

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLOS  
ARENOSOS DE TABULEIROS LITORÂNEOS

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade<sup>1/</sup>

José de Arimatéia Duarte de Freitas<sup>2/</sup>

Lúcia Raquel Queiroz Pereira da Luz<sup>2/</sup>

<sup>1/</sup> Eng. Agríc., M.Sc., Pesquisador da EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Agricultura Irrigada (CNPAI), Caixa Postal 341 , CEP 64200, Parnaíba, PI.

<sup>2/</sup> Eng. Agr., M.Sc., Pesquisador da EMBRAPA/CNPAI.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

---

### ABSTRACT

The physical-hydrical characterization of soils provides basic elements for irrigation planning and management, besides being indispensable to study water and nutrients dynamic into the soil. The soil physical and hydrological properties of two sandy soils from Parnaíba - PI, Brazil (03°05' S and 41°47' W), were evaluated. The following parameters were determined: Soil texture, bulk density, characteristic moisture curves, field capacity, available water, hydraulic conductivity and deep drainage. Average field capacity for 0 to 40 cm layer was  $0.1456 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$  for Yellow Latosol and  $0.1226 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$  for Sandy Soil. The corresponding field matric potencial was -6.16 KPa for the first and -5.13 KPa for the second soil. Available soil-water into the same layer was 32 mm and 34 mm, respectivitly for the Latosol and Sandy Soil. Fifty percent of available soil-water was retained under matric potentials higher than -40 KPa in the Latosol and higher than -20 KPa in the Sandy Soil. Four days after ceased the water decreased to values near by  $-016 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ , in the two soils, as a result of the hydraylic conductivity drop.

Index terms: water retention, field capacity, soil-water availability, hudraulic conductivity, deep percolation, sandy soil.

# IX CONIRD

CONGRESSO XI

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

### RESUMO

A caracterização físico-hídrica do solo fornece elementos básicos para o planejamento e manejo da irrigação, além de ser indispensável aos estudos de dinâmica da água e de nutrientes no solo. Estudaram-se as propriedades físico-hídricas de dois solos arenosos situados no Município de Parnaíba-PI (03°05'S e 41°47'W), dos quais se determinaram os seguintes parâmetros: granulometria, densidade do solo, curva de retenção, capacidade de campo, água disponível, condutividade hidráulica e taxa de drenagem profunda. A capacidade de campo média da camada 0 a 40 cm foi de 0,1456 e 0,1226 cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>, respectivamente, para o latossolo amarelo e areia quartzosa. Os correspondentes potenciais matriciais, determinados no campo, foram -6,16 kPa para o primeiro solo e -5,13 kPa, para o segundo. A quantidade de água disponível na camada 0 a 40 cm do latossolo foi 32 mm, dos quais 50% estavam em equilíbrio com potenciais acima de -40 kPa. Na mesma camada da areia quartzosa, estavam disponíveis 34 mm, sendo que 50% estavam em equilíbrio com potenciais acima de -20 kPa. Quatro dias após cessada a infiltração, a taxa de drenagem profunda, na camada 0 a 40 cm, reduziu-se para valores próximos a -0,16 cm.dia<sup>-1</sup>, nos dois solos, em decorrência da queda acentuada da condutividade hidráulica saturada.

**Termos para indexação:** retenção de água, capacidade de campo, disponibilidade de água, condutividade hidráulica, percolação profunda, solos arenosos.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

### INTRODUÇÃO

Os solos arenosos ocupam grandes extensões no Nordeste, do litoral ao interior dos estados.

Entre os solos de tabuleiro, que se estendem por toda a costa nordestina, estão os latossolos de textura média, com horizontes superficiais de textura arenosa, podzólicos e areias quartzosas.

Vários projetos públicos e privados de agricultura irrigada foram ou estão sendo implantados em áreas onde predominam solos arenosos, o que justifica os esforços de pesquisa que estão sendo implementados nessa Região.

A caracterização físico-hídrica do solo fornece elementos básicos para o planejamento e manejo da irrigação, além de ser indispensável aos estudos de dinâmica da água e nutrientes no solo.

Curvas de retenção de umidade são de extrema utilidade estabelecimento das necessidade e manejo da irrigação, uma vez que permitem conhecer a variação do potencial matricial da água no solo, na faixa de água disponível às plantas (CORREA, 1984).

O conceito mais aceito de disponibilidade de água do solo às plantas leva em consideração o caráter dinâmico da água no sistema solo-planta-atmosfera (REICHARDT, 1978 e REICHARDT, 1988). A quantificação dos fluxos de água no solo, visando à obtenção do limite superior de água disponível (capacidade de campo) no campo tem sido recomendada, embora com critérios diferentes para considerar os fluxos desprezíveis (WILCOX, 1962 ; MILLER e AARSTAD, 1971; FREIRE, 1979; RITCHIE, 1981 e FARIA e CARAMORI, 1986).

Utiliza-se a condutividade hidráulica do solo em estudos de movimento de água no solo, com enfoque especial na determinação dos componentes, ascensão capilar e drenagem profunda do balanço hídrico (FARIA e CARAMORI, 1986). A metodologia para determinação da condutividade hidráulica no campo é descrita em vários trabalhos onde se discutem também diversas simplificações (NIELSEN et al., 1973; REICHARDT, 1974; LIBARDI et al., 1980; PREVEDELLO et al., 1981 e VAUCLIN et al., 1983).

Fluxos de drenagem profunda, geralmente associados ao transporte de sais, nutrientes e defensivos e à disponibilidade de água para as plantas, devem-se quantificar visando à remoção de sais ou à minimização das perdas de água e nutrientes (STONE e SILVEIRA, 1973; REICHARDT et al., 1974; MILLER e AARSTAD, 1971; REICHARDT et al., 1979 e RITCHIE, 1981).

A determinação de alguns parâmetros do solo no campo tem sido recomendada, já que muitos são influenciáveis pelas camadas subjacentes do perfil (FREIRE, 1979) e podem variar com as condições de manejo (FARIA e CARAMORI, 1986).

Uma vez que as características físico-hídricas são específicas para cada tipo de solo, devem-se determiná-las para os locais onde se pretende pesquisar ou cultivar sob condições de irrigação. Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar alguns solos arenosos de tabuleiros, quanto às suas propriedades físico-hídricas, visando fornecer subsídios para o planejamento e manejo da irrigação.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se o trabalho no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Agricultura Irrigada - CNPAI/EMBRAPA,

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

---

situado no Município de Parnaíba-PI, a  $03^{\circ}05'$  de latitude sul,  $41^{\circ}47'$  de longitude oeste de Greenwich e 37 m de altitude.

Selecionaram-se três locais, de modo a abranger diferentes manchas de solo visando, principalmente, dar suporte a outros projetos de pesquisa a serem desenvolvidos pelo Centro. O solo do perfil 1 (um), situado dentro da área cultivada com frutíferas, classificou-se como LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO A fraco, textura média, fase Caatinga Litorânea, relevo suave ondulado. O perfil 2 (dois), situado na área de culturas anuais e olerícolas, e o perfil 3 (tres), sob o pivô central, têm solos classificados como AREAIS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco, fase Caatinga Litorânea, relevo plano. Em trincheiras abertas nesses três locais, coletaram-se amostras por horizonte e nas camadas 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80, 80 a 100 e 100 a 120 cm, para realização das análises.

As análises granulométricas, químicas e de retenção de água realizaram-se segundo a metodologia da EMBRABA-SNLCS (1979). A curva de retenção, empregando-se extratores de placa de pressão, foi determinada para potenciais matriciais de -10, -15; -20; -30; -40; -50; -60; -100; -300 e -1500 KPa.

Determinou-se a densidade do solo, por camadas do perfil do solo, empregando-se o método do cilindro volumétrico.

Acompanhou-se o processo de redistribuição da água no solo em bacias de 5 x 5 m, construídas próximo às trincheiras. Saturou-se o perfil do solo até 150 cm de profundidade e, após, cessada a infiltração de água, as bacias foram cobertas com lona plástica para evitar a evaporação da água. Colocou-se uma camada de palha de arroz sobre a lona para evitar o aquecimento excessivo pela exposição direta à radiação solar.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

---

Tensiômetros de mercúrio, instalados com três repetições nas profundidades 10, 30, 50, 70, 90 e 110 cm, permitiram o monitoramento do potencial matricial.

Amostragens do solo, para determinação gravimétrica da umidade, e leitura dos tensiômetros, realizaram-se com 0,5; 1; 3; 6; 24 e 30 horas após cessada a infiltração, nos dois primeiros dias, diariamente, até 15 dias e a cada dois dias, até 38 dias.

Os dados de umidade do solo e de potencial matricial, coletados durante o processo de redistribuição, empregaram-se na determinação da condutividade hidráulica, curva de retenção de umidade no campo e capacidade de campo.

Determinou-se a condutividade hidráulica segundo a metodologia descrita por REICHARDT (1974), com os critérios para ajuste de equações propostos por PREVEDELLO *et al.* (1981).

Determinou-se a capacidade de campo de acordo com a metodologia utilizada por FARIA e CARAMORI (1986), assumindo que se atinge a capacidade de campo quando a variação diária de umidade é igual ou inferior a  $0,005 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ .

Considerou-se o ponto de murcha permanente como sendo a umidade do solo retida a um potencial de  $-1500 \text{ kPa}$ , dadas as dificuldades de determinação do mesmo no campo.

Comparam-se valores de capacidade de campo, obtidos em campo, com os dados de retenção de água, determinados em campo e em laboratório.

Com os valores da umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, calculou-se a disponibilidade de água, que se comparou com os dados de retenção de água.

Ajustaram-se equações para relacionar com o tempo o

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

---

armazenamento de água nas diversas camadas do perfil, durante a redistribuição. Obteve-se a taxa de drenagem profunda analiticamente, derivando a equação de armazenamento versus tempo.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, nas Tabelas 1 e 2, uma tendência de aumento de porcentagem de argila e silte e redução da densidade, com a profundidade nos três perfis.

Ambos os solos apresentam baixa capacidade de retenção de água (Figura 1), sendo que as maiores variações de umidade ocorreram numa faixa de potencial elevado, o que é próprio dos solos arenosos (CHOUDHURY e MILLAR, 1983). Na Figura 2, onde se omitiu o perfil 3 (três), devido à sua grande semelhança, sob o aspecto físico-hídrico, com o perfil 2 (dois), observa-se que a retenção de água aumenta com a profundidade em decorrência do acréscimo das porcentagens de argila, silte e, provavelmente, de areia fina (Tabela 1). Em solos arenosos, com baixa porcentagem de matéria orgânica, tem-se observado uma influência das porcentagens de silte e areia muito fina na retenção de água (RIVERS e SHIP, 1978; MANFREDIN *et al.*, 1984; FONTES e COSTA, 1990).

Observou-se a mesma tendência quanto à retenção de água pelas camadas nos dois solos, quando se determinou a curva de retenção no campo, empregando-se tensiômetros (Figura 3). Na faixa de 0 a -15kPa, as variações de umidade, devido a variações do potencial matricial, são muito acentuadas, notadamente na areia quartzosa, o que é de suma importância quando se deseja planejar e manejar a irrigação nesse tipo de solo.

As maiores variações da umidade ocorreram até quatro dias após a saturação do solo sem, entretanto, cessar totalmente,

# IX CONIRD

IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

Tabela 1 - Características físicas e químicas de três perfis de solos arenosos.

PERFIL	HORIZ.	PROF.	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA					MATERIA ORGANICA	
			AREIA	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		SILTE + ARGILA
		(CM)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1 LA	A1	0-10	79	42	37	11	10	21	1.67
	AB1	10-28	80	34	46	10	10	20	1.65
	B11	28-88	66	35	31	15	19	34	0.53
	B21	88-130	71	31	40	11	18	29	1.03
	B3	130-235	62	28	34	16	22	38	0.81
	B4	235-350 <sup>+</sup>	89	46	43	6	5	11	0.33
2 AQ	Ap	0-15	65	26	39	25	10	35	1.00
	C1	15-45	84	37	47	9	7	16	0.79
	C2	45-100	79	36	43	9	12	21	1.03
	C3	100-185	83	42	41	7	10	17	0.43
	C4	185-270	76	38	38	9	15	24	0.24
	C5	270-350 <sup>+</sup>	76	39	37	12	12	24	0.17
3 AQ	Ap	0-17	88	47	41	6	6	12	0.95
	C1	17-50	85	41	44	7	8	15	0.77
	C2	50-120	78	39	39	9	13	22	0.97
	C3	120-185	79	36	43	6	15	21	0.33
	C4	185-340 <sup>+</sup>	73	31	42	14	13	27	0.38

# IX CONIRD

GRIMOLI XI

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

mesmo aos 38 dias após a saturação (Figura 4). as taxas de drenagem elevadas no período de zero a quatro dias refletem a maior participação do componente gravitacional em relação ao matricial no potencial total (Figura 5), como explicam FREIRE (1979) e REICHARDT (1988).

Atingiu-se a capacidade de campo, em média, entre 3,5 e 4,0 dias após cessada a infiltração de água no solo (Figura 4). Os valores, em termos de potencial matricial e umidade, podem ser vistos na Tabela 3.

Os valores da capacidade de campo estão acima dos encontrados por RIVERS e SHIP (1978) e CHOUDHURY e MILLAR (s.d.), para solos de textura semelhante. Tal diferença deve-se, seguramente, ao critério para obtenção daquele parâmetro que pode levar a erros na determinação da água disponível para as plantas (BRUNINI et al., 1976).

**Tabela 2 - Densidade do solo de três perfis de solos arenosos.**

D E N S I D A D E			
TIPO DE SOLO:	LATOSSOLO	AREIA QUARTZOSA	AREIA QUARTZOSA
PROFUNDIDADE:	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
(cm)	(g.cm-3)		
0-20	1.56	1.63	1.61
20-40	1.58	1.63	1.58
40-60	1.55	1.59	1.59
60-80	1.52	1.58	1.59
80-100	1.51	1.59	1.60
100-120	1.49	1.60	1.60

Tabela 3 - Capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível dos solos estudados.

PERFIL	PARÂMETROS	UNIDADE	CAMADAS DO PERFIL					
			0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
1	Capacidade de Campo	$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$	0,1382	0,1529	0,1720	0,1675	0,1628	0,1587
		Kpa (1)	-6,08	-6,25	-6,82	-7,28	-7,52	-6,79
	LA	Kpa (2)	-11,00	-17,55	-17,91	-36,56	-35,14	-
		Ponto de murcha permanente	$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$	0,0562	0,0758	0,0899	0,1079	0,1012
	Água disponível	mm	16,4	15,4	16,4	11,9	12,3	72,4
2	Capacidade de Campo	$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$	0,1155	0,1296	0,1425	0,1463	0,1431	0,1354
		KPa (1)	-4,76	-5,50	-6,28	-6,15	-7,14	-5,97
	A0	KPa (2)	-10,00	-15,12	-10,00	-15,09	-18,17	-
		Ponto de murcha permanent.	$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$	0,0277	0,0473	0,0557	0,0616	0,0632
	Água Disponível	mm	17,6	16,5	17,4	16,9	16,0	84,4

- 1) Determinado a partir de curvas de potencial matricial versus tempo, obtidas em campo;
- 2) Determinado colocando os valores da umidade na capacidade sobre as curvas de retenção obtidas em laboratório.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

---

A umidade na capacidade de campo tendeu a aumentar com a profundidade nos dois solos e foi maior no Latossolo que na areia quartzosa, já que esse parâmetro está também relacionado com a textura, conforme já se discutiu. Os valores do potencial de água no solo, determinado em campo, correspondentes à capacidade de campo, estão acima de  $-10$  kPa, tradicionalmente empregado, confirmando-se as observações de outros autores (BRUNINI et al., 1976; FREIRE, 1979; LOPES, 1984; MOREIRA e SILVA, 1987 e REICHARDT, 1988).

Colocando-se os valores de umidade na capacidade de campo, sobre as curvas de retenção obtidas em laboratório com amostras desestruturadas (Figura 2), verifica-se que há uma discrepância muito grande entre os dados de campo e os de laboratório, como também observou FREIRE (1979). Esse fato deve ser levado em consideração ao se interpretarem dados de laboratório para fins de irrigação.

Tomando-se a capacidade de campo, determinada em campo, e o ponto de murcha permanente, determinado em laboratório (Tabela 3), verifica-se que os valores de água disponível encontrados são muito baixos, como já se observaram em outros estudos (HYNES, 1970; OLIVEIRA e QUEIROZ, 1975; LOPES, 1984; DNOS, 1986; CHOUDHURY e MILLAR, s.d.).

Embora o latossolo retenha mais água (Figuras 2 e 3), ele apresenta menor quantidade de água disponível quando comparado com a areia quartzosa, devido aos maiores valores de umidade no ponto de murcha permanente, nele observados (Tabela 3).

A figura 6 sintetiza os dados de retenção de água e facilita o cálculo da lâmina a se aplicar via irrigação. Pode-se observar que para repor 30% da água disponível na camada 0 a 40 cm, deve-se aplicar uma lâmina líquida de aproximadamente 10mm nos dois solos. Isso mostra que, para efeito de irrigação,

a diferença em termos de água disponível dos dois solos não é importante.

Quando se analisa a distribuição da água disponível na camada 0 a 40 cm (Tabela 3), em função do potencial determinado em laboratório (Figura 7), observa-se que no latossolo mais de 50% da água disponível está retida a potenciais acima de -40 kPa, e na areia quartzosa esse limite é de -20 kPa, o que possibilita o emprego de tensiômetros para manejar a irrigação.

A camada 0 a 20 cm dos dois solos apresentou menor redução da condutividade hidráulica com a diminuição da umidade (Figura 8), devido a modificações na distribuição de poros, (CHOUDHURY e MILLAR, 1983), provavelmente provocadas pelo preparo do solo. Nas demais camadas, as curvas de condutividade hidráulica versus umidade são praticamente paralelas, verificando-se uma tendência da condutividade hidráulica diminuir de 20 a 60 cm e aumentar de 60 a 100 cm de profundidade. Como a condutividade hidráulica é função do arranjo poroso do solo (REICHARDT, 1978 ; CHOUDHURY e MILLAR, 1983), ela pode variar até dentro de um mesmo horizonte de solos tidos como homogêneos.

Analisando as figuras 4 e 8, observa-se que quanto mais alta a umidade das camadas do solo durante o processo de redistribuição, menor a condutividade hidráulica para um mesmo valor de umidade.

De outro lado, com o solo na capacidade de campo (Tabela 3), a condutividade hidráulica aumentou com a profundidade (Figura 8), em decorrência do acréscimo da umidade na mesma direção (MANFREDINI *et al.*, 1984).

Quando se comparam os dois solos, observa-se que, em todas as camadas, a condutividade hidráulica é maior na

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

---

areia quartzosa devido, provavelmente, ao seu maior volume de macroporos, Vale lembrar que se estudou o processo de redistribuição numa faixa de umidade elevada.

Pequenas variações na umidade do solo causam grandes variações na condutividade hidráulica, notadamente na faixa de umidade próxima à saturação (Figura 8). Isso faz com que a taxa de drenagem profunda, ao longo do perfil do solo, reduza bruscamente com o tempo após a saturação do solo (Figura 9). Nota-se que, após quatro dias a taxa de drenagem profunda reduziu para valores próximo a  $0,16 \text{ cm.dia}^{-1}$  na camada 0 a 40 cm e para  $0,40 \text{ cm.dia}^{-1}$  na camada 0 a 100 cm.

As curvas de drenagem versus tempo são paralelas, mostrando que o perfil drena de forma contínua e uniforme (CHOU DHURY e MILLAR, 1983). A areia quartzosa apresenta, para um mesmo tempo, taxas de drenagem maiores que o latossolo, em decorrência da sua maior condutividade hidráulica.

### CONCLUSÕES

1. Nos dois solos estudados, a retenção de umidade aumenta com a profundidade e é maior no latossolo que na areia quartzosa;

2. A umidade na capacidade de campo, determinada em campo, para as camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm é, respectivamente,  $0,1382$  e  $0,1529 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  no latossolo e  $0,1155$  e  $0,1296 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  na areia quartzosa; os correspondentes potenciais matriciais, obtidos no campo, são  $-6,08$  e  $-6,25 \text{ kPa}$  no primeiro solo e  $-4,76$  e  $-5,50 \text{ kPa}$  no segundo;

3. Nas determinações de laboratório, empregando-se amostras desestruturadas, o potencial matricial que representa a capacidade de campo foi significativamente menor que os valores obtidos em campo;

4. A quantidade de água disponível na camada 0 a 40 cm foi de 32 e 34 mm, respectivamente, no latossolo e areia quartzosa;

5. No latossolo, mais de 50% da água disponível na camada 0 a 40 cm estavam em equilíbrio com potenciais acima de -40 kPa ao passo que na areia quartzosa esse limite é de -20kPa ;

6. Na faixa de umidade entre a saturação e a capacidade de campo, uma pequena variação na umidade causou grandes variações na condutividade hidráulica, o que fez com que a taxa de drenagem profunda se reduzisse bruscamente com o tempo, após cessada a infiltração nos dois solos;

7. Quatro dias após cessada a infiltração, a taxa de drenagem profunda na camada 0 a 40 cm, reduziu-se para valores próximos a  $-0,16 \text{ cm.dia}^{-1}$  nos dois solos.

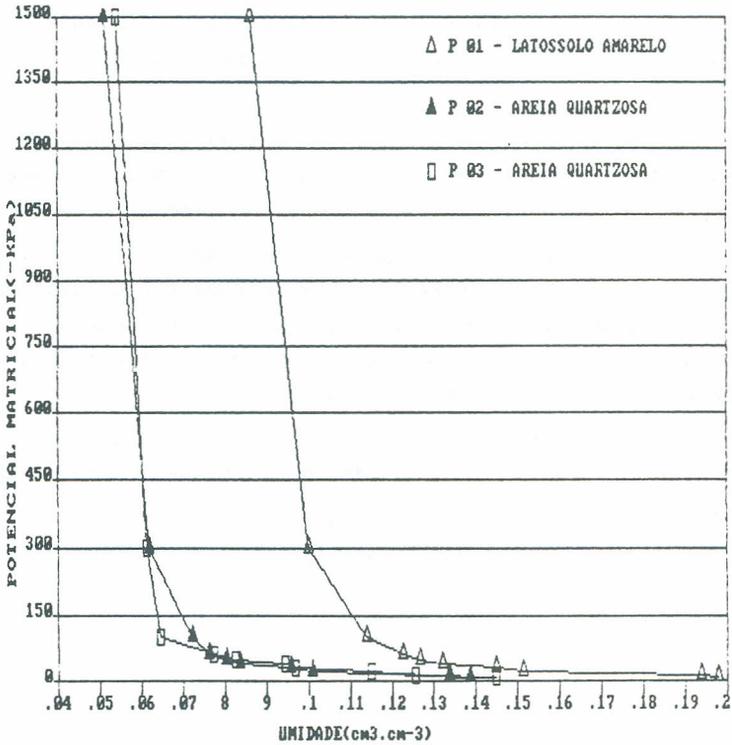


Figura 1 - Curva característica de retenção de água, média da camada 0 a 100 cm do perfil do solo.

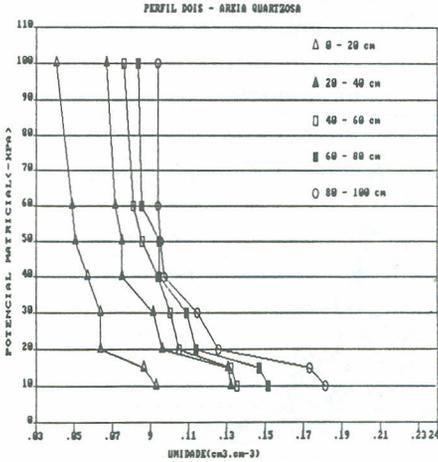
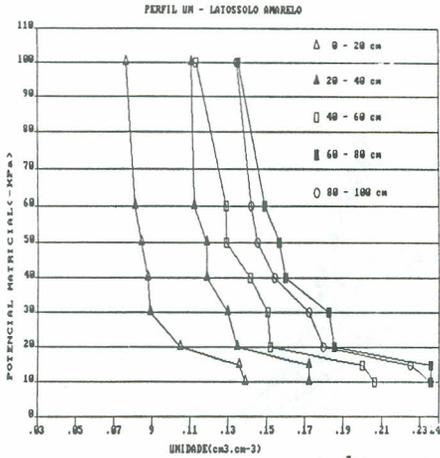


Figura 2 - Curva característica de retenção de água, por camadas do perfil, obtidas em laboratório a partir de amostras desestruturadas.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

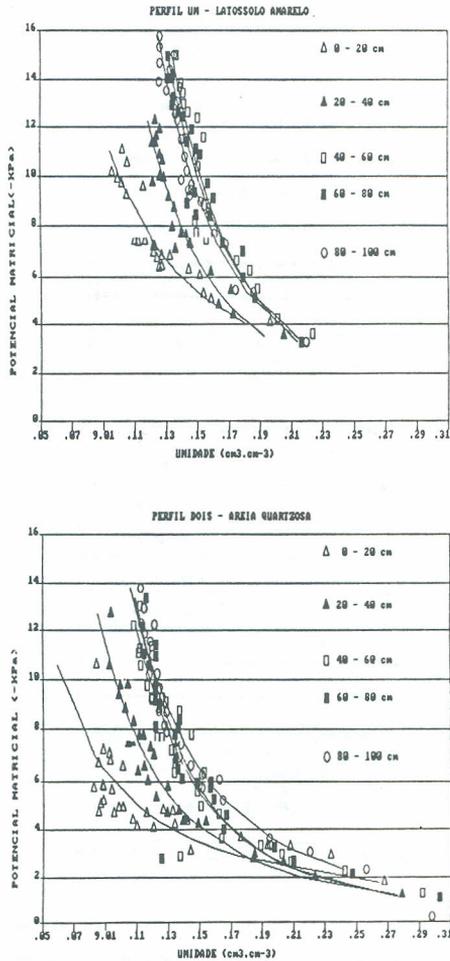


Figura 3 - Curva característica de retenção de água, por camadas do perfil, obtidas no campo.

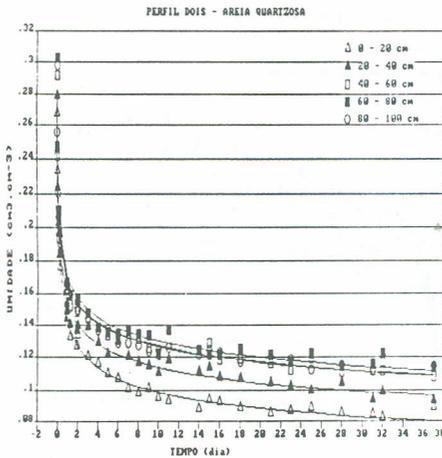
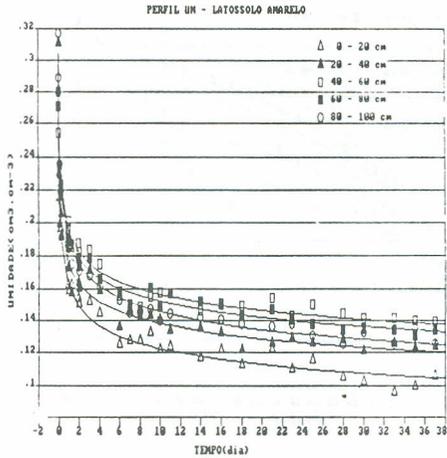


Figura 4 - Umidade das camadas do perfil do solo em função do tempo de redistribuição.

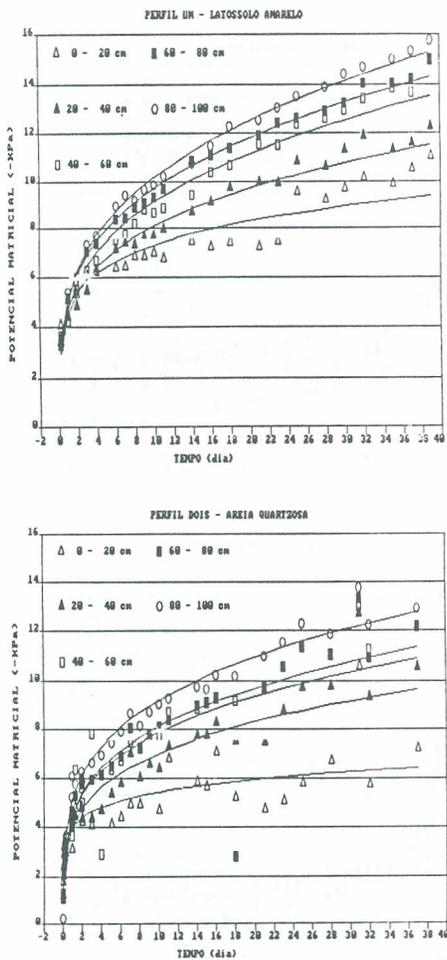


Figura 5 - Potencial matricial da água por camadas do perfil do solo, em função do tempo.

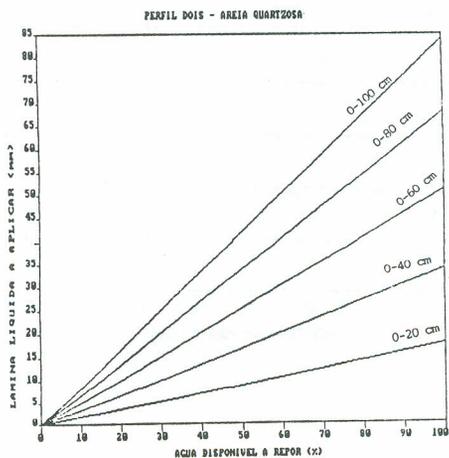
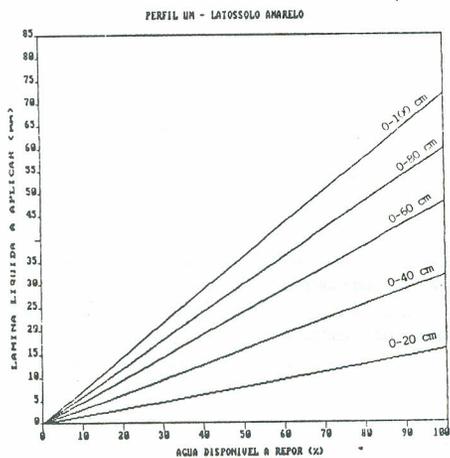


Figura 6 - Lâmina líquida de reposição, por camadas do perfil, em função da água disponível.

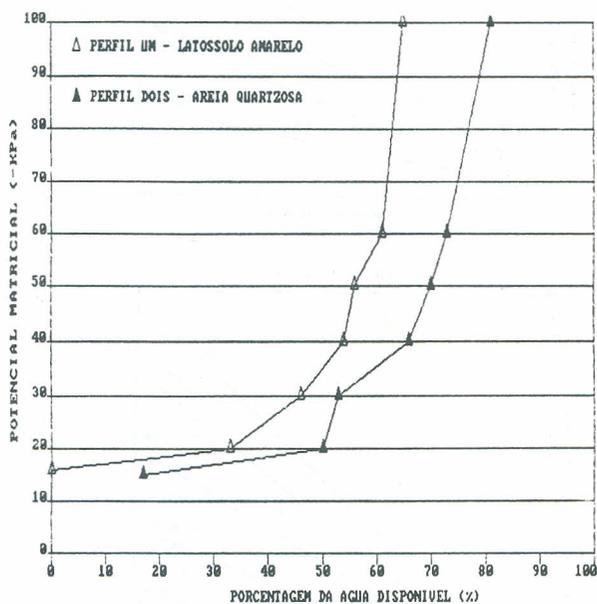


Figura 7 - Distribuição da água disponível na camada 0 a 40 cm, em função do potencial matricial determinado em laboratório.

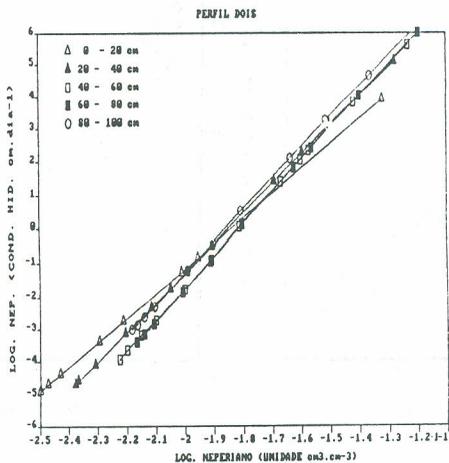
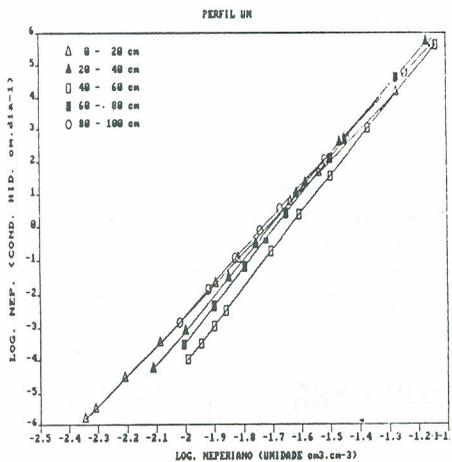


Figura 8 - Curvas ajustadas de condutividade hidráulica do solo não-saturado, em função da umidade das camadas.

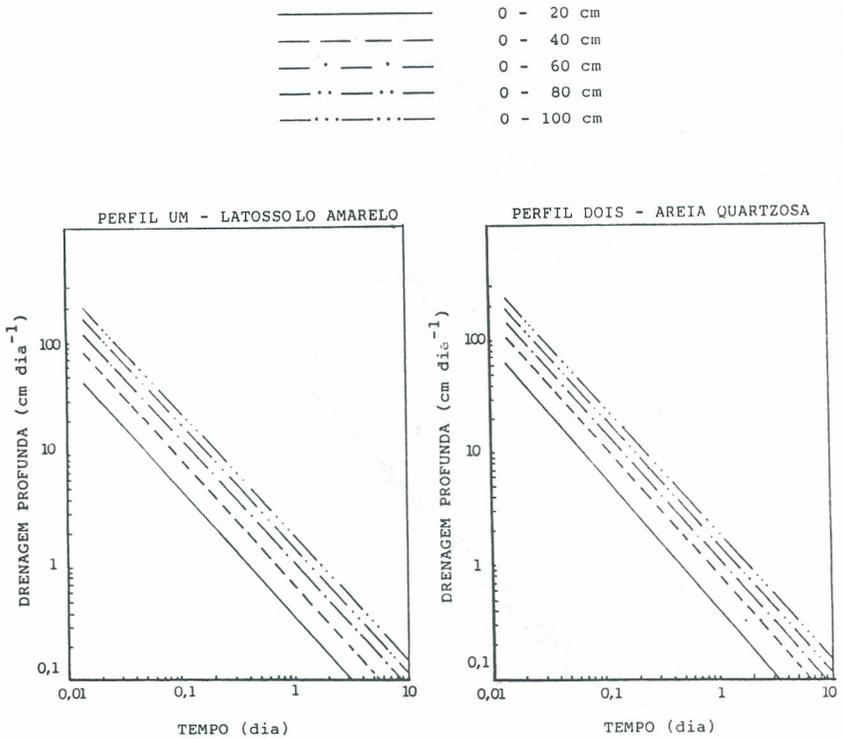


Figura 9 - Taxa de drenagem profunda em função do tempo, durante o processo de redistribuição de umidade.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUNINI, o.; REICHARDT, K.; GROHMANN, F. Determinação da água disponível em Latossolo roxo em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, 1976.
- CHOUDHURY, E.N.; MILLAR, A.A. Retenção e movimento de água em Latossolo Vermelho amarelo irrigado de Petrolina (PE). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7: 21-26, 1983.
- CHOUDHURY, E.N.; MILLAR, A.A. Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do projeto Bebedouro. Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA. s.d.
- CORREA, J.C. Características físico-hídricas do solos Latossolo-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Podzol hidromórfico do Estado do Amazonas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 19 (3) : 347-60. 1984.
- DNOS. Relatório de levantamento pedológicos a nível de reconhecimento. Rio de Janeiro, RJ: 1986. V1 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. n. p.
- FARIA, R.T.de; CARAMORI, D.H. Caracterização Físico-Hídrica de um Latossolo Roxo distrófico do município de Londrina, PR. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 21 (12): 1303-1311,1986 .
- FONTES, H.R.; COSTA, L.M. da. Sistemas de manejo de solo e comportamento hídrico da areia sobre o desenvolvimento de coqueiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 25 (4): 661-668. 1990.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

- FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de La tassolo Roxo distrófico não saturado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 3: 73-77, 1979.
- HAYNES, J.C. Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil; um exame das pesquisas. 29 ed. Recife, SUDENE, 1970. p.
- HILLEL, D. Solo e água; fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, RS: UFRGS, 1970. 231 p.
- LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R; BIGGAR, J.W. Simple field methods for estimating soil hydraulic conductivity. Soil Science Society American Journal 44: 3-7, 1980.
- LOPES, A.S. Solos sob cerrados; características, propriedades e manejo. Associação Brasileira de Pesquisa do Potássio e do Fósforo., Piracicaba, SP, dez., 1984.
- MANFREDINI, S.; PADOVESE, P.P.; OLIVEIRA, J.B. de Efeito da composição granulométrica da fração areia no comportamento hídrico de latossolos de textura média e areias quartzosas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8: 13-16, 1984.
- MILLER, D.E.; AARSTAD, J.S. Available water as related to evapotranspiration rates and deep drainage. Soil Science Society America Proceedings, 35: 131-134, 1971.
- MOREIRA, J.A.A.; SILVA, C.J.C. G. da. Características de retenção de água em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo de Goiania, PE. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 22 (4): 411-418, 1987.
- NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W.; ERH, D.T. Spatial variability of field-measured soil-water properties. HILGARDIA 42: 214-259, 1973.
- OLIVEIRA, L.B.de; QUEIROZ, E.N. de Curvas características de retenção de umidade de solos no Nordeste do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira 10: 69-75, 1975.

# IX CONIRD

IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

PREVEDELLO, B.M.S.; PREVEDELLO, C.L.; LIBARDI, P.L.

Simplificação analítica do método do perfil instantâneo para obtenção da condutividade não saturada em condições de campo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 5: 93-7, 1981.

REICHARDT, K. Determinação da condutividade hidráulica em condições de campo para estimativa da drenagem profunda em balanços hídricos. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP-CNEN, 1974. 12p. (Boletim Didático, 15).

REICHARDT, K. A água na produção agrícola. São Paulo, Mc. Grall-Hill, 1978. 119p.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.V.; CADIMA, Z. Dinâmica da água em solo cultivado com milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 3: 1-5, 1979.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 12: 211-216, 1988.

RITCHIE, J.T. Soil water availability. Plant and Soil, 58: 327-338, 1981.

RIVERS, E.D.; SHIPP, R.F. Soil water retention as related to particle size in selected sands and loanny sands. Soil Science, 126 (2): 94-100, 1978.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 13 (4): 63-71, 1978.

VAUCLIN, M.; IBERNON, J.; VACHAUD, G. Analyse comparative de différentes méthodes de détermination de la conductivité hydraulique des sols non saturés de la zone centre-nord du Sénégal. L' Agronomie Tropicale, 38 (3): 1986-197, 1983.

# IX CONIRD

## IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

WILCOX, J.C. Rate of soil drainage following on irrigation. III.  
A new concept of the upper limit of available moisture.  
Canadian Journal of Soil Science, 42: 122-128, 1962.