

CARACTERÍSTICAS DE UMIDADE DE UM LATOSOL VERMELHO ESCURO DO DISTRITO FEDERAL¹

JAMES M. WOLF² e WILSON V. SOARES³

SINOPSE.- As propriedades de retenção de umidade de um Latosol Vermelho Escuro de Planaltina, DF, foram estudadas através das medições da tensão de umidade e das determinações gravimétricas dos teores de umidade do solo, as quais, devidamente relacionadas, permitiram determinar sua disponibilidade de água para cultivos.

O solo estudado pode ser caracterizado por infiltração rápida e drenagem prolongada e profunda. Como a areia, este Oxisol argiloso libera dois terços da umidade armazenada entre tensões de 1/10 a 1 bar. A disponibilidade de água está limitada a aproximadamente 30-40 mm por 30 cm de solo.

As desfavoráveis relações solo-água deste solo, associadas à irregular distribuição da precipitação pluviométrica e ao cultivo de plantas susceptíveis à toxidez de alumínio, tornam críticas as relações de umidade e apresentam grande risco para a agricultura. Considerando que o manejo deste solo para cultivo requer insumos de alto vulto, podem-se prever dificuldades no reembolso de investimentos de capital visto que as produções podem oscilar grandemente na ausência de manejo controlado de água.

Termos de indexação: Latosol Vermelho Escuro, infiltração, drenagem interna, disponibilidade de água, tensão de umidade, Distrito Federal.

INTRODUÇÃO

Muitas áreas dos trópicos úmidos podem ser caracterizadas por precipitação pluviométrica total adequada mas com distribuição irregular no decorrer do ano. Nos solos em que o sistema radicular das plantas pode ser restringido, por exemplo, por certas propriedades químicas ou físicas (toxidez de alumínio, ou a presença de um horizonte endurecido), o efeito da inadequada distribuição de chuvas se manifesta em deficiências de umidade que afetam a produção agrícola de maneira adversa.

Muito freqüentemente as deficiências de umidade no solo deixam de ser medidas em experimentos de campo, embora geralmente seja conhecido que tais deficiências causarão queda com intensidade variável na produção. Para fazer recomendações a partir de dados da experimentação fitotécnica, propriamente interpretados, torna-se necessário conhecer o *status* da água no solo em que a cultura se desenvolve.

Um método conveniente para avaliar o *status* da água no solo é a instalação de instrumentos com tensiômetros e blocos de resistência elétrica no campo da cultura em crescimento e acompanhar regularmente as mudanças nas leituras desses instrumentos (Holmes *et al.* 1967).

Um estudo desse tipo foi feito durante vários ciclos de cultura na Estação Experimental do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Oeste (IPEACO) em Brasília, próximo a Planaltina, DF, com os seguintes objetivos: a) estabelecer as características de umidade do solo em que se desenvolvem experimentos de fitotecnia na mencionada Estação Experimental; b) determinar as perdas de umidade atribuídas a drenagem interna (per-

colação); c) determinar a disponibilidade de água para culturas a serem utilizadas neste solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo estudado é um Latosol Vermelho Escuro Distrófico textura argilosa fase cerrado (LVE) e corresponde a um típico "haplustox, fine, isohyperthermic, Kaolinitic", no sistema americano de taxonomia de solos (Cline & Buol 1973). Suas propriedades granulométricas foram relatadas pela Equipe de Pedologia do Ministério da Agricultura (EPFS 1966). Este solo está mapeado sobre grande parte da área da Estação e há indicações de sua ocorrência de maneira extensiva nas áreas de cerrado do Brasil Central, com ligeiras modificações na parte física.

Dois locais foram escolhidos para este estudo: o Local I, situado numa área experimental de capim-bermuda, que havia sido plantado seis anos antes, e o Local II, situado no Setor de Solos, a cerca de 3 km do primeiro, que não havia sido cultivado antes e foi plantado com milho no decorrer desta investigação.

No Local I, 16 tensiômetros foram instalados a 7,5, 30, 60 e 90 cm de profundidade (quatro a cada profundidade). A tensão foi representada pela média de leituras dos instrumentos instalados em cada profundidade.

Além de tensiômetros, blocos de gesso (adquiridos da Delmhorst Instrument Company, Boonton, New Jersey, USA e lidos com um Delmhorst Soil Moisture Tester) foram instalados a 15 e 30 cm de profundidade em todas as parcelas. Estas eram em número de 12 (experimento inteiramente casualizado com 3 repetições) e cada uma medindo 6,4 x 8 m.

A fim de se obter uma relação direta entre a tensão de umidade do solo (ou leituras provenientes dos blocos de gesso) e o teor de umidade no solo, amostras de solo foram colhidas nas proximidades de todos os instrumentos, para determinações gravimétricas. Isto foi

¹ Aceito para publicação em 3 de novembro de 1975.

Constitui parte da tese do primeiro autor para obtenção do grau de Ph.D. pela Universidade de Cornell.

² Research Assistant, Department of Agricultural Engineering, Cornell University, Ithaca, N.Y. 14850, USA.

³ Eng.º Agrônomo, Estação Experimental de Brasília, Cx. Postal 1316, 70000, Brasília, DF.

feito durante aproximadamente três meses, coletando-se mais de 500 amostras e cobrindo-se, portanto, uma ampla faixa de condições de umidade do solo.

As amostras para análises gravimétricas foram secadas a 105°C para o cálculo da percentagem de umidade no solo por peso. Os valores obtidos foram convertidos em percentagem de umidade no solo por volume, usando-se os valores de densidade aparente determinada em cerca de 70 amostras com estrutura não perturbada de dois perfis adjacentes à área experimental. A densidade aparente foi calculada na base do peso de solo seco em estufa por volume da amostra.

No Local II, um experimento satélite foi estabelecido para se determinar a drenagem interna profunda: no centro de uma área de 16 m² (4 x 4 m), foram instalados dois tensiômetros em cada uma das seguintes profundidades: 15, 30, 60, 90 e 120 cm; a área foi em seguida inundada e coberta com plástico. As mudanças de tensão de umidade verificadas nos 103 dias sem chuva que se seguiram foram acompanhadas através de leituras regulares dos aparelhos. Deste modo, supondo que não tenha havido perdas de umidade por evaporação, todas as mudanças de tensão foram atribuídas à contínua redistribuição da umidade para os horizontes inferiores, ou seja, a drenagem interna.

A velocidade de infiltração da água no solo foi determinada apenas para o Local I, pela inundação completa de uma área quase plana de 6 x 11 m, com um volume de água conhecido. A velocidade e o total da infiltração de água foram determinados pela medição do tempo necessário para que toda a lâmina de água aplicada desaparecesse da superfície do solo.

RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Características de umidade do solo

As características de umidade relacionando os teores de umidade com as tensões de umidade para o solo LVE são apresentadas nas Fig. 1 e 2, abrangendo as tensões de umidade nas faixas de 0 a 1 bar e de 0 a 15 bares, respectivamente. Estes dados são também apresentados em forma tabular no Quadro 1. Em cada local, os dados foram obtidos para quatro profundidades, porém,

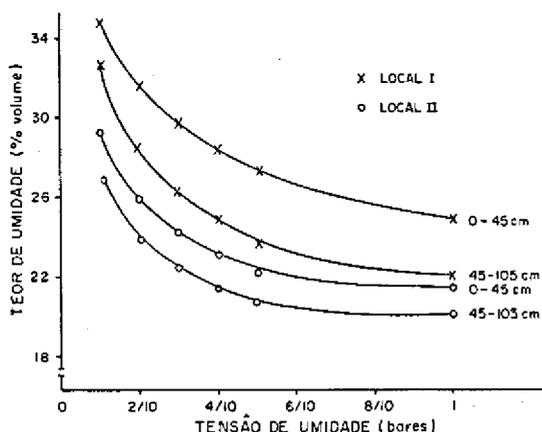


FIG. 1. Teor de umidade (% volume) como função da tensão de umidade do solo (0-1 bar) para um Latosol Vermelho Escuro (LVE) do DF.

devido às similaridades dos mesmos entre profundidades, os dados foram agrupados para representar dois intervalos de profundidade, 0 a 45 cm e 45 a 105 cm.

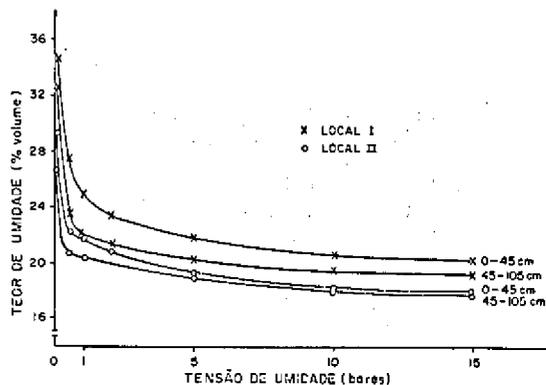


FIG. 2. Teor de umidade (% volume) como função da tensão de umidade do solo (0-15 bares) para um Latosol Vermelho Escuro (LVE) do DF.

QUADRO 1. Relação entre teor de umidade e tensão de umidade para um Latosol Vermelho Escuro do DF

Tensão de umidade (bares)	Teor de umidade (% volume)			
	Local I		Local II	
	0-45 cm	45-105 cm	0-45 cm	45-105 cm
1/10	34,8	32,7	29,3	26,9
2/10	31,5	28,5	26,0	24,0
3/10	29,7	26,3	24,3	22,5
4/10	28,4	24,8	23,1	21,4
5/10	27,5	23,7	22,2	20,7
7/10	26,2	22,2	22,1	20,5
1	24,8	22,0	21,7	20,3
2	23,4	21,3	20,9	20,0
5	21,9	20,3	19,5	19,0
10	20,7	19,6	18,5	18,2
15	20,1	19,2	18,0	17,8

Os dados na faixa de tensão de 0 a 3/4 bar foram obtidos pelo relacionamento das leituras corrigidas dos tensiômetros instalados no campo com os resultados correspondentes do processo gravimétrico. A percentagem de umidade por peso foi convertida em percentagem de umidade por volume usando-se as densidades aparentes constantes do Quadro 2. Estas densidades aparentes são baixas e foi observado que seus valores decrescem ligeiramente com a profundidade, possivelmente como resultado de erros humanos. Landers *et al.* (1968) determinaram a densidade aparente para este solo e em geral os resultados são semelhantes.

QUADRO 2. Valores para densidade aparente de um Latosol Vermelho Escuro do DF

Profundidades (cm)	Densidade aparente (g/cm ³)	
	Local I	Local II
0-10	1,05	—
10-20	—	1,06
25-35	1,02	1,06
55-65	0,95	1,00
85-95	0,96	0,95

Na faixa de 1 a 15 bares, amostras de solo, perturbadas, foram usadas para determinações pelo método convencional do aparelho de membrana de pressão. A justificativa para o uso da técnica de gravimetria para determinar os teores de umidade do solo na faixa de 0 a 3/4 bar, e da técnica da membrana de pressão na faixa de 1 a 15 bares pode ser encontrada nos trabalhos de Wolf (1974) ou MacLean e Yager (1972).

Olson (dados não publicados), em ensaios de vasos com tomate e girassol, determinou o ponto de murchamento permanente no mesmo solo. Em seu estudo a amostra foi coletada nos primeiros 20 cm do perfil do solo numa área próxima do Local II. O valor encontrado para o ponto de murchamento permanente foi de 16,7%, que se compara favoravelmente com a percentagem a 15 bares da membrana de pressão, que foi de 18,0%.

Para facilitar os cálculos por computador dos teores de umidade do solo neste estudo, foram desenvolvidas equações que expressam as relações encontradas nas Fig. 1 e 2. Todas as curvas foram transformadas para a forma logarítmica, obtendo-se a fórmula geral

$$Y = KT^c,$$

onde Y = teor de umidade no solo (% volume), T = tensão de umidade (cm de água), e K e c são constantes.

As constantes para estas equações são apresentadas no Quadro 3. A equação linear encontrada para relacionar o teor de umidade do solo e as leituras dos blocos de gesso (blocos Delmhorst quando lidos com um Delmhorst Soil Moisture Tester numa escala de 0 a 200) foi

$$Y = 18,872 + 0,0259(D), \quad (1)$$

onde Y = teor de umidade no solo em % por volume, e D = leitura no Delmhorst Meter.

Esta relação foi determinada de dados de campo relacionando-se leituras dos blocos de gesso com as determinações gravimétricas no laboratório.

A curva de umidade deste solo pode ser caracterizada por uma brusca mudança no teor de umidade entre 1/2 e 3/4 bar. Dois terços da umidade do solo são armazenados e tornados disponíveis em tensões inferiores a 1 bar. Este solo argiloso se comporta como areia no que se refere às suas características de umidade, pois a maior parte da umidade é armazenada e liberada sob tensões inferiores a 1 bar. Isto é devido à drenagem dos grandes poros entre as unidades estruturais. A quantidade de água disponível entre as tensões de 1 bar

e 15 bares é apenas 3 a 4% ou 1 cm de água por 30 cm de solo. A utilização desta água pelas plantas seria pequena pelas seguintes razões:

- a) a quantidade absoluta de água é pequena;
- b) a água é retida a altas tensões;
- c) a água é armazenada em microporos que dificilmente seriam alcançados pelas raízes;
- d) condutividades capilares baixas quando os teores de umidade estão entre 15 a 23% resultam num movimento extremamente lento da água do solo.

O solo no Local I retém um pouco mais de umidade que o solo no Local II. Isto pode ser explicado por uma possível maior acumulação de matéria orgânica no primeiro local, que havia estado sob uma densa cobertura de capim-bermuda pelo período de 6 anos. Em ambos os locais, o solo da camada 0 a 45 cm armazena e libera mais umidade que o solo da camada 45-105 cm. Pode-se atribuir esta diferença a uma possível destruição de parte dos macroporos pelo cultivo, o que resulta em decréscimo da porosidade (aumento de compactação) e acréscimo de retenção de umidade nos microporos. A este respeito pode-se observar a tendência de uma mudança menos brusca na curva característica de umidade do solo na camada superficial.

Infiltração

Um gráfico da infiltração acumulada em função do tempo para duas irrigações no Local I é apresentado na Fig. 3. Antes da 1.^a irrigação, os teores de umidade variaram de 15% (na superfície) a 20% (na camada profunda), enquanto que antes da 2.^a irrigação, os teores variaram entre 20 e 27%. Independentemente do teor de umidade inicial, a velocidade de infiltração foi muito grande e variou de 17 a 22 cm/hora. Houve também pequena diminuição nesta velocidade no decorrer dos experimentos. As velocidades de infiltração foram muito semelhantes àquelas verificadas para outros Oxisols em Porto Rico (Wolf, dados não publicados). Contudo, tais velocidades foram menores que as encontradas por Moura e Buol (1972) num latosol roxo de Minas Gerais, que possui uma estabilidade de agregação mais alta, a qual, por sua vez, afeta a velocidade de infiltração. Além dessa diferença entre solos, o fato de se ter usado diferentes métodos (inundação em vez de infiltrômetro de anel), pode explicar a não semelhança de resultados.

Tem-se observado que chuvas pesadas provocam erosão superficial neste solo. Isto ocorrerá embora as pre-

QUADRO 3. Constantes para equações da fórmula $Y = KT^c$ relacionando teor de umidade e tensão de umidade do solo *

Locais	Profundidades (cm)	Faixa de tensão (bares)	Constantes		Coeficiente de determinação r ²
			K	c	
Local I	0-45	0-1	68,4857	-0,1468	0,905
	0-45	1-15	41,2972	-0,0745	0,916
	45-105	0-7/10	81,6035	-0,1988	0,950
	45-105	7/10-15	31,5042	-0,0518	0,977
Local II	0-45	0-5/10	64,5733	-0,1716	0,892
	0-45	5/10-15	37,1185	-0,0753	0,987
	45-105	0-5/10	56,7956	-0,1626	0,729
	45-105	5/10-15	31,2057	-0,0581	0,991

* Y = teor de umidade, T = tensão de umidade, K e c = constantes.

cipitações não se aproximem de 16 a 24 cm/hora mesmo por alguns minutos. A divergência entre resultados experimentais e as observações feitas durante as chuvas pode ser explicada possivelmente por um bloqueio parcial dos macroporos condutores pelo ar, que pode não permitir a entrada de água. Isto é sugerido pelos re-

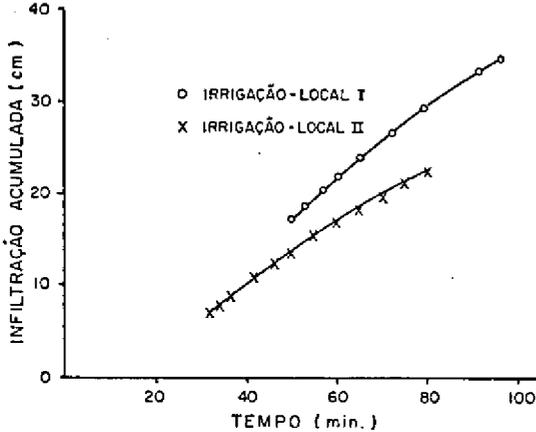


Fig. 3. Infiltração acumulada em função do tempo para duas irrigações em um Latosol Vermelho Escuro do DF.

sultados experimentais, como se observa na Fig. 3, em que nenhuma curva, se fosse extrapolada, passaria pela origem. Pode-se especular que um determinado tempo inicial é necessário para que os macroporos condutores sejam cheios, e após o qual a infiltração se processa rapidamente.

Drenagem interna

Particularmente em condições de altos teores de umidade no solo, a perda de água devida à drenagem interna (percolação) profunda pode constituir uma grande porção da perda total que poderia, de outra maneira, ser destinada a evapotranspiração (ET). Como já foi descrito, um experimento foi delineado para separar este componente de drenagem da ET.

Os teores de umidade no solo LVE no Local II podem chegar a 31% (por volume) um dia após irrigação ou chuva pesada. Neste nível de umidade, a drenagem dos 45 cm superficiais da zona radicular chega a 48 mm/dia, ou seja, 80% da provável ET (Quadro 4). Esta perda diminui rapidamente de tal maneira que, após três dias de drenagem combinada com a ET, as perdas de água devidas à drenagem são apenas de 0,26 mm/dia (teor de umidade de 27%) ou apenas 4% da ET. Para fins de manejo de água, quando o componente de drenagem diminui em relação à ET, o correspondente teor de umidade pode ser tomado como limite superior de disponibilidade de água armazenada ("capacidade de campo").

A relação logarítmica entre drenagem e teor de umidade para as duas já mencionadas camadas do solo LVE encontra-se na Fig. 4. Deve-se observar que, num mesmo nível de umidade, a drenagem ocorre com mais rapidez da parte do perfil abaixo dos 45 cm. Isto pode ser entendido pelo incremento de porosidade (decréscimo de densidade aparente) com a profundidade. É possível que diferenças entre profundidades sejam devidas às operações de cultivo (arações, gradagens e outras).

QUADRO 4. Valores para a drenagem interna em função do teor de umidade em duas camadas do perfil do solo

Teor de umidade (% volume)	Drenagem interna (mm/dia de cada 30 cm do perfil)	
	Camada 0-45 cm	Camada 45-135 cm
20	>0,01	<0,01
21	>0,01	0,02
22	0,01	0,03
23	0,03	0,07
24	0,05	0,13
25	0,10	0,25
26	0,19	0,47
27	0,35	0,87
28	0,62	1,56
29	1,10	2,74
30	1,90	4,73
31	3,23	8,01
32	5,40	13,36

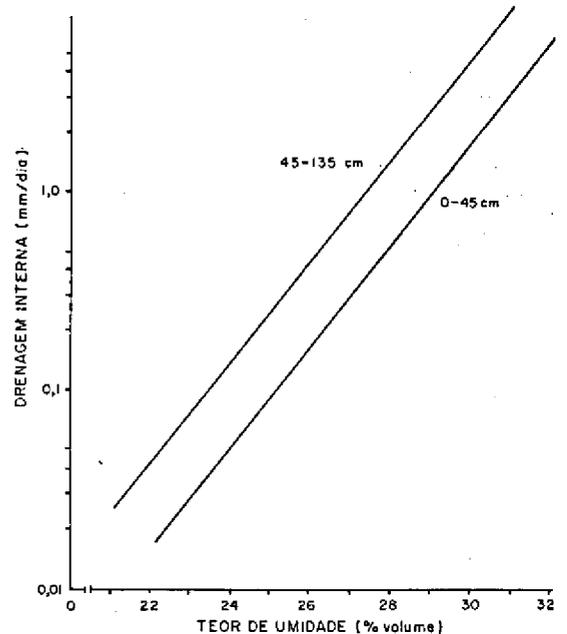


Fig. 4. Drenagem interna em função do teor de umidade do solo para duas camadas de um Latosol Vermelho Escuro do DF.

O Quadro 4 apresenta os valores para a drenagem em função do teor de umidade para cada 30 cm do perfil no Local II. Este quadro pode ser usado para se determinar as perdas de água devidas à drenagem para uma cultura plantada no solo LVE se se conhecerem seus teores de umidade. Por exemplo, se os primeiros 30 cm da zona radicular estivessem com 28% de umidade (drenagem = 0,62 mm/dia), e se a porção entre 30 e 60 cm contivesse 29% de umidade (drenagem = 1,10 mm/dia na zona de 0 a 45 cm, 2,74 mm/dia na zona de 45 a 135 cm), a drenagem estaria ocorrendo de acordo com o cálculo seguinte:

$$\begin{aligned}
 & 0,62 \text{ mm/dia} \\
 & + 1/2(1,10) = 0,55 \\
 & + 1/2(2,74) = 1,37 \\
 \hline
 & 2,54 \text{ mm/dia}
 \end{aligned}$$

Em outras palavras, 2,54 mm/dia estariam passando por um plano aos 60 cm de profundidade. Esta água estaria escapando da zona radicular e portanto se tornando indisponível para as plantas, porém, teria que ser incluída na determinação de necessidades de água para a cultura que se planeja estabelecer. Para solos como este as perdas devidas à percolação devem, portanto, ser levadas em conta nos estudos de balanço hídrico.

Disponibilidade de água

Usando tabelas de características de umidade do solo, pode-se computar acumuladamente a água armazenada ou liberada pelo solo em apresto. Isto se encontra sumarizado no Quadro 5. Para o limite superior da água disponível, foi usado um teor de umidade correspondente à tensão de 1/10 bar. Esta é a tensão aproximada deste solo, após saturação e dois ou três dias de drenagem livre na ausência de ET (condição equivalente a "capacidade de campo"). Para este solo, 1/3 bar não é alcançado até depois de 80 dias de drenagem livre ou talvez três dias de drenagem e ET. O limite inferior de água disponível foi considerado como sendo o teor de umidade a 15 bares de tensão.

QUADRO 5. Quantidade de água tornada disponível entre 1/10 bar e a tensão dada

Tensão (bares)	Água disponível (mm) para duas profundidades			
	Local I		Local II	
	0-30 cm	0-80 cm	0-30 cm	0-60 cm
1/10	0	0	0	0
1	30	81	22	43
15	44	86	34	65

Dependendo do local e da profundidade, solos como este armazenam de 27 a 44 mm de água para cada 30 cm de solo. Na ausência de chuvas, uma cultura com sistema radicular estabelecido nos primeiros 30 cm do perfil no Local II esgotaria a água do solo ao ponto de a tensão de umidade alcançar valores maiores que 1 bar dentro de quatro dias (típica ET sendo igual a 6 mm/dia). Observações de campo em milho superficialmente enraizado comprovaram ligeiro murchamento em decorrência de quatro dias sem chuva ou irrigação e com alta demanda de evaporação. Em seis dias, a cul-

tura estava severamente murcha. Mesmo que a cultura fosse capaz de explorar a zona radicular de 60 cm, o murchamento seria esperado após uma semana sem rega suplementar. No caso de restrição ao desenvolvimento do sistema radicular por toxidez de alumínio, e na ausência de boa distribuição da precipitação pluviométrica, solos como este são incapazes de suprir apropriadamente as necessidades de água para as plantas. Considerando que o manejo deste solo para cultivo requer insumos de alto vulto, podem-se prever dificuldades no reembolso de investimentos de capital visto que as produções podem oscilar grandemente na ausência de manejo controlado de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à USAID, à Universidade de Cornell e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA pelo apoio dado a este estudo. Agradecem também ao Dr. S.W. Buol por algumas análises de laboratório (medições correspondentes às tensões de 1 a 15 bares, cujos resultados foram inseridos no Quadro 1 e na Fig. 2) feitas na Universidade de Carolina do Norte.

REFERÊNCIAS

Cline M.G. & Buol S.W. 1973. Soil of the Central Plateau of Brazil and extension of results of field research conducted near Planaltina, Federal District, to them. Agronomy Mimeo 73-13, Cornell University, Ithaca, N.Y., USA.

Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo 1986. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Bolm técn. 8, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Escr. Pesq. Exp., Min. Agricultura, Rio de Janeiro.

Holmes J.W., Taylor S.A. & Richards S.J. 1967. Measurement of soil-water, p. 275-303. In R.M. Hagan et al. (ed.) Irrigation of Agricultural Lands, Agronomy n.º 11, Am. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisc., USA.

Landers J.N., Gripp A., Feldmann R.de O., Lima A.de S. & Castro E.de 1968. Programa de experimentação em irrigação, física dos solos e hidrologia no cerrado. Relatório não publicado, IRI - Est. Exp. Brasília.

MacLean A.H. & Yager T.U. 1972. Available water capacities of Zambian soils in relation to pressure plate measurements and particle size distribution. Soil Sci. 113:23-29.

Moura Filho W. & Buol S.W. 1972. Studies of a Latosol Roxo (Entrustox) in Brazil. Experimentiae 13(7):201-247.

Wolf J.M. 1974. Soil-water relations in Oxisols of Puerto Rico and Brasil. Paper presented at the seminar on Soil Management and the Development Process in Tropical America, Febr. 10-14, CIAT, Cali, Colômbia.

ABSTRACT.- Wolf, J.M.; Soares, W.V. [Soil-water properties of a Latosol Vermelho Escuro of the Federal District]. Características de umidade de um Latosol Vermelho-Escuro do Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1976) 11, 101-105 [Pt, en] Centro de Pesquisas dos Cerrados, Cx. Postal 07/0085, 70.000 Brasília, DF, Brazil.

Data are presented which characterize the water holding properties of a Latosol Vermelho Escuro of the Federal District. These data were obtained by relating *in situ* measurements of soil-water tension with gravimetric determinations of soil-water content. Use of this information has been applied to determine water availability for cropping on this soil.

The soil studied may be characterized by rapid infiltration and extensive internal drainage. Like a sand, this clayey Oxisol releases two-thirds of the stored water between 1/10 and 1 bar. Water availability is limited to approximately 30-40 mm per 30 cm of soil.

The unfavorable soil-water relations of this soil, together with less than ideal rainfall conditions and rooting regimes which may be limited by aluminum toxicity makes water relations critical and cropping risky. Since management of this soil for cropping will require costly inputs, it may be difficult to repay investments when yields vary greatly in the absence of controlled water management.

Index terms: Latosol Vermelho Escuro, infiltration, internal drainage, water availability, soil-water tension, Federal District, Brazil.