

2. RELAÇÃO SOLO - ÁGUA

Solo → material poroso
constituído de 3 fases:

Sólida

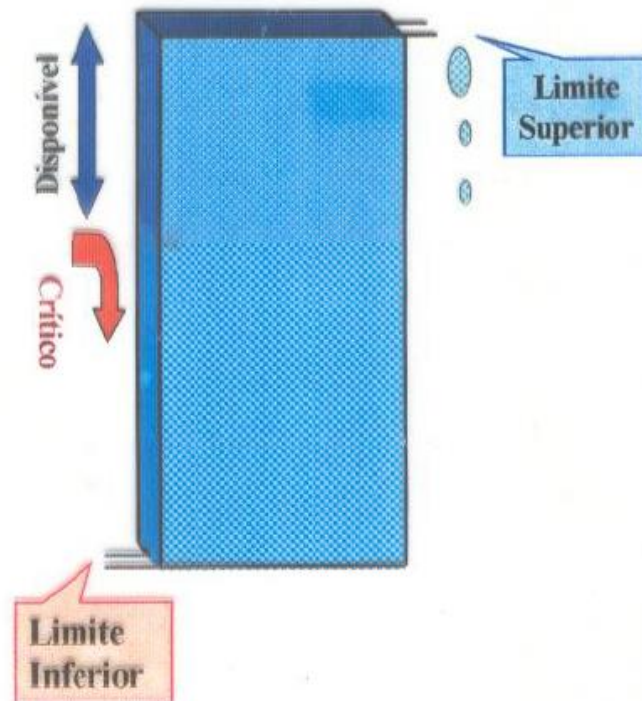
Gasosa

Líquida

O SOLO AGRÍCOLA



O SOLO COMO UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA



Informações obtidas nas análises físicas de solo



Análise granulométrica – classe textural
Densidade das partículas do solo (real)



Densidade do solo (aparente)
Porosidade total do solo
Porosidade drenável do solo
Curva de retenção de água no solo
(potencial matricial x umidade)
Umidade do solo na capacidade de campo
Umidade do solo no ponto de murcha permanente

NÚMERO DE AMOSTRAS E UNIDADE DE ÁREA

A pesquisa básica de física de solos não conseguiu quantificar de uma maneira convincente a variabilidade espacial do solo

MAIOR NÚMERO
DE AMOSTRAS



INFORMAÇÕES MAIS
CONFIÁVEIS

Limitações: **ECONÔMICAS** e **CRONOLÓGICA**

Utilizar conhecimento técnico e bom-senso!!!

LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Importante conhecer:

1. Tamanho da área
2. Tipos de solos existentes no local

Realizar investigações básicas → andar pela área com um trado de rosca (tradagens de até 1 m);

Cada tipo de solo → selecionar no mínimo três locais de amostragem (identificar valores discrepantes)

SUGESTÕES DE AMOSTRAGEM

Projeto de irrigação em área à ser desmatada

Amostragem em poucos pontos:

- Levantamento preliminar somente;
- Grande mobilização do solo pode mascarar os resultados;
- Amostragem em área próxima com características físicas semelhantes e cultivada;
- Recomenda-se um ponto de amostragem a cada 20-40ha de solo homogêneo.



SUGESTÕES DE AMOSTRAGEM

Projeto de irrigação em áreas de cultivo de sequeiro

Evitar amostragem:

→ Próximo de carregadores ou terraços (manobras intensas de máquinas);

→ Em pastagens, amostra com estrume, próximo de bebedouros e árvores de sombra;

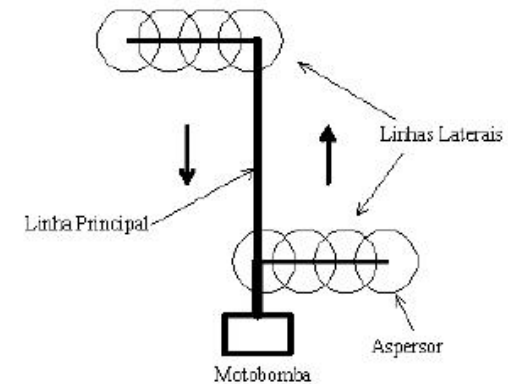
→ Recomenda-se um ponto de amostragem a cada 10-20ha de solo homogêneo.



SUGESTÕES DE AMOSTRAGEM

Manejo de irrigação em sistemas portáteis de aspersão

→ Evitar amostragem nos locais próximos às posições da linha lateral (áreas sujeitas ao encharcamento e pisoteamento intenso);



→ Recomenda-se um ponto de amostragem a cada 10-20ha de solo homogêneo.

SUGESTÕES DE AMOSTRAGEM

Manejo da irrigação em autopropelido

Evite amostrar:

- Nos carregadores de caminhamento do equipamento, (intensa compactação);
- Regiões extremas da área onde não ocorrem sobreposição de lâmina;



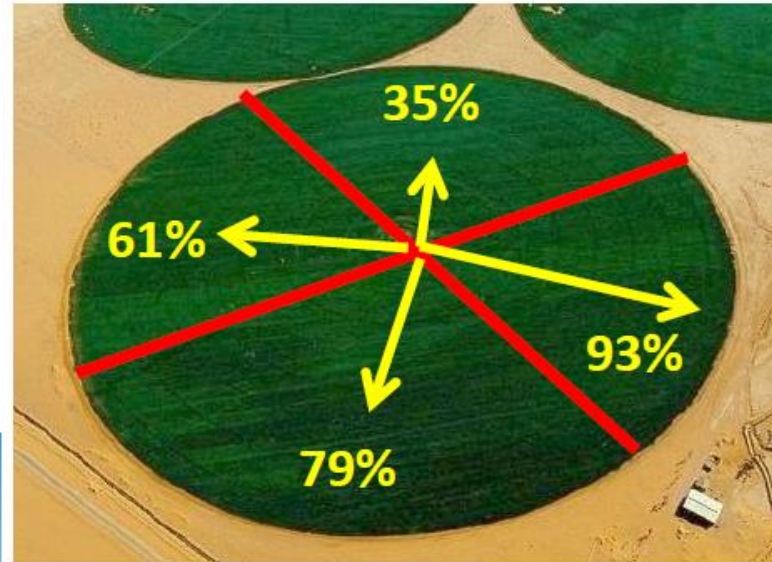
- Recomenda-se um ponto de amostragem a cada 10-20ha de solo homogêneo

SUGESTÕES DE AMOSTRAGEM

Manejo de irrigação em pivô central

→ Dividir a área em quatro quadrantes: e amostrar um ponto situado a 35, 61, 79 e 93% do raio de ação do equipamento;

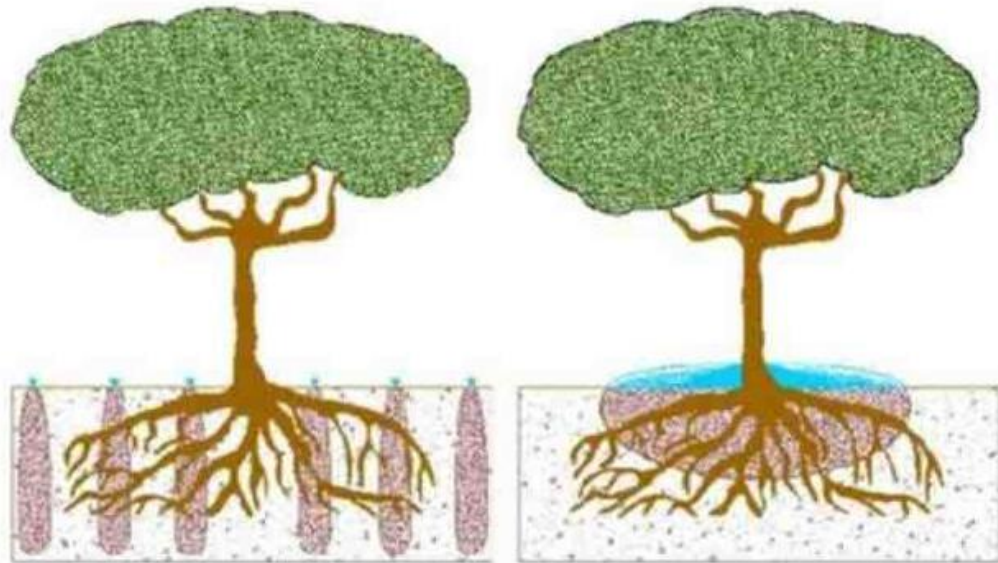
→ Evitar tirar amostras de solo no primeiro vão entre torres e em áreas abrangidas pelo canhão final.



SUGESTÕES DE AMOSTRAGEM

Manejo de irrigação localizada

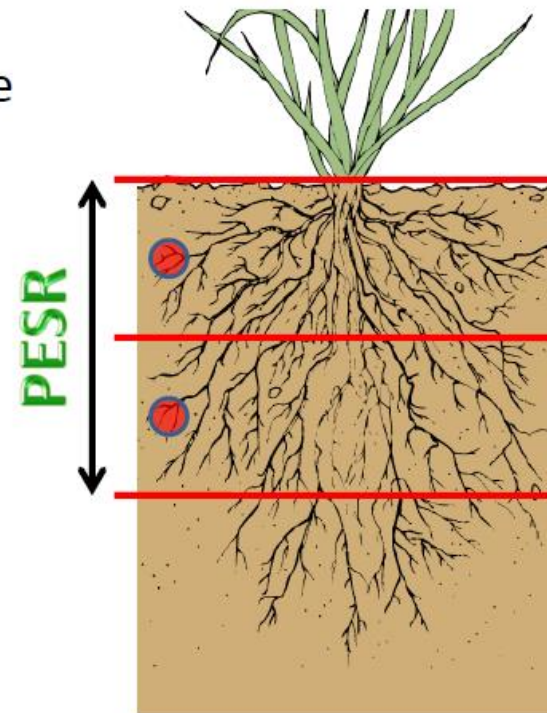
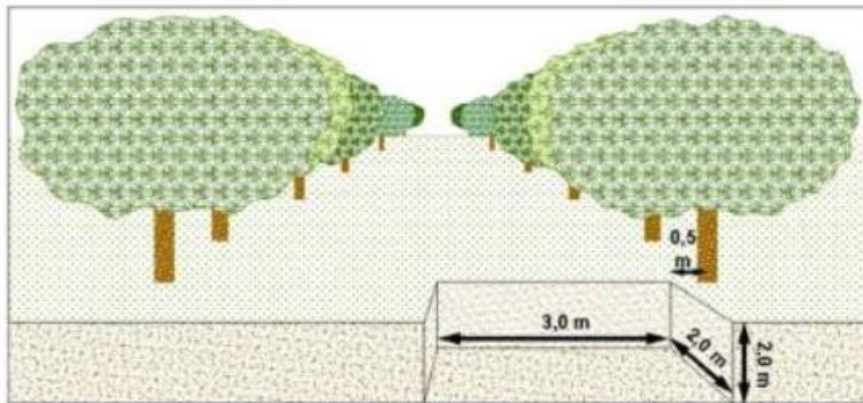
→ Amostrar o volume de solo abrangido pelo bulbo molhado (concentração do sistema radicular);



→ Recomenda-se amostragem a cada 10-20ha de solo homogêneo

CONSIDERAÇÕES SOBRE A AMOSTRAGEM NO CAMPO

- A profundidade de amostragem deverá ser compatível com a PESR;
- A PESR poderá ser analisada através de trincheiras (evitar PESR tabelados);



- Deve-se amostrar no mínimo duas profundidades

CULTURA	Z (cm)	CULTURA	Z (cm)	CULTURA	Z (cm)
Abacate	60 - 90	Beterraba	40	Milho	40
Abacaxi	20 - 40	Café	40 - 60	Morango	20 - 30
Abóbora	50	cana-de-açúcar	40	Nabo	55 - 80
Alcachofra	70	Cebola	20 - 40	Pastagem	30
Alface	20 - 30	Cenoura	35 - 60	Pepino	35 - 50
Alfafa	60	Couve	25 - 50	Pêssego	60
Algodão	60	Couve – flor	25 - 50	Pimenta	50
Alho	20 - 30	Ervilha	50 - 70	Pimentão	30 - 70
Amendoim	30	Espinafre	40 - 70	Rabanete	20 - 30
Arroz	20 - 40	Feijão	40	Rami	30
Aspargo	120 - 160	Laranja	60	Soja	30 - 40
Aveia	40	Linho	20	Tabaco	30
Banana	40	Maçã	60	Tomate	40
Batata	25 - 60	Mangueira	60	Trigo	30 - 40
Batata-doce	50 - 100	Melancia	40 - 50	Vagem	40
Berinjela	50	Melão	30 - 50	Videira	60

CONSIDERAÇÕES SOBRE A AMOSTRAGEM NO CAMPO

→ Em cada camada de solo, coleta-se uma amostra indeformada e outra deformada;



→ ϕ_{interno} de 2", H de 3cm e espessura da parede de 1mm;

→ Aço inox ou alumínio;

→ Identificação na parede externa .



PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

- O anel na posição vertical ou horizontal;
- Superfície deverá estar limpa e bem aparada;
- Evitar a compactação do solo (usar amostrador)



PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

- Retirar o anel fazendo pequena escavação em volta;
- Manter uma porção superior e inferior de solo no anel (1cm),
aparagem será efetuada no laboratório;



PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

→ Retirada a amostra, envolve-la em papel alumínio e mantê-la preferencialmente em local refrigerado;



→ Na mesma profundidade, recolher uma amostra de solo de 300cm³ (semelhante para fins de fertilidade do solo)



TRANSPORTE DAS AMOSTRAS

→ As amostras indeformadas deverão ser transportadas em condições mínimas de trepidação e compactação, visando preservar as características físicas das amostras coletadas.





PROPRIEDADES FÍSICAS ▶ DO SOLO PARA USO EM MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Densidade real ou massa específica real de partículas (d_p)

$$d_p = \frac{M_s \text{ (massa de sólidos)}}{V_s \text{ (volume de sólidos)}} = g \text{ cm}^{-3}$$

$d_p \cong 2,65 \text{ g cm}^{-3}$ para a maioria dos solos

Densidade global ou massa específica aparente de partículas ou densidade do solo (dg ou ds)

$$dg = \frac{Ms \text{ (massa de sólidos)}}{Vt \text{ (volume total)}} = g \text{ cm}^{-3}$$

Arenosos	1,3 a 1,8 g cm ⁻³
Argilosos	1,0 a 1,4 g cm ⁻³
Orgânicos	0,2 a 0,6 g cm ⁻³

Umidade ou teor de água no solo

- Expressa de duas formas:
 - Umidade com base em massa seca (U)
 - Umidade com base em volume (θ)

- **Umidade com base em massa seca U**

$$U = \frac{M_w \text{ (massa de água)}}{M_s \text{ (massa de sólidos)}} = \frac{g \text{ de água}}{g \text{ de solo}}$$

Ou

$$U\% = \frac{M_w}{M_s} \times 100 = \frac{g \text{ de água}}{100 g \text{ de solo}}$$

- **Umidade com base em volume** θ

$$\theta = \frac{V_w \text{ (volume de água)}}{V_t \text{ (volume total)}} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de água}}{\text{cm}^3 \text{ de solo}}$$

Ou

$$\theta\% = \frac{V_w}{V_t} \times 100 = \frac{\text{cm}^3 \text{ de água}}{100 \text{ cm}^3 \text{ de solo}}$$

$$\theta = U \cdot dg$$

Exemplo:

1) Tem-se um solo com umidade de 0,1 g de água por g de solo e densidade de solo de $1,4 \text{ g/cm}^3$.

Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?

Exemplo:

2) Tem-se um solo com umidade de $0,1 \text{ cm}^3$ de água por cm^3 de solo e densidade de solo de $1,4 \text{ g/cm}^3$.

Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?

Exemplo:

3) Tem-se uma amostra de solo de $331,33 \text{ cm}^3$ com peso úmido de 560 g; após 24 h em estufa a 105°C obteve-se o peso seco de 458g.

Qual a d_g , a U e θ ?

Porosidade (α)

- É o volume de vazios, ou seja, a % do volume do solo não ocupado pela parte sólida.

$$\alpha = \frac{Vv \text{ (volume de vazios)}}{Vt \text{ (volume total)}} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de poros}}{\text{cm}^3 \text{ de solo}}$$

Ou

Na prática $\alpha = 1 - \frac{dg}{dp}$

Porosidade livre de água (β)

- Porosidade de aeração, fração ocupada pelo ar. Também chamado de porosidade drenável.

$$\beta = \frac{Var \text{ (volume de ar)}}{Vt \text{ (volume total)}} = \frac{cm^3 \text{ de ar}}{cm^3 \text{ de solo}}$$

Ou

Na prática $\beta = \alpha - \theta$

Grau de saturação (S)

- Relação espaço poroso total ocupado pela água.

$$S = \frac{\theta}{\alpha}$$

Solo seco $\rightarrow S = 0$

Solo saturado $\rightarrow S = 1$

Exemplo:

4) Um volume de 1.000 cm^3 de solo apresenta uma massa úmida de 1.460g e massa seca de 1.200g . Sendo $d_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$ e $d_w = 1$, calcule:

- a) $U\%$
- b) $\theta\%$
- c) d_g
- d) α (porosidade)
- e) β (porosidade livre)
- f) S (grau de saturação)

MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO

▶ SOLO

Gravimétrico ou Método da estufa (padrão)

Coletar amostra de solo e determinar massa úmida

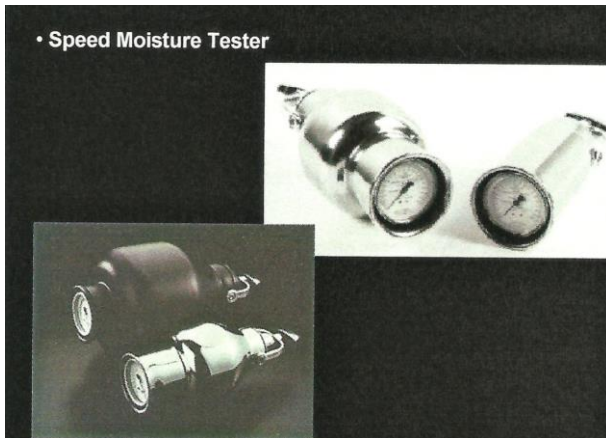
Levar estufa 105 – 110°C por 48h e determinar massa seca

$$- U\% = \frac{\text{Massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \times 100$$

Exemplo: 600g de solo úmido. Após secagem obtenção de 500g de solo seco. Qual a U%?

MÉTODO SPEED

- Reação do carbureto com a água do solo → forma gás acetileno
- Umidade proporcional à pressão exercida
- Curva tabelado
- Usado eng. civil



Sonda de nêutrons

- ▶ Correlação entre nêutrons e quantidade de H^+ presente no solo.

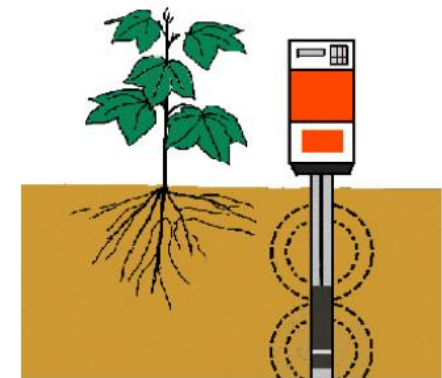
Vantagens:

- Eficiente; preciso e rápido
- Não destrutivo (só na instalação)
- Permite determinações rotineiras

Limitações:

- Alto custo
- Pequena resolução espacial
- Dificuldades na superfície (fuga de nêutrons)
- Saúde humana (radioativo)

• Sonda de nêutrons



Time-Domain Reflectometry (TDR)

- ▶ Medição da constante dielétrica do solo (Pulso elétrico propagado ao longo de uma sonda inserida no solo na qual acontece a reflexão do pulso).
- ▶ Não destrutiva.
- ▶ Calibração.
- ▶ Preciso.
- ▶ Efeitos da salinidade do solo.

ϵ_r varia com a umidade do solo

$$\epsilon_r = 1 \text{ (ar)}$$

$$\epsilon_r = 4 \text{ (solo seco)}$$

$$\epsilon_r = 80 \text{ (água)}$$



Tensiômetro

- Tensão da água no solo (Potencial matricial)
- + usado no manejo da irrigação

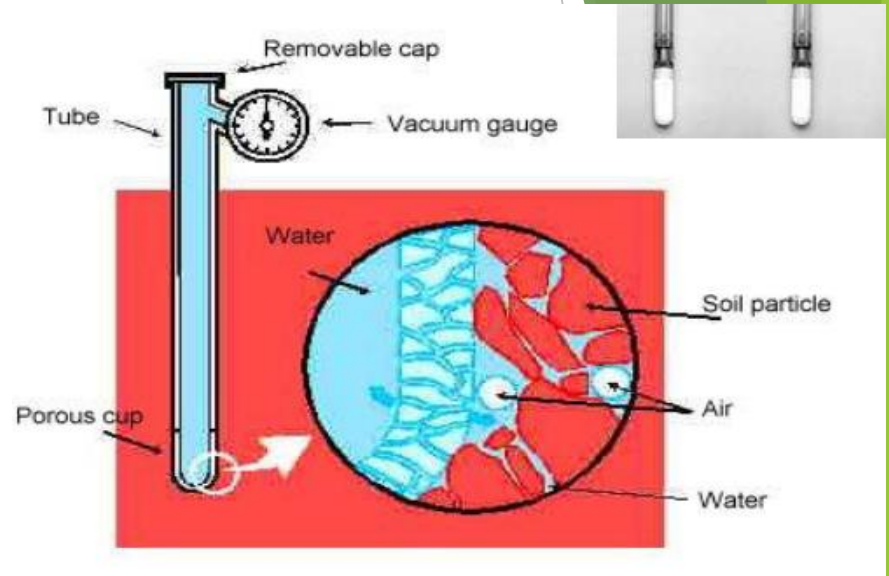
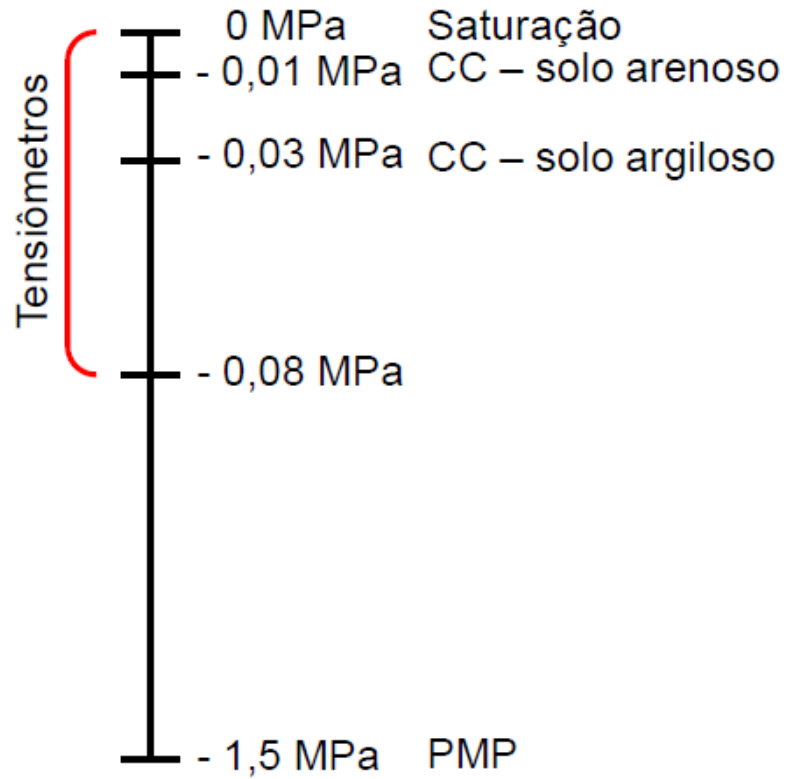
Potencial de água no solo define o estado de energia em que a água se encontra no solo em relação a um potencial padrão

Padrão: água pura isenta de sais, submetida a condições normais de pressão (pressão relativa = 0) e sobre a superfície do solo.

Unidades: metros, Pa, atm

Componentes do potencial

- ▶ $\Psi_T = \Psi_g + \Psi_{os} + \Psi_P$
- ▶ $\Psi_T \rightarrow$ potencial total da água no solo
- ▶ $\Psi_g \rightarrow$ potencial gravitacional
- ▶ $\Psi_{os} \rightarrow$ potencial osmótico
- ▶ $\Psi_P \rightarrow$ potencial de pressão





Tensiômetros
digitais ou
tensímetros

Tensiômetro analógico



Instalação

- **O tensiômetro deve ser instalado em solo “úmido”**
- **1 Bateria = 3 tensiômetros**
 - Menor profundidade (hora de irrigar)
 - Profundidade efetiva do Z
 - Abaixo de Z

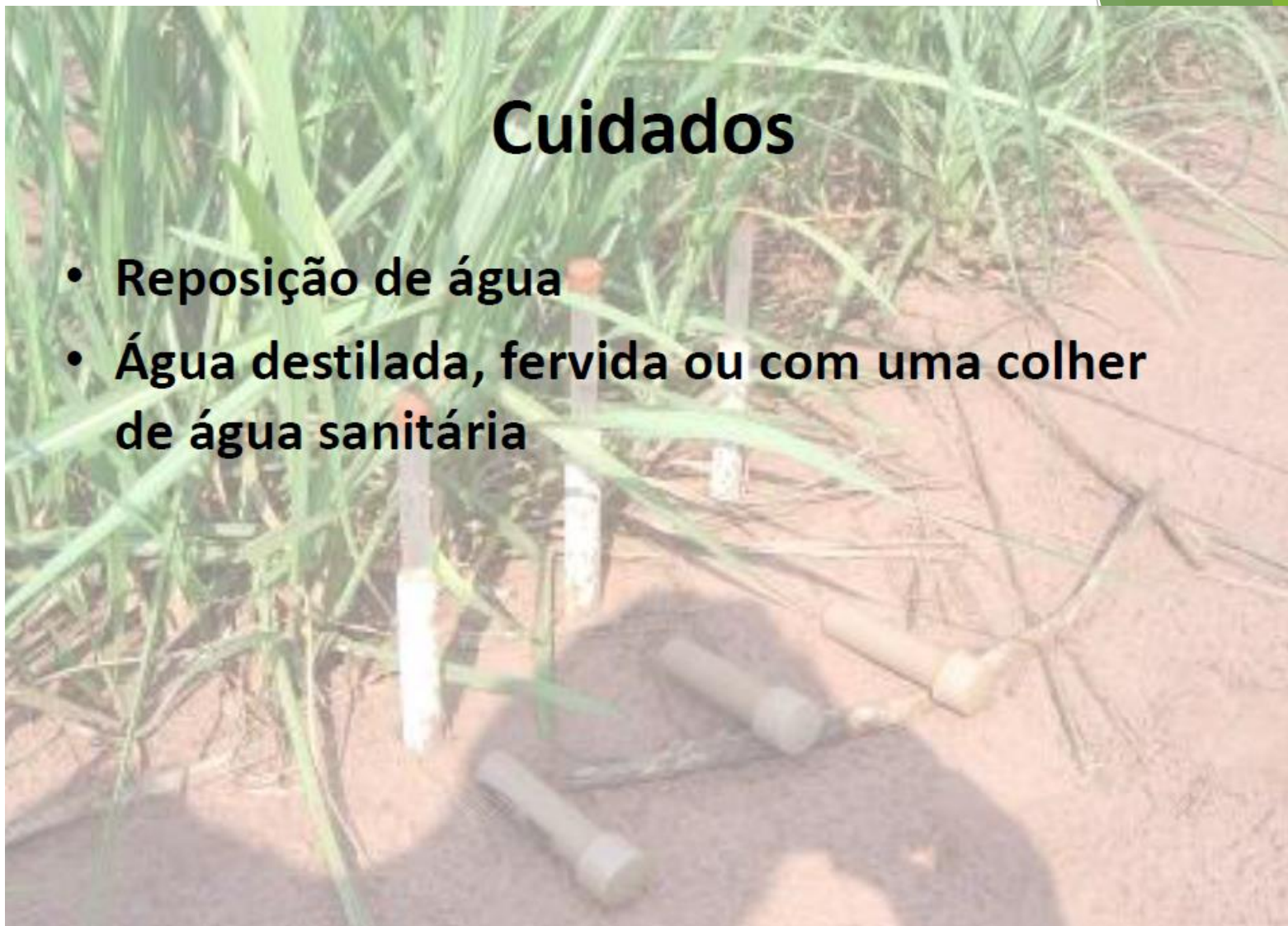
N° de baterias e locais de instalação

- Solo
- Tamanho da área
- Operacional
- Instalação:
 - Saturar cápsula
 - Testar
 - Trado de rosca
 - Teste
 - Instalação: contato solo cápsula

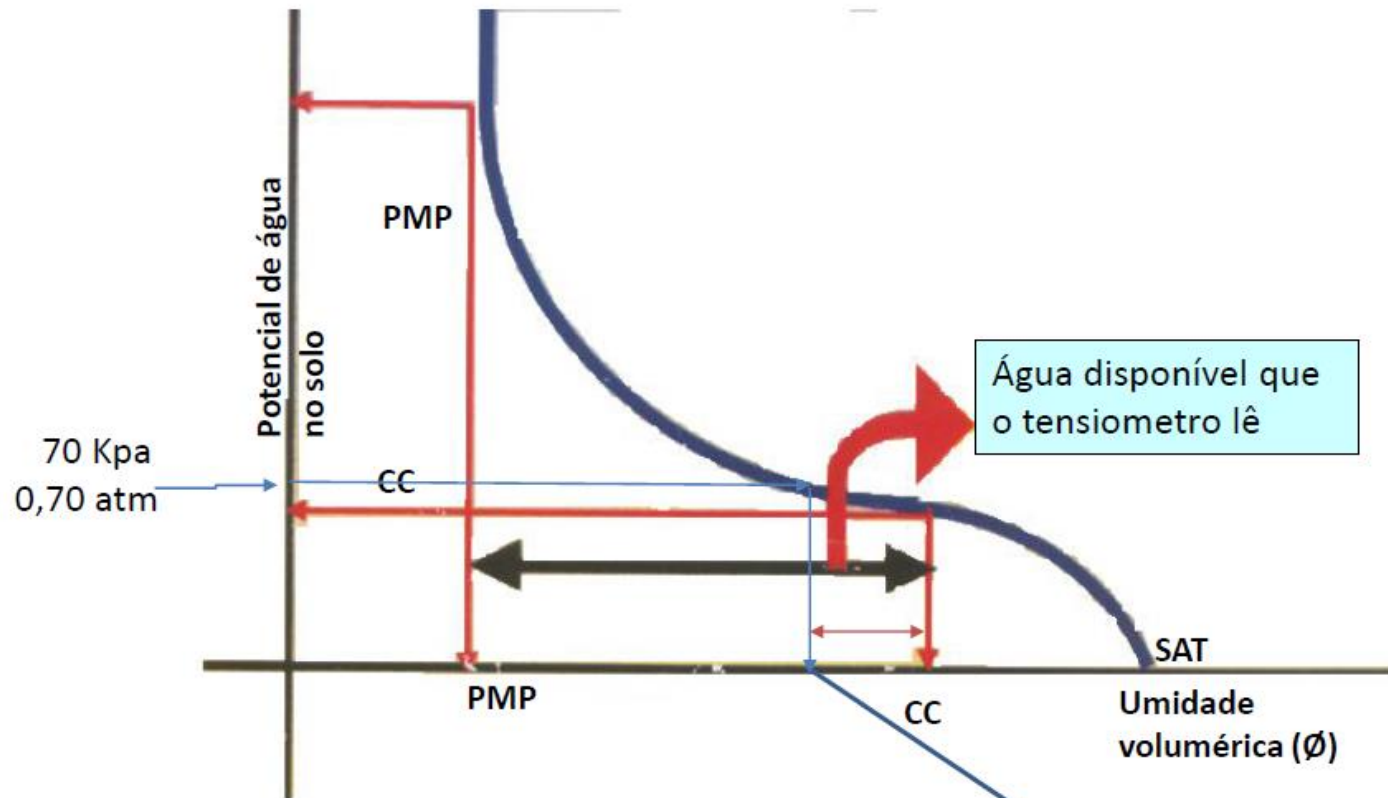


Cuidados

- Reposição de água
- Água destilada, fervida ou com uma colher de água sanitária



Limitações de uso do tensiômetro e blocos



CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Limite
tensiometro

✓ CONTROLE DA IRRIGAÇÃO POR MEDIDAS DO POTENCIAL MÁTRICO DO SOLO

Quando irrigar – Com base no potencial mátrico crítico na profundidade de controle.

Quanto irrigar – Com base na umidade do solo correspondente ao potencial mátrico em cada camada e na umidade à capacidade de campo.

INTERPRETAÇÃO DAS LEITURAS DOS TENSÍÔMETROS

Interpretação geral

- Leituras próximas de 0,8 bar indicam baixo teor de água no solo e leituras menores que 0,1 bar indicam solo saturado.
- Leituras entre 0,1 e 0,3 bar indicam umidades próximas da capacidade de campo.
- Leituras entre 0,3 e 0,8 bar indicam o momento de iniciar a irrigação para a maioria das culturas

Interpretação específica

Potencial mátrico crítico para produtividade máxima

1 bar = 0,987 atm

Culturas	Potencial mátrico crítico (bar)	Culturas	Potencial mátrico crítico (bar)
Repolho	0,30-0,50	Pimenta	0,20-0,40
Ervilha verde	0,20-0,30	Feijão grão	0,50-0,75
Milho verde	0,40-0,60	Soja	0,50-0,80
Milho grão	0,50-0,70	Melão	0,30-0,50
Cebola	0,40-0,60	Citros	0,50-0,70
Batata	0,30-0,50	Uva	0,40-0,60
Alface	0,20-0,30	Banana	0,30-0,50
Tomate	0,10-0,25	Melancia	0,30-0,50
Pimentão	0,30-0,50	Maçã	0,50-0,80



**MÉTODO DA
FRIGIDEIRA**



**MÉTODO DO
ÁLCOOL**



**MÉTODO DO
MICROONDAS**