

## **Água Disponível do Solo: Algumas Características Físicas do Solo Importantes para Quantificação**

## **República Federativa do Brasil**

*Fernando Henrique Cardoso*  
Presidente

## **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Marcus Vinicius Pratini de Moraes*  
Ministro

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**

### **Conselho de Administração**

*Márcio Fortes de Almeida*  
Presidente

*Alberto Duque Portugal*  
Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*  
*José Onório Accarini*  
*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

### **Diretoria Executiva da Embrapa**

*Alberto Duque Portugal*  
Diretor-Presidente

*Bonifácio Hideyuki Nakasu*  
*Dante Daniel Giacomelli Scolari*  
*José Roberto Rodrigues Peres*  
Diretores-Executivos

### **Embrapa Rondônia**

*Newton de Lucena Costa*  
Chefe-Geral

*Luiz Antônio Dutra de Resende*  
Chefe-Adjunto de Administração

*Claudio Ramalho Townsend*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 0103-9865  
Agosto, 2002*

## ***Documentos 67***

# **Água Disponível do Solo: Algumas Características Físicas do Solo Importantes para Quantificação**

Petrus Luiz de Luna Pequeno  
Francisco das Chagas Leônidas  
Ângelo Mansur Mendes  
Abadio Hermes Vieira  
Eugênio Pacelli Martins  
Luciano Pedrosa de Vasconcelos

Porto Velho, RO  
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Rondônia**

BR 364 km 5,5, Caixa Postal 406, CEP 78900-970, Porto Velho, RO  
Telefones: (69) 222-0014/8489, 225-9386, Fax: (69) 222-0409  
www.cpafrro.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Newton de Lucena Costa*

Secretária: *Marly de Souza Medeiros*

Membros:

*Claudio Ramalho Townsend*

*José Nilton Medeiros Costa*

*Júlio César Freitas Santos*

*Maria Geralda de Souza*

*Marília Locatelli*

*Samuel José de Magalhães Oliveira*

*Vanda Gorete Souza Rodrigues*

Normalização: *Alexandre César Silva marinho*

Editoração eletrônica: *Marly de Souza Medeiros e Itacy Duarte Silveira*

Revisão gramatical: *Ademilde de Andrade Costa*

**1ª edição**

1ª impressão: 2002, tiragem: 200 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.  
Embrapa Rondônia

---

Água disponível do solo: algumas características físicas do solo importantes para quantificação / Petrus Luiz de Luna Pequeno... [et al.]. - Porto Velho: Embrapa-CPAF Rondônia, 2002.

13 p. il. (Embrapa-CPAF Rondônia. Documentos, 67).

ISSN 0103-9865

1. Solo-Características físicas. 2. Água-Solo. I. Pequeno, Petrus Luiz de Luna. II. Série.

---

CDD 631.4

© Embrapa – 2002

## **Autores**

### **Petrus Luiz de Luna Pequeno**

Eng. Agrôn., M.Sc., Bolsista CNPq/Embrapa Rondônia, BR 364  
km 5,5, Caixa Postal 406, CEP 78900-970, Porto Velho, RO.  
Fone: (069)222-0014/8489, 225-9386  
Telefax: (069)222-0409. E-mail: luna@cpafro.embrapa.br.

### **Francisco das Chagas Leônidas**

Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Rondônia.  
E-mail: leonidas@cpafro.embrapa.br.

### **Angelo Mansur Mendes**

Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Rondônia.  
E-mail: angelo@cpafro.embrapa.br.

### **Abadio Hermes Vieira**

Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Rondônia.  
E-mail: abadio@cpafro.embrapa.br.

### **Eugênio Pacelli Martins**

Eng. Florestal, M.Sc., Bolsista CNPq/Embrapa Rondônia.  
E-mail: eugenio@cpafro.embrapa.br.

### **Luciano Pedrosa de Vasconcelos**

Eng. Agrôn., M.Sc., Universidade Federal do Ceará.  
E-mail: vasconcelosluba@hotmail.com



## Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>A Água do Solo .....</b>	<b>7</b>
<b>Funções da Água nos Vegetais .....</b>	<b>8</b>
<b>Parâmetros Físicos Importantes .....</b>	<b>8</b>
<b>Capacidade de Campo (CC) .....</b>	<b>10</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>13</b>



# Água Disponível do Solo: Algumas Características Físicas do Solo Importantes para Quantificação

---

*Petrus Luiz de Luna Pequeno*  
*Francisco das Chagas Leônidas*  
*Ângelo Mansur Mendes*  
*Abadio Hermes Vieira*  
*Eugênio Pacceli Martins*  
*Luciano Pedrosa de Vasconcelos*

## Introdução

O recurso natural solo pode ser definido como um corpo natural, sintetizado em forma de perfil, composto de uma mistura variável de minerais, divididos em pedaços e desintegrados e de matéria orgânica em decomposição, que cobre a terra em uma camada fina e que fornece, quando contém, as quantidades necessárias de ar e de água, amparo mecânico e em parte, subsistência para os vegetais. De uma maneira geral, os solos minerais apresentam quatro componentes principais: substâncias minerais (45%), matéria orgânica (5%), água (25%) e ar (25%). Encontrado-se, sobretudo, num estado realmente adiantado de subdivisão e intimamente misturados.

Dentre as propriedades físicas do solo, a textura e a estrutura são de grande importância. A textura diz respeito ao tamanho das partículas minerais, referindo-se às proporções dos diversos grupos por tamanho, num determinado solo. E a estrutura do solo, que é a arrumação das partículas dentro dos grupos ou agregados. Em conjunto, estas propriedades ajudam a determinar, não somente a capacidade de suprimento de nutrientes dos sólidos dos solos, como também o fornecimento de água e ar, necessários a vida vegetal.

## A Água do Solo

De acordo com Buckman & Brady (1979), a água do solo apresenta duas conceituações principais e necessárias para que possamos ter uma idéia geral a respeito da significação deste importante componente do solo. São eles: a) a água retida nos poros do solo em graus variáveis de persistência, dependendo da quantidade existente deste líquido; e b) juntamente com os sais em solução, a água do solo forma a chamada solução do solo, importante veículo de fornecimento de nutrientes aos vegetais.

Para os autores, a solução do solo contém quantidades pequenas, porém significativas de sais em solução, ocorrendo uma troca de nutrientes entre os sólidos e a solução do solo e por outro lado, entre a solução do solo e as plantas. Estas trocas são influenciadas, até certo ponto, pela concentração dos sais na solução, que por seu turno é determinada pela quantidade de sais e pelo teor de água no solo.

A persistência com que a água é retida pelos sólidos do solo determina neles, em grau marcante, a movimentação deste líquido e a sua utilização pelos vegetais. No entanto, nem

toda água retida pelo solo é utilizável pelas plantas. Grande quantidade permanece no solo, após as plantas terem utilizado parte da água e terem murchado ou mesmo morrido, por insuficiência dela. O resultado prático desta limitação da água disponível, é naturalmente, determinado pelos tipos de solo, pela precipitação e pela irrigação.

Segundo Withers & Vipond (1988), o movimento da água no solo se dá entre dois pontos, desde que haja uma força ou um gradiente de potencial entre eles: indo no sentido do movimento do potencial negativo mais alto para o mais baixo. No solo, os potenciais que atuam são o *matricial* (devido as forças capilares), *osmóticos* (resultante dos sais dissolvidos na água), *a gravidade e o potencial* (devido a posição ocupada pela água em relação a um nível base (lençol de água). Portanto, para extração de água do solo, deve-se aplicar uma força de sucção, que sendo pequena, retirará somente a água dos poros grandes, mas a medida que for aumentada, esgotará os poros menores. A facilidade com que a planta extrai essa água varia com a porcentagem de umidade existente no solo e com a forma de seu sistema capilar.

## Funções da Água nos Vegetais

A molécula de água formada pela união de duas moléculas de hidrogênio com uma de oxigênio, desempenha função importante no organismo vegetal. Conforme descritas por Sutcliffe (1980), como sendo:

- a) É o principal constituinte do protoplasma, compreendendo freqüentemente, mais de 90% de sua massa total. Quando o protoplasma é gradualmente desidratado, como acontece durante o desenvolvimento da semente, seu metabolismo também diminui e ela se torna dormente. Se a água for removida muito rapidamente, o protoplasma morre, porque a desidratação muito rápida pode conduzir à desnaturação irreversível das proteínas.
- b) Participa diretamente de numerosas reações químicas que ocorrem na matéria viva. Reações de hidrólise e condensação, nas quais a água é adicionada ou removida de moléculas orgânicas, sendo importantes em vários processos metabólicos.
- c) É a fonte de prótons (íons  $H^+$ ) para redução do  $CO_2$  na fotossíntese e de íons hidroxila (OH), que fornecem elétrons para as reações de luz.
- d) É o solvente no qual muitas outras substâncias são dissolvidas e submetidas as reações químicas no protoplasma.
- e) É o solvente no qual os materiais são transportados no xilema e floema, e, provavelmente também através do citoplasma de células.
- f) A água atua como fonte de calor, devido ao seu elevado calor específico, o que torna possível as plantas absorverem grande quantidade de radiação solar, sem elevação prejudicial da temperatura. Além disso, como a evaporação da água tem um alto calor latente, a transpiração tem um poderoso efeito de resfriamento, que ajuda a planta a dissipar o calor absorvido da radiação solar.
- g) É o meio através do qual os gametas se locomovem para realizarem a fecundação, tanto no ambiente externo, como é o caso das plantas inferiores, quanto interno através do tubo polínico nas plantas com sementes.
- h) Responsáveis por uma variedade de movimentos nas plantas, inclusive abertura e fechamento dos estômatos, o dobramento noturno dos folíolos de plantas leguminosas e a abertura e fechamento de flores em resposta à temperatura, devido aos ganhos e perdas de água dos vacúolos da célula vegetal.

## Parâmetros Físicos Importantes

### Textura do solo

A textura do solo é definida pela distribuição do tamanho das partículas, ou seja, representa as proporções relativas das frações, areia, silte e argila. Essas frações são distribuídas de acordo com o diâmetro das partículas que compõem cada uma delas. Dentre as várias escalas

de frações do solo, duas são consideradas mais importantes para a Pedologia: a Escala Americana e a Escala Internacional ou de Atterberg (Tabela 1). A Comissão de Método de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo utilizou a Escala Internacional na elaboração do diagrama para determinação da classe textural do solo, conforme pode ser observado na Fig. 1.

**Tabela 1.** Escalas de Frações do solo.

Fração	Americana	Internacional	Fração
	Limite de diâmetro das partículas	Limite de diâmetro das partículas	
Areia muito grossa	2,00-1,00		
Areia grossa	1,00-0,50	2,00-0,20	Areia grossa
Areia média	0,50-0,25		
Areia fina	0,25-0,10	0,20-0,02	Areia fina
Areia muito fina	0,10-0,05		
Silte	0,05-0,02	0,02-0,002	Silte
Argila	< 0,02	< 0,002	Argila

Fonte: Curi et al. (1993).



**Fig. 1.** Diagrama para determinação da classe textural do solo de acordo com a adoção e adaptação da Comissão de Método de Trabalho de Campo, da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, utilizando a escala internacional (Fonte: Curi et al., 1993).

Obtida a distribuição das partículas por tamanho, o solo é enquadrado em uma das classes texturais do diagrama. As menores partículas determinam a característica de retenção da umidade do solo, enquanto as maiores formam o agregado inerte. A fração argila é constituída, principalmente, por minerais lamelares que exibem certas propriedades elétricas e dependentes dos cátions e da umidade do solo, capazes de atrair ou repelir as partículas entre si, com diversas intensidades. As argilas diferem muito em relação a propriedade de absorção de cátions e dentre os subgrupos de minerais de argila, a ordem crescente da capacidade de troca de cátions dos três principais subgrupos é: montmorilonita > ilita > caolinita (Whiters & Vipond, 1988).

### **Estrutura do solo**

A estrutura do solo é definida pelos arranjos formados da união das partículas para formar agregados. A rizosfera sofre ação da estrutura do solo devido ao conjunto de poros atuarem na capacidade de retenção da umidade, aeração, drenagem e erodibilidade. Os macroporos são os responsáveis pelo arejamento e facilidade de absorção de água, enquanto os microporos atuam no movimento de água e na retenção de umidade. Os solos arenosos apresentam uma maior quantidade de macroporos, logo, baixa capacidade de retenção de umidade, enquanto que os argilosos são ricos em microporos, podem reter mais umidade, no entanto, a absorção de água pelas plantas é mais limitada que nos arenosos.

### **Densidade do solo**

Por definição, densidade é a relação da massa e sua unidade de volume, onde esse volume inclui todos os sólidos e os poros. Assim, solos soltos e porosos terão pesos reduzidos por unidade de volume e os mais pesados terão valores mais elevados. O teor reduzido de matéria orgânica dos solos arenosos, também contribui para aumentar a densidade do solo. Por outro lado, as partículas de solos mais finos de superfícies, como: franco siltosos, franco-argiloso e argilosos não ficam juntas entre si. Isto acontece, por serem solos de superfícies comparativamente bem aglutinados, condição esta decorrente de seus teores respectivamente elevados de matéria orgânica.

A densidade dos solos de texturas argilosas e médias, podem variar desde 1,00 até 1,60 g/cm<sup>3</sup>, segundo Buckman & Brady (1979).

### **Umidade do solo**

O objetivo de fornecimento de água ao solo por meio de irrigação, é suprir a necessidade desta, na zona rizosférica com o intuito de garantir uma boa produção das culturas (aliado aos outros fatores, como: adubação, tratamentos culturais, etc). O solo através de seus espaços porosos, acumula uma determinada quantidade de água, da qual uma parte é absorvida pela planta, e, antes que essa fração seja totalmente removida, deve-se irrigar o solo. Para se ter idéia do momento, necessita-se da determinação da umidade disponível e a velocidade de sua remoção. A quantidade de água a ser aplicada, consiste em determinar o volume necessário para que a umidade do solo propicie o máximo de desenvolvimento vegetal. Esse ponto é usualmente o limite superior da capacidade de retenção de água na zona radicular (Withers & Vipond, 1988). Uma das maneiras mais utilizadas e mais barata de determinação da umidade do solo é através da tensiometria. A instalação dos tensiômetros consiste na abertura de orifícios no solo com diâmetro semelhante ao do aparelho, e na profundidade do sistema radicular da cultura que se está utilizando. Cheio de água, o aparelho é fechado hermeticamente, com o fluxo de água da cápsula para o solo seco, estabelece-se o vácuo no interior do tubo, que é medido pelo vacuômetro. Em solos arenosos a tensiometria determina em torno de 70% da água disponível no solo, e em solos argilosos 40%.

Em condições de laboratório, determina-se a umidade do solo pela equação  $U_p = ((m_u - m_s)/m_s)$ , onde  $m_u$  = massa do solo úmido,  $m_s$  = massa do solo seco a 105<sup>o</sup> C em estufa até peso constante. Logo,  $U_p$  será expressa em g de água/g de solo.

### **Capacidade de Campo (CC)**

Entende-se por capacidade de campo, a água retida no solo, após a drenagem do excesso da água gravitacional, o que segundo Richard (1965), é a água retida a tensão de - 0,033 MPa.

De acordo com Moreira (1993), uma das formas para se determinar a capacidade de campo de um solo consiste em inundar uma área de 4 a 25 m<sup>2</sup> até uma profundidade de 3/2L, sendo L a camada de interesse para o cálculo da CC. Terminada a inundação, a área é coberta com lona plástica ou palha, para evitar perdas por evaporação na superfície. Espera-se o equilíbrio gravitacional, que na prática ocorre de 2 a 3 dias para solos arenosos, e de 4 a 7 dias para solos argilosos. Retira-se então a cobertura plástica e fazem-se amostragens de umidade do solo na camada de 0 a L, de preferência em três pontos distantes mais de 1 m entre si e em várias profundidades. Com os dados, calcula-se a CC pela equação:

$$CC = U_p \cdot D_g \cdot L$$

Onde: CC – capacidade de campo;  $U_p$  – umidade em peso (g de água/g de solo);  
 $D_g$  – densidade do solo em g/cm<sup>3</sup> e L – profundidade em cm.

#### **Ponto de murcha permanente**

Para Richard (1965), o ponto de murcha permanente, ocorre quando a água está retida a uma tensão de -1,5 MPa. Nesse ponto, as plantas não tem condições de manter a turgência do tecido vegetal e murcham de forma permanente.

As forças que retêm a água no solo aumentam com a diminuição da umidade do solo. Assim, existe um potencial matricial em que a água não mais passará do solo para as raízes. Nessa fase, a perda de água das plantas por evaporação excede a entrada de água, e as folhas murcham. Para muitos solos, isso acontece a aproximadamente a -1,5 MPa e a umidade a essa tensão tem sido comumente referida como Ponto de Murcha Permanente (Moreira, 1993).

De acordo com Reichart (1990), um método prático de determinar o PMP é pelo teste biológico, utilizando uma planta indicadora. O princípio vai da coleta de uma amostra de solo de 100 a 200 g, em seguida coloca-se esta em um recipiente de alumínio e semeia-se de 3 a 5 sementes de girassol. Após a germinação (com o solo sempre úmido), elimina-se o excesso de plantas, deixando duas bem saudáveis. Quando as plantas estiverem com 4 a 6 folhas (15 a 20 cm de altura), suspende-se o fornecimento de água e espera-se que as plantas comecem a murchar. Nesse momento, levam-se as plantas a um ambiente úmido com umidade relativa perto de 100%, porém sem adicionar água ao solo. Caso as mesmas se recuperem do murchamento, deverão ser retiradas e postas no ambiente anterior até voltarem a murchar. Esse procedimento deve ser repetido até que as plantas não recuperem mais a turgidez no ambiente úmido. Nessas condições o solo encontra-se no PMP (Ponto de Murchamento Permanente). Elimina-se então, totalmente as plantas e determina-se a umidade (% de peso do solo). O PMP é então obtido pela equação:

$$PMP = U_p \cdot D_g \cdot L, \text{ onde:}$$

PMP - ponto de murchamento permanente

$U_p$  – umidade em base peso, em g de água/g de solo

$D_g$  – densidade do solo, em g/cm<sup>3</sup>

L – profundidade, em cm.

#### **Água disponível**

Considera-se como água disponível às plantas, a água do solo localizada entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Em solos de textura leve, a maior parte da água disponível é liberada as baixas tensões e está prontamente disponível, mas é rapidamente consumida. Em solos argilosos, muita água é liberada somente a tensão relativamente alta.

É importante lembrar que as características importantes de um solo não é a capacidade de retenção total de água, mas a capacidade de retenção de água disponível (Moreira, 1993).

A água disponível poderá ser calculada utilizando a equação:

$$AD = ((CC - PMP) / 10) \cdot Dg \cdot L$$

AD – água disponível em mm

CC – capacidade de campo em %

PMP – ponto de murcha permanente em %

Dg – Densidade do solo em g.cm<sup>-3</sup>

L – Profundidade cm

### Simulação do cálculo desses parâmetros físicos

a) Classificação textural:

A análise granulométrica de um determinado solo teve os seguintes resultados da distribuição percentual das frações do solo:

- Areia = 43%
- Silte = 22%
- Argila = 35%

Se traçarmos interceptações entre esses valores no triângulo de classificação textural (Figura 1), o solo em questão será de textura franco-argilosa.

b) Densidade do solo (Dg)

Do referido solo foram coletadas amostras indeformadas para determinação da densidade do solo, onde utilizou-se o método do torrão parafinado, de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Os dados obtidos foram: peso do torrão seco a 105°C = 1,8 g; volume do torrão = 1,2 cm<sup>3</sup>. Logo, densidade do solo (**Dg**) = 1,8g/1,2 cm<sup>3</sup>, onde **Dg** = 1,5 g/cm<sup>3</sup>

c) Umidade do solo (Up)

Para determinação da umidade atual do solo, uma amostra do mesmo solo de aproximadamente 100 g foi colocada em uma lata de alumínio e em seguida transferida para a estufa, com temperatura de 105°C, ficando lá por 24 horas. Decorrido esse período, retirou-se a amostra e pesou-se, obtendo-se como massa do solo seco 70 g de solo.

Calculando a Umidade em peso (g de água/g de solo):

$$Up = ((100 - 70)/70)$$

$$Up = 0,42$$

$$U = 0,42 \cdot 100 = 42\%$$

d) Capacidade de Campo (CC)

Levando-se em consideração que a profundidade (L) analisada seja de 0-40 cm, o cálculo da CC será:  $L = 3/2 \cdot L$ , logo  $L = 3/2 \cdot 40 = 60\text{cm}$

$$CC = Up \cdot Dg \cdot L$$

$$\text{Logo: } CC = 0,42 \cdot 1,5 \cdot 40$$

$$CC = 252,0 \text{ mm}$$

Esse resultado indica que o solo em estudo retém no máximo, de 252,0 mm de água na camada de 0-40 cm.

e) Ponto de murcha permanente(PMP)

Para determinação do PMP precisaremos dos dados de  $U_p$ ,  $D_g$  e  $L$ . Então teremos:

***Up determinada a tensão de  $-1,5MPa = 0,30$***

$$PMP = U_p \cdot D_g \cdot L$$

$$PMP = 0,30 \cdot 1,5 \cdot 40$$

$$PMP = 180,0 \text{ mm}$$

Esse resultado indica que o solo com essa quantidade de água atingiu o PMP, onde a planta não conseguirá mais absorver água.

f) Água disponível (AD)

Para o cálculo da água disponível às plantas iremos precisar dos valores de CC e PMP. A equação utilizada será:

$$AD = (CC - PMP) / 10 \cdot D_g \cdot L$$

$$AD = ((25,2 - 18,0) / 10) \cdot 1,5 \cdot 40$$

$$AD = 43,2 \text{ mm}$$

## Referências Bibliográficas

BUCKMAN, O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 5.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1979. 647 p.

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F.F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

MOREIRA, J. da C. **Sistema agroclimatológico para o acompanhamento das culturas irrigadas: manual prático para manejo da irrigação**. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 1993.

RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1965. p.128-152.

REICHART, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990.

SUTCLIFFE, J. **As plantas e a água**. São Paulo: USP: Pedagógica e Universitária Ltda, 1980. v.23.

WITHERS, B.; VIPOND, S. **Irrigação: projeto e prática**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1988.





**Embrapa**

---

*Rondônia*

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**