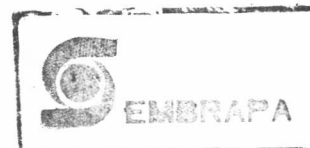


EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO - CPATU

---



## ÁGUA NO SOLO

Antonio Ronaldo Camacho Baena  
Pesquisador da EMBRAPA-CPATU

Elaborada para o Curso sobre Conservação e  
Manejo de Solos da Amazônia - 12 a 23/09/83

Belém-Pará

## ÁGUA NO SOLO

Por diversos motivos, há grande interesse nas relações entre solo e água. Em primeiro lugar, há necessidade de grandes quantidades d'água para atender às exigências de evaporação-transpiração dos vegetais em crescimento. Além disso, deverá haver disponibilidade de água para as necessidades dos vegetais, uma vez que a maioria dela deverá vir do solo. Em segundo lugar, a água tem ação solvente que, junto com os nutrientes dissolvidos, compõem a solução do solo.

A umidade do solo também concorre para controlar dois outros importantes componentes, essenciais ao crescimento normal dos vegetais - ar e temperatura do solo. Não menos importante é o controle da forma pela qual a água atinge o solo, podendo determinar, em grande extensão, a incidência da erosão.

### 1. RETENÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Na prática, há maior preocupação quanto às propriedades do solo e ao modo pelo qual exercem influência sobre os seguintes fatores: I- movimentação da água, ao atingir o solo e no seu interior; II- capacidade de retenção de umidade dos solos e III- disponibilidade da umidade do solo para os vegetais superiores. Cada um destes fatores se relaciona direta ou indiretamente com o tamanho e a distribuição dos poros do solo e com a atração dos sólidos do solo pela umidade. A evidência destas relações pode ser percebida quando se observa algumas modificações que se passam durante e após uma tempestade, ou na aplicação de água de irrigação.

#### 1.1. Estágios da água no solo

- Capacidade máxima de retenção

Vamos admitir que a água é aplicada à superfície dum so

lo, relativamente uniforme em textura e estrutura. À medida que ela penetra no solo, o ar é deslocado e a superfície do solo "se molha" – isto é, os poros do solo, tanto grandes quanto pequenos se enchem de água. A aplicação continuada resultará num movimento descendente mais amplo e em maior substituição de ar. Neste estágio, todos os poros da fração superior do solo estarão cheios d'água. Diz-se então que o solo se encontra saturado com água e na sua capacidade máxima de retenção (Fig. 1).

#### - Capacidade de campo

Quando se corta o suprimento de água da superfície do solo, – isto é, quando não há chuvas ou faz-se cessar a água de irrigação – haverá um movimento descendente continuado, relativamente rápido de certa quantidade d'água. Decorrido um dia ou pouco mais, cessará quase completamente este rápido movimento descendente. Diz-se então que o solo se encontra na sua capacidade de campo. Um exame do solo nesta situação mostrará que a água se retirou dos poros maiores, também denominados macroporos e que seu lugar foi preenchido por ar. Os microporos ainda se encontram cheios d'água e desta fonte os vegetais absorvem a umidade de que se utilizam. O movimento da umidade continuará a se processar, porém a sua intensidade será mais lenta, por estar basicamente condicionada às forças de capilaridade que só produzem efeito no caso dos microporos (Fig. 1).

#### - Coeficiente de murchamento

As plantas que medram nos solos absorvem água e reduzem a quantidade de umidade neles existente. Uma fração da água é transportada das raízes para as folhas, onde grande parte dela se perde por evaporação-transpiração nas suas superfícies. Outra via de perdas é a evaporação direta da superfície do solo, o que auxilia a remoção física de sua umidade. Estas perdas se processam si

multameamente e são responsáveis pela rápida dispersão da água dos solos.

À medida que os solos secam, os vegetais começam a sentir os efeitos da reduzida umidade do solo. Tendem a murchar nos períodos diurnos, especialmente quando a temperatura é elevada e há vento. Inicialmente, este murchamento diurno dos vegetais está associado a um renovado vigor noturno. Finalmente, o fluxo de suprimento d'água será tão lento que as plantas permanecerão murchas tanto de dia quanto de noite. Embora não estejam mortas, permanecerão constantemente murchas e morrerão, se não houver suprimento d'água.

Nesta fase, um exame do solo mostrará uma considerável quantidade de água remanescente. O teor de umidade neste estágio é denominado coeficiente de murchamento ou umidade crítica. A água remanescente no solo é encontrada nos microporos menores e ao redor das partículas isoladas do solo (ver Fig. 1). É, portanto, evidente que quantidade considerável da água existente nos solos não permanece disponível para os vegetais superiores. A umidade do solo precisa ser mantida muito acima do coeficiente de murchamento, para que os vegetais cresçam e desempenhem suas funções normais.

#### - Coeficiente higroscópico

Para obter uma imagem mais perfeita das relações solo-umidade, utiliza-se uma amostra de laboratório e faz-se o solo secar mais extensivamente. Quando mantido numa atmosfera essencialmente saturada com vapor d'água, o solo perderá a água retida em estado líquido, inclusive nos microporos menores. A água remanescente ficará associada às superfícies das partículas do solo, especialmente com os colóides, como umidade adsorvida. A água é retida com tal intensidade que grande parte dela é considerada não líquida, podendo movimentar-se apenas na fase de vapor. O teor de umidade do solo neste ponto é denominado coeficiente higroscópico. Os

solos contendo muito material coloidal podem reter maior quantidade de água do que os arenosos, ou os que possuem baixo teor de argila e de humo (ver Fig. 1).

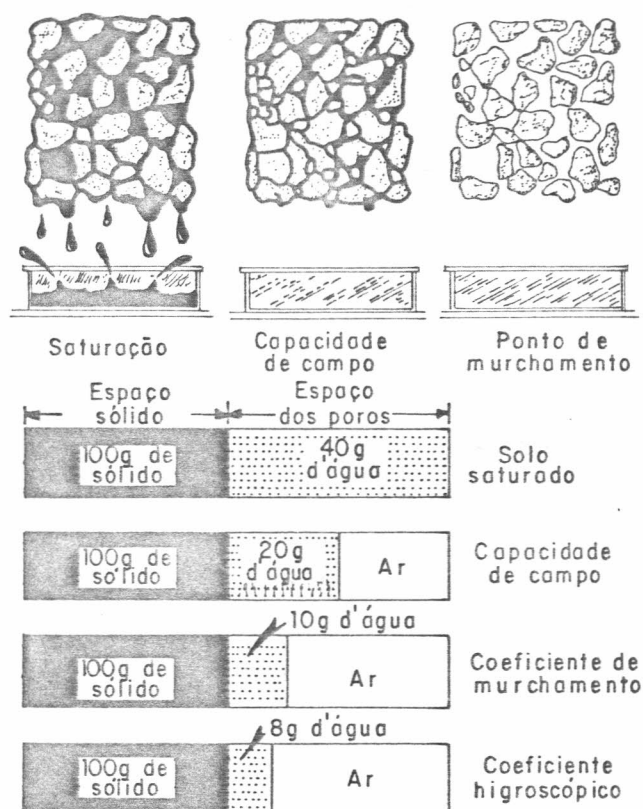


FIG. 1. Diagrama demonstrativo dos volumes de sólidos, água e ar sob diversos níveis de umidade. Na faixa superior apresenta-se a situação dum solo representativo completamente saturado de umidade. Tal situação ocorre, via de regra, por períodos curtos, durante chuvas ou quando o solo está sendo irrigado. A água abandonará logo os poros maiores ou macroporos. Diz-se então que o solo está na capacidade de campo. Os vegetais removem então a umidade do solo com bastante rapidez, aproximando-se do coeficiente de murchamento. Neste ponto ocorre murchidão permanente, mesmo que haja considerável umidade no solo (coeficiente de murchamento). Uma redução mais pronunciada no teor de umidade até

atingir o coeficiente hidros<sup>c</sup>ópico é apresentada na faixa inferior. Neste ponto a água é retida com grande intensidade, principalmente pelos colóides do solo (Os desenhos superiores são modificações de "Irrigation on Western Farms", publicados pelos Departamentos de Agricultura e do Interior dos E.U.A.).

Quando se observa a diminuição da umidade num solo saturado, dois fatos se tornam evidentes: 1º) a umidade é retida no solo por sucção ou por tensão e há exigência de trabalho para remoção da água; e 2º) a tensão com que a água é retida dependerá da quantidade realmente presente; quanto menor for esta quantidade, maior será a tensão. Vejamos agora como esta água é retida para depois concentrar a atenção sobre as relações entre energia e umidade.

## 2. FORÇAS DE RETENÇÃO

Duas forças são, principalmente responsáveis pela retenção da umidade dos sólidos do solo (ver Fig. 2). Uma delas é a atração das superfícies sólidas pelas moléculas d'água (adesão). A outra é a atração das moléculas d'água entre si (coesão). Os sólidos retêm firmemente por adesão as moléculas nas entrefaces solo-água. Por seu turno, estas moléculas retêm por coesão outras moléculas que estão mais afastadas das superfícies sólidas. Estas forças em conjunto possibilitam aos sólidos do solo reter a água e controlar em grau considerável sua movimentação e utilização. Donde se conclui que há utilização de energia nas relações solo-água, fazendo crer que a tensão com que a água é retida poderá variar com a distância entre as moléculas e os sólidos do solo.

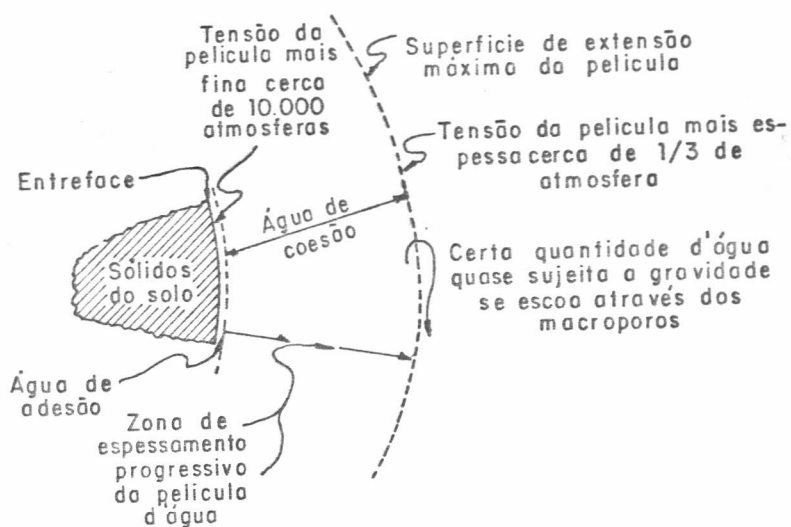


FIG. 2. Representação em forma de diagrama do espessamento progressivo de uma película d'água num macroporo e declínio correspondente na tensão a que são submetidas as moléculas de superfície. Enquanto se extrai com facilidade o excesso d'água da superfície duma película espessa, semelhante remoção de uma película delgada torna-se muito mais difícil. A água do solo é retida por dois processos — adesão e coesão.

A água retida por estas duas forças poderá, não só manter os poros capilares menores inteiramente cheios d'água, mas também as películas relativamente espessas dos macroporos. À medida que estas películas aumentam em espessura, tornam-se progressivamente mais pesadas e a umidade na superfície exterior da película é retida com menor tenacidade (ver Fig. 2). Esta umidade externa está sujeita a pronta movimentação por efeito da gravidade e principalmente pelo empuxo das películas de umidade adjacentes, que não possuem espessura semelhante. Assim, quando o solo está próximo da saturação, é fácil remover uma reduzida quantidade d'água. Quando porém a umidade do solo se torna cada vez menor, a força necessária para removê-la será cada vez maior.

### 3. MÉTODOS PARA REPRESENTAR A ENERGIA

Antes de pesquisar os valores reais da energia, vamos considerar sucintamente as unidades que as representam. Um dos métodos para representar a sucção ou a tensão é mediante a altura em centímetros duma coluna d'água cujo peso iguala exatamente a tensão que está sendo considerada. Quanto maior for a altura em centímetros, maior será a tensão medida. Assim, é possível representar em centímetros a tenacidade com que a água é retida pelos solos ou converter tais números em outros valores. De qualquer modo, o método para representar a tensão com que são retidas as películas de umidade deverá ser o mais simples possível.

O método mais aceito é talvez o dos bares ou atmosferas — a atmosfera padrão (pressão média do ar ao nível do mar), que corresponde a 14,7 libras por polegada quadrada. A pressão negativa duma coluna d'água de 10 centímetros de altura, sob condições padrão, é de aproximadamente 1/100 de atmosfera (10 milibares), a duma coluna de 100 centímetros, 1/10 de atmosfera (100 milibares), a duma coluna de 1.000 centímetros corresponde aproximadamente a 1 atmosfera de tensão e assim por diante. O quadro apresentado a seguir mostra outros sistemas de conversão.



## QUADRO SOBRE EQUIVALÊNCIA DE PRESSÕES

Altura da coluna d'água centímetros	Valores aproximados em atmosferas (bares) de pressão	Valores equivalentes de pF
1	1/1000	0
10	1/100	1
100	1/10	2
346	1/3	2,54
1.000	1	3
10.000	10	4
15.849	15	4,2
31.623	31	5,4
100.000	100	5
1.000.000	1.000	6
10.000.000	10.000	7

pF é o logarítmo da altura em centímetros da coluna d'água em qualquer caso proposto. Foi inserido com os outros dois, porque tal método de representação está incluído em textos anteriores que tratam de tensão da umidade do solo.

## 4. CONCEITO ENERGÉTICO DE RETENÇÃO DA UMIDADE

As duas seções anteriores demonstraram que a umidade é retida nos solos por forças de atração. Examinaremos, agora, as modificações na umidade do solo, relativamente à energia que retém este importante componente.

- Tensão em contraposição à espessura

A Fig. 3 mostra a correlação entre a espessura da película e a energia de retenção (tensão) na borda externa da película úmida. Este diagrama poderá auxiliar na explanação de algumas observações feitas nas últimas seções. Por exemplo, durante e logo

após uma precipitação pesada, inclusive os macroporos se encontram totalmente cheios d'água — isto é, são muito espessas as películas de umidade que envolvem e que se acham entre as partículas sólidas. É bem pequena a tensão que retêm a água nas bordas da película. Portanto, parte da água retida nestes poros maiores é empurrada terra a dentro, na direção de camadas mais secas, onde é fina a película de umidade e elevada a tensão. As forças de gravidade, como também as associadas com as películas de umidade asseguram uma movimentação razoavelmente rápida a menos, naturalmente, que os poros sejam demasiado pequenos.

- Capacidade de campo e coeficiente de murchamento

À medida que decresce a espessura média da película aumenta a tensão na entreface ar-água até ser suficientemente grande para reduzir drasticamente o movimento descendente. A água foi removida dos macroporos, porém ainda se encontra nos microporos. Neste ponto (capacidade de campo), a tensão na superfície externa da película está com um valor médio de  $1/3$  de atmosfera, dependendo do solo (ver Fig. 3).

A utilização da água pelos vegetais diminuirá ainda mais a espessura média da película dum solo. A água será removida dos microporos maiores, onde está, pelo menos firmemente retida (por causa da relativa espessura da película) e permanecerá nos poros menores e ao redor das partículas sólidas (onde a película úmida é muito fina). Esta situação terá continuidade enquanto os vegetais puderem remover com eficiência a água das películas. Quando esta remoção for demasiado lenta para conservar a turgidez vegetal, ocorrerá murchidão permanente, considerando-se que o solo terá atingido o seu nível crítico de umidade ou o seu coeficiente de murchamento. A tensão média de umidade na superfície externa das películas úmidas será então de aproximadamente 15 atmosferas (ver Fig. 3).

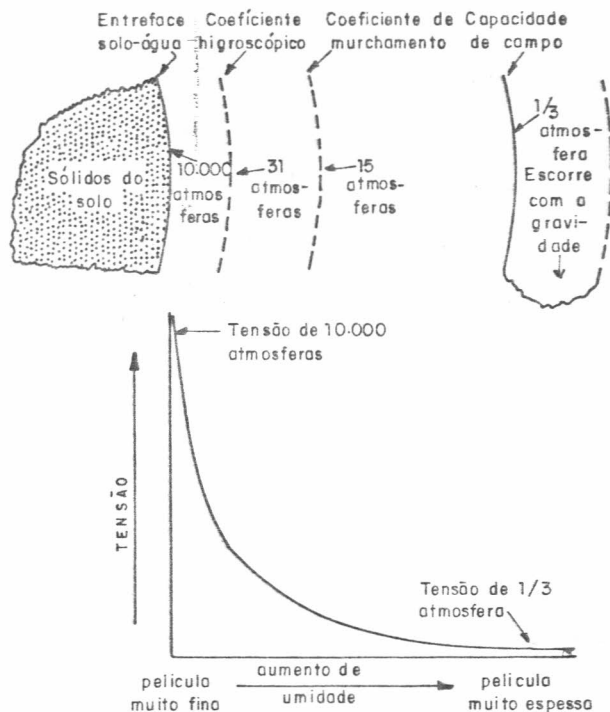


FIG. 3. Diagrama demonstrativo da relação entre a espessura das películas d'água e a tensão com que a água é retida na interface líquido-ar. A tensão é representada em atmosferas. (Em cima) esboço que mostra a espessura da película d'água sob vários níveis de umidade. (Embaixo) modificação logarítmica na tensão, em função do aumento na espessura da película úmida.

#### - Coeficiente higroscópico

Contínua remoção de umidade resultará em diminuição da espessura da película e num notável aumento na tenacidade com que a água é retida (tensão). Ao atingir o coeficiente higroscópico, a tensão é de 31 atmosferas e grande parte da água é retida com tal intensidade que se torna essencialmente não líquida. À medida que a película diminui progressivamente em espessura, a tensão aumenta para valores que chegam a atingir 10.000 atmosferas (ver Fig. 3). Esta elevada energia de retenção denota a importância da atração solo-água na determinação das relações da água com os solos.

### - Correlação no teor energia-umidade

Pela determinação dos valores de tensão com variados teores de umidade para solos específicos, poder-se-ão estabelecer gráficos que demonstram as relações umidade-energia. A Fig. 4 é um gráfico desta natureza mostrando as relações umidade-tensão para diversos solos-areia, franco arenoso e franco siltoso. Note-se que as atmosferas de tensão estão graficamente representadas em função de percentagens de umidade baseadas em solo seco.

Vê-se, claramente, pelos gráficos que parte da água existente nos solos é retida por tremendas pressões negativas. Por outro lado, quando os solos dispõem de bom suprimento d'água, uma sucção muito reduzida é suficiente para retirar pequenas quantidades. As curvas de tensão mostram todas as graduações entre estes extremos, indicando uma modificação gradual em energia de retenção. Deste modo, a menos que sejam arbitrariamente estabelecidas algumas zonas de demarcação, não será possível uma classificação definida da água do solo com base nas unidades de energia.

Convém lembrar sempre que os valores de tensão exprimem apenas a tensão da área nas entrefaces líquido-ar — isto é, a umidade na superfície exterior da película. Assim, uma película fina estará submetida a uma pressão negativa de 100 atmosferas, porém se engrossada por adições, a água que ocupar a posição da película original ficará sujeita a tensão consideravelmente menor e movimentar-se-á muito mais livremente do que antes. Este aspecto não deverá ser negligenciado na utilização dos valores de tensão, a fim de evitar interpretações errôneas.

Exame mais profundo das curvas elucidativas (Fig. 4) mostrarão que elas variam especificamente com a textura do solo. Os de textura mais fina retêm maior percentagem de umidade, ao longo de toda a faixa de energia. Tal condição deverá ser prevista por possuírem eles no total maior percentagem de matéria coloidal, ma

ior espaço poroso e superfície adsortiva muito maior.

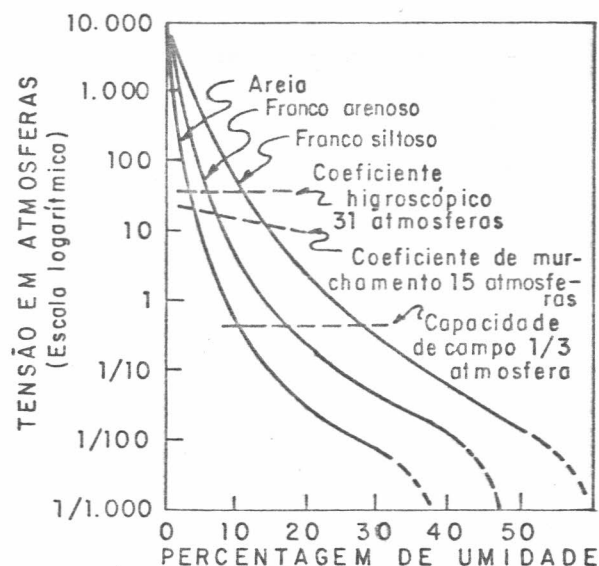


FIG. 4. Curvas de tensão para três solos minerais representativos. As atmosferas de tensão estão representadas graficamente em função da percentagem de umidade existente no solo. Nota-se a rápida queda de tensão, à medida que aumenta a umidade do solo e se engrossam as películas. O franco siltoso possui naturalmente a maior capacidade de água.

#### - Água supérflua

Via de regra, a umidade em excesso, a que é retida na capacidade de campo, não traz benefícios aos vegetais superiores. A presença de quantidade excessiva desta água livre favorece o aparecimento de condições prejudiciais ao crescimento, tornando-se a situação mais crítica ao aproximar-se o ponto de saturação. Do ponto de vista dos vegetais, a água livre é, portanto, considerada como supérflua (ver Fig. 5).

Os efeitos desfavoráveis de tal umidade de origemam principalmente da insuficiente aeração. As raízes são despojadas, não só do seu oxigênio, como também as atividades de bactérias favorá

veis, tais como de nitrificação, fixação do nitrogênio e de amonificação sofrem um retardamento demasiado. Além disso, poderão ser estimuladas modificações bioquímicas adversas.

Outro efeito prejudicial da água supérflua é que sua remoção está também vinculada à perda de nutrientes. Em solos de textura fina, isto poderá significar apenas deslocamento para horizonte mais profundo, onde os nutrientes serão talvez posteriormente utilizados por raízes de penetração. Em solos de textura grossa, a remoção pelas águas de drenagem ocasiona perda definitiva dos nutrientes, impedindo sua utilização pelas raízes vegetais.

#### - Água disponível

A umidade disponível é geralmente considerada como retida entre a capacidade de campo e o coeficiente de murchamento. Esta última medida é essencialmente a mesma para todas as culturas vegetais comuns desenvolvidas num determinado solo. Aparentemente, quaisquer diferenças pequenas na capacidade dos vegetais em absorver a umidade do solo ocasiona um rápido aumento na tensão, à medida que decresce a espessura da película de umidade. O coeficiente de murchamento poderá ser considerado como uma característica do solo e não da planta utilizada para determiná-lo.

Tem sido debatido por muitos anos o problema referente à equitativa disponibilidade da umidade em toda a faixa compreendida entre a capacidade de campo e o coeficiente de murchamento. Aparentemente, a resposta está condicionada em âmbito considerável à cultura que está sendo desenvolvida e à proporção do perfil do solo que está sendo utilizado pelas raízes destas mesmas culturas. Entretanto, no que se refere às culturas comuns anuais, a zona de umidade ótima parece estar localizada entre a capacidade de campo e certo nível bastante acima do coeficiente de murchamento (ver Fig. 5).

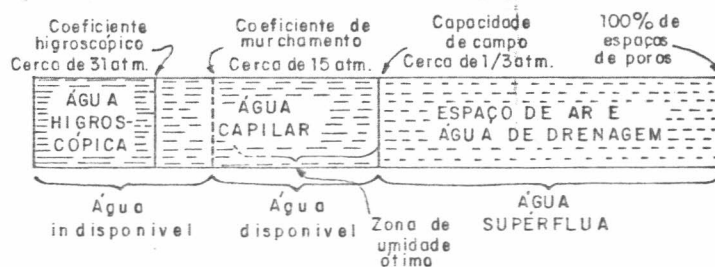


FIG. 5. Diagrama demonstrativo das correlações entre as várias formas de umidade do solo e os vegetais superiores. Mediante inclusão do coeficiente de murchamento, a classificação física da água do solo poderá ser convertida em classificação biológica e representada graficamente a importância das tensões e da normalização da umidade para os vegetais.

Pesquisas sobre irrigação indicam que, para conseguir rendimento ótimo nas culturas, a água deverá ser aplicada quando houver sido utilizada de 50 a 85 por cento da umidade disponível. Isto indica que, quando o teor de umidade se aproxima do ponto de murchamento, o fluxo de assimilação de água pelas plantas não é suficientemente rápido para manter crescimento ótimo. A vantagem em manter a umidade bem acima do ponto de murchamento já foi devidamente demonstrada.

#### - Água indisponível

É preciso mencionar sucintamente a água denominada indisponível – que é retida no solo no ponto de murchamento permanente. Esta umidade inclui a água higroscópica e certa porção da água capilar que é removida pelos vegetais com lentidão demasiada, para evitar o murchamento. Com exceção de certas plantas adaptadas às regiões áridas, esta umidade capilar interna tem pouca significação para a vida dos vegetais superiores. Sua utilização pelas bactérias e fungos que se desenvolvem nos colóides orgânicos poderá apresentar vantagens, porém, mesmo neste caso, a atividade micro

biana é muito reduzida, quando comparada às condições ideais de umidade.

## 5. FATORES QUE EXERCEM INFLUÊNCIA SOBRE QUANTIDADE E UTILIZAÇÃO DA UMIDADE DISPONÍVEL NO SOLO

Antes de avaliar os fatores do solo que exercem influência sobre a utilização da água pelos vegetais, é preciso reconhecer que também há outros que exercem influência sobre a absorção da água do solo. Certo número de fatores vegetais e climáticos exercem influência marcante sobre a quantidade de água que as plantas podem absorver com eficiência de um determinado solo. Sistemas radiculares, resistência à seca, assim como estágio e intensidade de crescimento se constituem em fatores vegetais de grande importância. Temperatura e umidade do ar são variações climáticas que exercem influência sobre a eficiência na utilização da água do solo e sobre as quantidades desperdiçadas, através de canais estranhos às plantas, tais como evaporação pela superfície do solo.

Entre as importantes características do solo que exercem influência sobre sua umidade disponível, é possível citar: 1º) relações de tensão da umidade; 2º) teor de sal; 3º) profundidade do solo; e 4º) estratificação ou camada do solo. Cada um deles será examinado sucintamente.

### - Relações de tensão de umidade

Deveriam estar evidenciados os efeitos das relações de tensão de umidade sobre a quantidade de umidade disponível num solo. Estes fatores, que exercem influência sobre a quantidade da água de um solo, quando o mesmo se encontra na capacidade de campo e por seu turno no coeficiente de murchamento, exercê-la-ão também sobre a disponibilidade da água. Textura, estrutura e teor de matéria orgânica influem sobre a quantidade de água que um determinado



solo pode fornecer aos vegetais em crescimento. A influência geral da textura é demonstrada na Fig. 6. Nota-se que, enquanto aumenta a fineza da textura, há aumento geral na armazenagem da umidade disponível, embora as argilas apresentem com frequência, menor capacidade do que os franco siltosos não granulados.

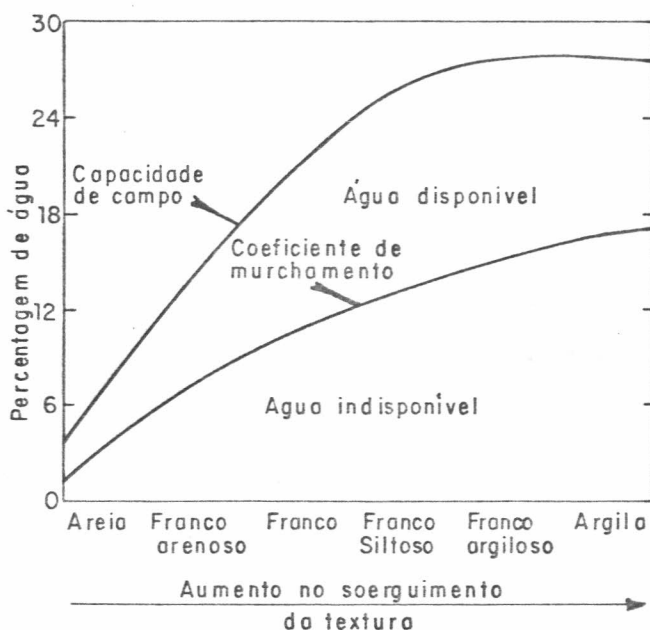


FIG. 6. Relações gerais entre características de umidade e textura do solo. Verifica-se que o coeficiente de murchamento aumenta, à medida que a textura se torna mais pesada. A capacidade de campo vai aumentando até atingir os franco siltosos, quando então se nivela. Convém lembrar que estas são curvas representativas. Solos isolados mostrarão valores provavelmente diferentes dos apresentados acima.

A influência da matéria orgânica merece atenção especial. Um solo mineral bem drenado, contendo 5 por cento de matéria orgânica, terá provavelmente maior capacidade de umidade disponível do que outro solo comparável com 3 por cento de matéria orgânica. Poder-se-ia incorrer no erro de admitir que este efeito favorável fosse devido diretamente à capacidade de retenção de umidade da matéria orgânica. O benefício principal neste caso é devido à sua

influência favorável na estrutura do solo e, por sua vez, em sua porosidade. Embora o humo possua uma elevada capacidade de campo, seu coeficiente de murchamento é relativamente alto. Assim, sua contribuição final para a umidade disponível é menor do que se poderia supor.

#### - Concentração de sal

A presença de sais nos solos, quer por aplicação de fertilizantes, quer por ocorrência de compostos naturais, poderá influir sobre a assimilação da água do solo. Efeitos de pressão osmótica na solução do solo tenderão a reduzir a faixa de umidade nelas disponível, mediante aumento do coeficiente de murchamento. Nesta fase, a pressão total da umidade em tais solos é a tensão da umidade do dito solo acrescida da pressão osmótica da solução do mesmo solo. Embora seja insignificante o efeito da pressão osmótica na maioria dos solos de regiões úmidas, ela adquire importância prática em alguns solos salinos de regiões áridas e semiáridas.

#### - Profundidade e camada do solo

Desde que todos os outros fatores sejam iguais, os solos profundos terão maiores capacidades de retenção de umidade disponível do que os rasos. Isto é de grande importância prática quando se trata de vegetais de raízes profundas, especialmente em regiões subúmidas e semiáridas, onde não é possível irrigação suplementar. Medições da umidade do solo a profundidades de 5 a 6 pés são usadas como base para previsão dos rendimentos de trigo nas áreas das Grandes Planícies dos Estados Unidos. Evidentemente os solos rasos não se prestam a estas adaptações climáticas.

A estratificação ou camada do solo influi de modo marcante na água disponível e nos movimentos aquíferos no solo. Por exemplo, superfícies duras e camadas impenetráveis reduzem drasticamen

te a intensidade de movimentação da água e exercem influências desfavoráveis na penetração das raízes; restringem, às vezes, o crescimento radicular e reduzem muito a profundidade do solo onde é retirada a umidade. As camadas arenosas funcionam também como barreiras ao movimento ascensional da umidade a partir das camadas de textura mais fina. A movimentação através duma camada arenosa é muito lenta nas tensões intermediária e elevada. A tensão da umidade nas camadas sobrejacentes deverá ser menor do que 0,5 atmosfera, para que se processe a movimentação na areia.

A capacidade de armazenagem da umidade disponível nos solos determina até certo ponto sua utilidade na prática da agricultura. Esta capacidade funciona como um amortecedor entre clima adverso e produção agrícola. Tem maior importância à medida que a utilização da água para todas as finalidades — industrial, doméstica e também agrícola — começa a sobrecarregar o suprimento deste recurso natural de importância máxima.

## 6. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Os métodos principais utilizados podem ser classificados pelos processos a seguir: 1º) de gravidade; 2º) de tensiômetro; 3º) de resistência; e 4º) de dispersão de nêutrons.

O método gravimétrico é dos mais comumente usados. Por este processo, uma amostra de solo úmido de peso conhecido é colocada num forno por tempo especificado, à temperatura de 100 a 110°C e novamente pesado. A umidade perdida, mediante aquecimento, representa a umidade do solo existente na amostra molhada.

Tensiômetros medem a tensão com que a água é retida em vez da quantidade absoluta da mesma água existente. São úteis para determinar as necessidades de água de irrigação, quando a umidade é mantida nas proximidades da capacidade de campo.

Quando se colocam blocos de resistência, comumente fei

tos de gesso natural, em contato com o solo, estes blocos absorvem a umidade deste solo. A resistência de um determinado bloco a uma corrente elétrica tem relação com a água absorvida. Pela calibragem das resistências registradas com o teor de umidade, é possível obter, com aproximação razoável a quantidade de umidade do solo. Os blocos de gesso natural são utilizados para medir tanto a tensão quanto a percentagem de umidade, sendo provavelmente mais sensíveis a tensões de 1 a 15 atmosferas.

O processo desenvolvido mais recentemente para determinar a umidade do solo é o denominado método de dispersão de nêutrons (ver Fig. 7). Tira-se proveito da circunstância de que os átomos de hidrogênio contidos na água do solo mostram eficiência em reduzir a velocidade de nêutrons de alta velocidade e também em dispersá-los. Por causa da dispersão e da mudança de direção destes nêutrons, alguns deles retornam a um ponto próximo da sua fonte original, como partículas de movimento lento. O número destes nêutrons desacelerados está relacionado com a quantidade de átomos de hidrogênio (e portanto de moléculas de  $H_2O$ ) existentes no solo. Este método apresenta a vantagem da viabilidade de sua utilização, sem causar distúrbios aos solos em geral e aqueles que contêm sais.

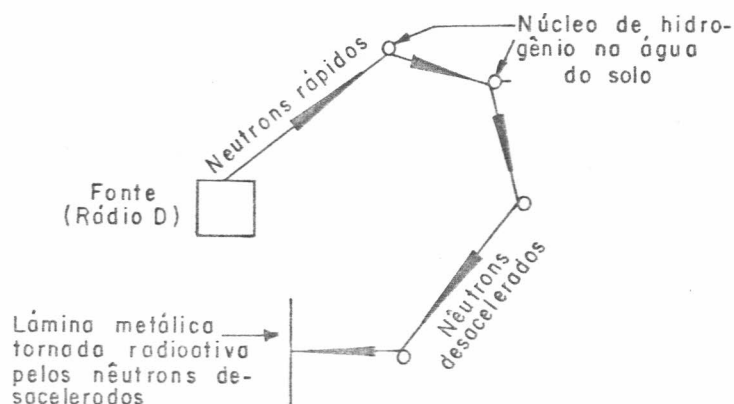


FIG. 7. Ilustração do método de "moderação do nêutron" para calcular a umidade do solo. Os nêutrons são emitidos de uma fonte (rádio D), a velocidades muito grandes. Quando estes nêutrons colidem com um pequeno átomo como hidrogênio, conti

do na água do solo, sua direção de movimento sofre modificações, perde também parte de sua energia e torna-se mais lento. É possível medir estes "nêutrons" desacelerados" mediante utilização de uma lâmina metálica composta de ródio ou de prata, que se torna radioativa quando atacada por nêutrons. Quanto maior for a quantidade de água (e portanto) no solo, maior será o número de nêutrons "desacelerados" que atacarão a lâmina metálica e maior será a radioatividade resultante, que poderá ser medida com facilidade.

