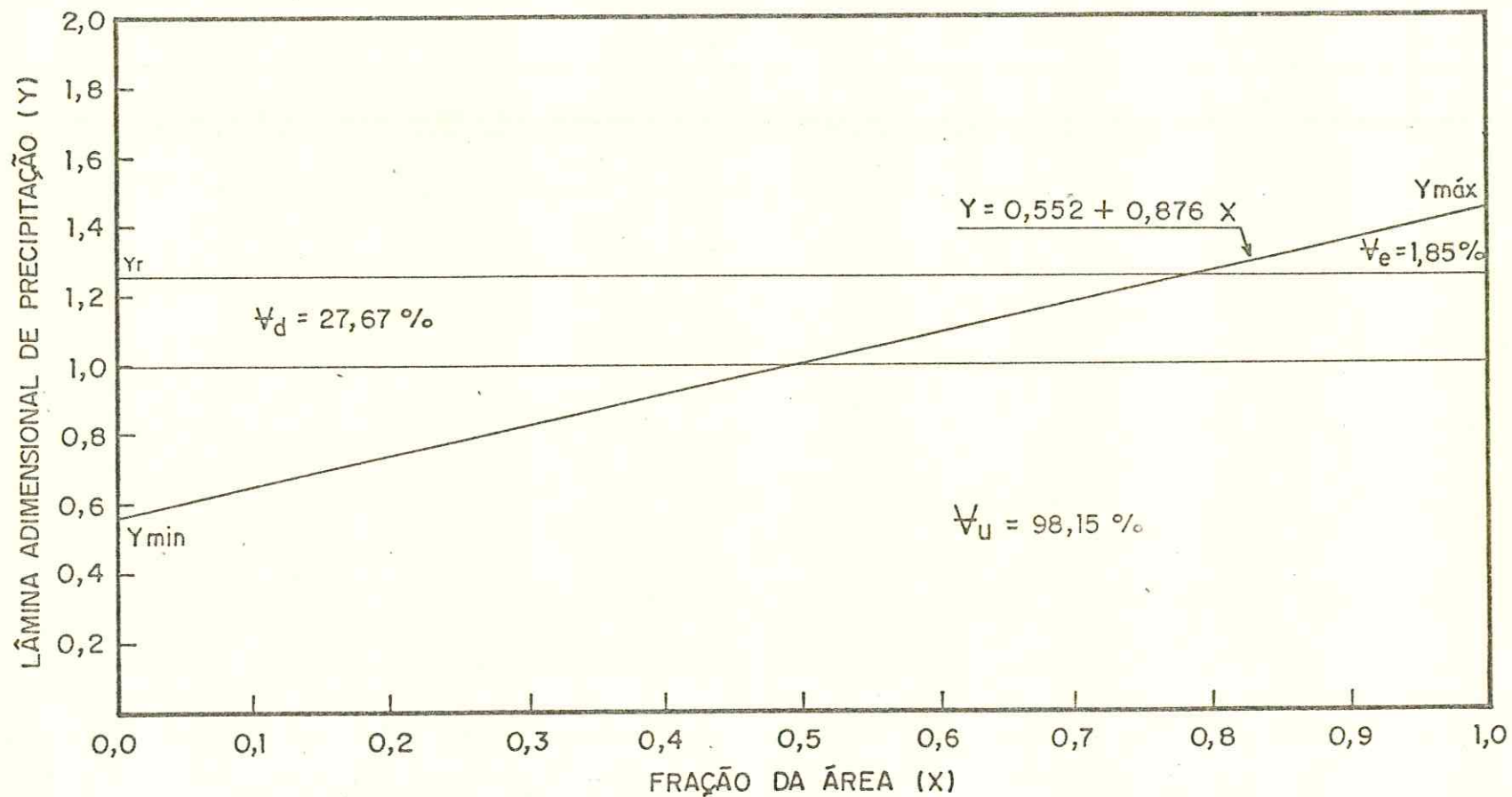


Fig. 05 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 05.

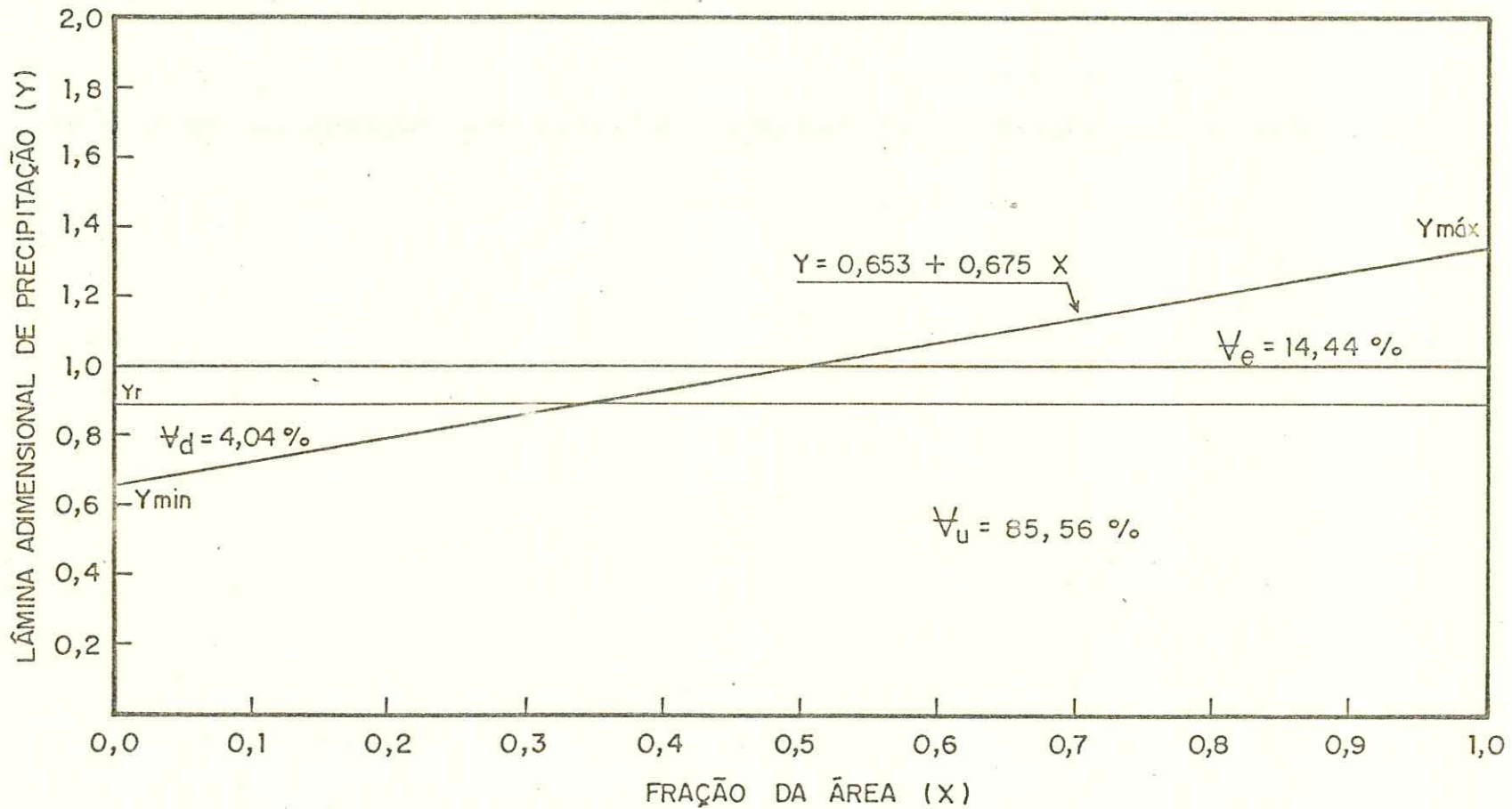


Fig. 06 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 06.

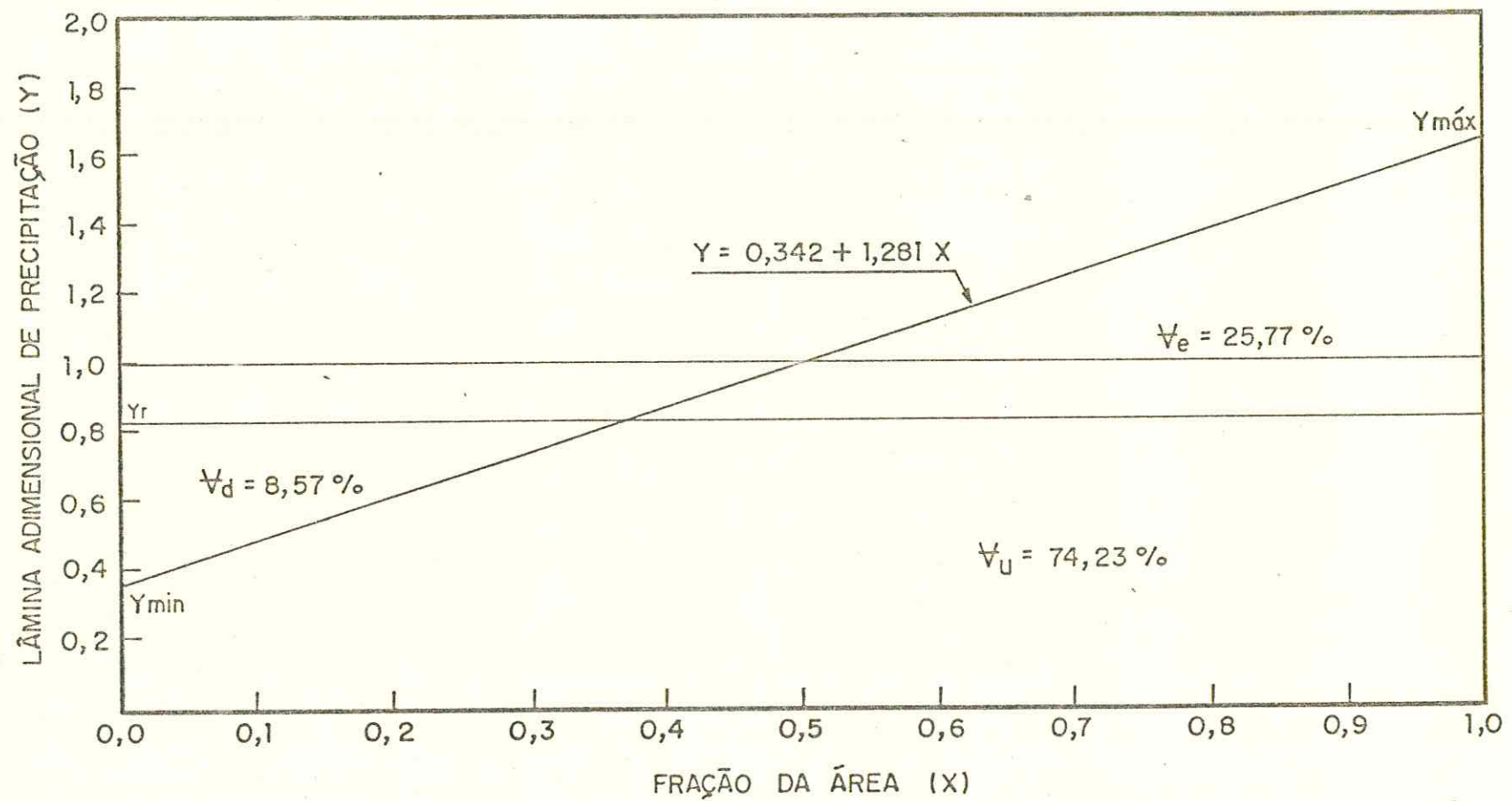


Fig. 07 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 07.

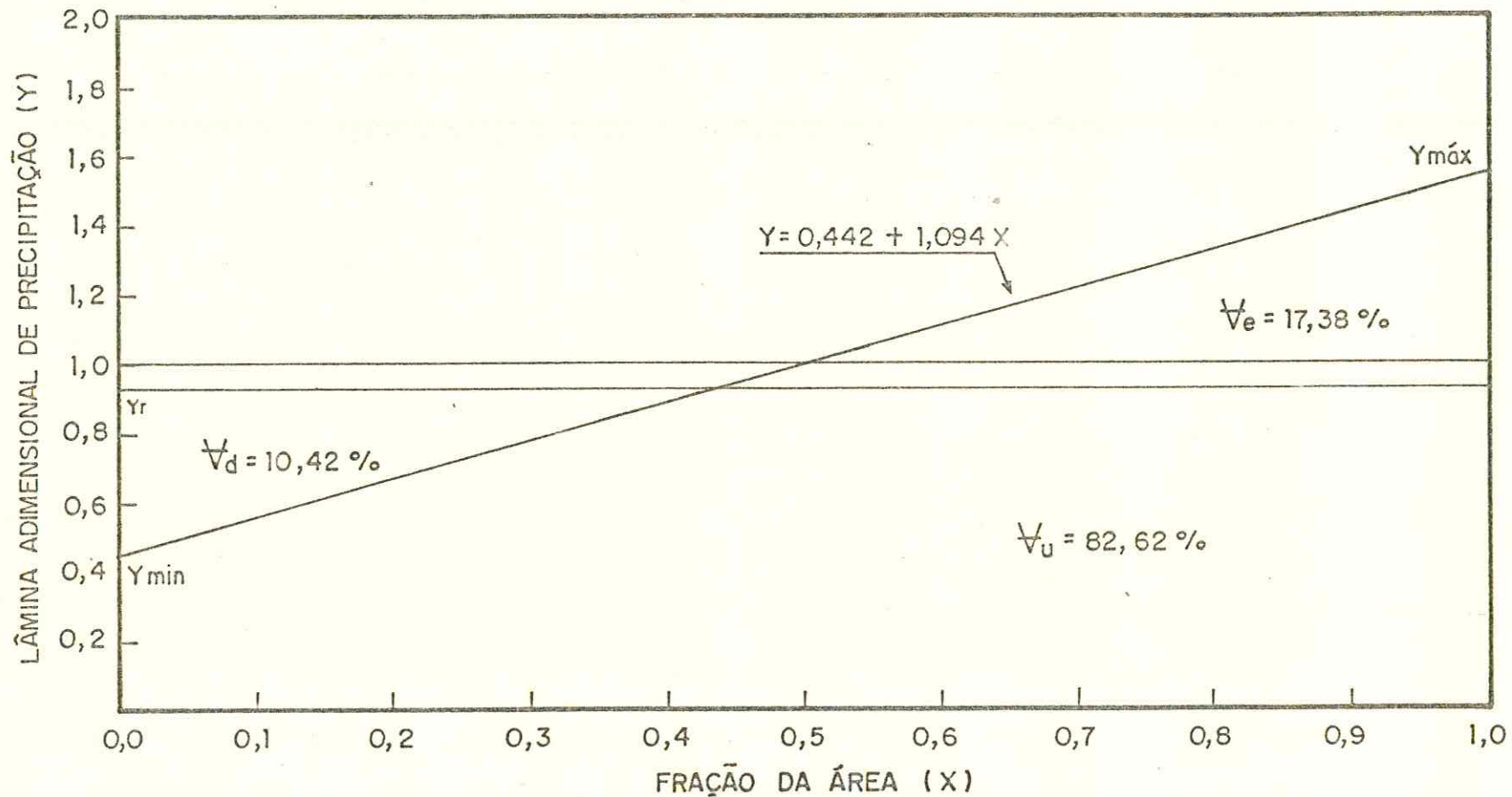


Fig. 08 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 08.

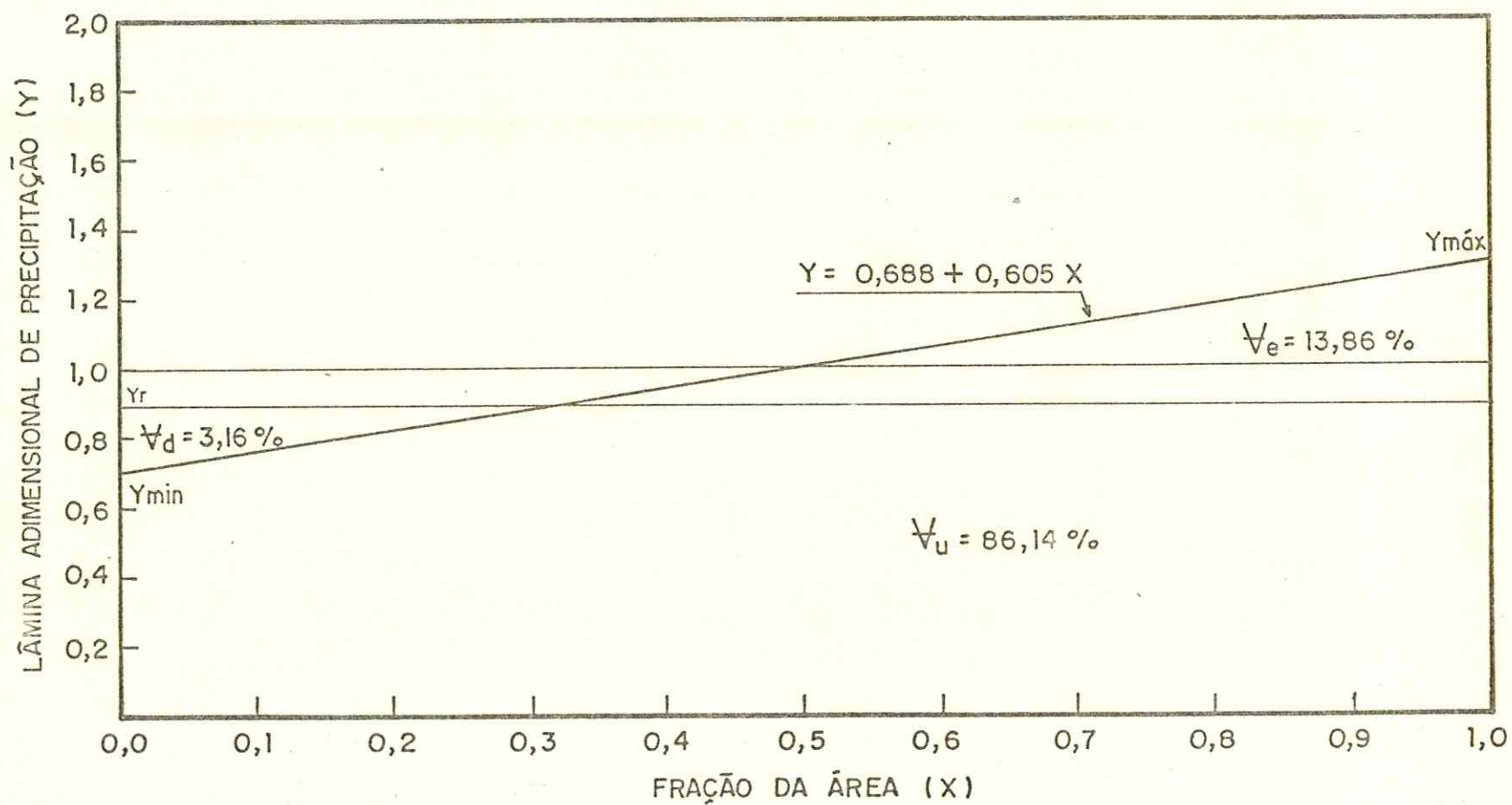


Fig. 09 - Diagrama esquemático da distribuição de água no solo pelo método de KARMELI, no teste nº 09.

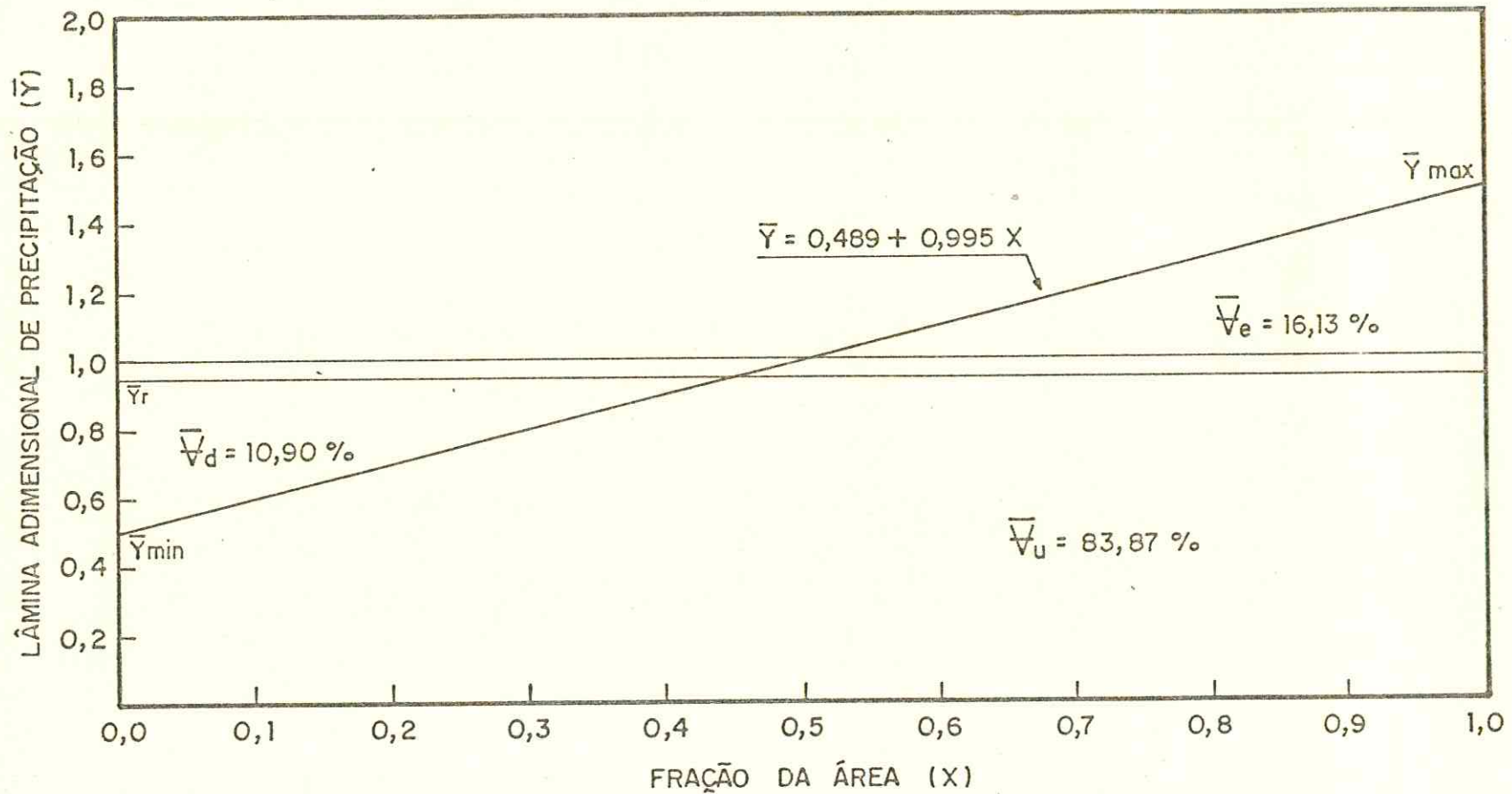


Fig. 10 - Diagrama esquemático da distribuição da água no solo pelo método de KARMELI, com a média dos testes de precipitação.

ANEXO II

DADOS DE CAMPO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
ASPERSÃO, USADO NO EXPERIMENTO.

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 01
 DATA 11.09.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,70 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)		VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO				
01	9,00	8,00	8,00	10,06	36,00	1,67	2,54	0,67	
02	7,15	8,00	7,20	7,28	29,00	2,07	2,52	0,62	

HORA: INÍCIO 6:23h TÉRMINO 7:55h DURAÇÃO 1h32min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	3,2	-	5,2	-	0,4
8,4	2,0	19,0	-	37,0	-	51,0	-	31,0
40,0	27,0	62,0	-	72,0	-	93,0	-	76,0
61,0	65,0	72,0	-	57,0	-	74,0	-	104,0

73,0	74,0	47,0	-	41,0	-	49,0	-	83,0
73,0	68,0	49,0	-	51,0	-	72,0	-	112,0
23,0	28,0	41,0	-	52,0	-	65,0	-	69,0
1,4	3,4	17,0	-	25,0	-	27,0	-	13,0
-	-	0,2	-	1,2	-	1,4	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 44,0ml EVAPORADO 6,0ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	SE - NO	SE - NO	L - O
DIST. (hm)	867677	867698	867714	867740	867767

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	SE - NO	L - O	L - O	SE - NO	SE - NO
DIST. (hm)	867792	867819	867842	867870	867898

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº _____ 02
 DATA 11.09.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO _____ 2,76 atm _____ VAZÃO _____ 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO _____ 2,66 atm _____ VAZÃO _____ 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA _____ ASBRASIL _____ MODELO _____ ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. _____ 6,0mm _____ OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO _____ 18 x 18m _____ ALTURA DA HASTE _____ 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP.	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)	VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO			
01	8,00	8,00	7,00	8,00	31,00	1,94	2,505	0,62
02	6,00	6,00	6,45	7,00	26,45	2,27	2,480	0,65

HORA: INÍCIO 16:44h TÉRMINO 18:04h DURAÇÃO 1h20min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
6,8	-	0,4	7,0	24,0	30,0	
39,0	12,0	12,0	41,0	68,0	75,0	

72,0	49,0	41,0	67,0	72,0	57,0	
90,0	73,0	56,0	60,0	49,0	36,0	
82,0	69,0	51,0	55,0	39,0	33,0	
57,0	37,0	32,0	55,0	41,0	52,0	
29,0	6,4	7,0	40,0	38,0	39,0	
2,7	0,4	-	5,4	9,4	9,5	
-	-	-	-	-	-	

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 43,5ml EVAPORADO 6,5ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	L - O	L - O	NE - SO	NE - SO
DIST. (hm)	869214	869240	869266	869287	869312

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	NE - SO	NE - SO	NE - SO	NE - SO	
DIST. (hm)	869335	869356	869380	869404	

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 03
 DATA 12.09.88 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,59 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6,0mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)	VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO			
01	5,00	5,40	4,60	5,20	20,00	3,00	2,46	0,86
02	3,45	3,30	3,35	3,50	13,00	4,62	2,44	0,60

HORA: INÍCIO 9:10h TÉRMINO 10:33h DURAÇÃO 1h32min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	2,9	2,5
1,9	-	9,8	20,0	23,0	17,0		
26,0	17,0	38,0	44,0	58,0	60,0		
54,0	56,0	60,0	85,0	134,0	126,0		
82,0	68,0	58,0	80,0	105,0	46,0		
*							
78,0	70,0	72,0	89,0	112,0	154,0		
34,0	42,0	60,0	87,0	104,0	108,0		
5,5	12,0	29,0	47,0	60,0	49,0		
0,6	0,8	8,0	13,0	14,0	6,2		
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 41,0ml EVAPORADO 9,0ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	NE - SO	L - O	SE - NO	L - O	L - O
DIST. (hm)	870191	870220	870247	870275	870296

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	S - N	NE - SO	SE - NO	SE - NO	SE - NO
DIST. (hm)	870319	870341	870364	870388	870407

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 04
 DATA 01.10.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,70 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6,0mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)	VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO			
01	7,30	7,00	6,50	7,00	28,00	2,14	2,54	0,67
02	6,10	6,00	5,00	5,40	19,00	3,16	2,52	0,67

HORA: INÍCIO 10:38h TÉRMINO 13:23h DURAÇÃO 2h45min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	1,6	-	2,8	-	1,8
18,0	12,0	17,0	-	37,0	-	47,0	-	28,0
72,0	57,0	70,0	-	81,0	-	102,0	-	94,0
147,0	115,0	99,0	-	126,0	-	151,0	-	157,0
*								
147,0	139,0	106,0	-	88,0	-	108,0	-	138,0
131,0	127,0	107,0	-	100,0	-	120,0	-	146,0
75,0	77,0	93,0	-	81,0	-	108,0	-	119,0
24,0	13,0	23,0	-	58,0	-	62,0	-	56,0
-	-	-	-	7,8	-	11,5	-	5,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 26,0ml EVAPORADO 24,0ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	L - O	L - O	L - O
DIST. (hm)	913384	913412	913436	913457	913478

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	L - O	SE - NO	L - O	SE - NO
DIST. (hm)	913505	913524	913540	913563	913585

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	SE - NO	L - O	L - O
DIST. (hm)	913605	913631	913657	913678	913695

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO	SE - NO	S - N	L - O		
DIST. (hm)	913715	913733	913743		

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 05
 DATA 02.10.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,66 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6,0mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)	VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO			
01	7,45	7,20	7,60	8,50	30,00	2,00	2,505	0,64
02	4,65	4,70	4,65	5,50	18,55	3,23	2,480	0,66

HORA: INÍCIO 8:14h TÉRMINO 10:59h DURAÇÃO 2h45min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	1,0	0,8	-	-
31,0	11,0	13,0	38,0	49,0	45,0	-
94,0	60,0	56,0	90,0	124,0	131,0	-
160,0	99,0	82,0	88,0	126,0	131,0	-

163,0	118,0	96,0	84,0	98,0	78,0	-
132,0	98,0	77,0	82,0	102,0	112,0	-
58,0	58,0	62,0	68,0	94,0	99,0	-
19,0	20,0	28,0	36,0	39,0	34,0	-
2,8	-	-	7,0	2,4	1,4	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 33,0ml EVAPORADO 17,0ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS LIDOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
DIREÇÃO	L - O	L - O	L - O	L - O	N - S
DIST. (hm)	914804	914823	914844	914865	914885

DADOS LIDOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	SE - NO	SE - NO	N - S
DIST. (hm)	914909	914932	914953	914979	915004

DADOS LIDOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	L - O	NE - SO	N - S
DIST. (hm)	915032	915057	915080	915105	915127

DADOS LIDOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
DIREÇÃO	NE - SO	NE - SO	L - O		
DIST. (hm)	915146	915166	915175		

DADOS LIDOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 06
 DATA 03.10.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,59 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6,0mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM DO BOCAL	PRESSÃO DO BOCAL (atm)	VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO			
01	7,45	7,20	7,60	8,50	30,00	2,00	2,460	0,64
02	4,65	4,70	4,65	5,50	18,55	3,23	2,440	0,66

HORA: INÍCIO 8:53h TÉRMINO 11:38h DURAÇÃO 2h45min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1,4	-	-	-	-	-	-
13,5	8,8	18,0	23,0	28,5	20,0	-	-	-
53,0	45,0	39,5	47,0	61,0	73,0	-	-	-
125,0	102,0	74,0	87,0	131,0	147,0	-	-	-
176,0	127,0	94,0	98,0	125,0	155,0	-	-	-

152,0	129,0	99,0	114,0	104,0	129,0	-	-	-
117,0	91,0	72,0	117,0	131,0	147,0	-	-	-
56,0	42,0	52,0	54,0	69,0	72,0	-	-	-
15,0	5,3	19,0	18,0	20,0	20,0	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 31,5ml EVAPORADO 18,5ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	L - O	L - O	L - O	L - O
DIST. (hm)	916788	916811	916828	916852	916874

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	L - O	L - O	SE - NO	S - N
DIST. (hm)	916894	916917	916940	916960	916978

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO	SE - NO	S - N	SE - NO	S - N	S - N
DIST. (hm)	916994	917018	917044	917065	917083

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO	SE - NO	SE - NO	L - O		
DIST. (hm)	917106	917127	917139		

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 07
 DATA 22.10.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,70 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6,0mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)	VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO			
01	7,60	6,25	7,20	7,80	28,70	2,09	2,540	0,66
02	4,50	4,50	4,30	4,50	17,40	3,45	2,520	0,87

HORA: INÍCIO 10:20h TÉRMINO 13:25h DURAÇÃO 3h05min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	1,7	17,0	14,0	-	-
18,0	15,0	46,0	96,0	123,0	64,0	-
132,0	58,0	82,0	169,0	200,0	192,0	-

256,0	112,0	112,0	157,0	233,0	218,0	-
272,0	158,0	128,0	166,0	114,0	209,0	-
164,0	127,0	129,0	132,0	160,0	138,0	-
77,0	38,5	68,0	65,0	90,0	76,0	-
25,5	0,6	14,0	38,0	34,0	25,5	-
-	-	-	-	5,4	1,7	-
-	-	-	-	-	-	-

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 32,0ml EVAPORADO 18,0ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	NO - SE	NO - SE	L - O	NO - SE
DIST. (hm)	956321	956347	956378	956405	956443

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	L - O	L - O	L - O	NE - SO
DIST. (hm)	956481	956522	956562	956600	956626

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	L - O	NE - SO	L - O	L - O
DIST. (hm)	956650	956688	956717	956744	956775

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO	NE - SO	NE - SO	NE - SO	L - O	L - O
DIST. (hm)	956804	956833	956863	956890	956907

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO					
DIST. (hm)					

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 08
 DATA 23.10.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,66 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE-30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6,0mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)	VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO			
01	3,70	4,10	3,75	3,85	14,70	4,08	2,505	0,62
02	6,00	7,25	6,35	6,90	27,40	2,19	2,480	0,64

HORA: INÍCIO 8:36h TÉRMINO 12:11h DURAÇÃO 3h35min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
1,3	-	-	-	-	-	-
37,0	2,8	-	17,0	41,5	34,0	-
104,0	47,0	47,0	70,0	175,0	177,0	-
168,0	117,0	109,0	170,0	207,0	248,0	-

175,0	145,0	143,0	186,0	206,0	198,0	-
160,0	125,0	141,0	132,0	172,0	180,0	-
101,0	70,0	82,0	124,0	131,0	116,0	-
54,0	26,0	22,0	55,0	69,0	70,0	-
12,5	-	-	-	2,4	7,5	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 24,5ml EVAPORADO 25,5ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	NE - SO	SE - NO	NE - SO	L - O	L - O
DIST. (hm)	958096	958111	958128	958144	958159

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	S - N	L - O	L - O	NE - SO
DIST. (hm)	958174	958191	958207	958228	958250

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	SE - NO	L - O	NE - SO
DIST. (hm)	958273	958293	958312	958334	958354

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO	SE - NO	SE - NO	L - O	NE - SO	L - O
DIST. (hm)	958373	958393	958414	958434	958450

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO	NE - SO	L - O	L - O		
DIST. (hm)	958465	958489	958496		

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL
(CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO)

ÁREA Nº _____ SUB-ÁREA _____ TESTE Nº 09
 DATA 24.10.86 RESPONSÁVEL Edinardo
 SISTEMA: PRESSÃO 2,76 atm VAZÃO 4,32m³/h
 LATERAL: PRESSÃO 2,59 atm VAZÃO 4,32m³/h
 ASPERSORES: MARCA ASBRASIL MODELO ZE - 30
 DIÂM. BOCAIS: ESPEDIF. 6,0mm OBTIDO _____
 ESPAÇAMENTO 18 x 18m ALTURA DA HASTE 1,00m
 PRESSÃO MÉDIA _____ VAZÃO MÉDIA _____

ASP. Nº	TEMPO DE ROTAÇÃO (s)					RPM	PRESSÃO DO BOCAL (atm)		VAZÃO (l/s)
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	4ºQ	CÍRCULO				
01	6,40	6,70	6,95	7,00	26,60	2,26	2,460	0,64	
02	8,15	7,95	8,18	7,70	32,52	1,85	2,440	0,66	

HORA: INÍCIO 6:32h TÉRMINO 10:07h DURAÇÃO 3h35min

VOLUMES COLETADOS (cm³):

-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>14,5</u>	<u>5,8</u>	<u>6,9</u>	<u>23,5</u>	<u>42,0</u>	<u>39,0</u>			
<u>60,0</u>	<u>41,0</u>	<u>66,0</u>	<u>88,0</u>	<u>108,0</u>	<u>110,0</u>			
<u>147,0</u>	<u>110,0</u>	<u>120,0</u>	<u>151,0</u>	<u>176,0</u>	<u>165,0</u>			
<u>192,0</u>	<u>153,0</u>	<u>151,0</u>	<u>158,0</u>	<u>152,0</u>	<u>168,0</u>			
*								
<u>188,0</u>	<u>195,0</u>	<u>147,0</u>	<u>133,0</u>	<u>124,0</u>	<u>144,0</u>			
<u>216,0</u>	<u>164,0</u>	<u>141,0</u>	<u>138,0</u>	<u>120,0</u>	<u>141,0</u>			
<u>122,0</u>	<u>103,0</u>	<u>112,0</u>	<u>114,0</u>	<u>105,0</u>	<u>119,0</u>			
<u>43,0</u>	<u>38,0</u>	<u>62,0</u>	<u>69,0</u>	<u>70,0</u>	<u>74,0</u>			
<u>6,6</u>	-	<u>3,1</u>	<u>23,0</u>	<u>25,0</u>	<u>22,0</u>			
-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-			

EVAPORAÇÃO:

VOLUMES: INICIAL 50ml FINAL 38,0ml EVAPORADO 12,0ml

VENTO: (CATAVENTO/ANEMÔMETRO)

DADOS	INSTANTE (min)				
	0	10	20	30	40
LIDOS					
DIREÇÃO	NE - SO	NE - SO	NE - SO	NE - SO	NE - SO
DIST. (hm)	959565	959565	959566	959570	959580

DADOS	INSTANTE (min)				
	50	60	70	80	90
LIDOS					
DIREÇÃO	SE - NO	SE - NO	SE - NO	NE - SO	L - O
DIST. (hm)	959580	959602	959623	959640	959656

DADOS	INSTANTE (min)				
	100	110	120	130	140
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	L - O	SE - NO	SE - NO
DIST. (hm)	959679	959698	959718	959739	959758

DADOS	INSTANTE (min)				
	150	160	170	180	190
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	SE - NO	SE - NO	L - O	SE - NO
DIST. (hm)	959778	959803	959819	959834	959851

DADOS	INSTANTE (min)				
	200	210	220	230	240
LIDOS					
DIREÇÃO	L - O	L - O	L - O		
DIST. (hm)	959874	959891	959905		

ANEXO III

ANÁLISE ECONÔMICA DA CULTURA DO CAUPI IRRIGADO

(Vigna unguiculata (L.) Walp)

ANÁLISE ECONÔMICA DA CULTURA DO CAUPI IRRIGADO

(Vigna unguiculata (L.) Walp)

CULTIVAR: JOÃO PAULO II

(IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO - ÁREA 0,648ha)

Na composição da estrutura de custos e receitas foram estabelecidas as seguintes pressuposições:

- a) Preços de Dezembro de 1986;
- b) Produção de uma única safra;
- c) Custos e receitas para uma área de 0,648 ha;
- d) O equipamento de irrigação é usado num período de apenas 1/3 do ano.

I - CUSTOS

A - Água (Equipamento para tornar a área irrigada)

a) Custos Fixos

i) Depreciação do Equipamento de Irrigação */

$$D = \frac{V - R}{t}$$

onde, D = Depreciação em Cz\$/safra;

V = Valor do equipamento em Cz\$;

R = Valor residual do equipamento em Cz\$;

t = Tempo útil do equipamento em safras.

ii) Juros (10% a.a.)

$$J = (10\% \times 1/2 V)/3 */$$

onde, J = Juros em Cz\$/safra;

V = Valor do equipamento em Cz\$.

*/O valor das peças do equipamento e suas respectivas vida útil constam do Quadro nº 04.

Assim, $J = 421,83 \text{ Cz\$/safra.}$

iii) Reparos (2% do valor de compra do equipamento)

$$\text{Rep.} = (2\% \times V)/3 \text{ */}$$

$$\text{Rep.} = 168,73 \text{ Cz\$/safra}$$

b) Custos Variáveis

i) Energia

$$E = \text{kW.h gastos} \times \text{valor do kW.h}$$

$$E = 1.529,41 \times 0,3629$$

$$E = 555,02 \text{ Cz\$/safra.}$$

B - Outros Custos

a) Custos Fixos

Inexistem pelo fato de todos os implementos de mecanização terem sido alugados.

b) Custos Variáveis **/

i) Aluguel de máquinas e implementos.

$$A = 1.496,88 \text{ Cz\$/safra}$$

ii) Insumos

$$I = 743,56 \text{ Cz\$/safra}$$

iii) Mão-de-obra (inclusive irrigação)

$$\text{MO} = 2.588,74 \text{ Cz\$/safra}$$

iv) Beneficiamento da produção

$$B = \text{preço do kg de feijão} \times \text{renda do equipamento (3\% do beneficiado).}$$

$$B = 16,66 \times (0,03 \times 1.148)$$

$$B = 949,62 \text{ Cz\$/safra.}$$

*/ Admitiu-se três safras por ano.

**/ Os dados básicos relativos aos custos variáveis encontram-se no Quadro Nº 03.

v) Custo da água

$$CA = \text{preço do m}^3 \text{ de água} \times \text{volume gasto em m}^3.$$

$$CA = 0,018 \times 6.607,05 \text{ m}^3$$

$$CA = 118,93 \text{ Cz\$/safra.}$$

II - RECEITAS

$$\text{Receita} = \text{Produção} \times \text{Preço}$$

$$\text{Preço de mercado} = \text{Cz\$ } 16,66/\text{Kg}$$

$$\text{Produção} = 1.148 \text{ kg em } 0,648 \text{ ha}$$

$$\text{Receita} = 1.148 \times 16,66$$

$$\text{Receita} = 19.125,68 \text{ Cz\$/safra.}$$

O Quadro Nº 01 resume os valores de custos e receitas por safra.

III - INDICADORES ECONÔMICOS

a) Lucro (L)

$$L = \text{Receitas} - \text{Custos}$$

$$L = 19.125,68 - 7.978,63$$

$$L = 11.147,05 \text{ Cz\$/safra.}$$

b) Retorno ao trabalho (RT)

$$RT = \frac{\text{Lucro} + \text{custo do trabalho}}{\text{nº de homens-dia}}$$

$$RT = \frac{11.147,05 + 2.588,74}{86,29}$$

$$RT = \text{Cz\$ } 159,18171/\text{h-d.}$$

c) Retorno à água (RA)

$$RA = \frac{\text{Lucro} + \text{custo da água}}{\text{volume d'água gasto (m}^3\text{)}}$$

QUADRO Nº 01 - Estrutura de Custos e Receitas para uma safra de feijão irrigado.

ITEM	VALOR CZ\$
I - CUSTOS	7.978,63
1 - Água	<u>2.080,90</u>
a) Custos Fixos	1.525,88
b) Custos Variáveis	555,02
2 - Outros Custos	<u>5.897,73</u>
a) Custos Fixos	-
b) Custos Variáveis	5.897,73
II - RECEITAS	19.125,68

QUADRO Nº 02 - Indicadores econômicos para uma safra de feijão irrigado.

ITEM	UNIDADE	VALOR CZ\$
Lucro	Cz\$	11.147,05000
Retorno ao trabalho	Cz\$/h-d	159,18171
Retorno à água	Cz\$/m ³	1,70515

$$RA = \frac{11.147,05 + 118,93}{6.607,05}$$

$$RA = \text{Cz\$ } 1,70515/\text{m}^3 \text{ de \u00e1gua consumida.}$$

O Quadro N\u00b0 02 resume os valores estimados para os indicadores econ\u00f4micos considerados.

QUADRO Nº 03 - Despesas na área do experimento (0,648 ha)
durante todo o período de produção da cultura.

(Cz\$ 1,00 de dezembro 1986)

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	P.UNIT. Cz\$	TOTAL Cz\$
<u>.Preparo da área:</u>				
-Retirada de arbustos	Diária	02	30,00	60,00
-Aração	h/t	03	199,58	598,75
-Gradagem	h/t	03	199,58	598,75
-Roço	h/t	1,5	199,58	299,37
-Limpeza do aceiro	Diária	01	30,00	30,00
<u>.Insumos:</u>				
-Sementes	kg	9,0	17,01	153,09
-Super triplo	kg	87,0	4,54	394,63
-Cloroto de potássio	kg	33,0	3,97	130,98
-Carvin	g	220,0	0,29	64,86
<u>.Plantio e adubação:</u>				
-Plantio	Diária	7,5	30,00	225,00
-Mão-de-obra p/aplicação de inseticida	"	02	30,00	60,00
-Adubação	"	01	30,00	30,00
-Replantio	"	0,5	30,00	15,00
<u>.Capinas e limpas:</u>				
-Capinas	Diária	21	30,00	630,00
-Limpeza do aceiro	Diária	01	30,00	30,00
<u>.Colheita:</u>				
-Mão-de-obra p/colheita	Diária	42	30,00	1.260,00
-Mão-de-obra p/carregam.	"	06	30,00	180,00
-Beneficiamento	kg	57	16,66	949,62
<u>.Irrigações:</u>				
-Mão-de-obra	hora	18,33	3,75	68,74
-Energia	kW.h	1.529,41	0,3629	555,05
-Água	m ³	6.607,05	0,018	118,93
T O T A L				Cz\$ 6.452,77

QUADRO Nº 04 - Custo do equipamento necessário para irrigar a área (0,648 ha).

(Cz\$ 1,00 de dezembro de 1986)

DISCRIMINAÇÃO	VIDA	QUANT.	UNID.	P.UNIT.	TOTAL
	ÚTIL (anos)			Cz\$	Cz\$
<u>1-Sucção e Saida de Pres-</u>					
<u>são:</u>					
.Válvula de pé 2" FºFº	05	01	um	-	148,76
.Nipel p/mangote 2" FºFº	07	02	um	224,69	449,38
.Abraçadeira p/mangote 2"	05	02	um	68,39	136,77
.Nipel duplo 1,5", galvan	10	01	um	-	24,87
.Luva red. 1,5 x 2", "	10	01	um	-	39,96
.Mangueira p/sucção, 2"	05	05	m	139,88	699,38
.Eletrobomba 1,5cv, mod. CH-5, DARKA, 3500 rpm	10	01	um	-	3.909,86
.Base de ferro fixa	10	01	um	-	1.012,43
.Curva rosca ext.c/bujão 1", galvanizada	10	01	um	-	81,26
.Registro de gaveta 1"	08	01	um	-	168,74
.Nipel duplo 1", galvan.	10	01	um	-	26,64
.Valvula de ret. horizon tal 1"	10	01	um	-	368,56
.Luva red. 1x2", galvan.	10	01	um	-	39,96
.Inicial c/rosca macho e acoplam. rápido femea 2", aço zincado (AZ)	10	01	um	-	155,42
<u>2-Linha principal:</u>					
.Tubo alumínio 2", ER, AZ	10	14	tb	468,92	6.564,83
.Válvula de linha 2 x 2" ER, AZ	10	05	um	357,46	1.787,30
.Curva de derivação p/la teral 2 x 2", ER, AZ	10	01	um	-	329,04
.Tampão final 2", ER, AZ	10	01	um	-	111,90
<u>3-Linha secundária:</u>					
.Tubo alumínio 2", ER, AZ	10	06	tb	468,92	2.813,50
.Tubo alumínio C/saida p/aspersor 2x1", ER, AZ	10	04	tb	484,90	1.939,61
.Válvula p/aspersor 1" ER, AZ	10	04	um	186,50	746,00
A TRANSPORTAR.				Cz\$	21.554,17

DISCRIMINAÇÃO	VIDA ÚTIL (anos)	QUANT	UNID	P.UNIT Cz\$	TOTAL Cz\$
TRANSPORTE.					21.554,17
.Tripé c/tubo de subida 1" x 1m	08	02	um	488,90	977,80
.Aspersor ASBRASIL ZE- 30, bocal de 6mm	08	02	um	213,15	426,29
.Tampão final macho 2" ER, AZ.	10	01	um	-	142,98
4- <u>Material elétrico:</u>					
.Chave nofuse trif. 10A	05	01	um	-	454,71
.Caixa de ferro 30x40cm	10	01	um	-	234,01
.Chave magnética c/boto eira de partida p/2HP	05	01	um	-	640,32
.Rex de linha trifásico	10	01	um	-	162,08
.Cabo elétrico 6mm, cobre	10	50	m	12,65	632,77
.Garganta eletroduto 1"	05	05	m	5,33	26,64
.Tubo de descida, eletro duto c/curva de 180°	05	01	um	-	57,73
T O T A L				Cz\$	25.309,50

OBS.: ER = Engate Rápido;

AZ = Aço Zincado.