

# EFEITO DA VAZÃO E DO VOLUME DE ÁGUA APLICADOS POR UM EMISSOR PONTUAL EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO, NAS DIMENSÕES DO BULBO MOLHADO

Márcio Mota Ramos<sup>1</sup>

Eduardo Seixas de Salles<sup>2</sup>

Lairson Couto<sup>3</sup>

Salassier Bernardo<sup>4</sup>

## I RESUMO

Avaliaram-se os efeitos de quatro vazões (2, 4, 6 e 8 l/h) e de quatro volumes de água (9, 18, 36 e 72 l), aplicados pontualmente em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, sobre o desenvolvimento do bulbo molhado. O monitoramento da umidade, com sonda de nêutrons e tensiômetros, foi feito antes da aplicação de água, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação. Observou-se que maiores volumes de água aplicados por irrigação promoveram maiores dimensões dos bulbos, para uma mesma vazão de aplicação. Para um mesmo volume aplicado, as maiores vazões promoveram maior avanço horizontal e menor avanço vertical.

## II INTRODUÇÃO

No método de irrigação localizada, a água é aplicada ao solo em pequenas quantidades, porém com grande frequência, diretamente sobre a região radicular, de modo que mantenha a umidade próxima da "capacidade de campo". Suas principais vantagens, em relação a outros métodos de irrigação, são a maior eficiência no uso da água e o fato de aumentar a produção de culturas mais sensíveis à variação de umidade do solo. Como maiores desvantagens, têm a ocorrência de entupimentos e o alto custo inicial.

Ao redor de cada emissor forma-se um volume de solo úmido, denominado bulbo molhado.

VERMEIREM e JOBLING (s.d.) comentam que um dos fatores importantes a considerar no cálculo de um projeto de irrigação por gotejamento é a razão entre a superfície ou volume de solo molhado, que deve ser umedecido, e a superfície total ou o volume total de solo que pode estar ocupado pelas raízes. Esta é designada percentagem de área molhada P. Para ABRÉU *et alii* (1987), parece mais adequado definir a percentagem de área molhada como a área média molhada por planta, referente, percentualmente, à área média sombreada por ela.

De acordo com KELLER e KARMELI (1975) a percentagem de área molhada depende do volume aplicado e da vazão em

1 Professor Adjunto, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, 36.570-000, Viçosa-MG

2 Engenheiro Agrônomo, M.S.

3 Pesquisador da EMBRAPA, Sete Lagoas-MG

4 Professor Titular, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, 36570-000, Viçosa-MG

cada ponto de emissão, do espaçamento dos pontos de emissão e do tipo de solo que está sendo irrigado.

Segundo NASCIMENTO e SOARES (1988), na irrigação por gotejamento, recomenda-se que a percentagem de área molhada seja obtida com base em bulbos molhados produzidos por gotejadores, em condições de campo. Entretanto, muitos sistemas são dimensionados utilizando-se dados tabelados.

Segundo VERMEIREM E JOBLING (s.d.), tem-se tentado determinar a forma do bulbo, em relação às propriedades físicas dos solos. Os métodos são complexos, e os resultados, pouco confiáveis, em razão da heterogeneidade dos solos, mas já se chegou a algumas regras práticas. A mais importante é que o volume de solo úmido é diretamente proporcional ao volume de água aplicado e inversamente proporcional ao conteúdo de água inicial do solo. A extensão horizontal  $H$  do bulbo está diretamente relacionada com a força capilar e com o tempo de aplicação, exceto se houver algum obstáculo ao movimento da água. A extensão vertical  $V$  está diretamente relacionada com a extensão horizontal do bulbo e o produto de  $H$  e  $V$  é proporcional ao volume de água aplicado. Apesar dessas regras gerais, é difícil prever o padrão de distribuição da água em determinado solo. Portanto, é aconselhável realizar ensaios de campo ou usar métodos empíricos, até que se desenvolvam métodos de cálculo mais confiáveis.

PIZARRO (1987) considerará o método da trincheira como o mais usado para a determinação das dimensões do bulbo molhado.

ABRÉU *et alii* (1987) afirmam ser imprescindível contar com boa estimativa da forma e dimensões do bulbo molhado, formado de um emissor, para determinar o número de emissores e espaçamento desejados.

VIEIRA (s.d.) cita que um dos principais problemas da irrigação por gotejamento consiste em decidir o número de gotejadores por planta ou por fileira de plantas, em razão de eles influírem diretamente no custo do sistema, o que torna importante conhecer e compreender a forma de distribuição da água dos diversos gotejadores, de diferentes vazões, em diversos tipos de solos.

Como as propriedades físico-hídricas dos solos tropicais diferem substancialmente das dos temperados, iniciou-se um trabalho que tem por objetivo caracterizar os efeitos da vazão e do volume de água, aplicados por um emissor pontual, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, visando, no futuro, elaborar tabelas próprias para auxiliar no dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento.

### III MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver o presente trabalho, utilizou-se um Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), fase relevo suave, de uma área experimental do Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), localizado em Sete Lagoas, MG. Preliminarmente, descreveu-se seu perfil e determinaram-se a condutividade hidráulica saturada, a densidade aparente, a retenção de umidade, e a análise granulométrica. A umidade inicial no perfil

do solo, desde a superfície até 2,0 m de profundidade, foi também determinada.

O conjunto utilizado para a aplicação de água ao solo consistiu de dois microtubos com 1,84 mm de diâmetro interno e 1,5 m de comprimento, conectados a um recipiente de nível constante, que era alimentado por um reservatório de Mariotte (Figura 1). O conjunto foi calibrado previamente em laboratório.

O experimento constou da aplicação, ao solo, de quatro volumes de água: 9,0; 18,0; 36,0 e 72,0 l, com as vazões de 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 l/h. Cada combinação volume-vazão definiu cada uma das 16 unidades experimentais.

A área experimental teve as dimensões de 25m x 7 m, sendo cada teste realizado numa unidade experimental com dimensões de 2m x 2 m e bordadura de 1 m. O preparo da área, para a realização dos ensaios, consistiu em uma capina, irrigação da área, para uniformizar a umidade do solo, e posterior cobertura com uma lona plástica. Em cada unidade experimental, instalaram-se 16 tubos de alumínio, com 2,2 m de comprimento, enterrando-os verticalmente, para acesso do emissor de nêutrons, e oito tensiômetros de mercúrio. Tanto os tubos quanto os tensiômetros foram radialmente dispostos, de 10 a 80 cm do emissor, e posicionados, alternadamente, a cada 10 cm (Figura 2). Oito dos tubos foram

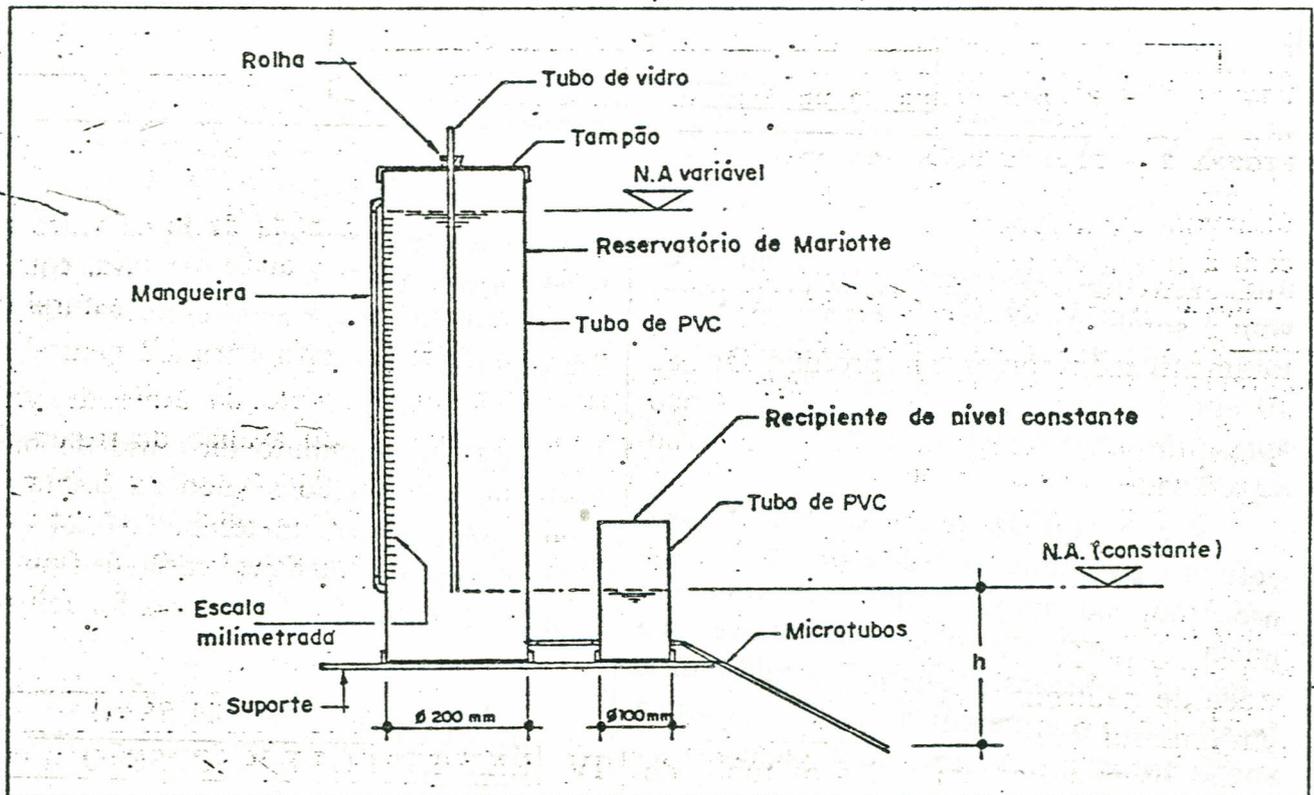


FIGURA 1 - Reservatório de Mariotte, recipiente de nível constante e microtubo.

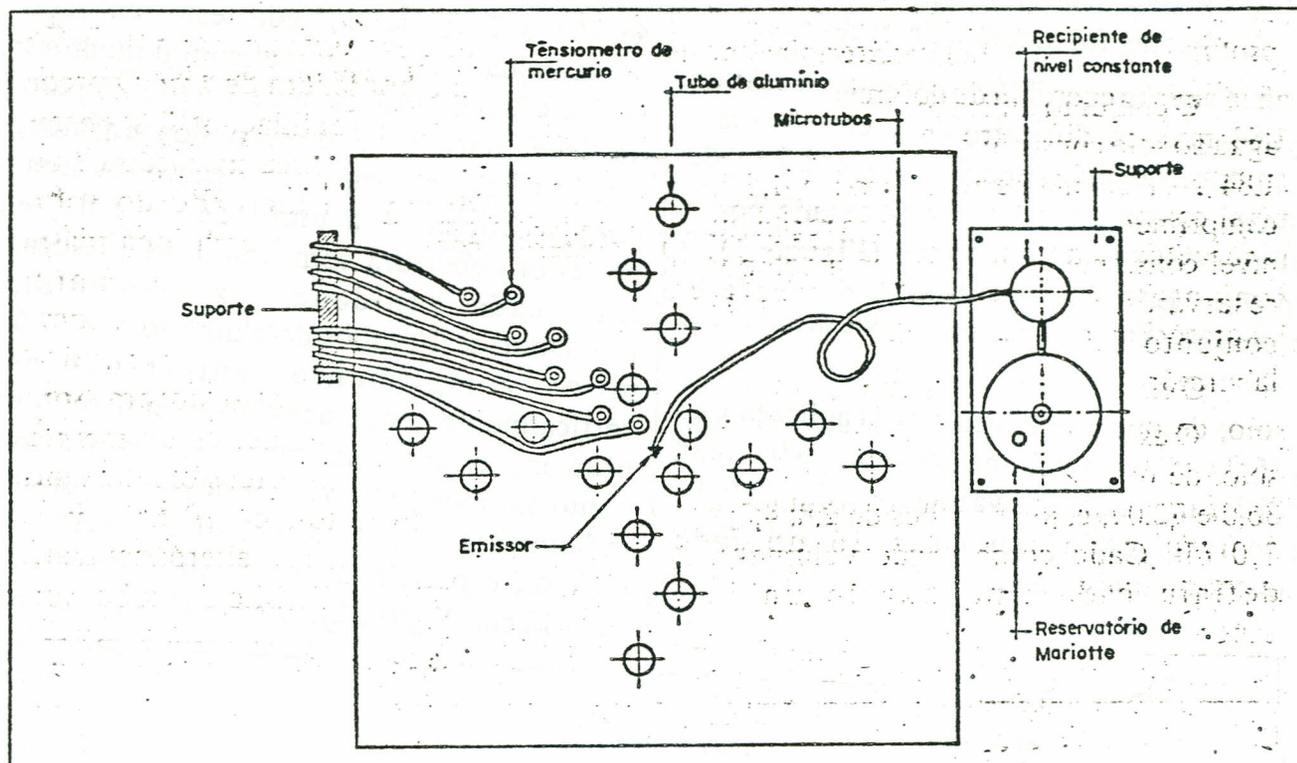


FIGURA 2 - Planta baixa da unidade experimental.

utilizados como repetição, nas determinações com a sonda de nêutrons. Os tensiômetros foram utilizados somente na profundidade de 10 cm, em que a sonda de nêutrons não apresenta bom desempenho na determinação da umidade.

A aplicação do volume e vazão de água, definidos para cada unidade experimental, foi precedida do monitoramento da umidade inicial no perfil do solo, utilizando-se uma sonda de nêutrons previamente calibrada e tensiômetros de mercúrio. As leituras com a sonda foram feitas em todos os tubos de acesso, de 0,2 a 2,0 m de profundidade, em intervalos de 10 cm.

Utilizando-se o conjunto para aplicação de água, aplicaram-se a vazão e o volume de água pré-estabelecidos em cada tratamento.

Colocou-se uma camada de lã de vidro no local do solo onde a água gotejava, com o objetivo de preservar a estrutura natural de sua superfície.

O monitoramento da umidade para acompanhamento do avanço da frente de molhamento foi feito no tempo de 0,24 e 48 horas após o término da aplicação da água ao solo, da mesma maneira como foi feito o monitoramento inicial.

#### IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de análise de regressão dos dados coletados em laboratório, obteve-se uma equação linear que descreve a vazão do emissor em relação à carga hidráulica:

$$q = 0,233490 + 0,0566108 h \quad (1)$$

$$R^2 = 0,996232$$

em que

q = vazão em l/h, e

h = carga hidráulica, cm.

Com os valores obtidos no campo, ajustou-se uma equação cúbica que descreve a umidade expressa em percentagem (base volumétrica) em relação à razão leitura atual-"leitura standard" da sonda de nêutrons.

$$\theta = -367,745 + 1522,7 X - 1983,4 X^2 + 886,83 X^3 \quad (2)$$

em que  $\theta$  é a umidade em percentagem (base volumétrica) e X a razão leitura atual-"leitura standard", ( $R^2 = 0,9670$ ).

É importante mencionar que dois tratamentos, com vazões de 2 l/h e volumes aplicados de 36 e 72 l, não foram realizados por causa de problemas técnicos com a sonda de nêutrons, no fim do experimento.

A Figura 3 ilustra a forma e as dimensões dos bulbos, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, dos tratamentos em que foram aplicados volumes totais de 9 l de água ao solo, com vazões de 2, 4, 6 e 8 l/h respectivamente. Pode-se observar que as dimensões do bulbo molhado são pequenas e que o efeito da vazão não é consistente. Na Figura 4, que ilustra o avanço horizontal em relação ao tempo, observa-se que a vazão não influenciou no avanço horizontal e na Figura 5 observa-se que o tratamento com vazão de 6 l/h apresentou maior avanço vertical que os outros. Isso ocorreu, provavelmente, porque o volume de água aplicado foi muito pequeno, e o bulbo não pôde ser detectado precisamente, quando se utilizou uma malha de pontos de observação de 10 em 10 cm.

A Figura 6 ilustra os bulbos formados com volumes de 18 l de água aplicados ao solo, para as quatro vazões de aplicação. Nota-se que os bulbos têm maiores dimensões, quando comparados com os apresentados na Figura 3, os quais são formados de volume de 9 l de água aplicados ao solo. Também pode-se observar que, para menores vazões de aplicação, o bulbo apresenta avanço vertical pouco maior e avanço horizontal pouco menor, quando comparado com as maiores vazões de aplicação, para o mesmo volume de água aplicado.

Isso pode ser observado, também não muito claramente, em razão, ainda, do pequeno volume de água aplicado ao solo, nas Figuras 7 e 8 que apresentam os avanços horizontais e verticais, respectivamente, em relação ao tempo de aplicação de água, para volumes totais de 18 l aplicados ao solo.

A Figura 9, ilustra os bulbos formados com volumes totais de 36 l de água aplicados ao solo, com vazões de aplicação de 4, 6 e 8 l/h, respectivamente. Observa-se dimensão bem maior dos bulbos nestes tratamentos, quando comparados com os tratamentos em que o volume total de água aplicado ao solo foi de 9 l e, também, maior, quando comparados com os tratamentos em que o volume total de água aplicado ao solo foi de 18 l.

Já nesses tratamentos nota-se maior efeito da vazão na forma do bulbo molhado, pois quando comparados com os tratamentos com vazões de 4 l/h e de 8 l/h (Figura 9), nota-se diferença acentuada nos avanços horizontal e vertical. No tratamento com vazão de 4 l/h, tem-se avanço vertical de, aproximadamente, 85 cm e horizontal de

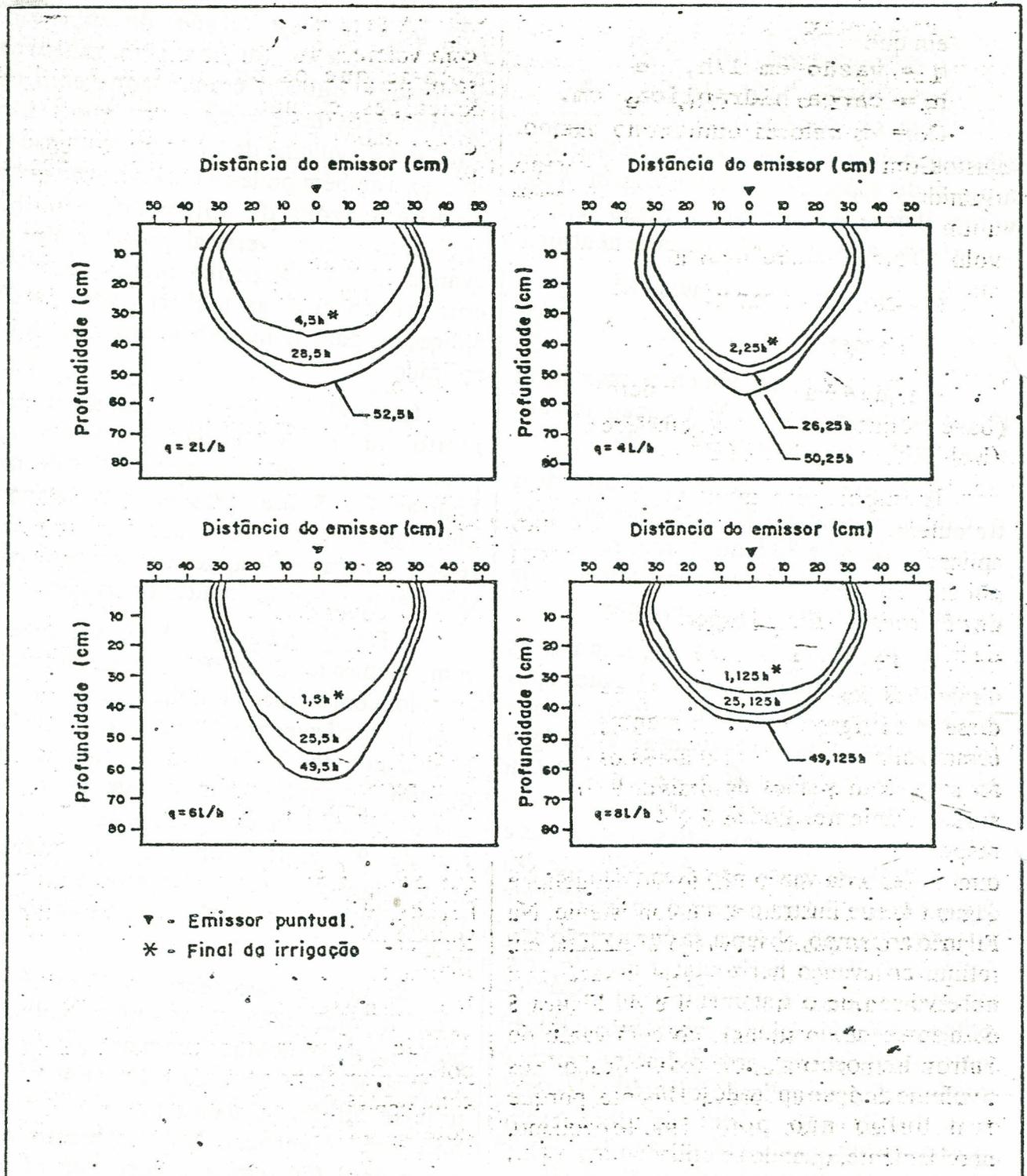


FIGURA 3 - Bulbos molhados formados por um emissor puntual sob vazão de 2, 4, 6 e 8 l/h e volume total aplicado de 9 l de água ao solo, a 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação.

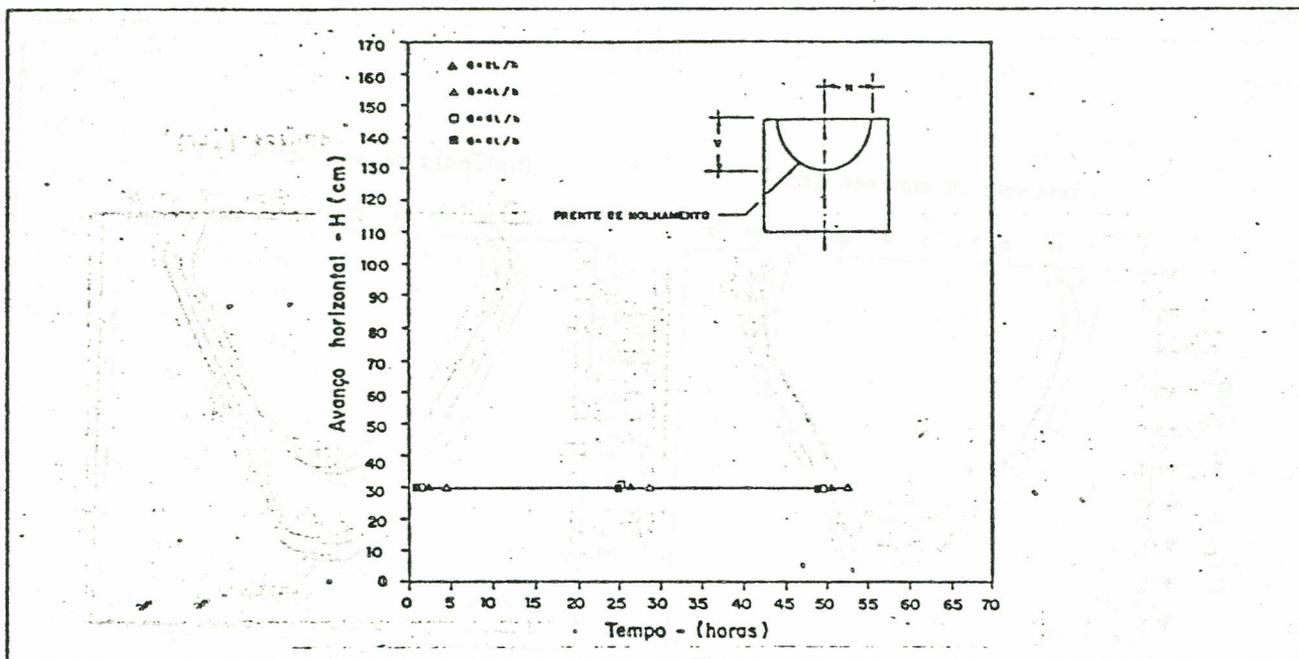


FIGURA 4 - Avanço horizontal da frente de molhamento a 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 9 l de água aplicado ao solo.

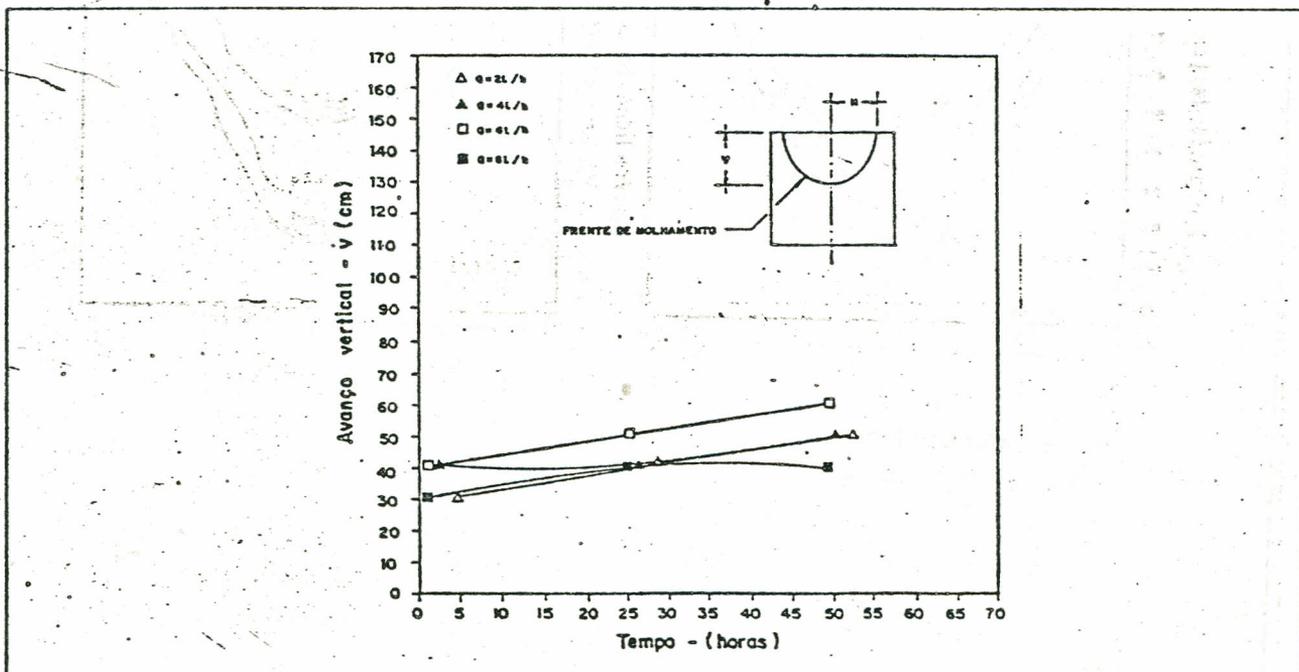


FIGURA 5 - Avanço vertical da frente de molhamento a 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 9 l de água aplicado ao solo.

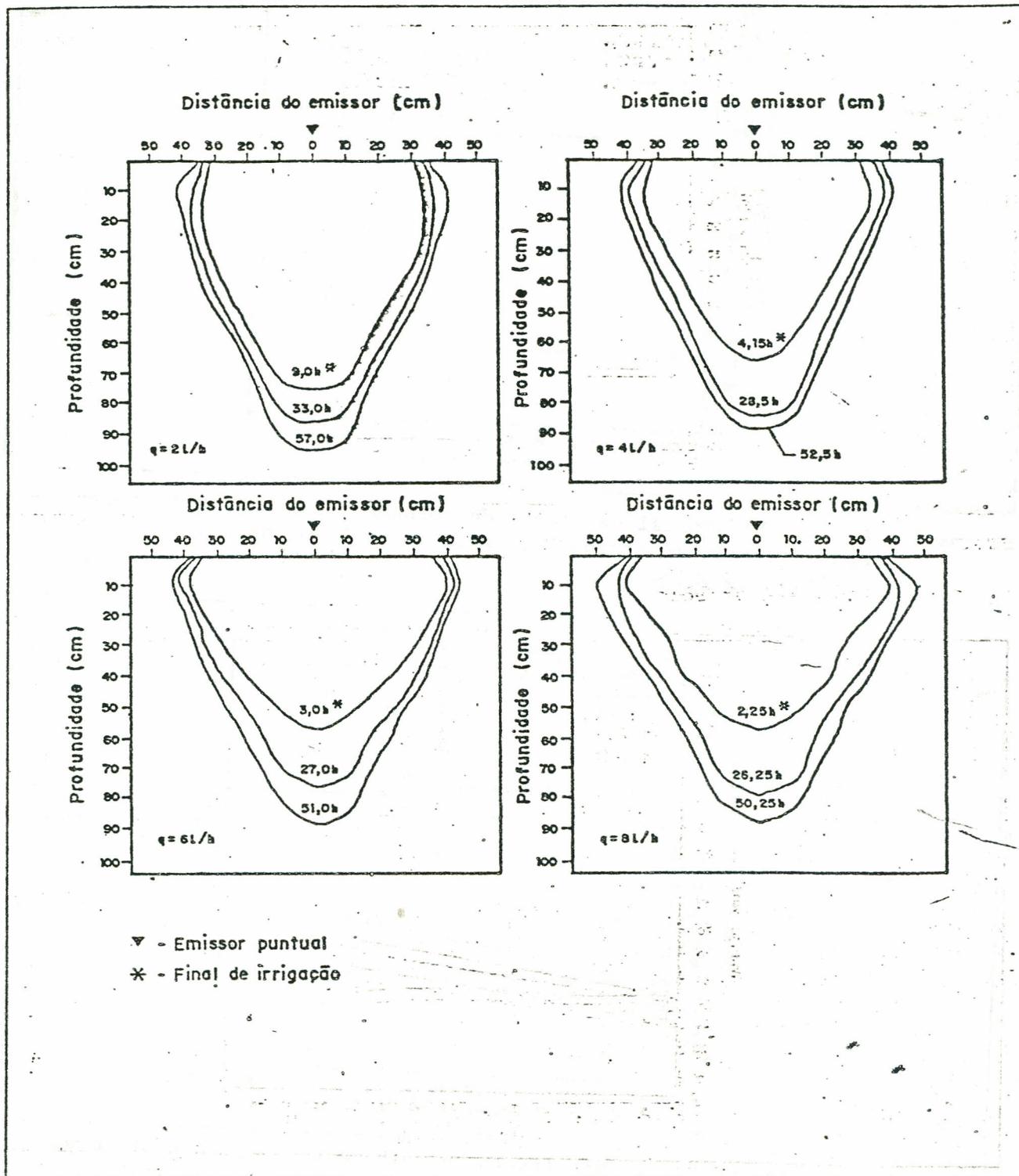


FIGURA 6 - Bulbos molhados formados por um emissor puntual sob vazão de 2, 4, 6 e 8 l/h e volume total aplicado de 18 l de água ao solo, a 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação.

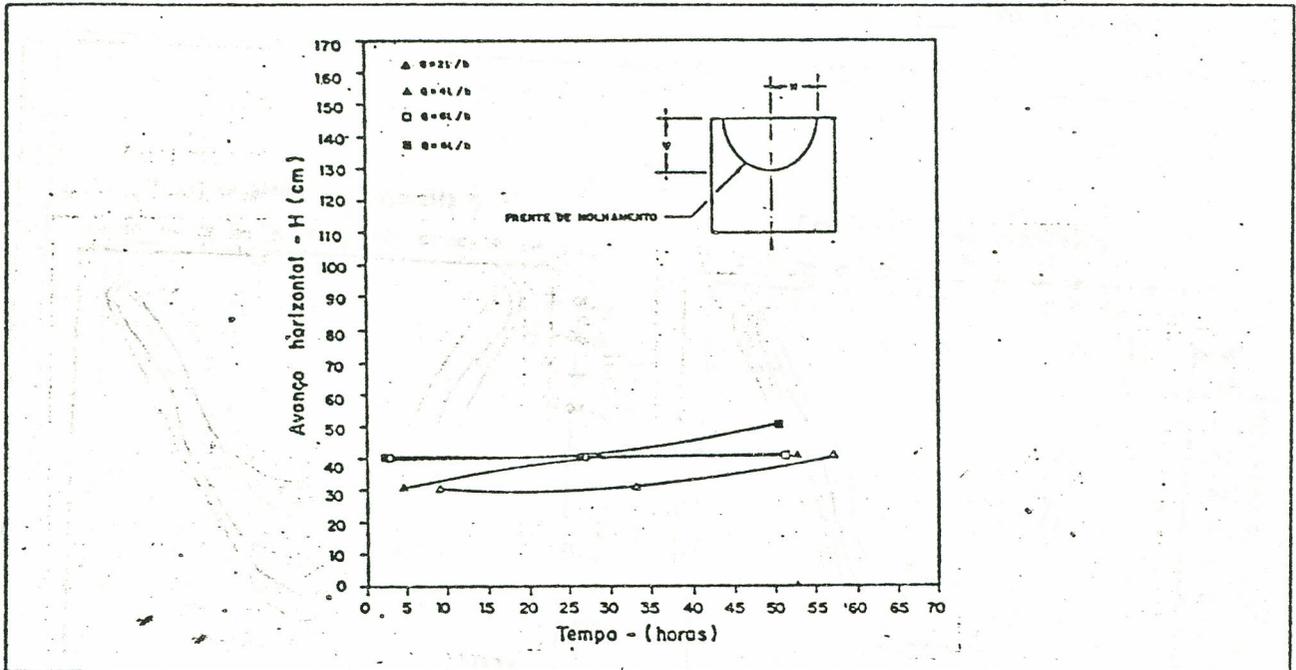


FIGURA 7 - Avanço horizontal da frente de molhamento, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 18 l de água aplicado ao solo.

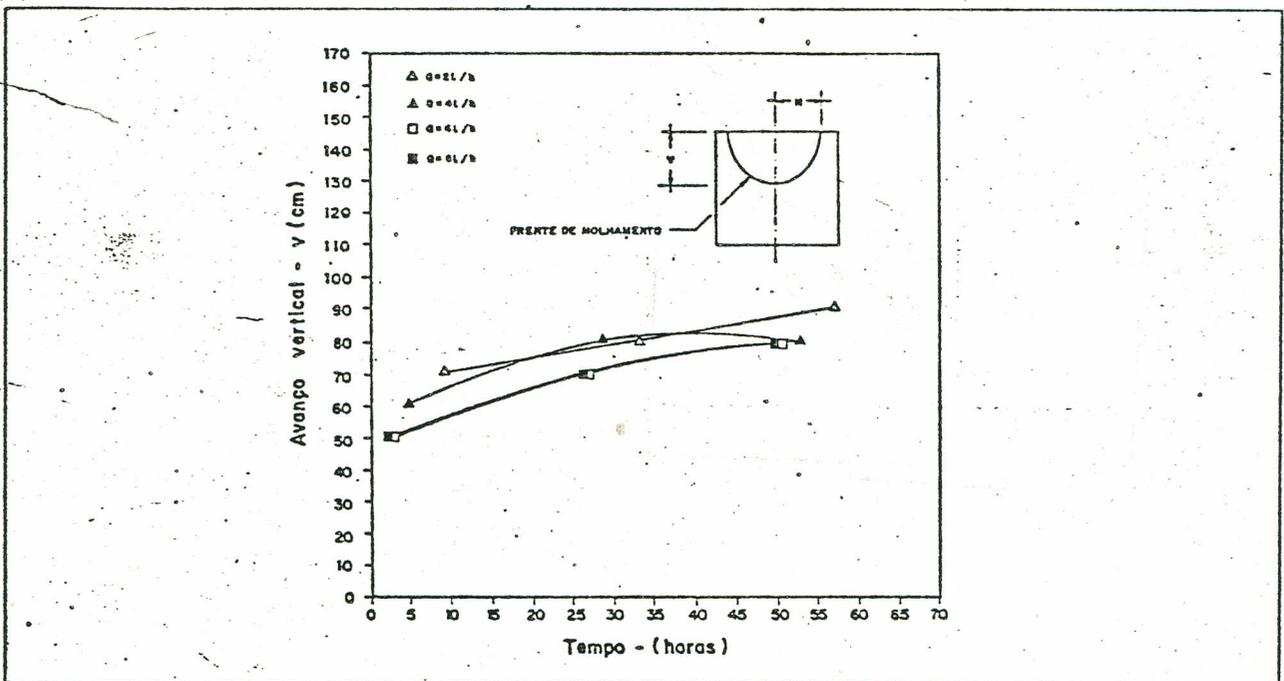


FIGURA 8 - Avanço vertical da frente de molhamento, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 18 l de água aplicado ao solo.

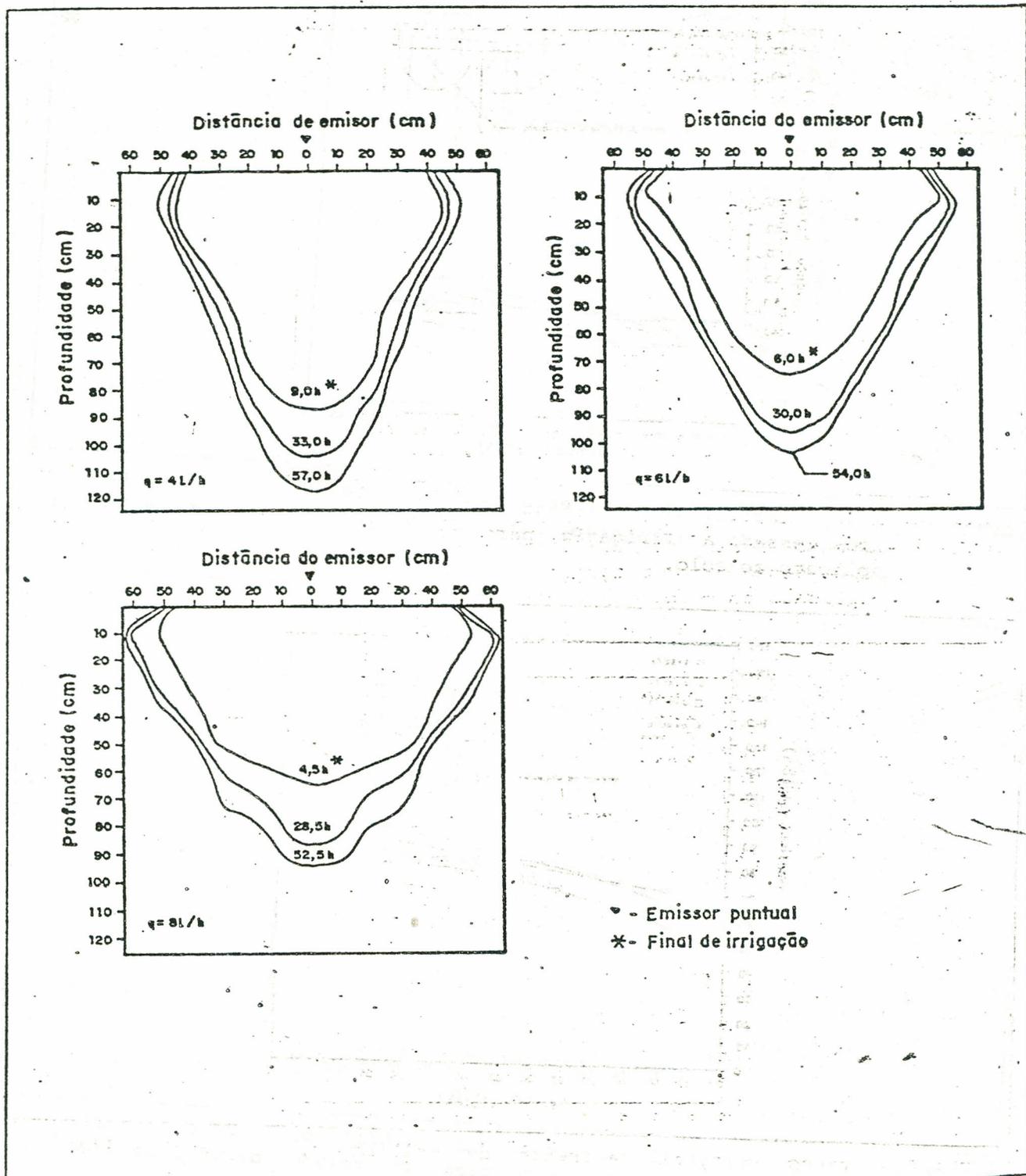


FIGURA 9 - Bulbos molhados formados por um emissor pontual sob vazão de 4, 6 e 8 l/h e volume total de 36 l de água aplicado ao solo, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação.

40 cm, imediatamente após cessada a irrigação, enquanto no tratamento com a vazão de 8 l/h constata-se avanço vertical de, aproximadamente, 65 cm e horizontal de 50 cm, confirmando que, também neste caso, para menores vazões de aplicação, o bulbo tendeu a apresentar maior avanço vertical e menor avanço horizontal. Isso pode ser melhor observado nas Figuras 10 e 11, que ilustram os avanços horizontal e vertical, em relação ao tempo. Na Figura 10, pode-se notar que, para a vazão de 4 e 8 l/h, o avanço foi de 50 e 60 cm, respectivamente, 48 horas após cessada a irrigação. Com essa diferença de 10 cm, pode-se estimar aumento de quase 50 % na percentagem de área molhada, quando a vazão foi de 8 l/h.

Observando a Figura 12, que ilustra os bulbos formados com volumes totais de 72 l de água aplicados ao solo e vazões de aplicação de 4, 6 e 8 l/h, pode-se notar, claramente, que esses bulbos têm dimensões muito maiores quando comparados com os bulbos formados de volume total de água de 9 l aplicados ao solo e mesmas vazões de aplicação (Figura 3). Na Figura 13, pode-se observar que, para a vazão de 4 l/h, 48 horas após cessada a irrigação, o avanço horizontal do bulbo foi de 50 cm. Já para a vazão de 8 l/h, nesse mesmo tempo, o avanço foi de 70 cm. Com essa diferença de 20 cm, a percentagem de área molhada, com a vazão de 8 l/h, é praticamente o dobro, quando comparada com a vazão de 4 l/h. Isso demonstra que pequenas variações nas dimensões do bulbo alteram significativamente a percentagem de área molhada. Também observando as Figuras 13 e 14, nota-se o efeito da vazão sobre a forma e dimensões do bulbo molhado. Isso significa que, para maiores vazões, o bulbo tem menor avanço vertical e maior

avanço horizontal, fato que pode ser explicado pelo aumento da zona saturada de água que se forma nas proximidades do emissor.

Em todos os tratamentos, a velocidade de redistribuição de água reduziu-se rapidamente com o término das irrigações.

No Quadro 1, pode-se observar um resumo dos avanços horizontais e verticais das frentes de molhamento para as diversas vazões e volumes de água aplicados, no tempo de 48 horas após cessada a irrigação.

Como o solo foi classificado como muito argiloso em todos os horizontes, era de esperar a conseqüente predominância das forças capilares sobre as gravitacionais, porém pode-se notar, pelos resultados, que as forças gravitacionais foram as mais predominantes no processo de infiltração. Isso ocorreu, provavelmente, por causa da boa estrutura do solo, haja vista os baixos valores de densidade e altos valores de macroporosidade.

## V CONCLUSÕES

O bulbo molhado aumentou com o volume de água aplicado.

Os acréscimos no avanço horizontal dos bulbos molhados, quando se aplicou mesmo volume de água com diferentes vazões, provocaram grandes variações na área molhada, chegando a, quase, dobrar seu valor, como no caso da aplicação do volume de 72 l/h, nas vazões de 4 e 8 l/h.

Observou-se que maiores volumes de água aplicados por irrigação promoveram maiores dimensões dos bulbos para uma mesma vazão aplicada.

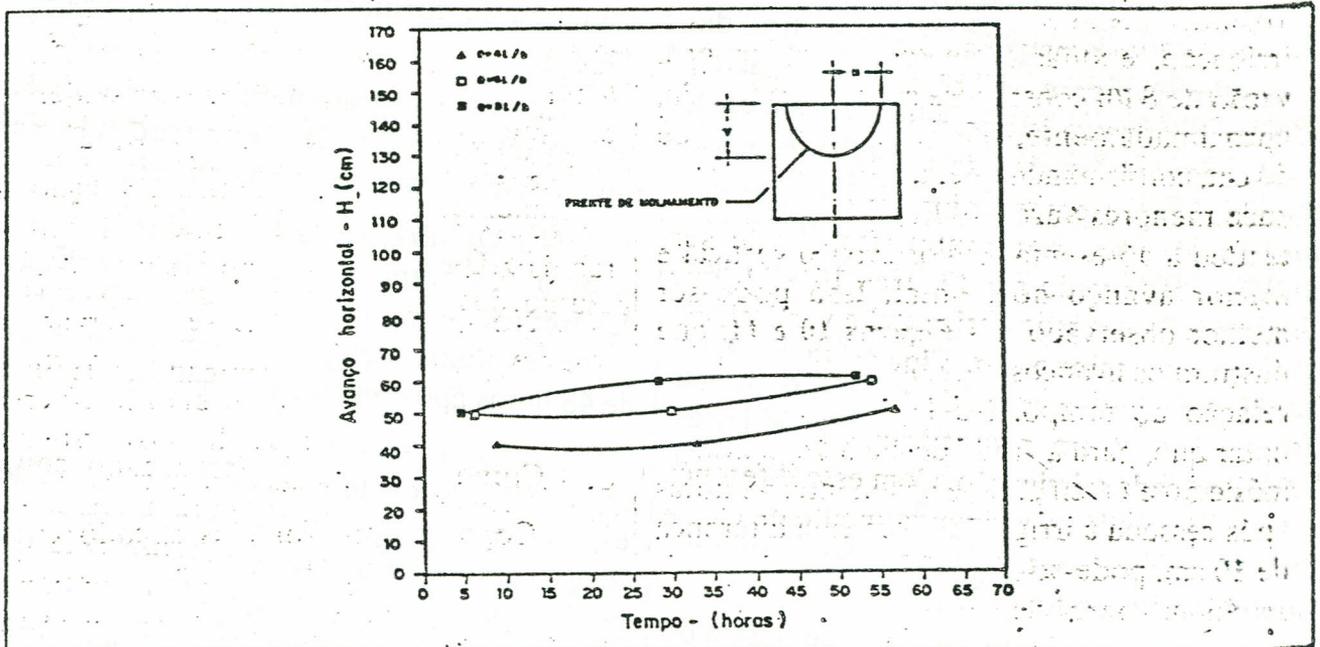


FIGURA 10 - Avanço horizontal da frente de molhamento, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 36 l de água aplicado ao solo.

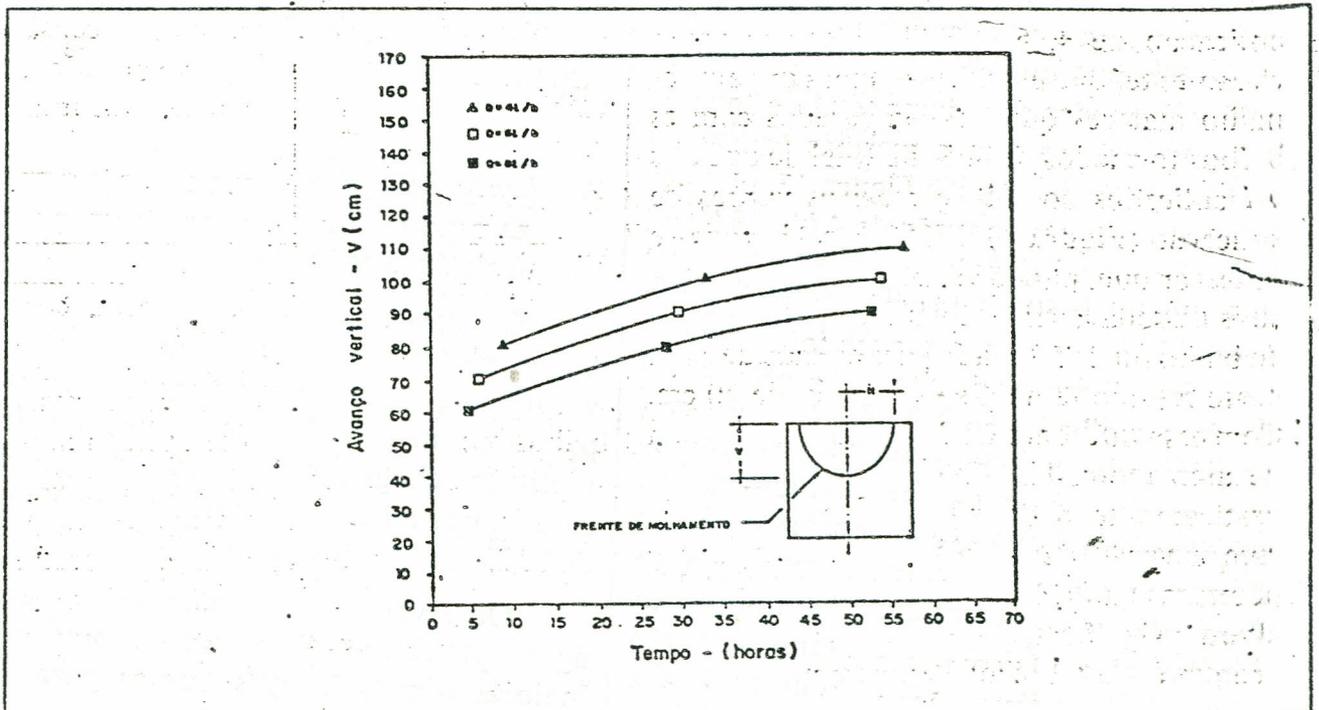


FIGURA 11 - Avanço vertical da frente de molhamento, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 36 l de água aplicado ao solo.

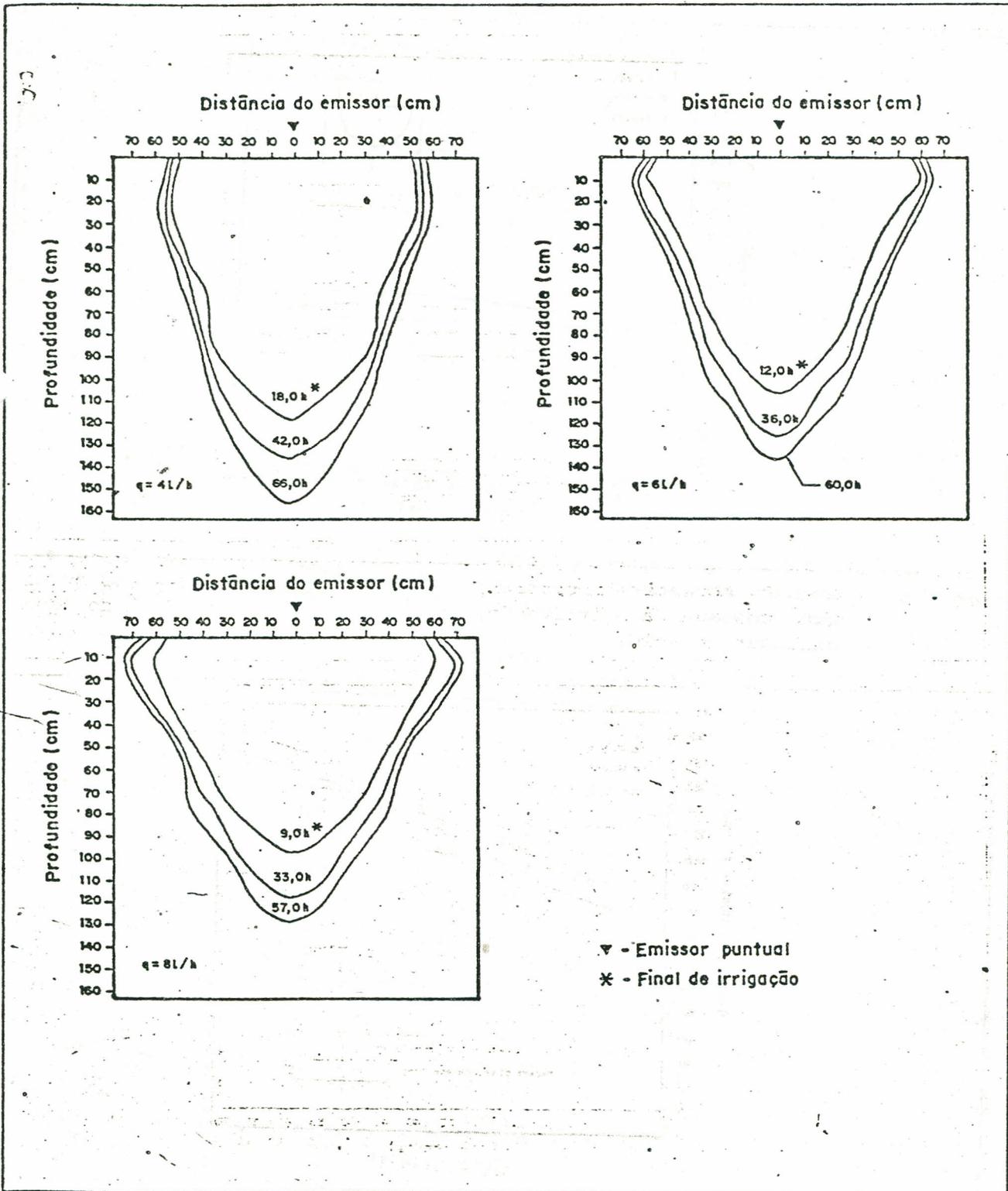


FIGURA 12 - Bulbos molhados formados por um emissor puntual sob vazão de 4, 6 e 8 l/h e volume total de 72 l de água aplicado ao solo, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação.

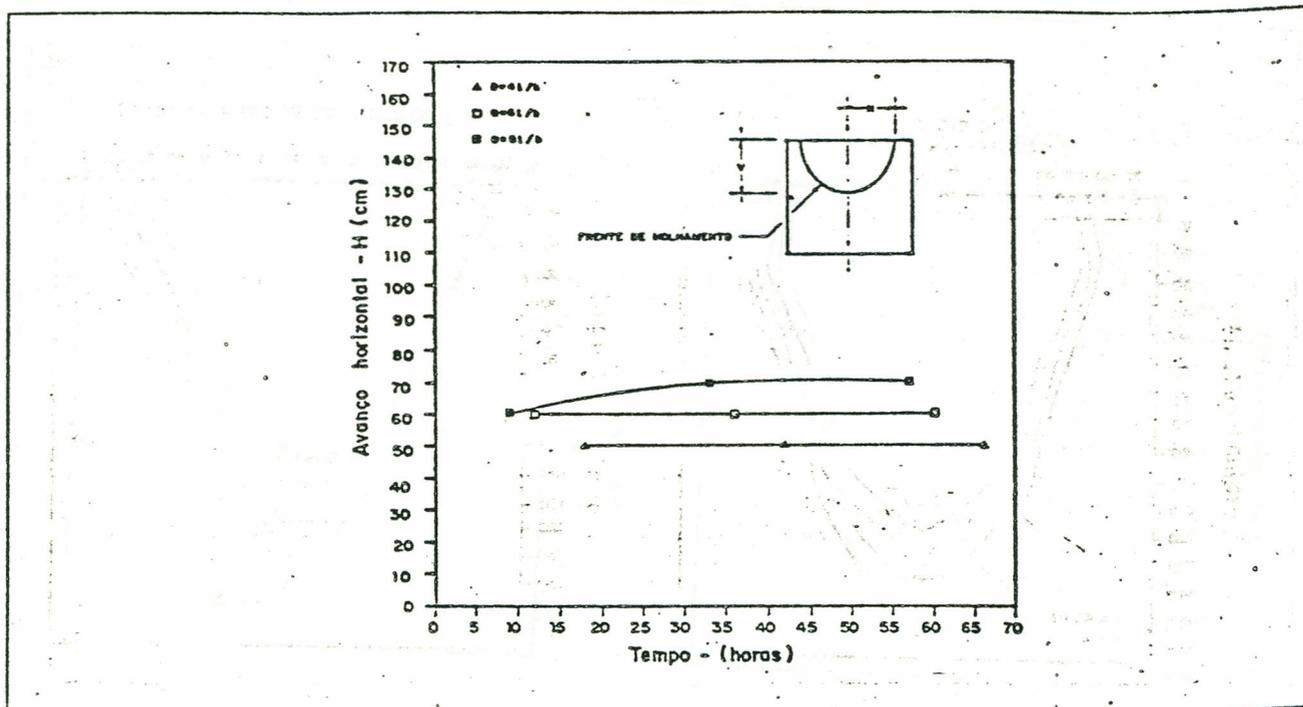


FIGURA 13 - Avanço horizontal da frente de molhamento, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 72 l de água aplicado ao solo.

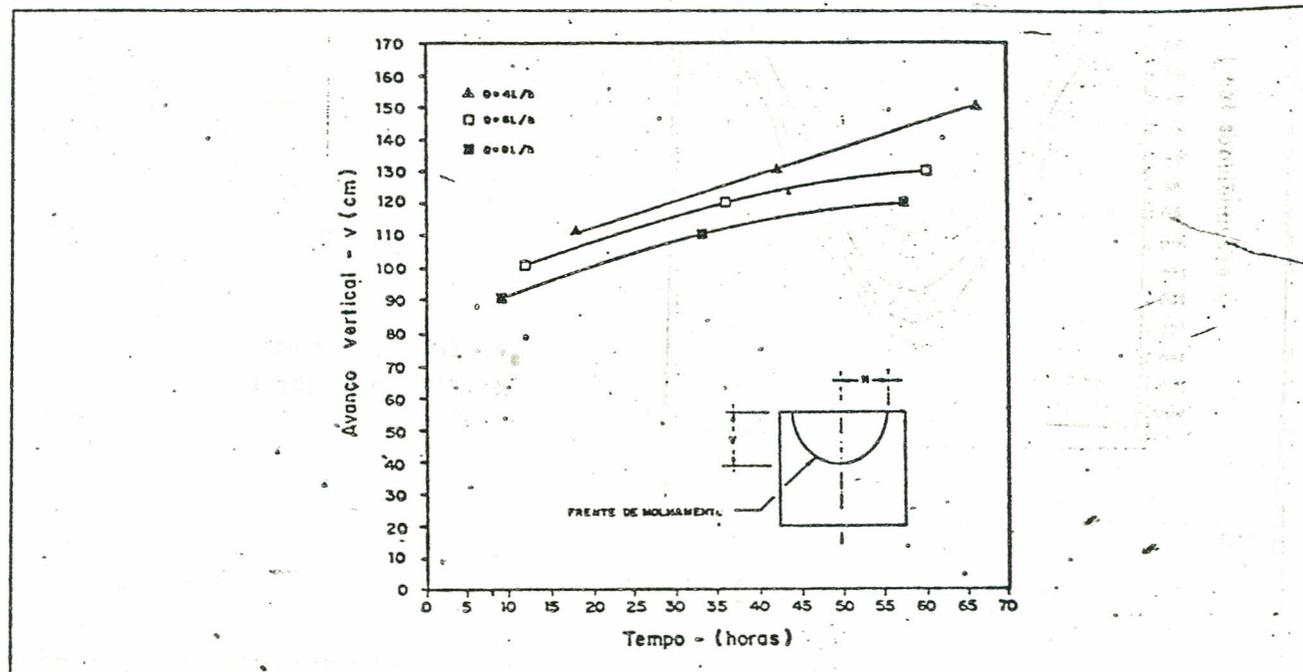


FIGURA 14 - Avanço vertical da frente de molhamento, 0, 24 e 48 horas após cessada a irrigação, para um volume de 72 l de água

QUADRO 1 - Resumo dos avanços horizontais e verticais das frentes de molhamento para as vazões de 2, 4, 6 e 8 l/h e volumes de água de 9, 18, 36 e 72 l aplicados ao solo, no tempo de 48 horas após cessada a irrigação.

Vol. aplicado (litros)	Vazão (l/h)	Avanço horizontal (cm)	Avanço vertical (cm)
9	2	30	50
9	4	30	50
9	6	30	60
9	8	30	40
18	2	40	90
18	4	40	80
18	6	40	80
18	8	50	80
36	4	50	110
36	6	60	100
36	8	60	90
72	4	50	150
72	6	60	130
72	8	70	120

O avanço vertical diminuiu quando se aplicaram maiores vazões para um mesmo volume de água aplicado.

A velocidade de redistribuição de água reduziu-se rapidamente com o término das irrigações.

## VI SUMMARY

### EFFECT OF DISCHARGE AND WATER VOLUME APPLIED BY A POINT SOURCE EMITTER ON THE SIZE OF THE WETTED VOLUME, IN A ALIC DARK-RED LATOSOL

The effect of four discharge rate (2, 4, 6 and 8 l/h) and four water volume (9, 18, 36 and 72 l), applied by a point source emitter, on the size of the soil wetted volume, was evaluated.

The soil moisture was measured with a neutron probe and tensiometers, before irrigation and at 0, 24 and 48 hours after irrigation. It was observed that, for the same discharge rate, higher volumes gave larger soil wetted volumes. On the other hand, for the same volume of water applied, larger horizontal and smaller vertical distances were obtained for higher discharges

## VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRÉU, J. M. H., LÓPEZ, J. R., REGALADO, A. P. *et al.* El riego localizado. Curso internacional de riego localizado. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987. 317 p.
2. KELLER, J., KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler. Glendora, California: s.n., 1975, 133 p.

3. NASCIMENTO, T., SOARES, J. M. Bulbo infiltrômetro. In: VIII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO e DRENAGEM, 1988, Florianópolis-SC. Anais...s.n.t., v. 2, p. 1207-1218.
4. PIZARRO, F. Riegos localizados de alta recuência (RLAF): Goteo, Microaspersión, Exudación. Madrid: Ediciones Mundi- Prensa, 1987. 461 p.
5. VERMEIREN, L., JOBLING, G. A. Riego localizado. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, s.d., n.p.
6. VIEIRA, D. B. Perspectivas do sistema de irrigação por gotejamento em São Paulo. In: III SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. São Paulo-SP. Anais...s.n.t. v. 3, p. 31-33.