

*1 espina*EFEITO DA IRRIGAÇÃO NO MOVIMENTO DE NITRATOS EM UM LATOSSOLO^{1/}A. A. Millar^{*}, José Ribamar Pereira^{**} e F. Lopes Filho^{***}

EMBRAPA - CPATSA

-
- 1/ Contribuição conjunta do Ministério do Interior (GEIDA/SUDENE) e do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas (IICA), Convênio MINTER/IICA
- ^{*} Eng. Agr. Ph.D., Especialista em Irrigação, IICA, Convênio MINTER/IICA, Escritório da SUDENE, Petrolina, PE.
- ^{**} Eng. Agr. M.S., Chefe do Laboratório de Solos, Departamento de Recursos Naturais, Divisão de Estudos Integrados, SUDENE, Escritório da SUDENE, Petrolina, PE.
- ^{***} Eng. Agr. Pesquisador do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido, EMBRAPA, Petrolina, PE. 1979



28888

INTRODUÇÃO

O manejo adequado da irrigação determina em grande parte a eficiência de uso pelas plantas dos adubos aplicados ao solo. Os sais movimentam-se ou acumulam-se no solo principalmente devido ao movimento da água de irrigação. Dos processos envolvidos no movimento de nutrientes, a convecção ou fluxo de massa (7) é de maior importância agrícola em solos manejados sob irrigação.

A direção e extensão do movimento de nutrientes por fluxo de massa depende da concentração do nutriente na solução e da direção e velocidade do movimento da solução no solo (7). A mobilidade dos nutrientes no solo é afetada por fatores físicos, químicos e climáticos sobre os quais Thomas (10) apresenta uma discussão detalhada.

Dos nutrientes nitrogenados o mais comum na solução do solo é o nitrato (10). Praticamente todos os ions nitratos se perdem da camada arável dos solos arenosos devido ao fluxo de massa (1). Alguns fatores que afetam o movimento de nitrato aplicado ao solo são: quantidade de nitrato aplicada, lâmina e movimento da água no solo, método de aplicação da irrigação, absorção pelas plantas, cations associados, temperatura e atividade microbiana (3, 5).

Neste trabalho apresentam-se os resultados de um estudo do movimento de nitrato em um latossolo sob diferentes lâminas de irrigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

No Laboratório de Solos da SUDENE, em Petrolina, realizaram-se testes em colunas de solo com a finalidade de estudar o efeito da irrigação no movimento do nitrato.

Utilizando um latossolo do Projeto de Irrigação do Bebedouro da

RESUMO

Perdas de nutrientes normalmente ocorrem em solos irrigados mediante o processo de fluxo de massa.

Os latossolos do Sub-Médio São Francisco, devido a sua textura média, quando irrigados estão expostos à lixiviação de seus nutrientes o que é de grande importância para uma agricultura econômica e produtiva.

Testes de laboratório laboratório foram conduzidos em colunas de solo para estudar o efeito da irrigação no movimento de nitratos em um latossolo do Projeto de Irrigação do Bebedouro da SUVALE. Utilizaram-se colunas de solo de 90 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. Todas as colunas receberam uma dose de 100 Kg N/ha na forma de KNO_3 , adubação nitrogenada normal neste tipo de solos. Os tratamentos de irrigação consistiram em aplicações de lâminas de 2, 4, 8, 12 e 16 cm de água mantendo uma carga constante de 3 cm durante a aplicação. Em todas as colunas realizaram-se testes complementares, prévio ao tratamento de adubo e lâminas, consistentes na determinação de infiltração e condutividade hidráulica (K).

Os resultados indicam que o avanço do "peak" de concentração de nitrato é função da condutividade hidráulica do solo com uma relação Profundidade/K variando entre 5,6 e 9,3 cm/cm hr⁻¹.

Encontrou-se uma relação linear entre o avanço do "peak" de nitrato e a lâmina de irrigação, na faixa de lâminas de 20 a 120 mm, a uma taxa de avanço de 5,2 cm por cm de água aplicada.

Baseado em dados físico-hídricos do solo e diferentes condições de demanda atmosférica realizou-se um balanço de água através de um ciclo de irrigações para determinar a extensão do movimento de nitrato. Encontrou-se que o movimento devido a irrigação, logo após a aplicação do nitrato, alcança os maiores valores o qual depende da lâmina de irrigação. O movimento posterior

ainda dever-se-á ao fluxo de massa, mas é reduzido devido a que o perfil de solo drena em condições de não saturação.

Os resultados permitem concluir que neste tipo de solos é de importância controlar e manejar adequadamente as irrigações para evitar as perdas de nutrientes. Este controle, principalmente nas lâminas de irrigação, deve ser mais rigoroso logo após a aplicação dos adubos.

CODEVASF, prepararam-se colunas de solo em tubos PVC de 90 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. O solo foi amostrado em camadas de 30 cm e assim restituído nos tubos de PVC. Com a finalidade de se obter homogeneidade na coluna, as amostras foram colocadas em quantidades correspondentes a 0,5 kg e compactadas com um batedor de borracha. Testes de infiltração e permeabilidade definiram a homogeneidade das colunas.

As colunas foram montadas em posição vertical e mediante uma calha e sifões aplicou-se uma carga de água constante de 6,5 cm.

Em um conjunto de colunas realizaram-se testes de infiltração e logo após aplicou-se a carga de água constante. Uma vez indicada a drenagem das colunas, aproximadamente 30 minutos após o início da aplicação da lâmina, fizeram-se várias determinações de permeabilidade durante 24 horas. Com a finalidade de se obter a distribuição do nitrato por efeito do fluxo saturado, nestas colunas aplicou-se 100 kg N/ha na forma de KNO_3 na superfície das colunas e 3 minutos após ligaram-se os sifões. Uma hora após funcionar em fluxo saturado, as colunas foram amostradas a cada 5 cm, e nestas amostras determinou-se o conteúdo de nitrato pelo método do ácido fenoldissulfônico (4).

Uma outra série de colunas receberam também 100 kg N/ha em forma diluída na superfície do solo, e logo após submeteram-se em forma simultânea a 5 lâminas de irrigação: 2, 4, 8, 12 e 16 cm de água mediante uma garrafa invertida, mantendo-se 3 cm de altura da água sobre a superfície da coluna durante a aplicação da lâmina de irrigação. O sistema empregado na aplicação foi similar ao mostrado por Bates e Tisdale (2).

As colunas do segundo conjunto, 24 horas após terem recebido as diferentes lâminas de irrigação foram amostradas a cada 5 cm de profundidade e nestas amostras determinou-se o conteúdo de nitrato pelo método já mencionado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, mostra-se a curva de retenção de umidade do latossolo para a profundidade de 0 a 45 cm, e na Figura 2 apresenta-se a condutividade capilar em função do conteúdo de água. Esta informação foi obtida por Carvalho e Azevedo (6) através de um método empírico. Estas duas características físico-hídricas do solo são muito importantes na descrição do movimento de nitrato no fluxo não saturado, conforme será descrito posteriormente.

Na Figura 3 mostra-se a distribuição média do nitrato no perfil do solo de colunas sob condições de fluxo saturado, com diferente condutividade hidráulica, após uma hora de aplicado o KNO_3 na superfície do solo. O avanço da concentração máxima foi maior na coluna com a condutividade hidráulica mais alta. O avanço da concentração máxima (A) em função da condutividade hidráulica (K) apresenta-se na Figura 4. Encontrou-se uma relação curvilínea com a relação A/K variando entre 5,6 e 9,3 cm/cmhr⁻¹. O solo em condições de campo tem uma infiltração básica, que representa aproximadamente a condutividade hidráulica, da ordem de 2 cm hr⁻¹.

A Figura 5 mostra a distribuição do nitrato no perfil das colunas de solo para as diferentes lâminas de irrigação aplicadas. Observa-se que o movimento do nitrato aumentou com o incremento da lâmina aplicada. A relação entre o avanço médio da máxima concentração de nitrato e a lâmina de irrigação está na Figura 6. Encontrou-se uma relação de aproximadamente 4,38 cm de avanço por cm de água aplicada. Bates e Tisdale (2) encontraram em solos arenosos uma relação de 7 a 17,7 cm de avanço da concentração máxima por cm de água aplicada, entretanto Olsen et al. (9), para o mesmo tipo de solo encontraram uma relação de 4. A informação obtida para o latossolo é razoável considerando as suas características de textura franco arenosa.

O aspecto mais importante que mostra a Figura 6 refere-se ao efeito de

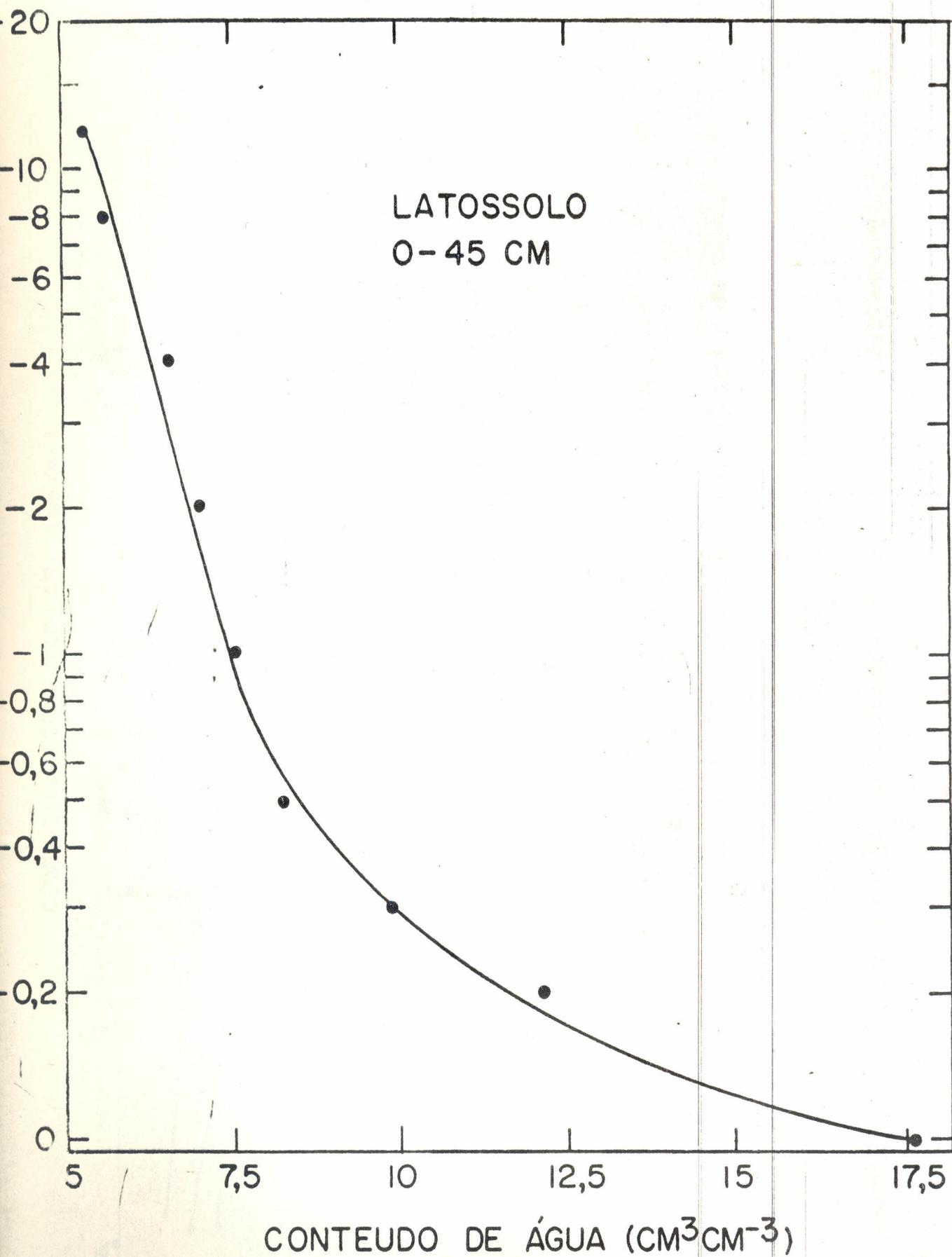


Figura 1. Curva de retenção de água para a camada de 0-45 cm do Latossolo.

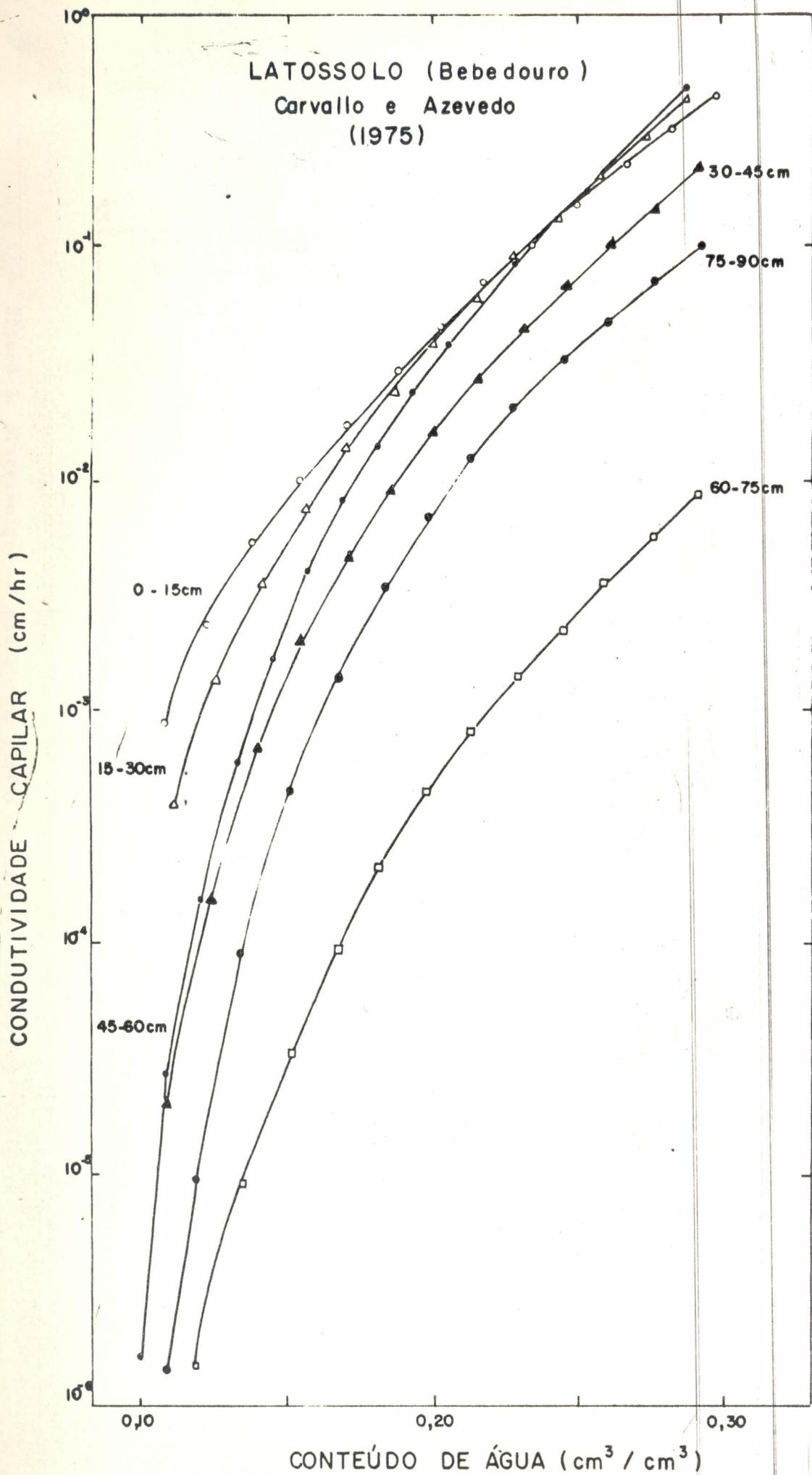


Figura 2. Condutividade capilar do Latossolo em função do conteúdo de água para diferentes profundidades (Carvalho e Azevedo, 1975).

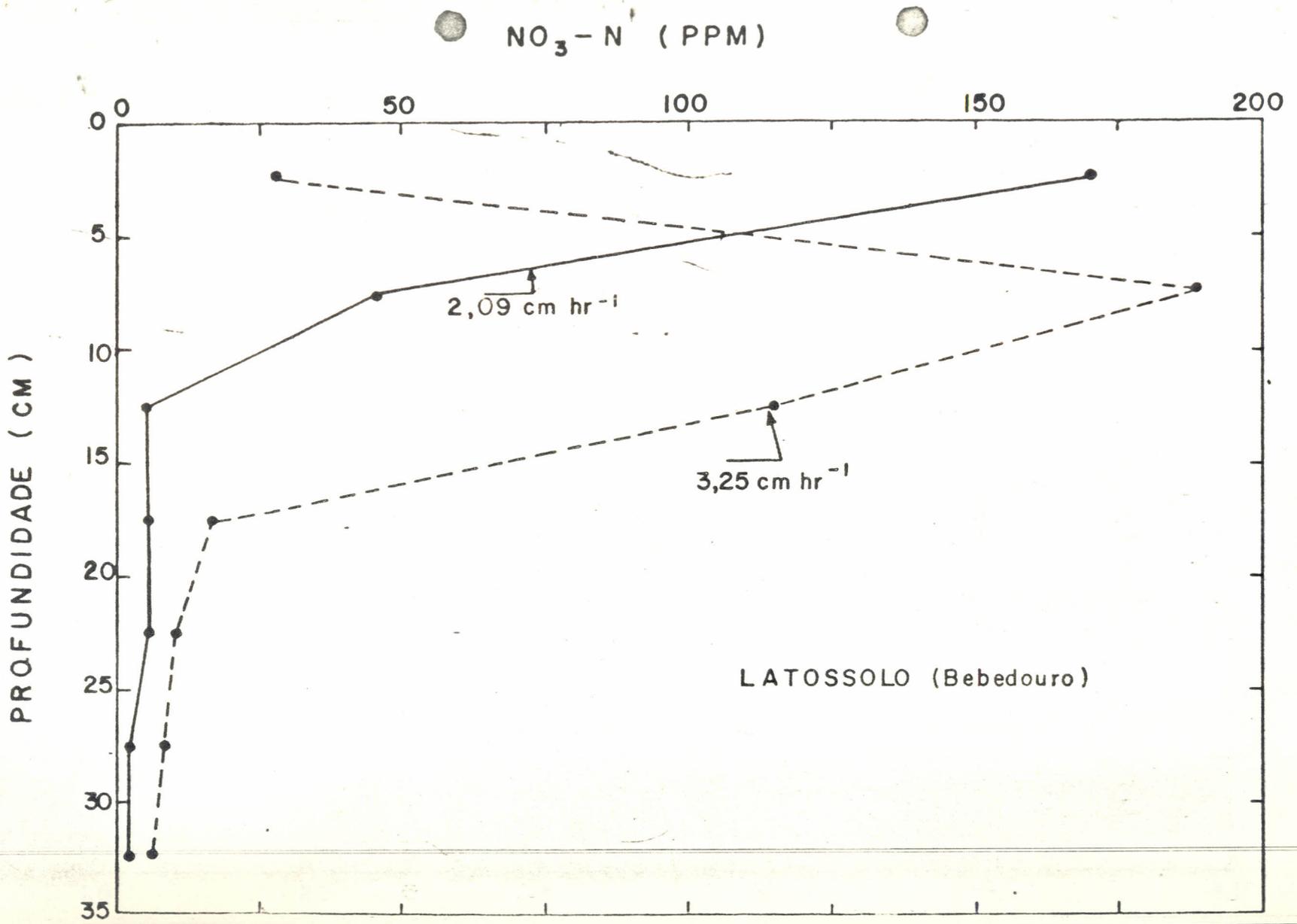


Figura 3. Distribuição do nitrato no perfil do solo de colunas sob condições de fluxo saturado, após 1 hora de aplicação na superfície.

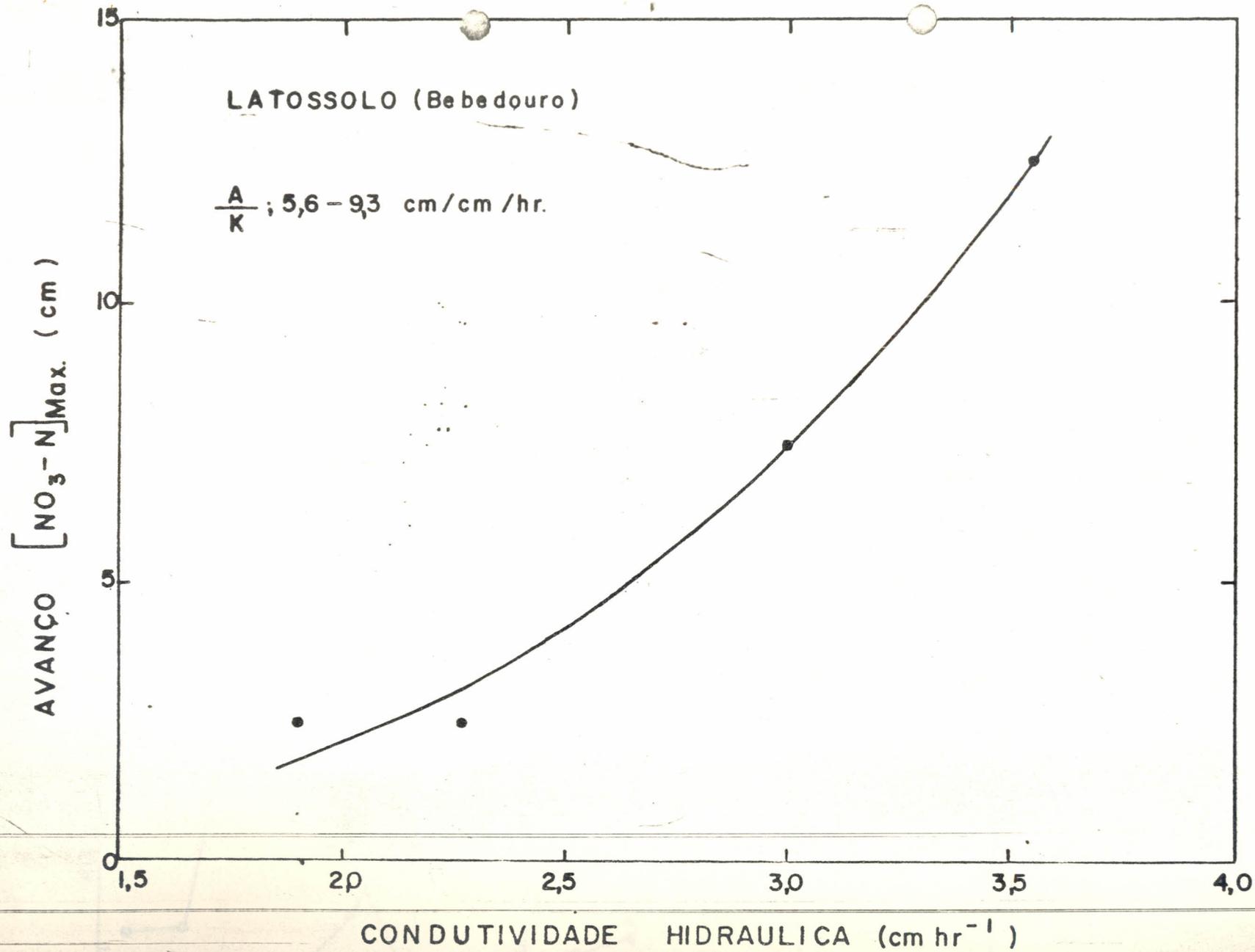


Figura 4. Relação entre o avanço da concentração máxima e a condutividade hidráulica do solo.

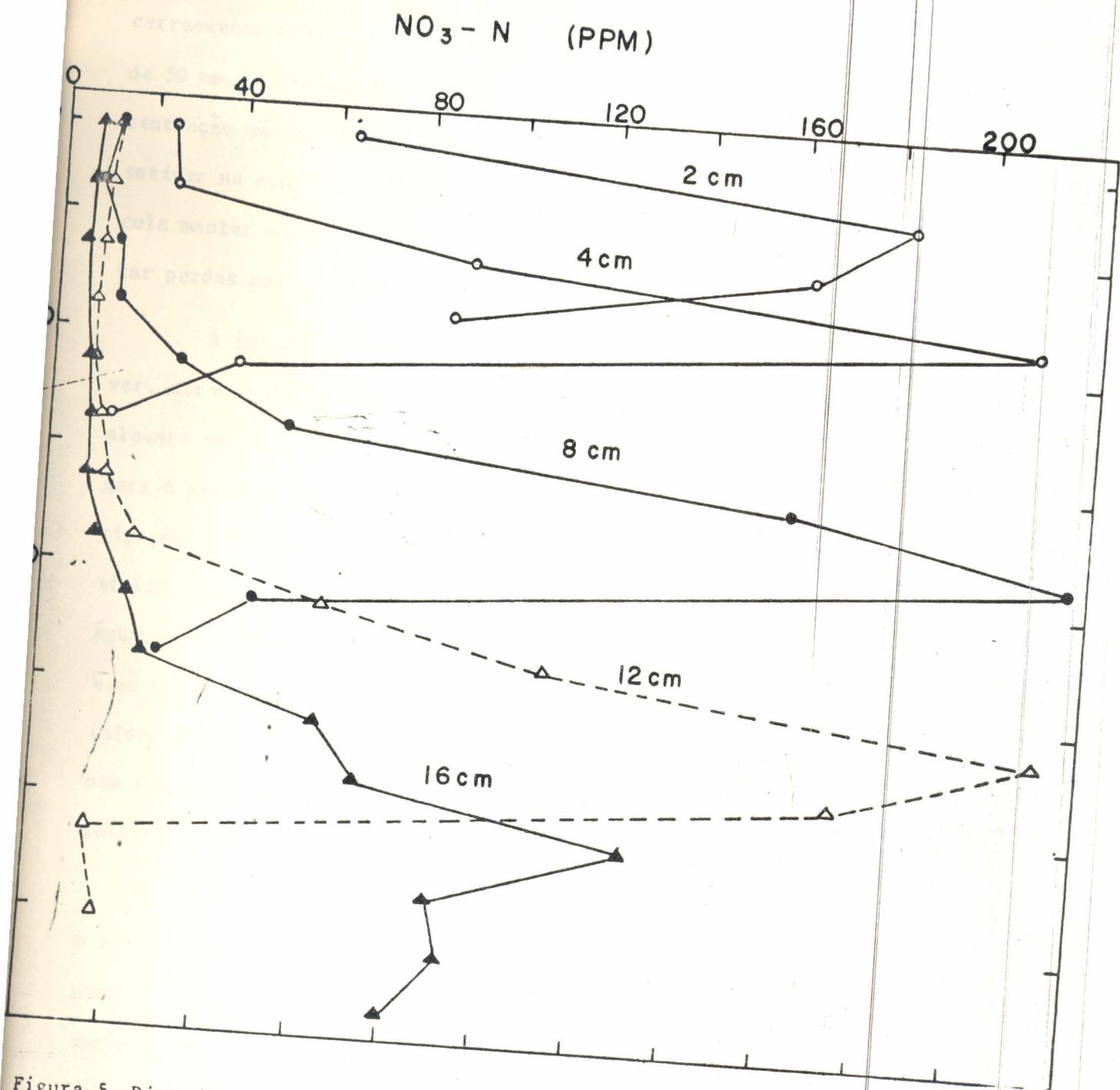


Figura 5. Distribuição do nitrato no perfil das colunas de solo para as diferentes lâminas de irrigação aplicadas.

carreamento provocado pela lâmina de irrigação. Observa-se que com uma lâmina de 50 mm, o que seria uma irrigação comum neste solo, o deslocamento da concentração máxima de nitrato só chegará até 23 cm de profundidade se o adubo estiver na superfície. Do anterior se deduz que é de grande importância agrícola manter o manejo da irrigação a um nível adequado com a finalidade de evitar perdas por percolação e obter o máximo retorno da adubação nitrogenada.

A informação da Figura 6 juntamente com a da Figura 2 permitem descrever, através de um balanço de água, a situação do movimento do nitrato, inicialmente na superfície, num ciclo de irrigações sucessivas. A informação da Figura 6 permite definir o avanço da concentração máxima para o caso de uma irrigação após a aplicação superficial do adubo. Este caso representa o máximo efeito da movimentação por fluxo de massa, considerando que o movimento de água na primeira fase da irrigação é quase saturado. Todo movimento posterior é na fase não saturada, o qual poderia em princípio descrever-se com base na informação da Figura 2. Esta suposição não é totalmente certa devido a que nem sempre se encontra no perfil do solo uma condição de gradiente hidráulico unitário. Mas, para as suposições da análise é um procedimento satisfatório.

Para esta análise considerou-se a aplicação da irrigação cada vez que o balanço de água indicava 50% de água disponível. As extrações de água do perfil de solo fixaram-se em 3, 5 e 7 mm dia⁻¹. Os resultados desta análise apresentam-se na Figura 7 para dois ciclos de irrigações iniciadas com o adubo nitrogenado na superfície do solo. A frequência de irrigação ficou definida pelo padrão de extração constante de água pela cultura, e a perda variável por percolação da zona radicular é definida pela Figura 2 em função do conteúdo de água no perfil do solo. Esta última relação para os três casos de extração constante apresenta-se na Figura 8.

A Figura 7 mostra o grande movimento inicial da concentração máxima como produto da primeira irrigação. Observa-se que o movimento durante o pri-

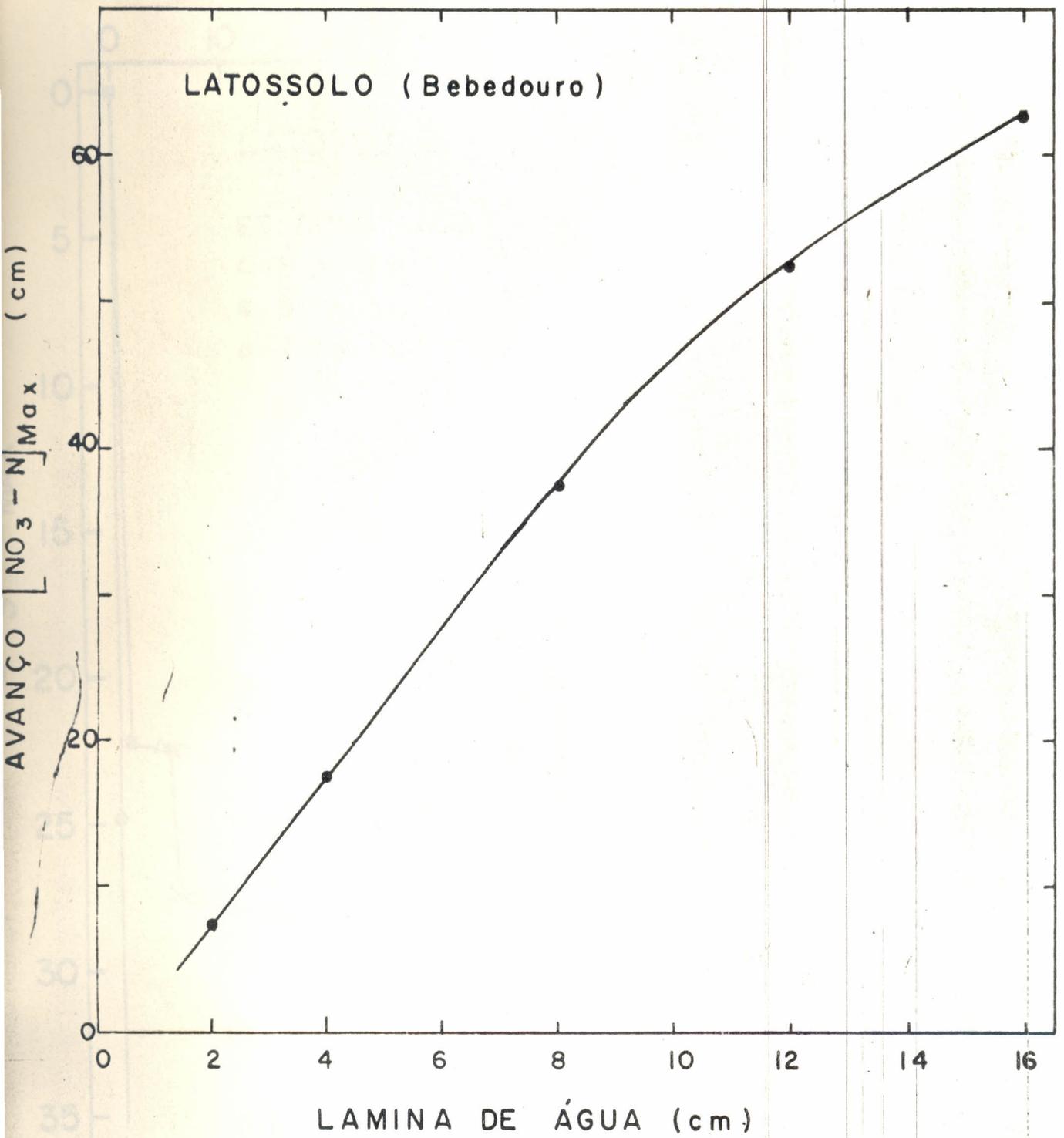


Figura 6. Relação entre o avanço da concentração máxima de nitrato e a lâmina de água aplicada.

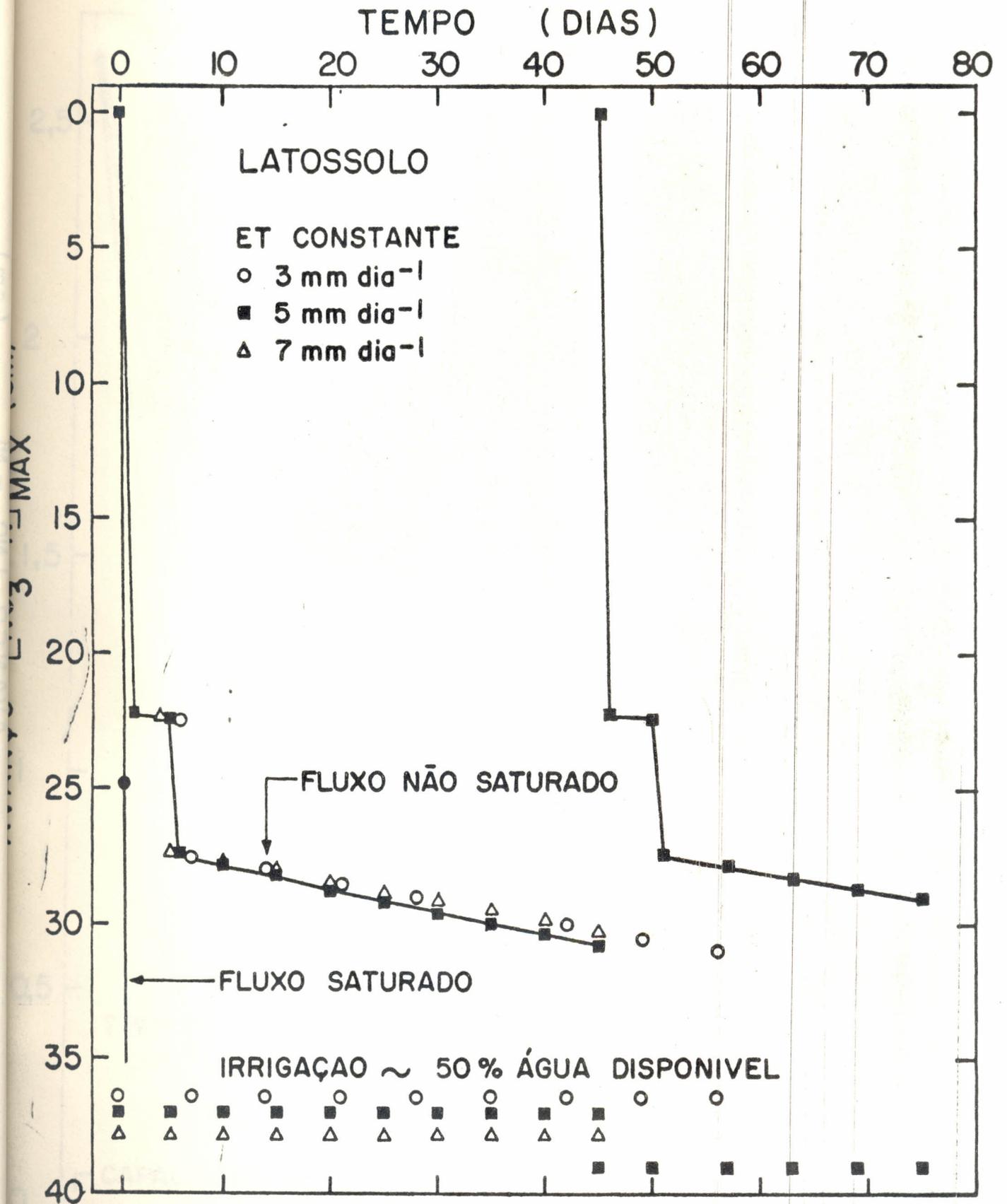


Figura 7. Avanço da concentração máxima de nitrato em função do tempo para um ciclo de irrigações.

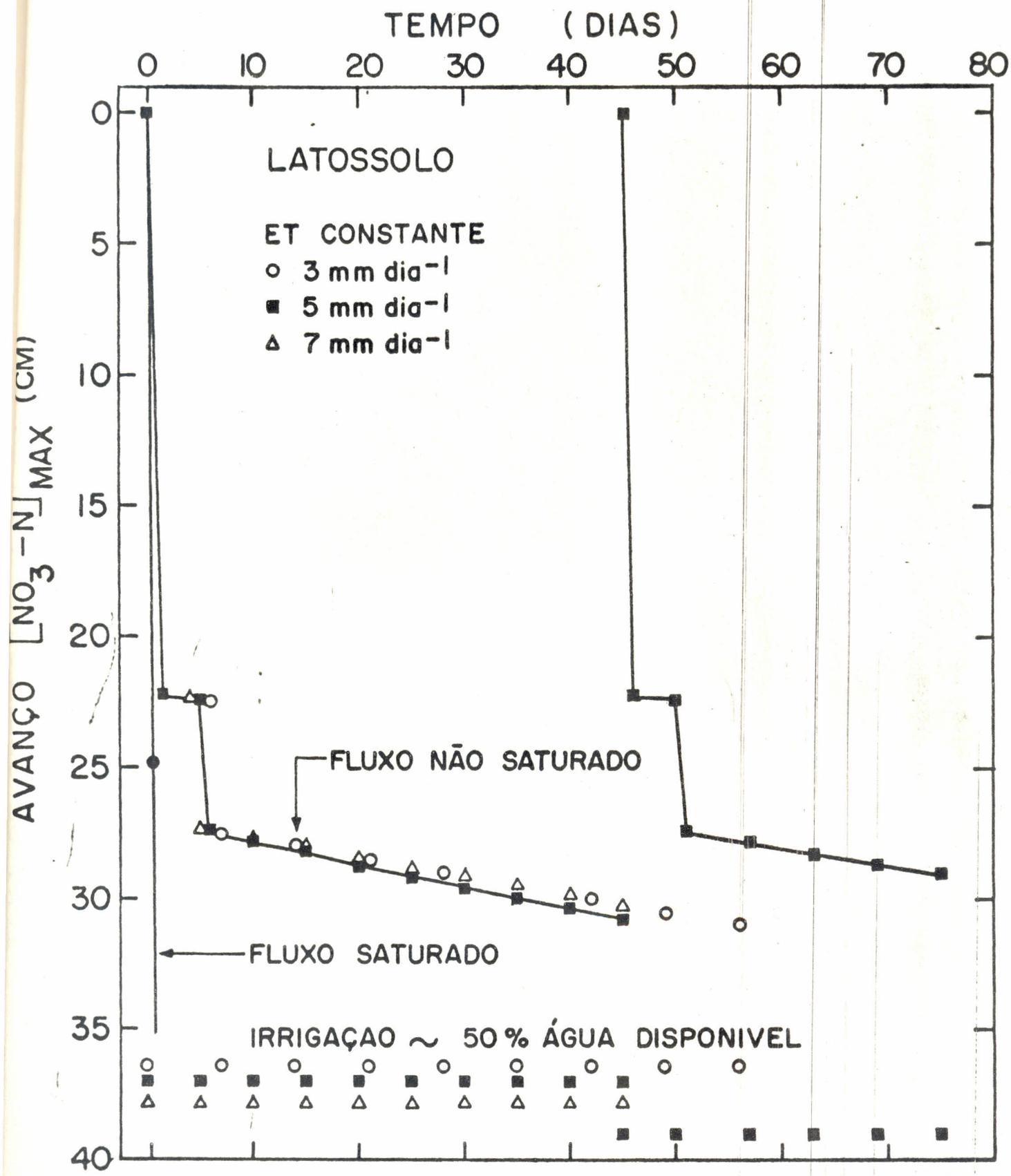


Figura 7. Avanço da concentração máxima de nitrato em função do tempo para um ciclo de irrigações.

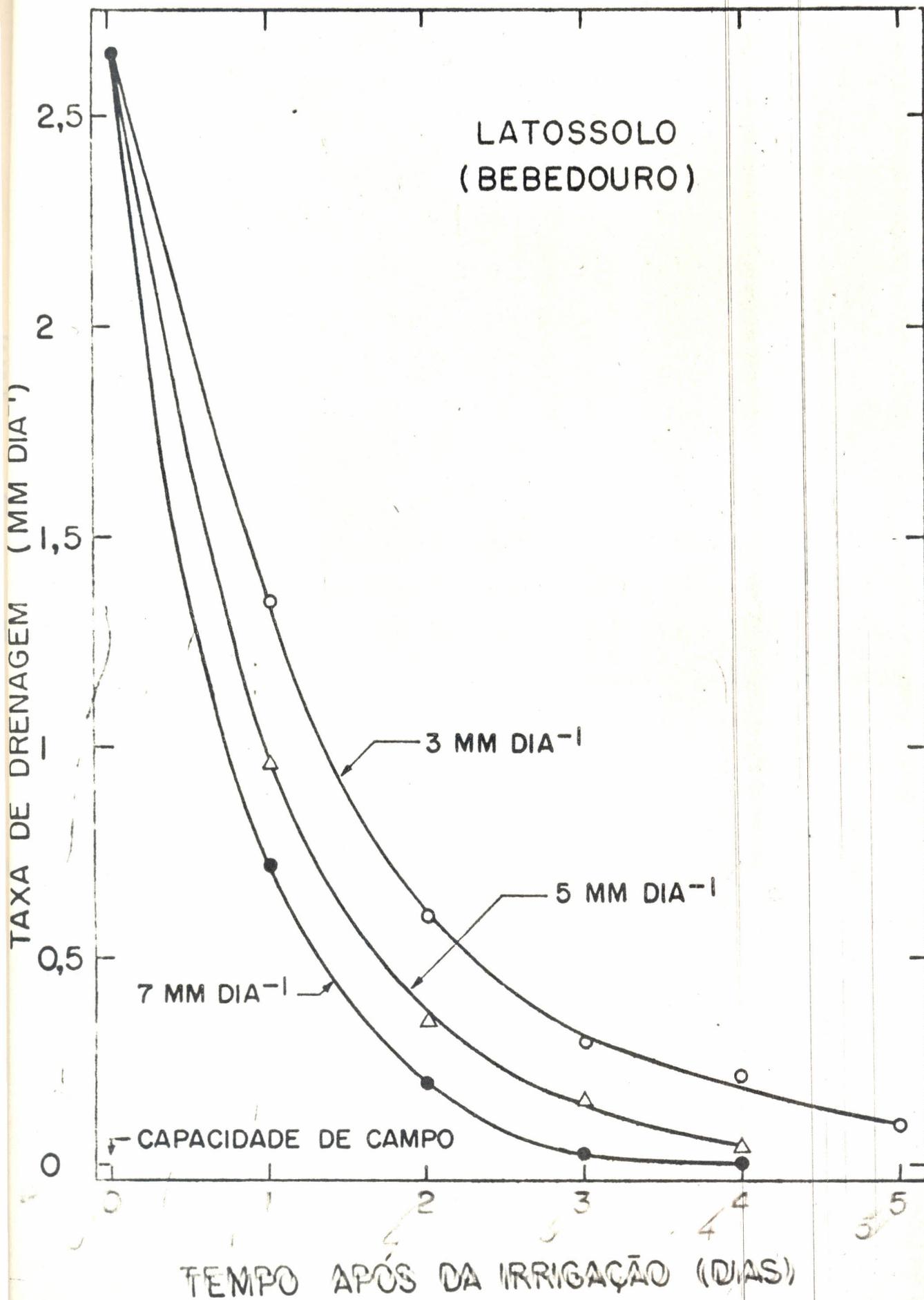


Figura 8. Taxa de drenagem em função do tempo após a irrigação, para diferentes padrões de extração de água.

meiro dia após a irrigação é quase na fase saturada. Logo após e até a próxima irrigação o movimento do nitrato se supõe que continua de acordo com o movimento de água na fase não saturada dado pela Figura 2. Não obstante a Figura 6 indicar traços retos entre irrigações, estes são curvilíneos como mostra a Figura 8. O latossolo tem uma taxa de drenagem interna de aproximadamente $2,64 \text{ mm dia}^{-1}$ quando o conteúdo de água no solo está na capacidade de campo, diminuindo curvilinearmente a zero em 4 a 6 dias após a irrigação dependendo do padrão da extração de água pela cultura.

O efeito do fluxo de massa da segunda irrigação é menor devido ao fato da camada superficial do solo acima da concentração máxima atuar como tampão de armazenamento, deixando uma menor quantidade de água atingir a concentração máxima. Para uma profundidade de 90 cm, camada onde aplicou-se o balanço de água, uma irrigação de 50% da água disponível corresponde a aproximadamente 50 mm. Desta lâmina aproximadamente 38 mm ficaram retidos na camada acima da concentração máxima e só 12 mm atingiram-na, produzindo movimento de fluxo de massa, e portanto produzindo um deslocamento de apenas 20-25% do efeito inicial. Após a segunda irrigação todo movimento posterior da concentração máxima só ocorre devido ao movimento de água interno porque a lâmina de irrigação não atinge a concentração máxima diretamente. Na Figura 7 também inclui-se a situação de uma segunda aplicação de adubo nitrogenado como normalmente acontece com algumas culturas. Neste caso o movimento da concentração máxima vai em forma similar à primeira aplicação. As irrigações que estão afetando a segunda aplicação de adubo não influenciam apreciavelmente o movimento do primeiro perfil de concentração.

Pelas profundidades atingidas pela máxima concentração após um número apreciável de irrigações conclui-se que a maior quantidade do adubo permaneceria numa profundidade onde poderia ser utilizada pelas plantas. A condição anterior está limitada ao caso de um manejo adequado e eficiente das irrigações. A medida que aumentam as perdas por percolação por manejo inadequado da irri-

gação também aumentará o deslocamento da máxima concentração e por tanto aumentarão as possibilidades de perdas do adubo na água de percolação.

Um outro fator importante na análise anterior está relacionado ao efeito da presença da cultura e inversão dos gradientes de potenciais de água, os quais afetarão o movimento de fluxo de massa. Devido à absorção do nutriente pela planta produzem-se gradientes de concentração de nitrato para as raízes da planta. Este fenômeno de difusão é menos importante na fase saturada mas torna-se realmente importante na fase não saturada devido a que o efeito do fluxo de massa no movimento do nitrato é reduzido. O efeito da mudança na direção do fluxo de água, especialmente em condições de alta evaporação, reduz o avanço da concentração máxima em profundidade considerando que o movimento de água para a superfície devido à inversão de gradientes de potenciais de água transporta também o adubo na mesma direção. Este efeito é mais reduzido por produzir-se em condições não saturadas no solo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir:

- A profundidade que atinge a concentração máxima de nitrato quando o adubo nitrogenado é colocado na superfície do solo, aumenta com o aumento da lâmina de irrigação na proporção de aproximadamente 4,4 cm de avanço por cm de água aplicada.
- O avanço do "peak" de nitrato aumenta com o aumento da condutividade hidráulica do solo na proporção de 5,6 a 9,3 cm/cm hr⁻¹
- A análise de um ciclo de irrigações mediante o balanço de água, demonstrou que só as duas primeiras irrigações provocam um efeito marcado no movimento do nitrato, sendo devido ao fluxo de massa.

- Irrigações posteriores às duas primeiras provocam um reduzido movimento da concentração máxima de nitrato, sendo proporcional ao movimento de água no fluxo não saturado.
- Baseado nas conclusões anteriores e com a finalidade de evitar perdas de nitrato por percolação, recomenda-se um controle eficiente na aplicação das duas primeiras irrigações após a aplicação do adubo nitrogenado.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLISON, F. 1966. The fate of nitrogen applied to soils. *Advance in Agronomy* 18:219-258.
2. BATES, T.E. e S. TISDALE. 1957. The movement of nitrate nitrogen through columns of coarse-textured soil materials. *Soil Science Society of America Proceedings* 21:525-528.
3. BOSWELL, F. C. e O. E. ANDERSON. 1970. Nitrogen movement comparisons in cropped versus fallowed soils. *Agronomy Journal* 62:499-503.
4. BREMMER, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: C. A. Black (ed.) *Methods of Soil Analysis (Part 2)*. Agronomy series 9:1179-1232.
5. BURNS, G. R. e L. A. DEAN. 1964. The movement of water and nitrate around bands of sodium nitrate in soils and glass beads. *Soil Science Society of America Proceedings* 28:470-474.
6. CARVALLO, H. O. e H. M. de AZEVEDO. 1975. Determinação da condutividade capilar em função do conteúdo de água através das curvas de retenção. Fortaleza, CE. III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem (Submetido para apresentação).
7. GARDNER, W. R. 1965. Movement of nitrogen in soil. In: W. V. Bartholomew and F. E. Clark (ed.) *Soil Nitrogen*. Agronomy Series 10:550-572.

8. MILLAR, A. A., N. DUARTE, E. RIQUELME e E. ARIAS. 1975. Movimiento de nitrato en un suelo volcánico bajo diferentes regimenes de riego. . Turrialba 25(2):139-143.
9. OLSEN, R. J., R. F. HENSLER, O. J. ATTOE, S. A. WITZEL, e L. A. PETERSON. 1970. Fertilizer nitrogen and crop rotation in relation to movement of nitrate nitrogen through soil profiles. Soil Science Society of America Proceedings 34:448-452.
10. THOMAS, G. W. 1970. Soil and climatic factors which affect nutrient mobility. In: O. P. Engelstad (ed.) Nutrient mobility in soils: Accumulations and losses. pp. 1-20. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America (Special Publication nº 4)