

ARMAZENAMENTO DA ÁGUA NO SOLO, NUM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DO TIPO PIVÔ CENTRAL, EM CONDIÇÕES DE CERRADO^{1/}

Newton Carneiro dos Santos^{2/}
Gilberto C. Sedyama^{2/}
Ênio Fernandes da Costa^{3/}
Antônio Alves Soares^{2/}

1. INTRODUÇÃO

Diante da grande expansão das áreas irrigadas no Brasil, torna-se primordial o uso de técnicas que possibilitem melhor manejo da água no sistema-solo-planta-atmosfera, propiciando maior retorno por unidade de água aplicada, uma vez que a água é o fator importante nas regiões em que a irrigação se faz necessária.

Para obter resultado satisfatório, deve-se proceder a uma análise criteriosa dos vários parâmetros relacionados com um projeto de irrigação. Dentre eles, pode-se citar a infiltração da água no solo como o parâmetro básico para a escolha certa do método de irrigação.

Infiltração é o nome dado ao processo pelo qual a água penetra no solo através de sua superfície (1), e a capacidade de infiltração é a quantidade máxima de água da chuva e, ou, da irrigação que pode ser absorvida pelo solo em determinada condição (7).

A capacidade de infiltração do solo limita a quantidade de aplicação d'água e, consequentemente, influencia o tempo que o sistema deve funcionar para aplicar a lámina de água desejada.

A velocidade de infiltração (VI) varia de um valor máximo, quando o solo está seco, a um valor mínimo, depois de saturado. Há, ainda, estreita relação entre a

^{1/} Aceito para publicação em 29-09-1988.

^{2/} Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} EMBRAPA/CNPMS. Km 45. Rod. Estadual MG-424. Caixa Postal 151. 35700 Sete Lagoas, MG.

velocidade de infiltração, o tipo de perfil do solo, sua macroestrutura, suas condições biológicas e a cobertura vegetal (7).

Segundo Morgan, citado por JORGE (8) e LUTHIN (11), camadas compactadas no perfil do solo ocasionam uma descontinuidade no diâmetro dos poros, o que, por sua vez, reduz a velocidade de infiltração da água.

O adensamento do solo pode produzir os mesmos efeitos desfavoráveis, causando impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular e restringindo o movimento da água e do ar ao longo do perfil do solo (6, 8).

A água que atinge a superfície do solo em forma de chuva e, ou, irrigação pode ser distribuída de quatro formas: a) por escoamento sobre o solo; b) por percolação profunda; c) por transpiração, através das plantas; e d) por evaporação direta da superfície do solo (8).

A perda de água por evapotranspiração está relacionada com o teor de umidade na camada superficial do solo. Em solos úmidos, com pouca vegetação, a evaporação é a principal componente da evapotranspiração (13).

Quando a umidade do solo está acima da capacidade de campo, a evaporação é rápida e relativamente constante. Quando é menor, a água movimenta-se mais lentamente e as camadas superiores do solo perdem água à taxa maior do que a referente à água recebida das camadas inferiores, chegando a um teor de umidade tão baixo, que se rompe a continuidade do movimento ascendente da água (2).

Com o objetivo de reduzir as perdas da água do solo para a atmosfera, têm sido realizados inúmeros trabalhos de pesquisa, em países com regiões de clima árido e semi-árido (3).

Segundo DULLEY e RUSSEL (5), ocorre aumento da velocidade de infiltração, da redução da evaporação superficial e da redução de erosão hídrica e eólica quando os restos culturais são deixados na superfície do solo.

Quando aumenta a espessura da cobertura vegetal, a evaporação diminui, fato importante no processo de conservação da água no solo. A principal função da cobertura é evitar a formação da crosta superficial provocada pela dispersão das partículas do solo. Janick, citado por CARMO (3), afirma que a função da cobertura é regular a temperatura do solo e conservar a umidade, pela redução da evaporação.

LEWIS e POWERS (10), avaliando os fatores de superfície que influenciam a velocidade de infiltração nos solos cultivados, comprovaram que a causa principal da redução na velocidade de infiltração é a formação de uma camada delgada e compactada na superfície do solo, provocada pelo impacto das gotas de chuva e, ou, da irrigação por aspersão e, em parte, pelo escoamento superficial.

O escoamento superficial sob o pivô será desprezível se a intensidade de aplicação d'água tiver sido destinada a combinar-se, o mais próximo possível, com a velocidade de infiltração d'água no solo (13). Para eliminar ou atenuar o escoamento superficial num sistema de irrigação do tipo pivô central, podem ser adotados alguns procedimentos (12): aumento na velocidade de deslocamento, para diminuir a lámina aplicada no solo; redução no diâmetro dos bocais dos aspersores, para diminuir a capacidade do sistema; aumento na pressão no sistema e redução no diâmetro dos bocais, para aumentar a pulverização da água.

O escoamento superficial pode provocar problemas, como erosão do solo e redução na quantidade de água infiltrada, causando um decréscimo na água armazenada e disponível para as culturas.

Diante de tais problemas, torna-se evidente a necessidade de pesquisar o melhor manejo de irrigação no sistema planta-atmosfera, para cada tipo de solo.

Com este trabalho, procurou-se estudar a variação do teor de umidade de um

solo, cultivado com trigo (*Triticum aestivum* L.), em relação à lámina de água coletada num sistema de irrigação do tipo pivô central.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), localizado em Sete Lagoas, MG, cujas coordenadas geográficas são 19°28'S e 44°15'W, com altitude de 732 m.

Os testes foram conduzidos no período de 9 de junho a 28 de agosto de 1986, num Latossolo Vermelho-Escuro Álico (LEa), textura argilosa, fase cerrado, cultivado com trigo (*Triticum aestivum* L.). As características topográficas da área podem ser observadas na Figura 1.

A área foi irrigada com um pivô central VALMATIC, cujas especificações encontram-se no Quadro 1. A água foi captada de uma represa próxima à área dos testes, por meio de uma motobomba.

Foram determinadas a curva de retenção, a capacidade de campo, a porosidade, a densidade, a textura e a velocidade de infiltração, com o objetivo de avaliar as possíveis influências desses parâmetros no armazenamento da água no solo. Para tanto, dividiram-se os dois raios (R1 e R4) em três segmentos, nos quais foram feitas as bacias, para a determinação do valor da capacidade de campo. Nas suas proximidades, foram retiradas as amostras, para que pudessem ser determinados os demais parâmetros. A primeira bacia ficou a 60 m, a segunda a 120 m e a terceira a 180 m de distância do pivô.

Considerando a grande homogeneidade espacial do solo e, de modo geral, a alta velocidade de infiltração básica (VIB), não foram feitas medições desse parâmetro nos raios, mas, sim, em quatro pontos aleatórios da área. Considerou-se, também, como velocidade de infiltração básica do solo a média aritmética dos valores obtidos nos quatro pontos amostrados.

Nas avaliações da variação no teor de umidade do solo cultivado, o sistema operava em duas situações, em nível e em declive, no raio quatro e no raio um, respectivamente (Figura 1).

A variação na lámina d'água infiltrada no solo foi determinada pela diferença entre as láminas d'água armazenadas no solo antes e imediatamente depois da irrigação.

Os seis pontos de amostragem foram distanciados de 10 metros. O ponto número 1 estava localizado a 40 m do ponto pivô, ao longo dos dois raios estudados, seguindo uma linha de pluviômetros, para facilitar a localização desses pontos e, ao mesmo tempo, a coleta da lámina aplicada por irrigação.

Foram coletadas três amostras do solo em cada ponto, uma em cada nível de profundidade (de 0 a 20, de 20 a 40 e de 40 a 60 cm), tendo a umidade média da camada de 0 a 60 cm sido considerada como a média da umidade das três camadas amostradas.

As amostras foram retiradas momentos antes de se proceder à irrigação e cerca de 24 horas após a primeira amostragem.

De posse do teor médio de umidade na camada estudada, obteve-se a lámina d'água armazenada, utilizando-se a seguinte equação:

$$La = \frac{\Theta \times Z}{10}, \quad \text{eq. 1}$$

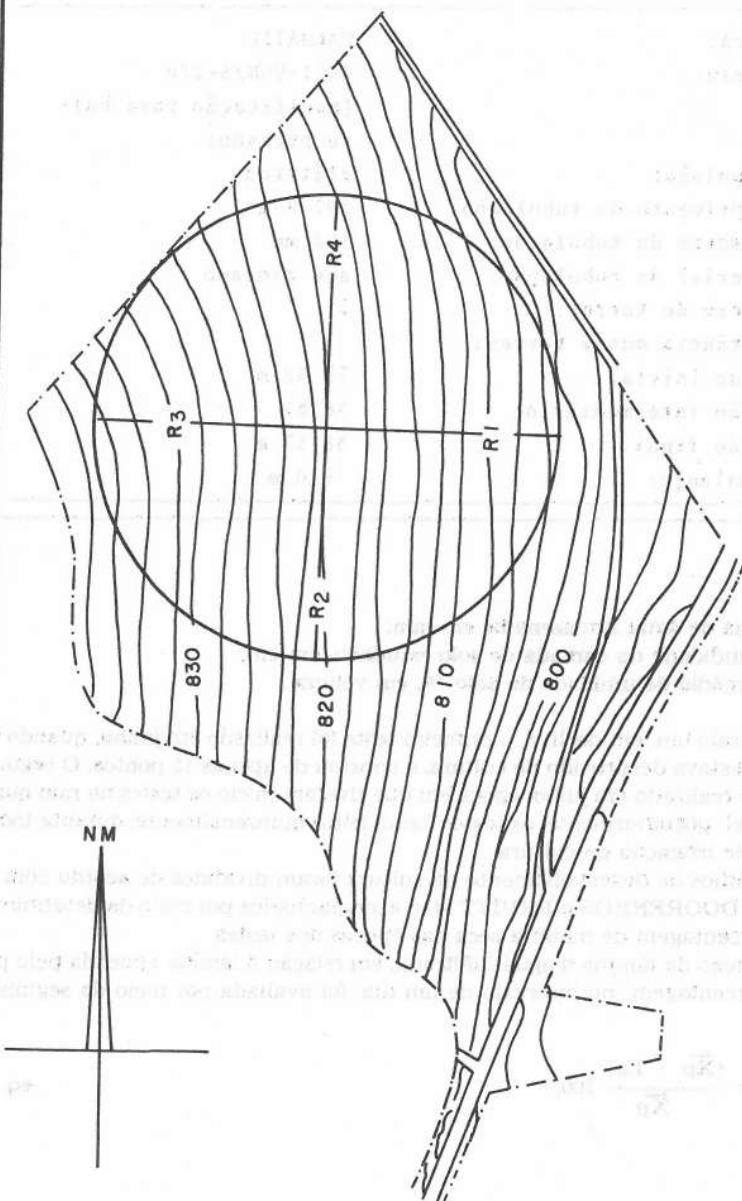


FIGURA 1 - Croqui da área em que foram realizados os testes, com a localização dos raios (R1, R2, R3 e R4).

QUADRO 1 - Especificações referentes ao pivô central

• Marca:	VALMATIC
• Modelo:	4071-VSN/5-220 (modificação para baixa pressão)
• Propulsão:	elettrica
• Comprimento da tubulação:	202,9 m
• Diâmetro da tubulação:	168 mm
• Material da tubulação:	aço zinkado
• Número de torres:	5
• Distância entre torres:	
• Vôo inicial:	39,52 m
• Vôo intermediário:	38,61
• Vôo final:	38,53 m
• Balanço:	9,0 m

em que:

La = lámina de água armazenada, em mm;

Z = profundidade da camada de solo estudado, em cm;

Θ = teor médio de umidade do solo, %, em volume.

Para o raio um, em declive, o primeiro teste foi realizado em junho, quando o solo ainda estava desprovido de cultura, e constou de apenas 15 pontos. O segundo teste foi realizado em julho, época em que tiveram início os testes no raio quatro, em nível; posteriormente, os testes foram feitos quinzenalmente, durante todo o período de irrigação da cultura.

Os estádios de desenvolvimento da cultura foram divididos de acordo com o critério de DOORENBOS e PRUITT (4) e acompanhados por meio da determinação da porcentagem de matéria seca nas épocas dos testes.

A variação da lámina d'água infiltrada, em relação à lámina aplicada pelo pivô, em porcentagem, no intervalo de um dia, foi avaliada por meio da seguinte equação:

$$R\bar{X}_p = \frac{(\bar{X}_p - La)}{\bar{X}_p} 100, \quad \text{eq. 2}$$

em que:

$R\bar{X}_p$ = variação da lámina infiltrada média ponderada, em %;

\bar{X}_p = precipitação média total ponderada no sistema, em mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-hídricos, a análise textural e a curva característica de re-

tenção de água do solo encontram-se nos Quadros 2 e 3 e nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

A velocidade de infiltração básica (VIB) média do solo foi de $33,6 \text{ cm} \cdot \text{h}^{-1}$, tendo o solo sido classificado como de VIB muito alta (1).

Nas Figuras de 4 a 10 encontram-se os perfis da lámina coletada e da lámina armazenada na camada de 0 a 60 cm, ao longo do pivô, no intervalo de um dia.

Analizando os resultados das Figuras 8, 9 e 10, em confronto com as Figuras 4, 5 e 6, nota-se que não houve muita diferença entre a lámina coletada e a lámina armazenada no perfil considerado, uma vez que as condições iniciais dos testes foram praticamente iguais, variando apenas as condições de operação do pivô (em declive e em nível).

Quando se irrigou o solo descoberto, observou-se a ocorrência de maior acúmulo de água em determinados pontos da área. Nota-se, pela Figura 7, que os picos da lámina armazenada sobrepõe-se aos da lámina coletada, o que indica uma possível retenção de umidade, provocada pela camada mais adensada na profundidade de 20 a 40 cm de profundidade, que desuniformizou a lámina armazenada na camada estudada.

Por sua vez, quando se irrigou o solo com maior teor de umidade e com cobertura vegetal (Figuras 8, 9 e 10), percebeu-se que perdeu água mais rapidamente. É possível que isso tenha sido consequência da maior percolação profunda, quando o solo estava com maior teor de umidade, e do fato de ter o sistema radicular servido de meio de transporte da água para atmosfera, devido à evapotranspiração. Também o sombreamento da superfície do solo pelas plantas evitou a secagem rápida da primeira camada superficial do solo, que serviu de barreira à evaporação direta da superfície e concorreu para a maior interceptação da precipitação por parte da cultura, reduzindo, dessa forma, a infiltração de água no solo.

Analizando os resultados ilustrados nas Figuras 8 e 9, nota-se grande diferença entre a lámina armazenada e a lámina coletada, para planta em estádio mais avançado de desenvolvimento, quando comparados com os da Figura 7, para planta em estádio intermediário de desenvolvimento. Em decorrência de forte desfolhamento, causado pelo ataque de lagartas-do-trigo, houve uma redução na perda de umidade do solo por evapotranspiração e na interceptação da precipitação pela planta (Figura 10). A menor diferença entre a lámina armazenada e a lámina coletada, representada na Figura 10, confrontada com os resultados ilustrados nas Figuras 8 e 9, apesar de estar o solo com maior teor de umidade na ocasião dos testes, foi devida, principalmente, ao avançado estádio de maturação das plantas, que já se encontravam em senescência e com menor taxa de evapotranspiração.

Pela Figura 4, verifica-se que o solo perdeu mais água do que recebeu na irrigação. Isso aconteceu quando se fez a irrigação e o solo estava com teor de umidade acima de sua capacidade de campo e com a superfície completamente coberta pela cultura do trigo em crescimento ativo. Nessas condições, o aumento do gradiente hidráulico na camada de solo estudada e, consequentemente, o aumento do fluxo de percolação profunda e da taxa de evapotranspiração máxima determinaram a secagem mais rápida do perfil do solo, no intervalo de tempo considerado.

4. RESUMO

Este trabalho foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo,

QUADRO 2 - Características físico-hídricas, médias, do solo (LEa) estudado, para os raios um e quatro

Raio	Distância do pivô (m)	Profundidade (cm)	Densidade real (g cm ⁻³)	Densidade global (g cm ⁻³)	Porosidade (%)			Capacidade de campo (0-60 cm) (% em volume)
					Macro	Micro	Total	
1	60	0-20	2,54	0,95	22,78	39,86	62,64	34,81
		20-40	2,61	0,99	17,21	38,35	55,56	
		40-60	2,58	0,89	24,53	34,43	60,96	
	120	0-20	2,54	0,97	21,14	41,68	68,82	35,13
		20-40	2,58	0,97	29,84	41,63	61,47	
		40-60	2,56	0,91	20,98	39,65	60,63	
	180	0-20	2,54	0,97	20,99	40,56	61,55	34,27
		20-40	2,61	1,00	17,18	41,36	58,54	
		40-60	2,58	0,94	18,49	40,18	58,67	
4	60	0-20	2,56	1,01	19,85	39,35	59,20	34,92
		20-40	2,54	1,01	18,94	40,04	58,98	
		40-60	2,61	0,93	23,83	36,60	60,43	
	120	0-20	2,56	0,96	23,61	38,29	61,90	34,77
		20-40	2,58	1,04	15,78	41,64	57,42	
		40-60	2,54	0,96	21,50	38,48	59,98	
	180	0-20	2,59	0,97	20,63	39,14	59,77	34,10
		20-40	2,54	1,02	17,44	40,33	57,77	
		40-60	2,54	0,97	21,75	37,67	59,42	

QUADRO 3 - Análise textural do solo (LEa), para os dois raios estudados

Raio	Amostra 1/	Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classifi-
							ciação textural
1	A	0 - 20	6	3	39	52	Argila
		20 - 40	6	3	23	68	Argila
		40 - 60	5	3	22	70	Argila
	B	0 - 20	6	3	36	55	Argila
		20 - 40	6	3	25	66	Argila
		40 - 60	6	4	19	71	Argila
4	A	0 - 20	6	4	33	57	Argila
		20 - 40	5	3	23	69	Argila
		40 - 60	5	4	14	77	Argila
	B	0 - 20	6	4	31	59	Argila
		20 - 40	6	4	19	71	Argila
		40 - 60	6	4	16	74	Argila

1/ Amostra A de 0 a 120 m de distância do ponto pivô
Amostra B de 120 a 210 m de distância do ponto pivô

CNPMS/EMBRAPA, localizado no município de Sete Lagoas, MG, no período de 9 de junho a 28 de agosto de 1986.

Foram determinados os parâmetros físicos do solo: curva característica de retenção de água, capacidade de campo, porosidade, densidade, textura e velocidade de infiltração, visando avaliar as possíveis influências desses parâmetros no armazenamento da água pelo solo.

Foi feita uma avaliação da lámina d'água armazenada no solo, em relação à lámina coletada no pivô, no intervalo de um dia, para solo com diferentes teores de umidade e para diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do trigo.

- Com base nas condições em que foram realizados os testes, concluiu-se que:
- em condições iguais de umidade e cobertura do solo, praticamente não houve diferença entre o armazenamento de água e a lámina d'água coletada quando o pivô operava em nível e em declive;
- o solo perdeu umidade mais rapidamente quando se encontrava com elevado teor de umidade e estava coberto de vegetação em crescimento ativo na época da irrigação;
- quando se irrigou o solo desprovido de vegetação, houve acúmulo de umidade em determinados pontos da superfície, o que contribuiu para desuniformizar a lámina média aplicada na irrigação.

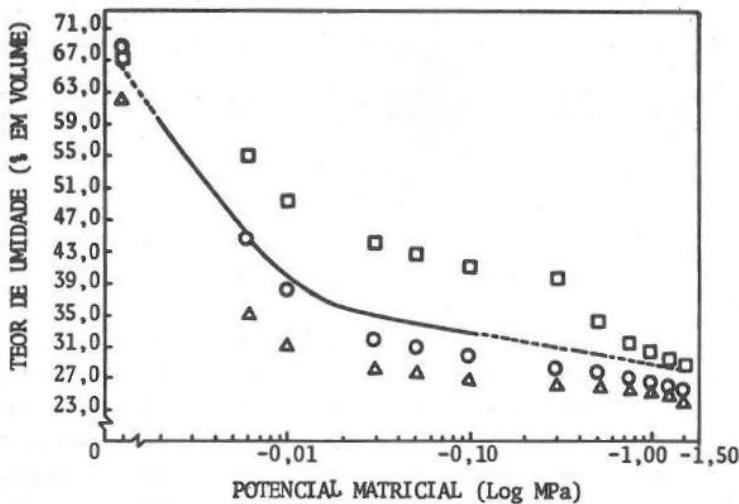


FIGURA 2 - Curva característica de retenção de umidade do solo estudado (LEa), na posição do raio um, para as camadas (cm) de 0 a 20 (\square), 20 a 40 (\circ), 40 a 60 (Δ) e a média ($-$).

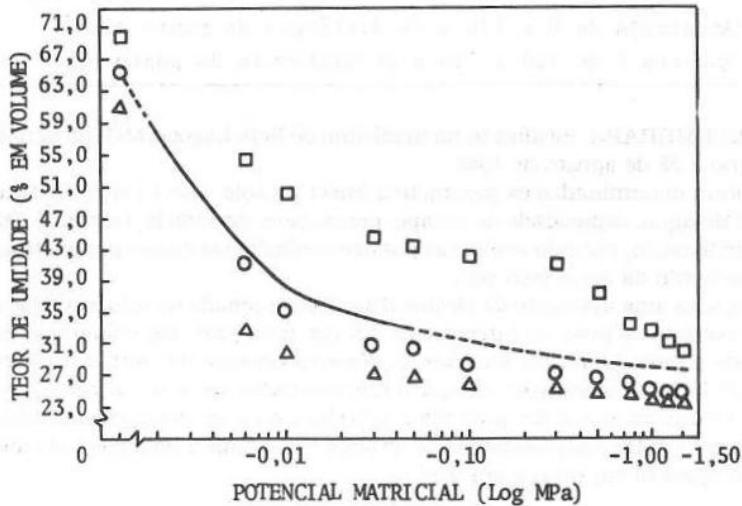


FIGURA 3 - Curva característica de retenção de umidade do solo estudado (LEa), na posição do raio quatro, para as camadas (cm) de 0 a 20 (□), de 20 a 40 (○), de 40 a 60 (△) e média (-).

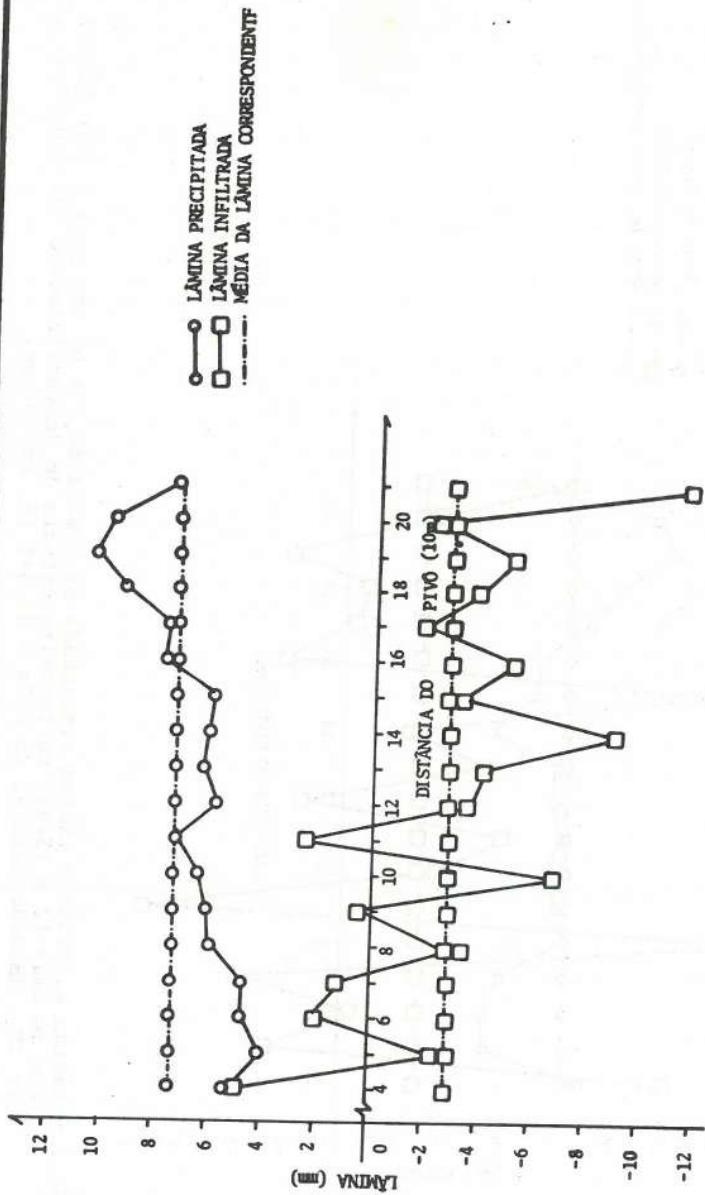


FIGURA 4 - Lâmina coletada e lâmina armazenada na camada de 0 a 60 cm, para o raio quatro, entre os dias 24 e 25/07, no terceiro estádio de desenvolvimento da cultura (M.S.).
 15,2% Umidade inicial do solo = 38,58% (1, em volume).

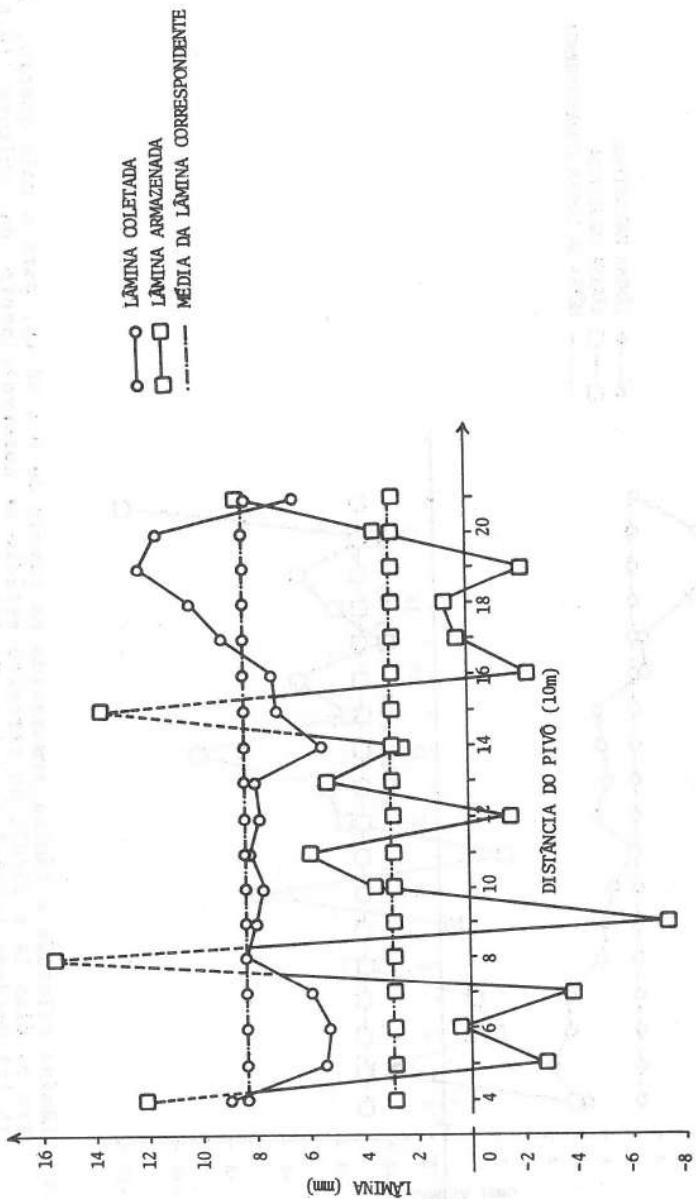


FIGURA 5 - Lâmina coletada e lâmina armazenada na camada de 0 a 60 cm, para o raio quatro, entre os dias 12 e 13/08, no terceiro estádio de desenvolvimento da cultura (M.S. = 18,2%). Umidade inicial do solo = 33,84% (%, em volume).

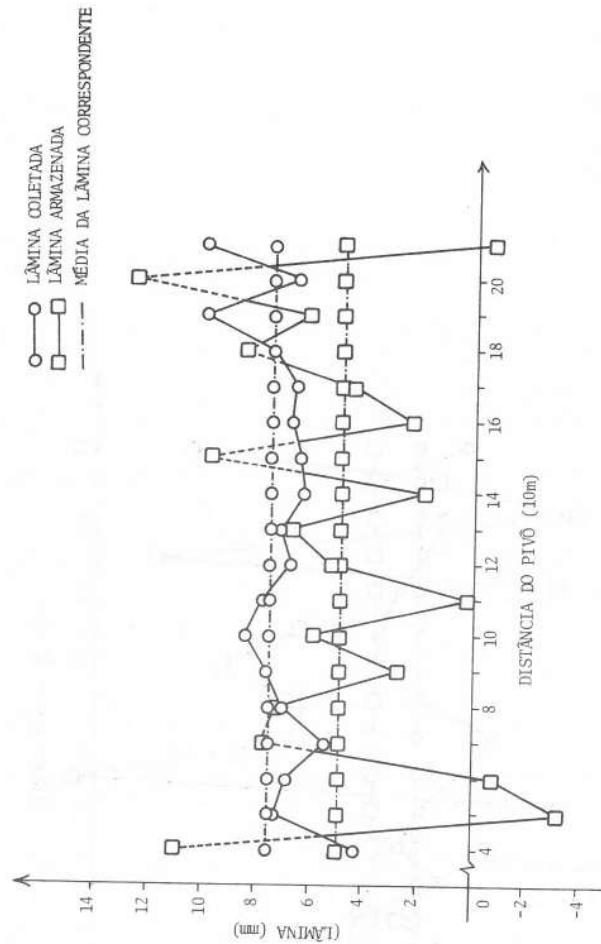


FIGURA 6 - Lâmina coletada e lâmina armazenada na camada de 0 a 60 cm, para o raio quatro, entre os dias 27 e 28/08, no terceiro estádio de desenvolvimento da cultura (M.S. = 27,1%). Umidade inicial do solo = 36,18% (%, em volume).

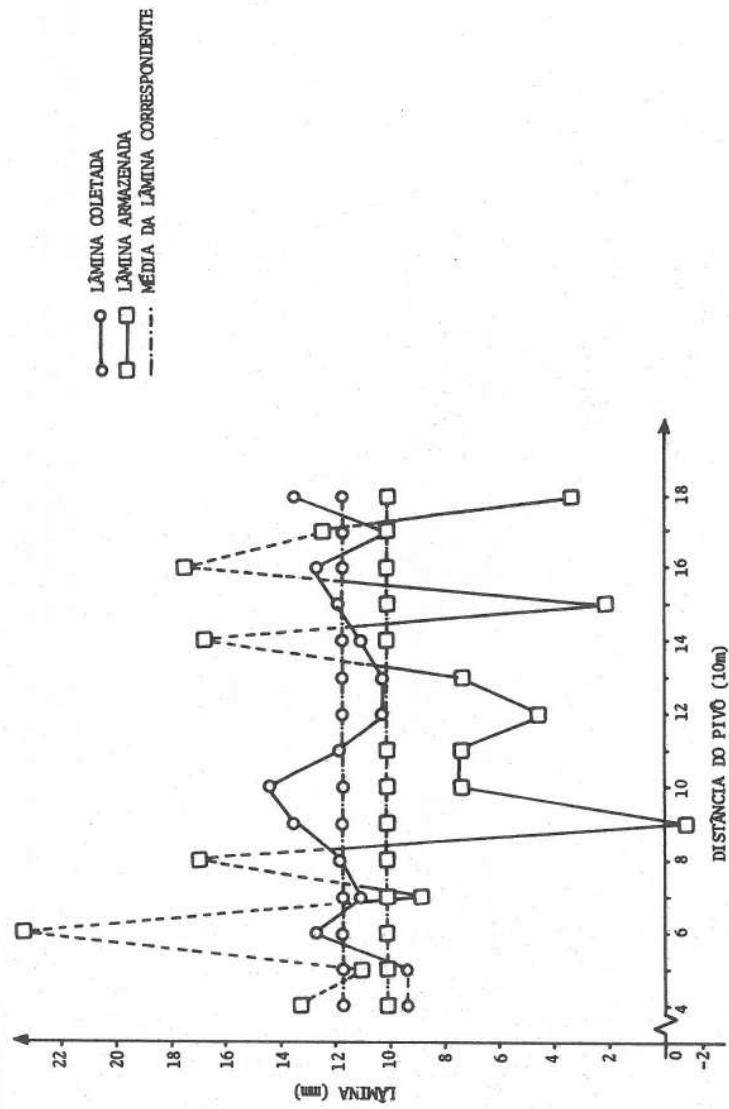


FIGURA 7 - Lâmina coletada e lâmina armazenada na camada de 0 a 60 cm, para o raio um, entre os dias 09 e 10/06, no primeiro estádio de desenvolvimento da cultura (M.S. = 0,0%). Umidade inicial do solo = 32,70% (%, em volume).

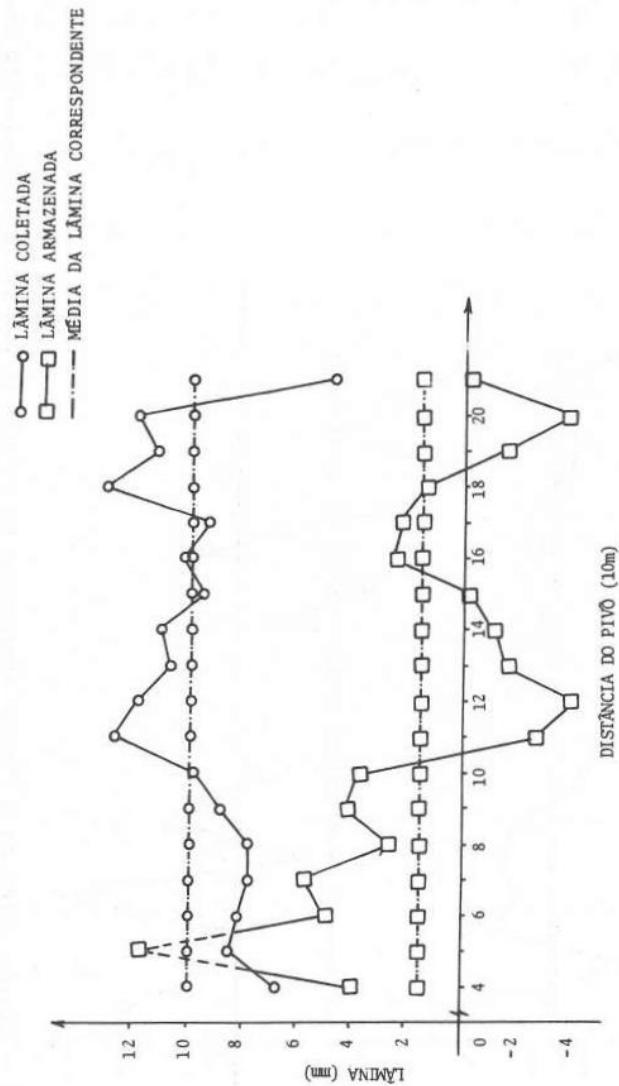


FIGURA 8 - Lâmina coletada e lâmina armazenada na camada de 0 a 60 cm, para o raio um, entre os dias 21 e 22/07, no terceiro estádio de desenvolvimento da cultura (M.S. = 35,90% (%, em volume). Umidade inicial do solo = 35,23% (%, em volume).

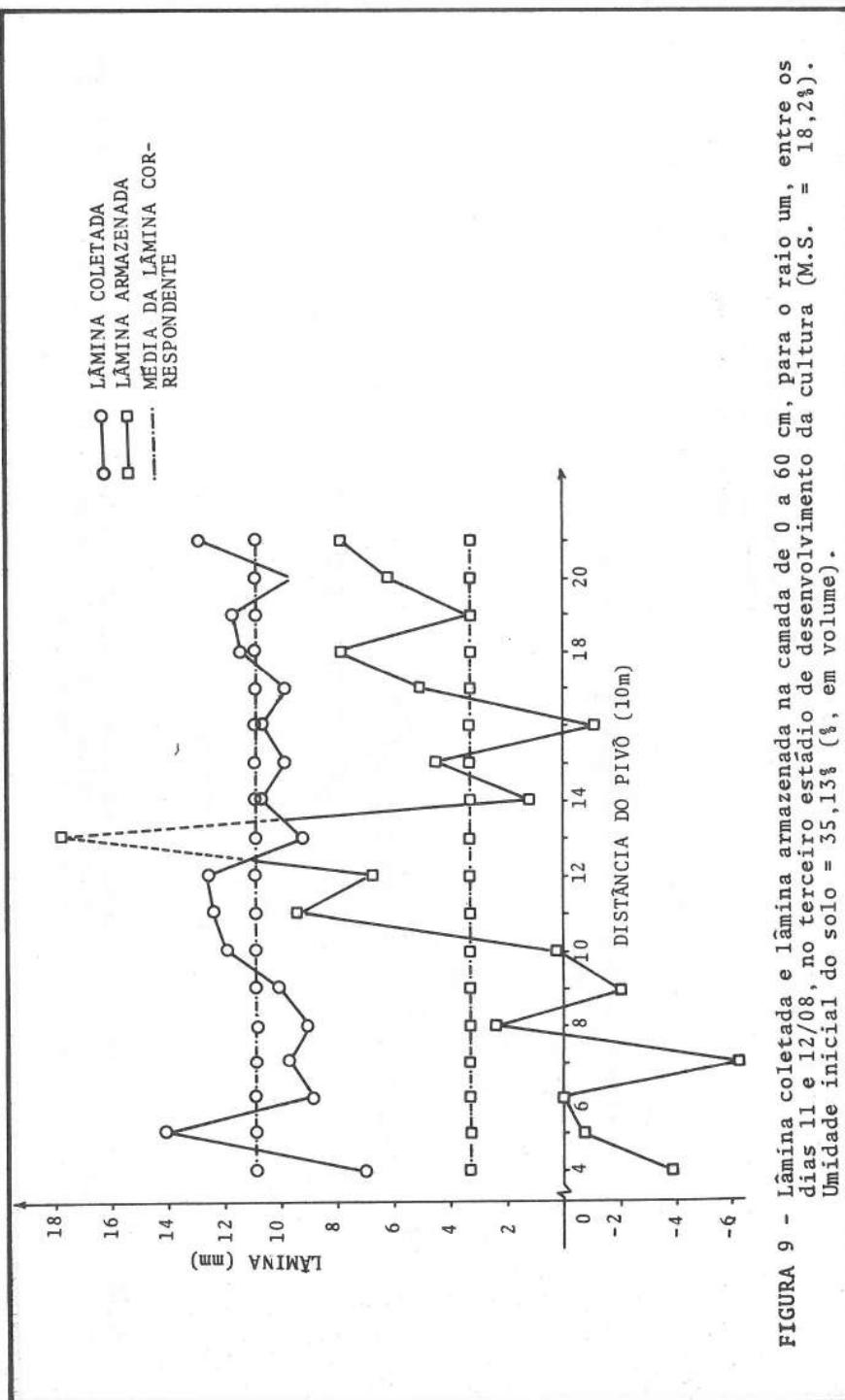


FIGURA 9 - Lâmina coletada e lâmina armazenada na camada de 0 a 60 cm, para o raio um, entre os dias 11 e 12/08, no terceiro estádio de desenvolvimento da cultura (M.S. = 18,2%). Umidade inicial do solo = 35,13% (% em volume).

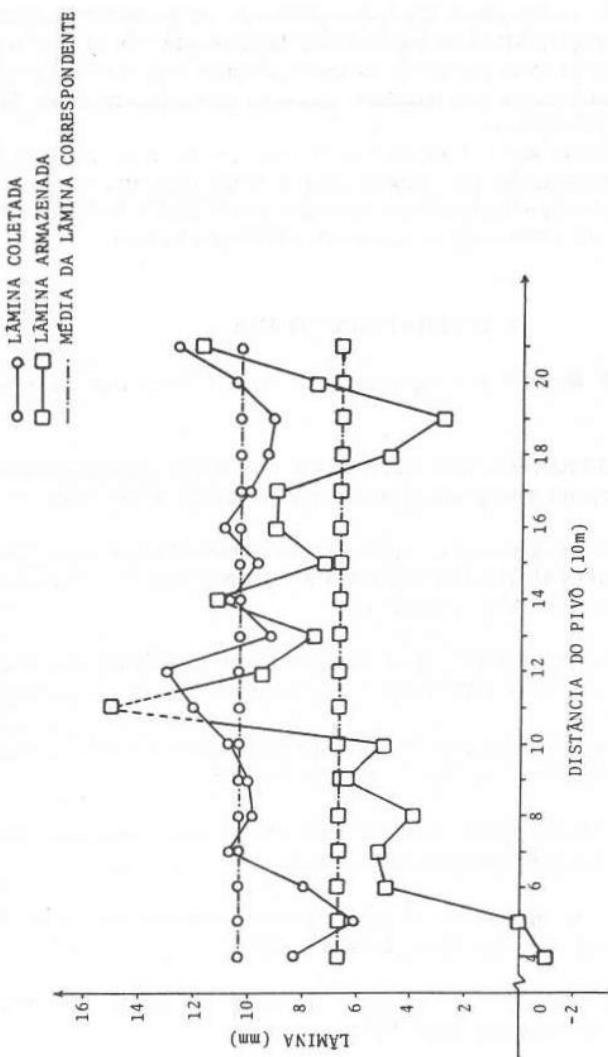


FIGURA 10 - Lâmina coletada e lâmina armazenada na camada de 0 a 60 cm, para o raio um, entre os dias 27 e 28/08, no terceiro estádio de desenvolvimento da cultura (M.S. = 27,1%).
Umidade inicial do solo = 36,52% (%, em volume).

5. SUMMARY

(SOIL WATER STORAGE UNDER CENTER-PIVOT SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM, IN «CERRADO» CONDITIONS)

This study was carried out in the National Center for Research on Corn and Sorghum (CNPMS/EMBRAPA), located in Sete Lagoas, State of Minas Gerais.

The daily soil moisture depletion in an area cultivated with wheat was studied under different conditions of soil moisture and crop development stage, under a center-pivot irrigation system.

Soil water depletion was not affected by the slope of the area and was greater when the soil was covered by the growing crop and the moisture was high.

When fallow soil was irrigated there were spots with high moisture in the soil surface decreasing the uniformity of irrigation water application.

6. LITERATURA CITADA

1. BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 3. ed. Viçosa, Imprensa Universitária, 1984. 463 p.
2. BLACK, T.A.; GARDNER, W.R. & TANNER, C.B. Water storage and drainage under a row crop on sandy soil. *Agronomy Journal*, 62: 43-51, 1970.
3. CARMO, D.A. de S. Emissor de água para irrigação subsuperficial. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7.º. Brasília, 1986. Anais..., Brasília, 1986. Vol. I, p. 121-153.
4. DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome, FAO, 1977. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
5. DULLEY, F.L. & RUSSEL, J.C. The use of crop residues for soil moisture conservation. *Journal Am. Soc. Agron.* 31: 703-709, 1939.
6. GALETI, P.A. *Mecanização agrícola; preparo do solo*. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1981. 220 p.
7. HORTON, R.E. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 5:399-417, 1940.
8. JORGE, J.A. *Física e manejo dos solos tropicais*. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 328 p.
9. KINCAID, D.C. & HEERMAN, D.F. Pressure distribution on a center-pivot sprinkler irrigation system. *Transaction of the ASAE*, 13:556-558, 1970.
10. LEWIS, M.R. & POWERS, W.L. A study of factors affecting infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 3:334-339, 1938.
11. LUTHIN, J.N. *Drenaje de tierras agrícolas; teoría y aplicaciones*. Mexico, Wiley, 1967. 684 p.

12. MERRIAN, J.L.; KELLER, J. & ALFARO. J. *Irrigation system evaluation and improvement.* Logan, Utah State University, 1973. s.p.
13. PETERS, P.B. Relative magnitude of evaporation and transpiration. *Agronomy Journal*, 52: 536-538. 1960.