

LSO 310 - Física do Solo

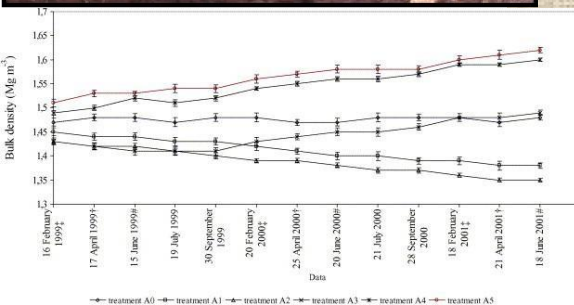


DENSIDADE DO SOLO E DENSIDADE DE PARTÍCULAS

Prof. Rafael Otto

Prof. Miguel Cooper

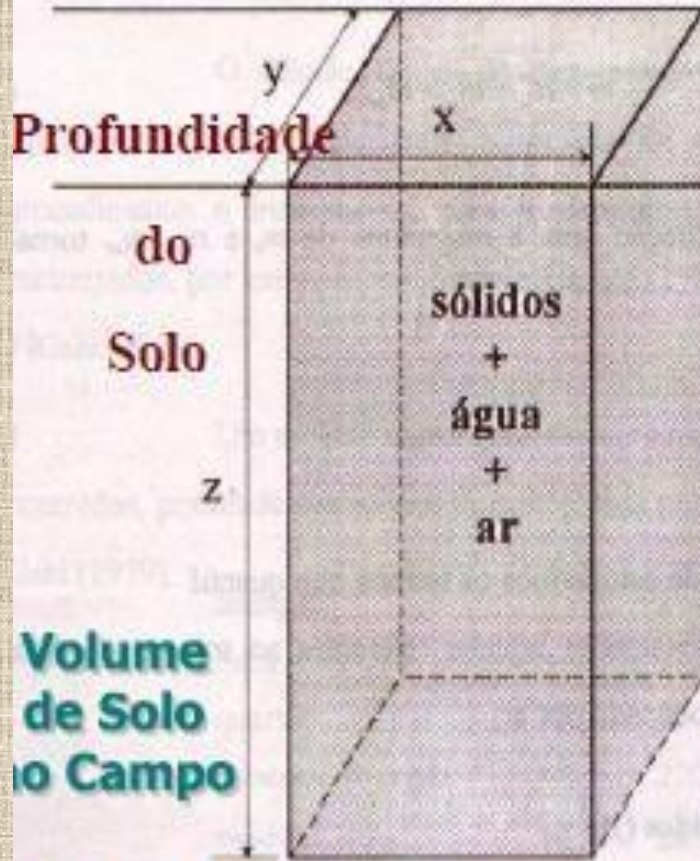
Prof. Jairo Antonio Mazza



RELAÇÃO ENTRE A MASSA SÓLIDA E O VOLUME TOTAL

(VOLUME DOS SÓLIDOS + VOLUME POROSO)

Superfície do solo (xy)



$V = \text{Volume de solo} = xyz$

Dados:

$V_s = \text{Volume de sólidos}$

$V_a = \text{Volume de água (solução)}$

$V_{ar} = \text{Volume de ar}$

$V_p = \text{Volume de poros}$

Então:

$$V = V_s + V_a + V_{ar} \quad (1)$$

$$V_p = V_a + V_{ar}$$

$$V = V_s + V_p$$

DENSIDADE DO SOLO

Definição:

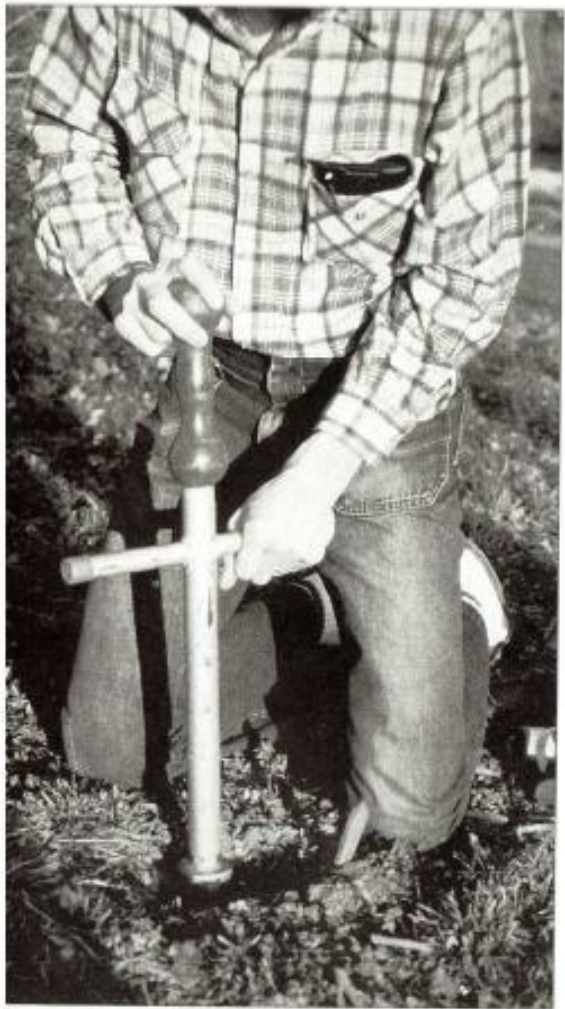
- Relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca a 105°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros.

Densidade do solo ou Densidade global (“bulk” density) é a densidade que inclui o espaço poroso do solo:

$$D_s = \frac{m_s}{V} \rightarrow \text{kg m}^{-3}$$

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO

- O método mais utilizado é o do **anel volumétrico**:
- Usa-se o anel de kopeck, de bordas cortantes
- Capacidade interna conhecida (geralmente 100 cm^3)
- Crava-se o anel na parede do perfil ou na superfície do solo, removendo-o
- Remove-se o excesso de terra com faca cortante, até igualar com ambas as superfícies do anel



(a)



(b)

- Transfere-se o anel para um recipiente apropriado, ainda no campo, para não haver perda de material
- Secagem em estufa a 105 °C por 24 h
- Pesa-se a amostra e calcula-se a densidade do solo

$$D_s = \frac{M}{V}$$

D_s é a densidade do solo, em g cm^{-3}

M é a massa de solo seco

V é o volume da amostra

Observações

- Sob condições de estrutura comparáveis, **quanto mais argiloso o solo, menor sua densidade.**
- Em solos expansivos, ou aqueles em que o volume V varia com o teor de água do solo, como quando as argilas são do tipo 2:1, o valor da densidade do solo deve ser acompanhado do valor da umidade do solo no momento da medida.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- Expressão dos resultados

g cm⁻³ ou

kg m⁻³ (Sistema Internacional)

- Amplitude de variação

- solos argilosos

0,90 a 1,30 g cm⁻³ ou 900 a 1.300 kg m⁻³

- solos arenosos

1,30 a 1,80 g cm⁻³ ou 1.300 a 1.800 kg m⁻³

CONCLUSÃO

De maneira geral, quanto mais elevada a densidade do solo:

- Maior a compactação
- Maior a desagregação da estrutura
- Menor a porosidade total

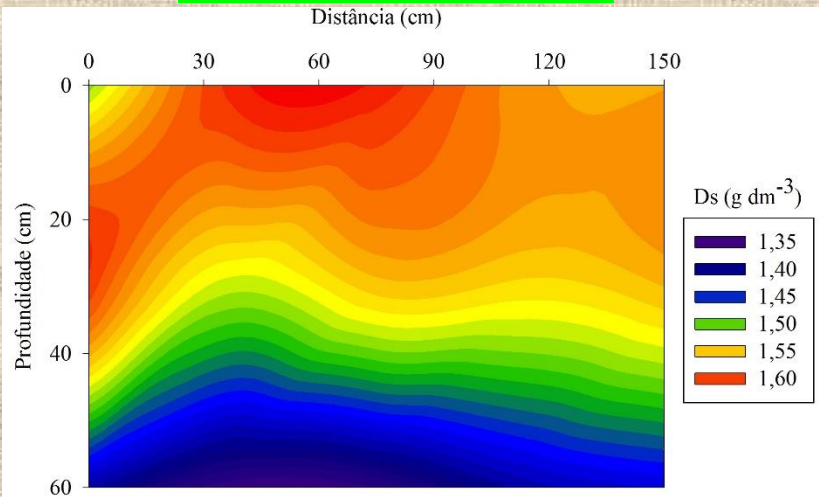
Conseqüentemente:

- Maior a restrição ao desenvolvimento radicular e ao desenvolvimento das plantas.

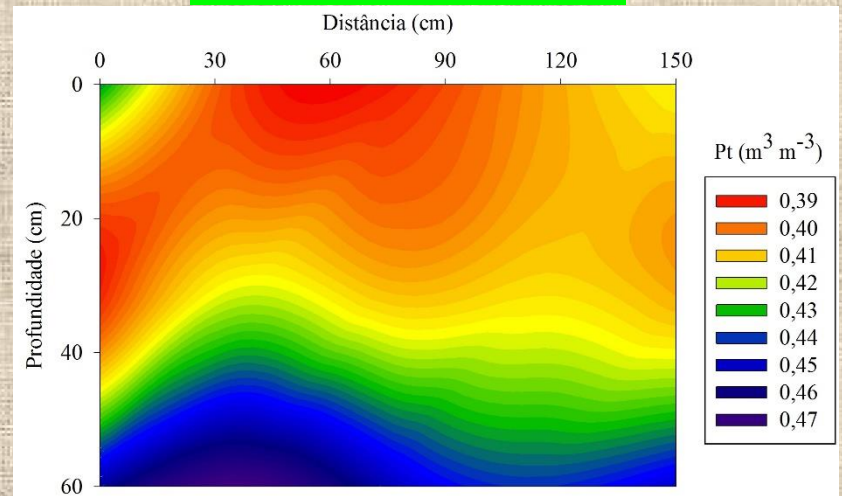
RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DO SOLO, POROSIDADE TOTAL, RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO E MASSA SECA DE RAÍZES DE CANA-DE-AÇÚCAR

(Fonte: Otto et al., 2011)

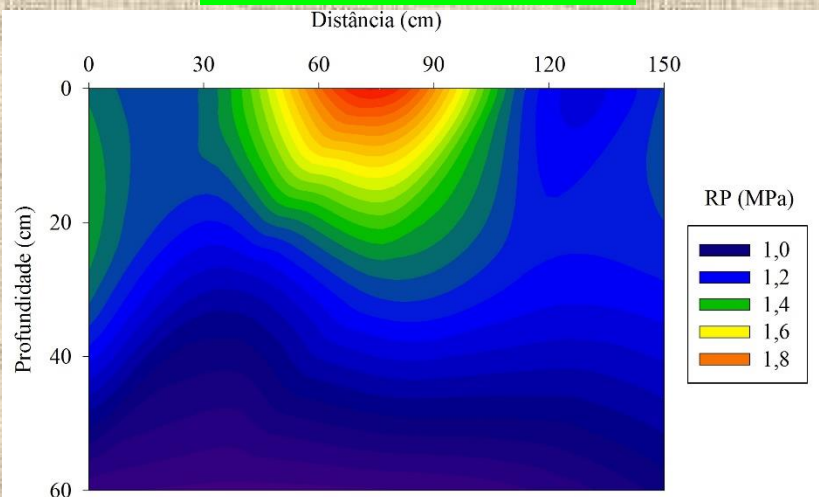
Densidade do solo



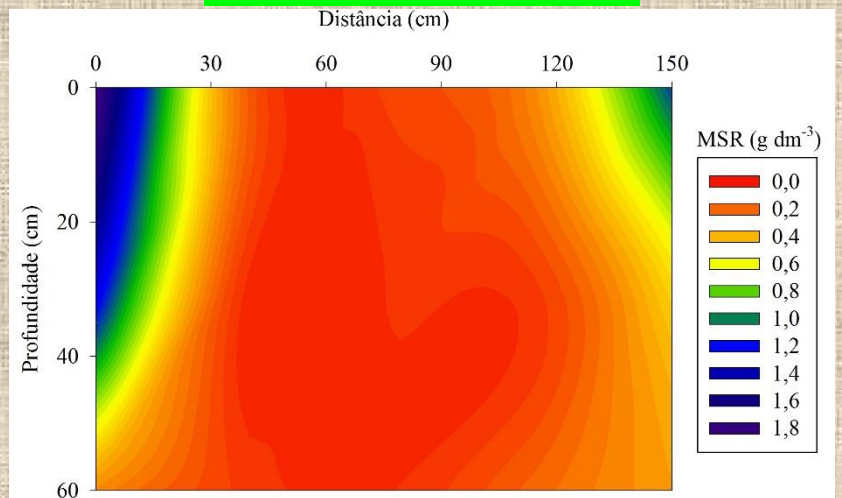
Porosidade total



Resistência à penetração



Massa seca de raízes



DENSIDADE DE PARTÍCULAS

DENSIDADE DE PARTÍCULAS

Definição:

- Relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado por esta fração sólida, sem considerar a porosidade.
- A densidade de partículas de um solo, quer seco ou molhado, é sempre a mesma, desde que se subtraia da massa da amostra o peso da água contida.

Densidade de partículas

$$D_p = \frac{m_s}{V_s} \rightarrow \text{kg m}^{-3}$$

Onde:

D_p , densidade de partículas

M_s , massa de sólidos

V_s , volume de sólidos

DENSIDADE DE PARTÍCULAS

- Normalmente varia de 2,3 a 2,9 g cm⁻³
- Para efeito de cálculos pode-se considerar 2,65 g cm⁻³

- Densidade de alguns minerais comuns em solos:

– Feldspatos	2500-2600 kg.m ⁻³
– Mica	2700-3000 kg.m ⁻³
– Quartzo	2500-2800 kg.m ⁻³
– Minerais de argila	2200-2600 kg.m ⁻³

Média

$\rho_s = 2650 \text{ kg.m}^{-3}$

← *valor comum de ρ_s em solos minerais!*

A densidade da matéria orgânica varia entre 1300 a 1500 kg.m⁻³.

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO

- É necessário obter a massa de sólidos e depois o volume dos sólidos. A massa é obtida por simples pesagem em balança analítica, após secagem em estufa (105 °C durante 24h).
- O volume pode ser obtido pelo método do balão volumétrico, o qual é considerado o mais preciso dentre os métodos existentes.

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO

- Em laboratório, a determinação da **densidade de partículas** nada mais é do que a medida do volume de líquido deslocado por uma massa conhecida de partículas sólidas.
- Os líquidos usualmente empregados são água e álcool etílico (preferencialmente este último, por apresentar menor viscosidade).

RELAÇÃO ENTRE D_p , D_s e porosidade total

Considere que um solo argiloso tem $D_s = 1,25 \text{ g cm}^{-3}$ e um solo arenoso tem $D_s = 1,70 \text{ g cm}^{-3}$ e que ambos tem $D_p = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$. Para calcular o espaço poroso (porosidade total), utiliza-se a fórmula a seguir:

$$\text{Porosidade total} = 100 - \left\{ \frac{\text{Densidade do solo}}{\text{Densidade de partícula}} \right\} \times 100$$

RELAÇÃO ENTRE D_p , D_s e porosidade total

Considere que um solo argiloso tem $D_s = 1,25 \text{ g cm}^{-3}$ e um solo arenoso tem $D_s = 1,70 \text{ g cm}^{-3}$ e que ambos tem $D_p = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$. Agora calcule o espaço poroso.

Solo argiloso: $100 - (1,25 \text{ g cm}^{-3} / 2,65 \text{ g cm}^{-3}) \times 100$

→ **53% espaço poroso (macro e microporosidade)**

→ 47% do Volume preenchido por partículas sólidas

Solo arenoso: $100 - (1,70 \text{ g cm}^{-3} / 2,65 \text{ g cm}^{-3}) \times 100$

→ **36% espaço poroso (macro e microporosidade)**

→ 64% do Volume preenchido por partículas sólidas

IMPORTÂNCIA DA DENSIDADE DO SOLO

Influencia diversos processos do solo:

- Textura e agregação
- Velocidade de infiltração da água e erosão
- Macroporosidade e desenvolvimento de raízes
- Consistência do solo (seco, úmido e molhado) e compactação
- Desenvolvimento radicular
- Técnicas de manejo e produtividade agrícola



Solo uniformemente argiloso



Perfil uniforme de textura média

Solos de Textura e Agregação Variáveis no Perfil



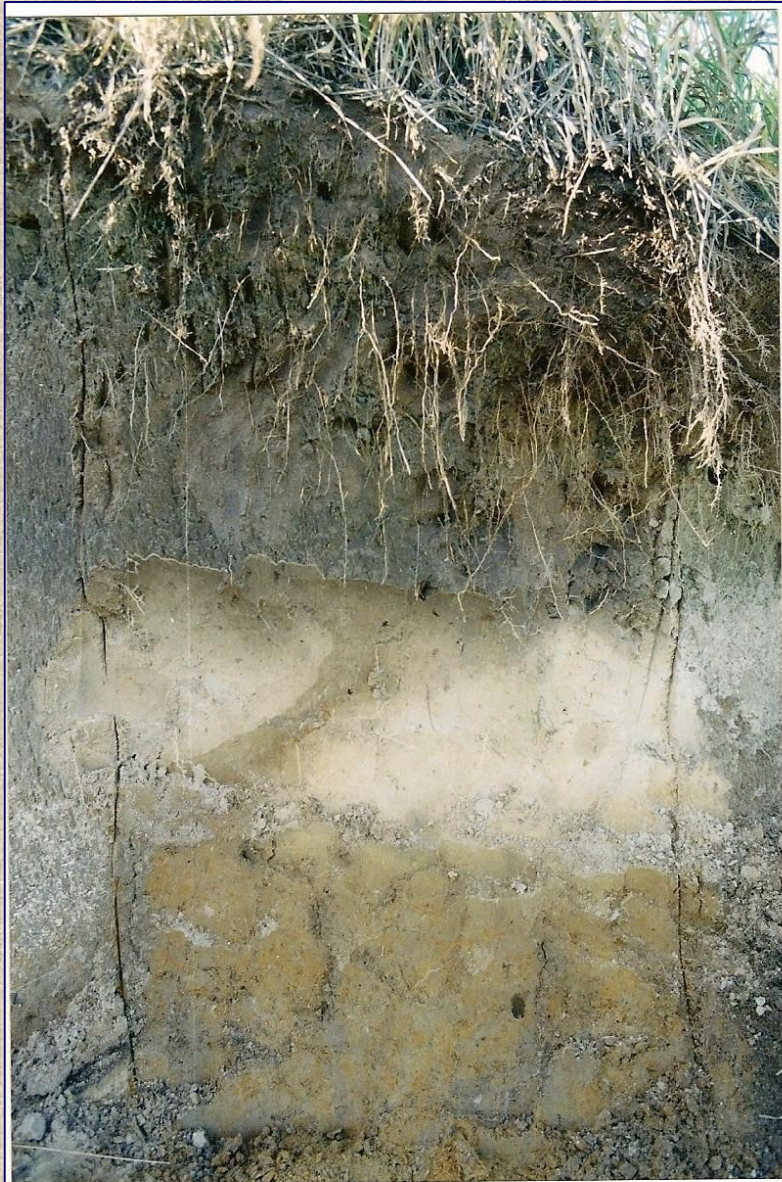
Bpl

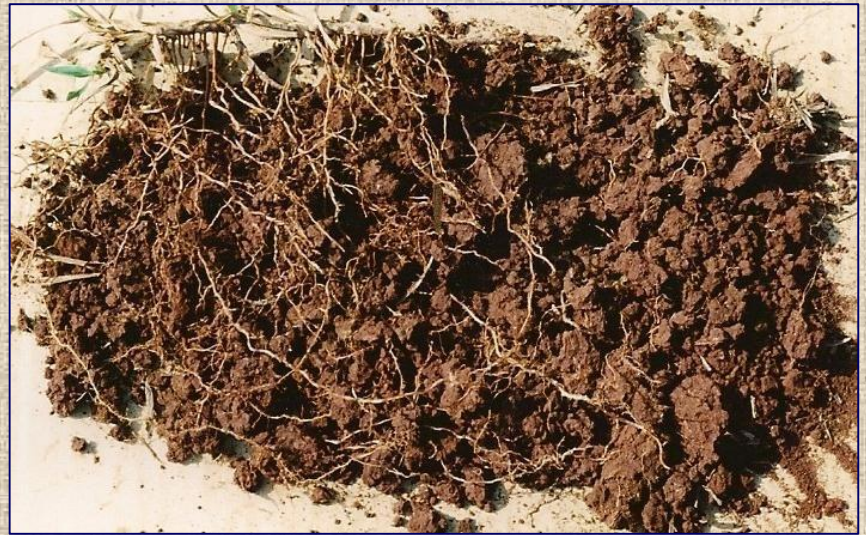


Bni

Densidades Variáveis









Solo argiloso
 $D_s = 1,5 \text{ g cm}^{-3}$





Alta densidade

Taxa de infiltração

5 a 7 mm / hora



15 / 28% de argila



Baixa densidade

Taxa de infiltração

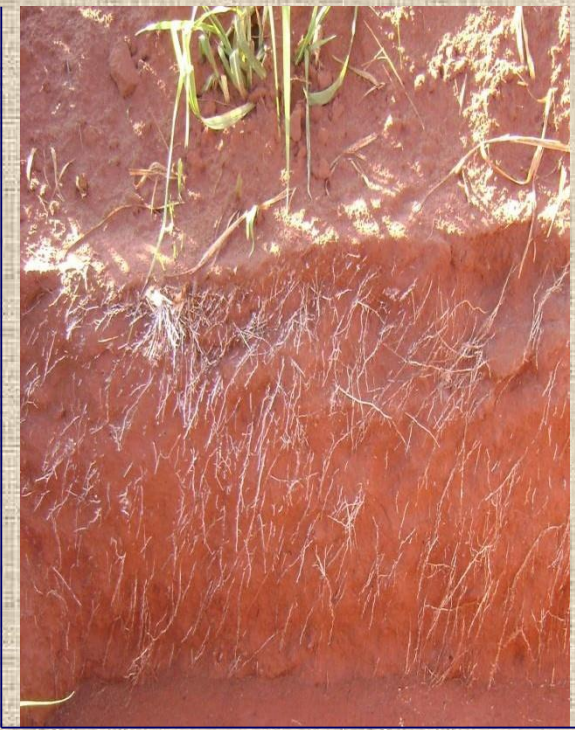
80 a 100 mm / hora







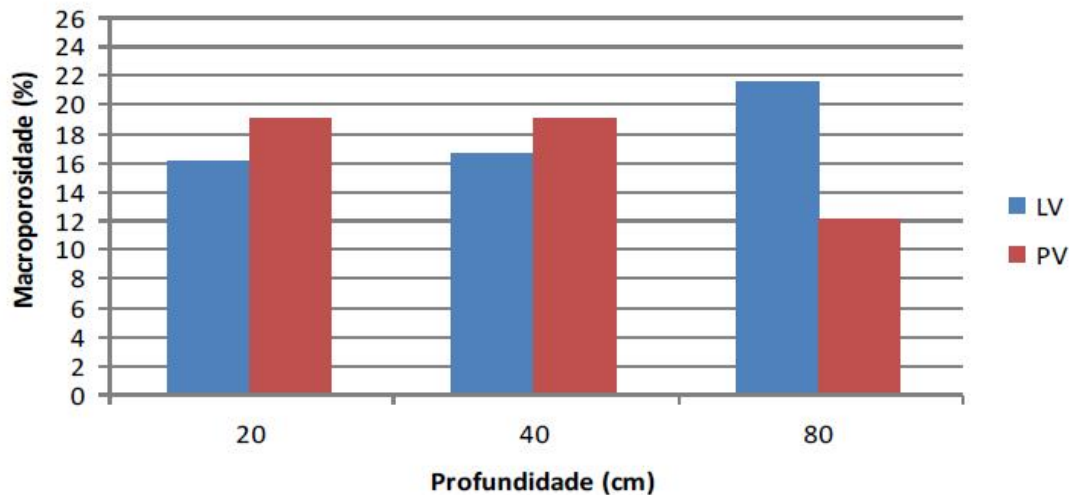
**Latossolo
vermelho
(LV)**



**Argissolo
Vermelho
(PV)**

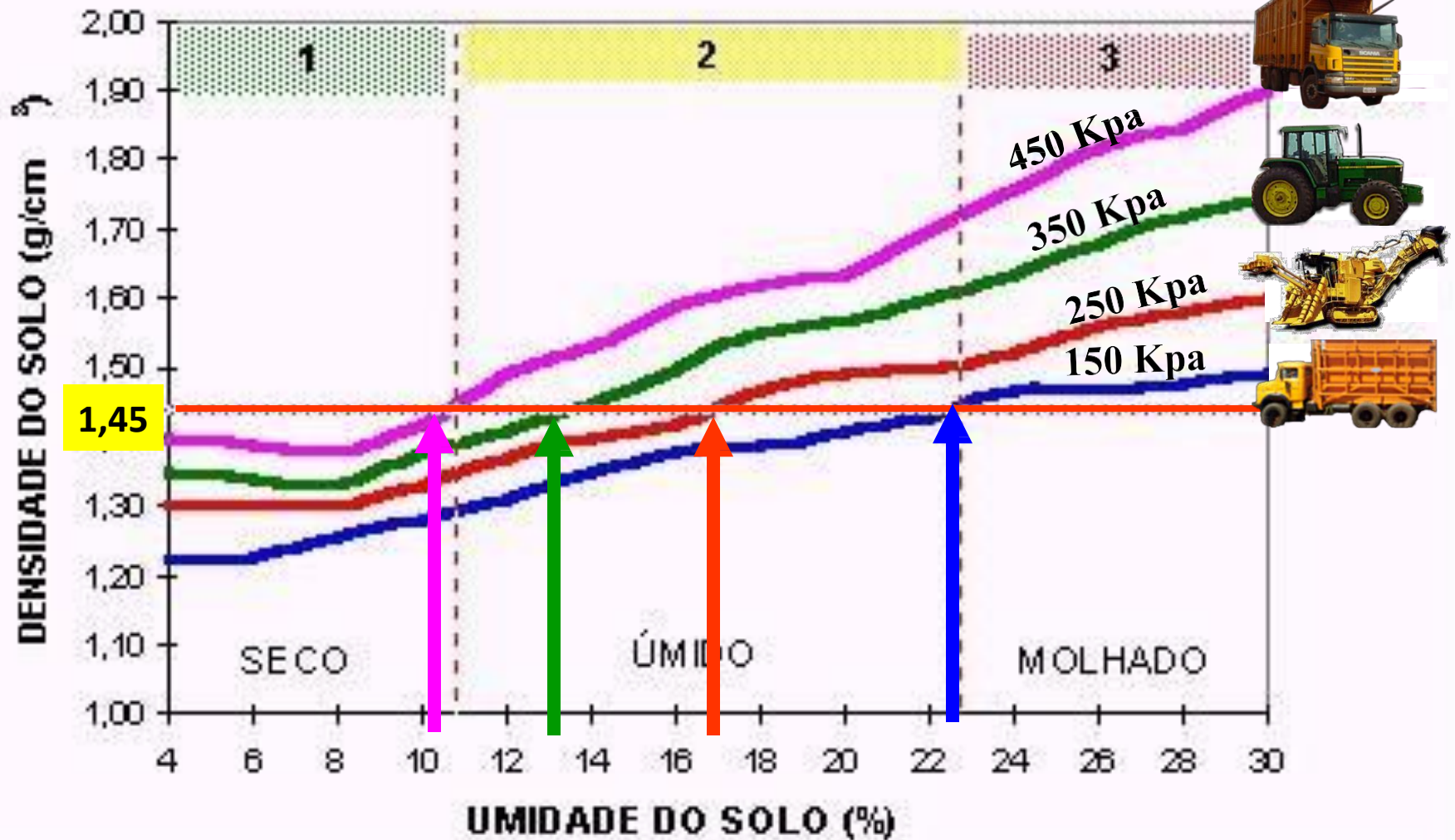


LV x PV Macroporosidade (%)



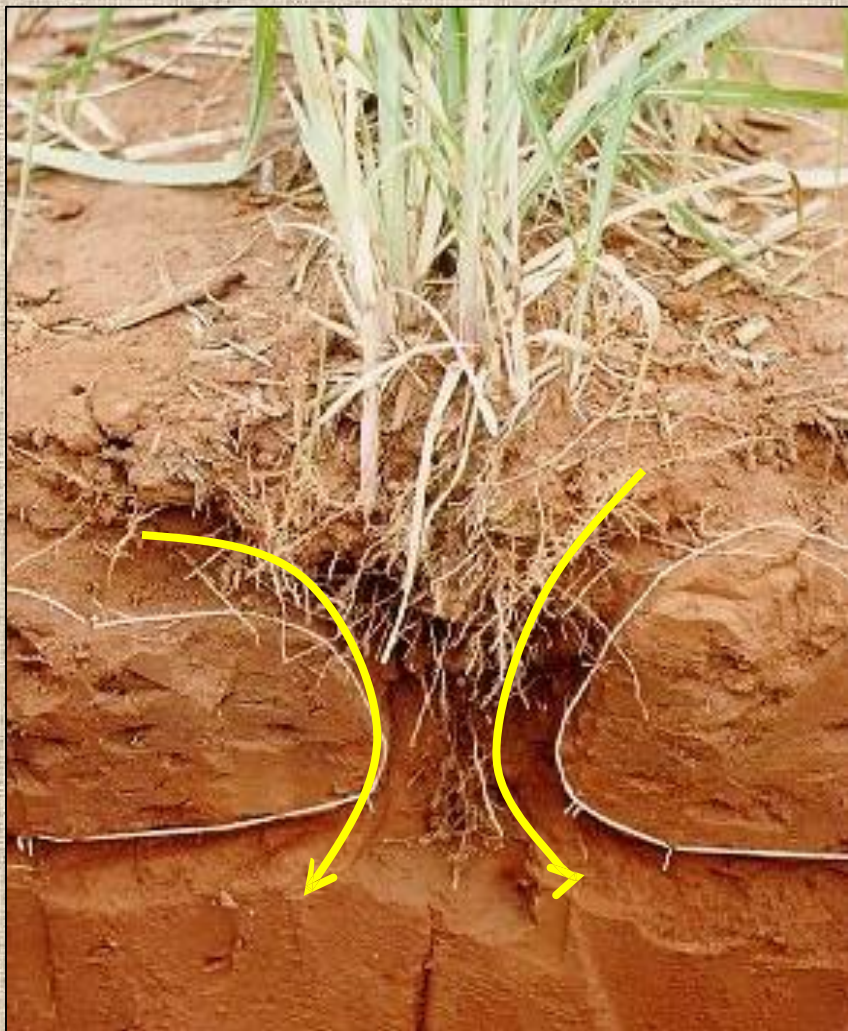
EFEITO DA UMIDADE NA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Tráfego após 24 horas



As raízes das soqueiras de cana-de-açúcar no perfil do solo

Raízes confinadas



CRESCIMENTO DE RAÍZES

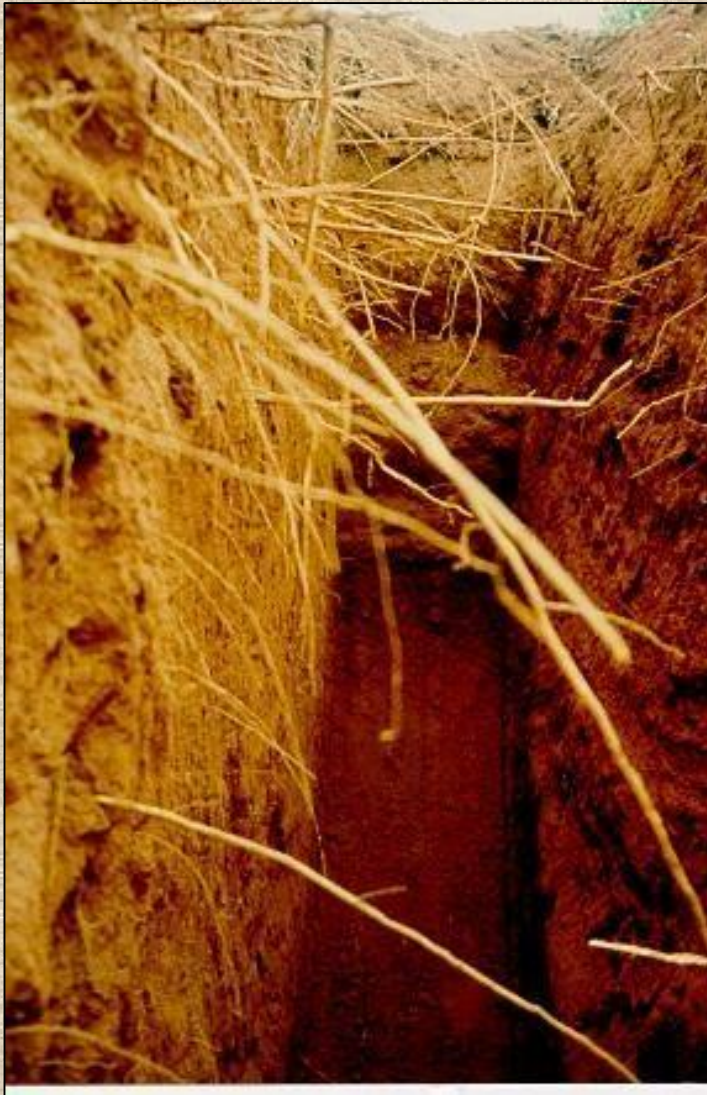
Densidade do solo (g/cm ³)	Crescimento das raízes (mm/dia)
1,04	20,0
1,12	17,3
1,20	16,5
1,28	13,5
1,36	7,5
1,44	1,7

Fonte: Claret – IDEA NEWS (2002)

Efeito da umidade na compactação do solo e na produtividade da soqueira de cana-de-açúcar



Fonte: Usina Santa Adélia – Claret e Gilberto



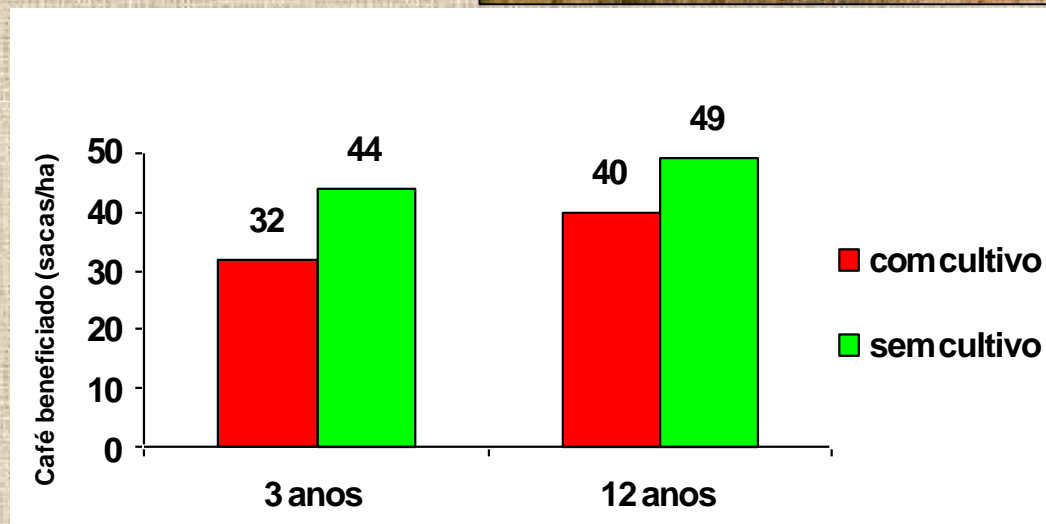
Sistema radicular da cultura cítrica em perfil de PVL, sem compactação



Sistema radicular da cultura cítrica em perfil de PVL, com compactação



Cafezais com três anos de idade: à esquerda, sob o sistema de preparo prévio sem pós-movimentação, mostrando melhor coloração, enfolhamento e produtividade (encoberta pelas folhas); à direita, manejado sem preparo prévio com cultivo mecânico pós-instalação da cultura





Desenvolvimento de vegetação na entrelinha (acima) e sistema radicular uniformemente distribuído no perfil do solo (abaixo) até 130 cm no sistema com preparo prévio

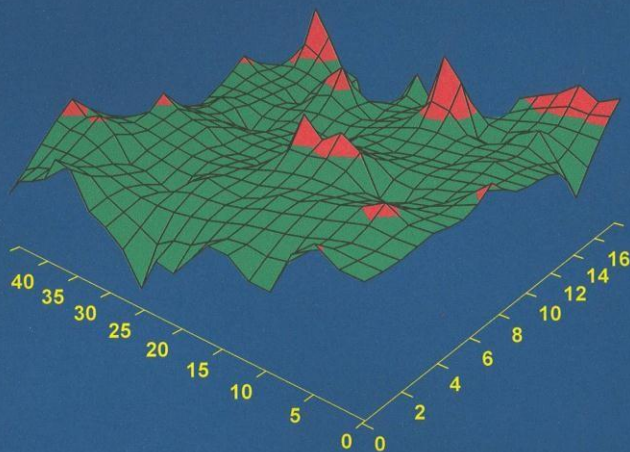
Sistema de manejo com cultivo mecânico pós-instalação mostrando o solo descoberto (acima) e ausência de raízes no perfil (abaixo)

Resistência à Penetração (MPa)

2.00+

0.00 to 2.00

Pasto Rotativo



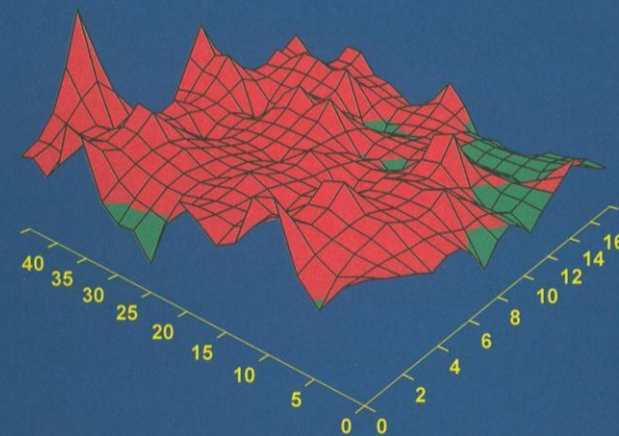
Fonte: Silva, A.P, Tormena, C.A., Mazza, J.A.
Manejo Físico de Solos sob Pastagem
Fundamentos do Pastejo Rotacionado - FEALQ - 1997

Resistência à penetração (MPa)

2.00+

0.00 to 2.00

Pasto extensivo



Fonte: Silva, A.P, Tormena, C.A., Mazza, J.A.
Manejo Físico de Solos sob Pastagem
Fundamentos do Pastejo Rotacionado - FEALQ - 1997