

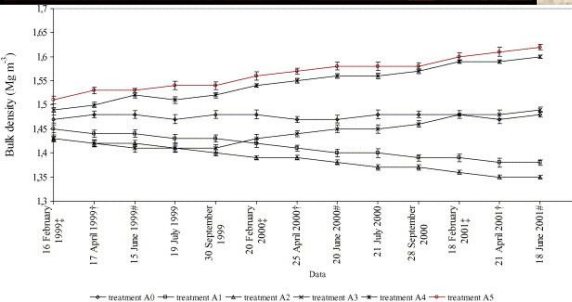
# LSO 310 - Física do Solo



## DENSIDADE DO SOLO E DENSIDADE DE PARTÍCULAS

Prof. Miguel Cooper

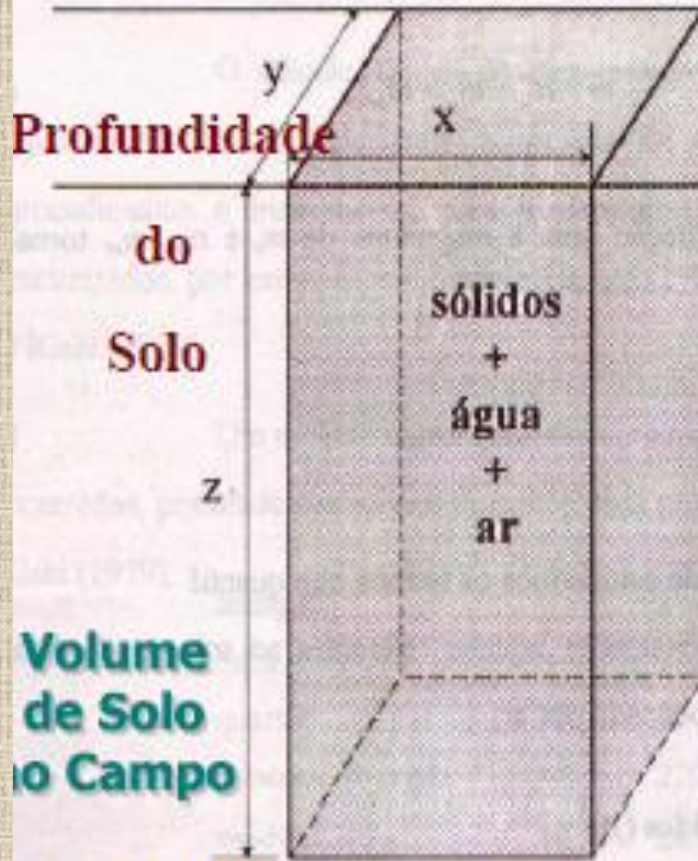
Prof. Jairo Antonio Mazza



**RELAÇÃO ENTRE A MASSA SÓLIDA  
E O VOLUME TOTAL**

**(VOLUME DOS SÓLIDOS + VOLUME POROSO)**

## Superfície do solo (xy)



*Dados:*

$V_s$  = Volume de sólidos

$V_a$  = Volume de água (solução)

$V_{ar}$  = Volume de ar

$V_p$  = Volume de poros

*Então:*

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

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

$$V = V_s + V_p$$

$V$  = Volume de solo =  $xyz$

# **DENSIDADE DO SOLO**

Densidade do Solo ou Global (“*Bulk*” density) ( $\rho$ ), é a densidade que inclui o espaço poroso do solo.

$$\rho = \frac{\overline{M_s}}{V} \text{ (kg.m}^{-3}\text{)} \quad (5)$$

A **densidade do solo** é definida como sendo a 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.

# MÉTODO DE DETERMINAÇÃO

- O método mais utilizado é o do **anel volumétrico**:

Usa-se o anel de kopeck, de bordas cortantes e capacidade interna conhecida, geralmente 100 cm<sup>3</sup>; crava-se o anel na parede do perfil ou na superfície do solo, removendo-o; a seguir remove-se o excesso de terra, a qual será desbastada com auxílio de uma 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; secando em estufa e pesando-se a amostra, calcula-se então a densidade do solo, onde:

$$D_s = M/V$$

$D_s$  é a densidade do solo;

$M$  é a massa da amostra;

$V$  é o volume da amostra.



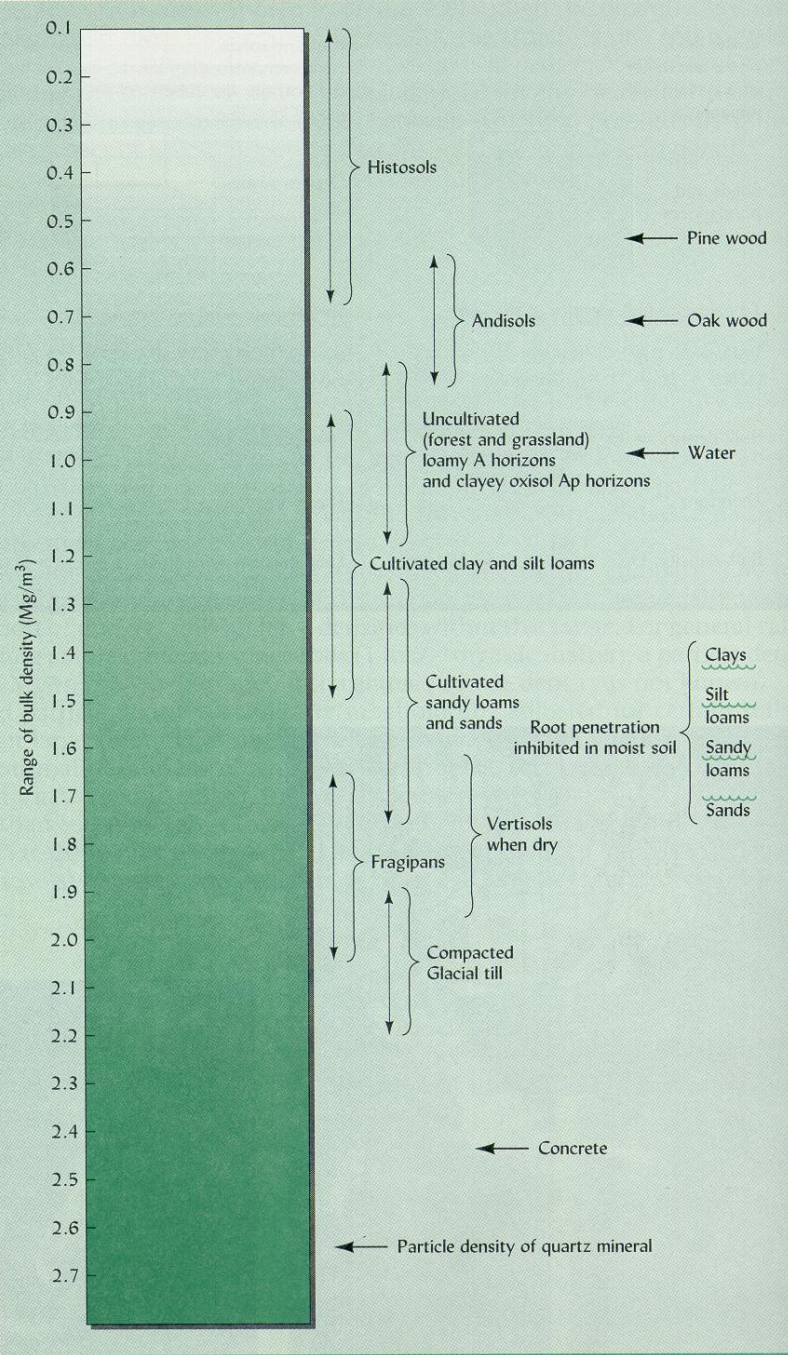
# Observações

- 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 2:2, o valor da densidade do solo deve ser acompanhado do valor da umidade do solo no momento da medida.

# INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

As densidades dos solos são expressas em gramas por centímetros cúbicos ou kilogramas por metro cúbico e as amplitudes de variação situam-se dentro dos seguintes limites:

- solos argilosos, de 0,90 a 1,25 g/cm<sup>3</sup>
- solos arenosos, de 1,25 a 1,60 g/cm<sup>3</sup>
- solos húmicos, de 0,75 a 1,00 g/cm<sup>3</sup>
- solos turfosos, de 0,20 a 0,50 g/cm<sup>3</sup>



# Densidade do Solo

FIGURE 4.15 Bulk densities typical of a variety of soils and soil materials.

## CONCLUSÃO

De maneira geral, pode-se afirmar que, quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será sua compactação e a estrutura degradada, menor sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento do sistema radicular e desenvolvimento das plantas.

# Importância da Densidade do Solo

A determinação da densidade dos horizontes de um perfil de solo permite avaliar certas propriedades, como:

- drenagem
- porosidade
- condutividade hidráulica
- permeabilidade ao ar e à água
- capacidade de saturação
- armazenamento de água e água disponível

# Importância da Densidade do Solo

Recomenda-se solos pouco densos para culturas produtoras de tubérculos, a exemplo da mandioca e da batata.

A densidade restritiva ao desenvolvimento radicular não é a mesma para todos os solos.

A densidade do solo também pode interferir na germinação de sementes.

Pode interferir na concentração de proteínas e açúcares presentes nos frutos.

# **DENSIDADE DE PARTÍCULAS**

# DENSIDADE DE PARTÍCULAS

A densidade de partículas refere-se apenas à fração sólida de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. Por definição, entende-se como densidade das partículas a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado por esta fração sólida.

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 dos Sólidos ou das Partículas ( $\rho_s$ )

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \rightarrow (\text{kg.m}^{-3}) \quad (4)$$

## DENSIDADE DAS PARTÍCULAS

Nos solos, seus valores variam, em média, entre os limites de 2,3 e 2,9 g.cm<sup>-3</sup>. Como valor médio, para efeito de cálculos pode-se considerar a densidade de partículas como sendo de 2,65 g.cm<sup>-3</sup>.

Isto porque os constituintes minerais predominantes nos solos são o quartzo, os feldspatos e os silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades de partículas estão em torno de 2,65 g.cm<sup>-3</sup>.

- Densidade de alguns minerais comuns em solos:

– Feldspatos  $2500-2600 \text{ kg.m}^{-3}$

– Mica  $2700-3000 \text{ kg.m}^{-3}$

– Quartzo  $2500-2800 \text{ kg.m}^{-3}$

– Minerais de argila  $2200-2600 \text{ kg.m}^{-3}$

---

Média

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

← *valor comum de  $\rho_s$  em solos minerais!*

A densidade da matéria orgânica varia entre  $1300$  a  $1500 \text{ kg.m}^{-3}$ .

# MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO

Na determinação da densidade das partículas do solo é necessário obter o valor da massa da amostra e depois o volume dos sólidos presentes. A massa é obtida por simples pesagem em balança analítica.

Quanto ao 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).

## **Relações entre a densidade do solo e:**

- **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**

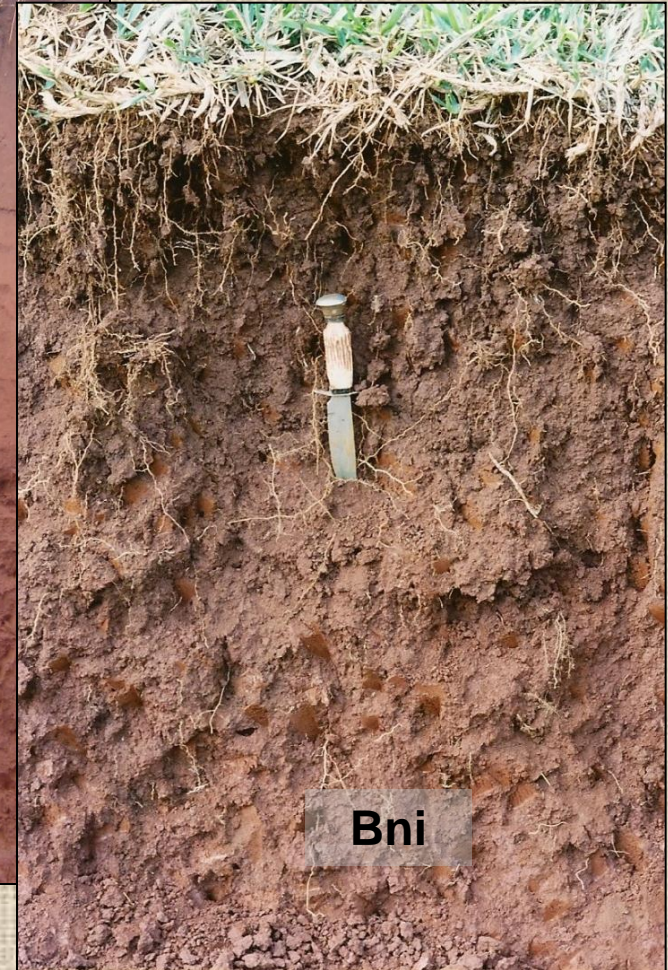
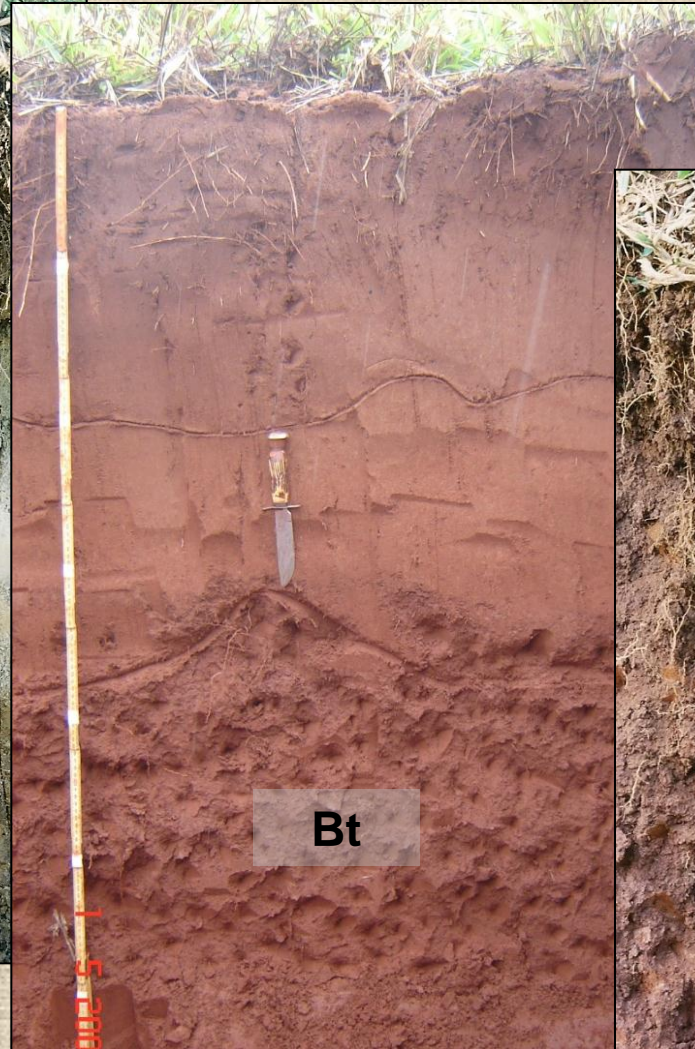
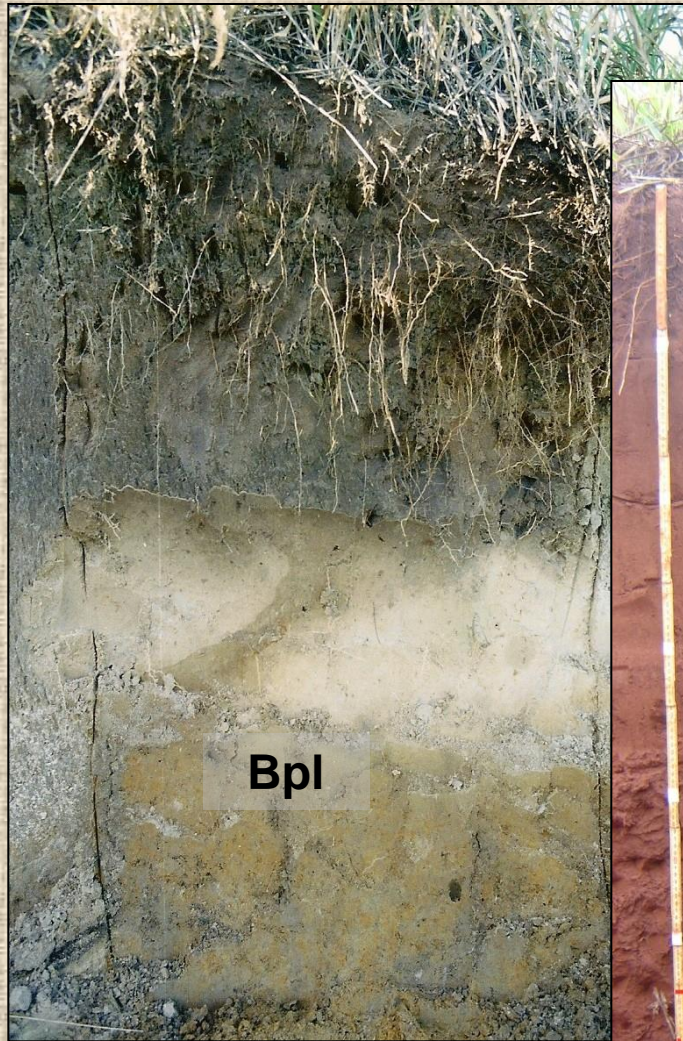


**Solo uniformemente argiloso**



**Perfil uniforme de textura média**

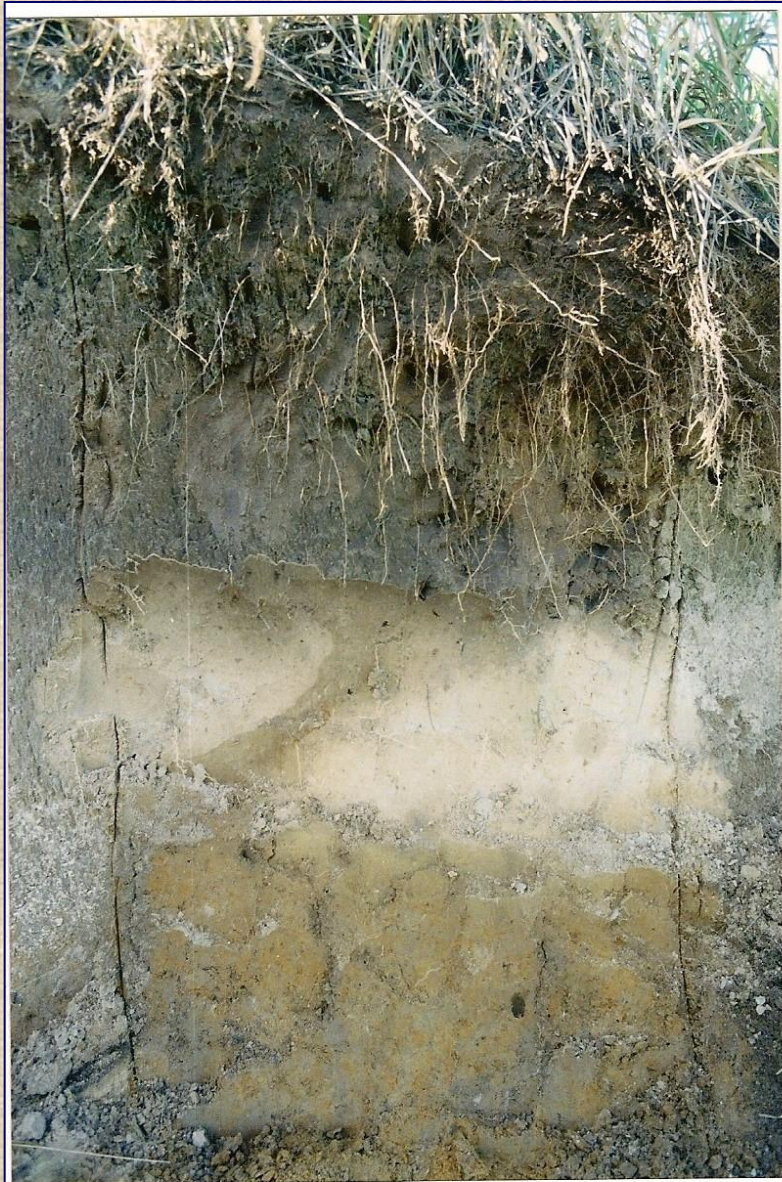
# Solos de Textura e Agregação Variáveis no Perfil

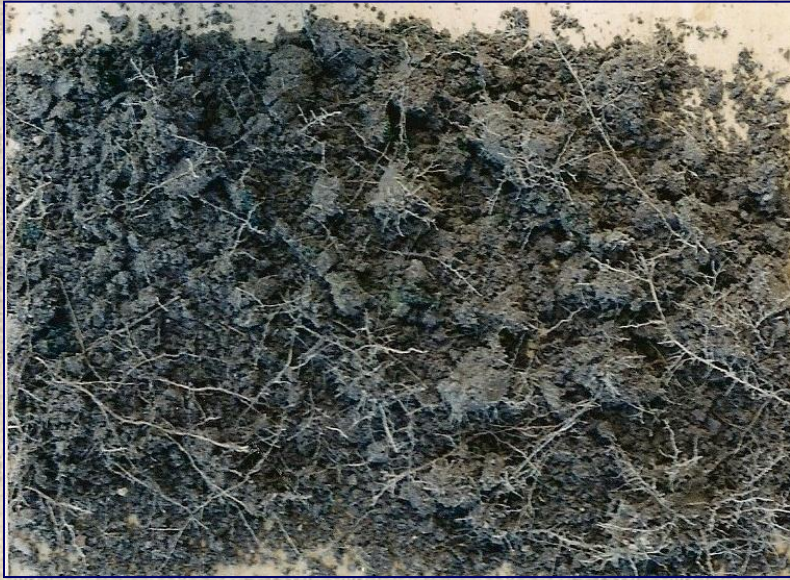


**Densidades Variáveis**





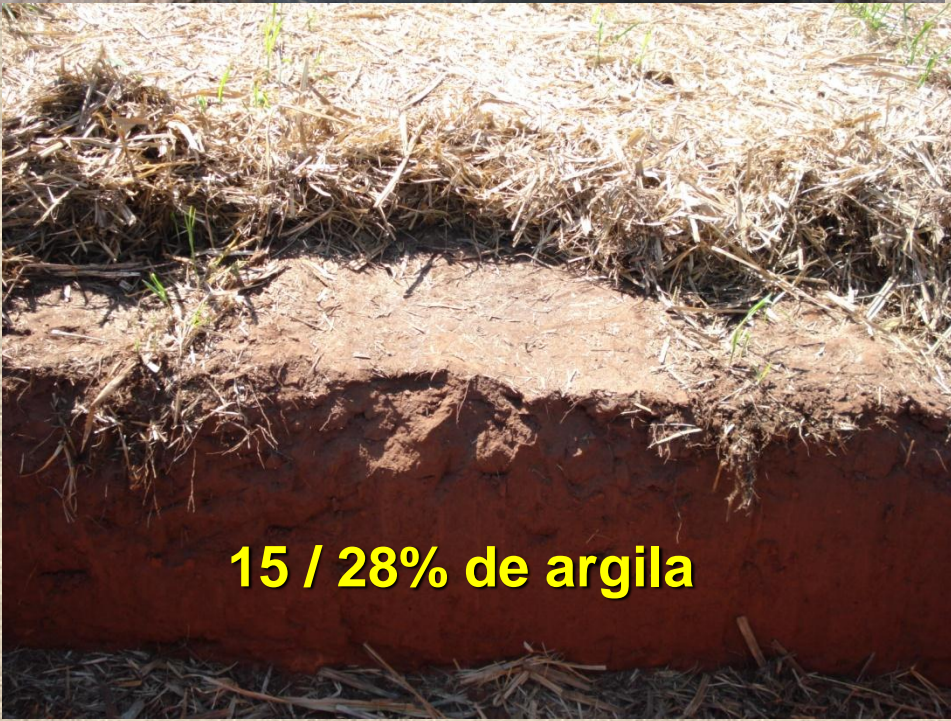








**Alta densidade**  
**Taxa de infiltração**  
**5 a 7 mm / hora**



**15 / 28% de argila**



**Baixa densidade**  
**Taxa de infiltração**  
**80 a 100 mm / hora**









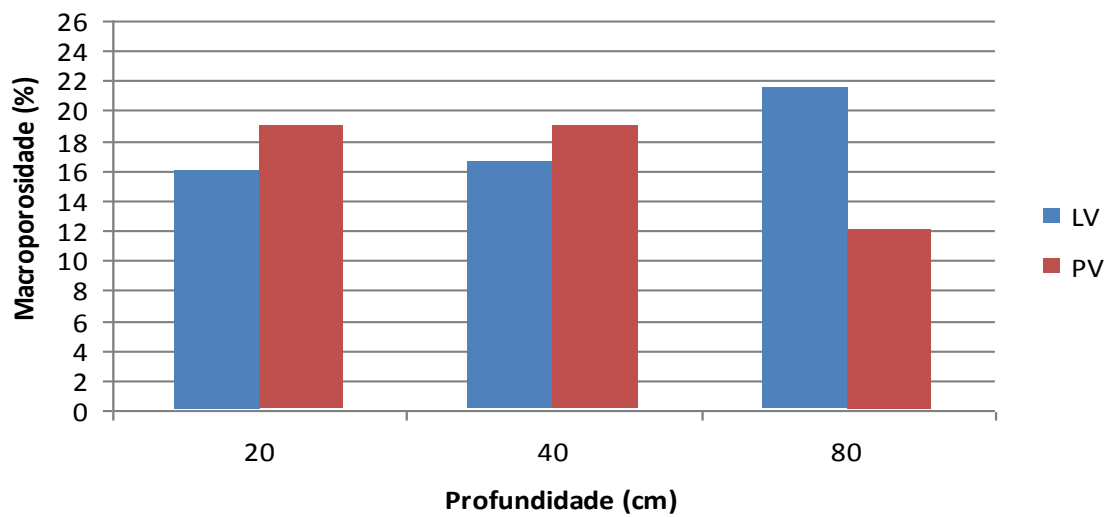
**PV**



**LV**

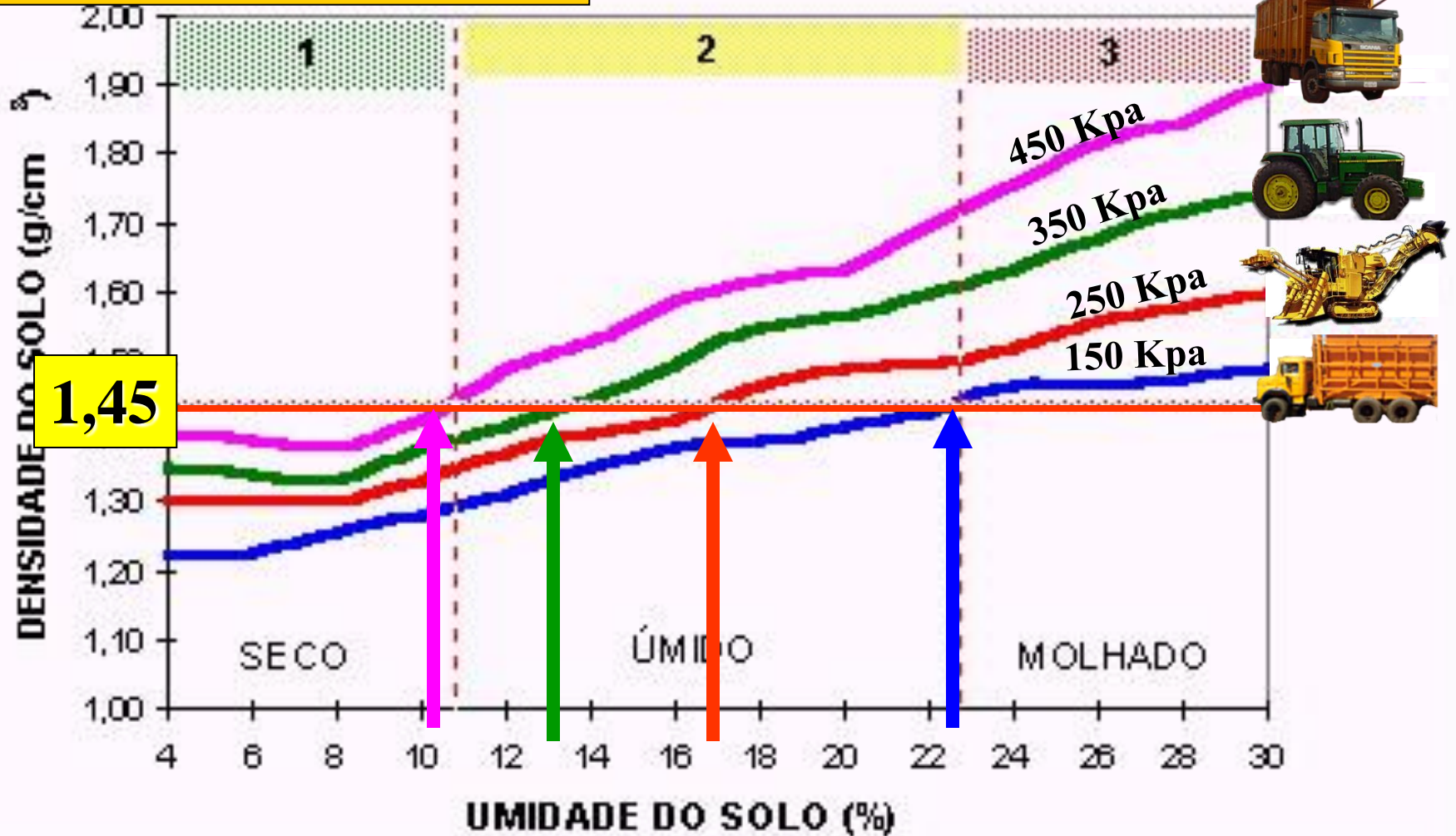


**LV x PV    Macroporosidade (%)**



# Efeito da umidade na compactação do solo

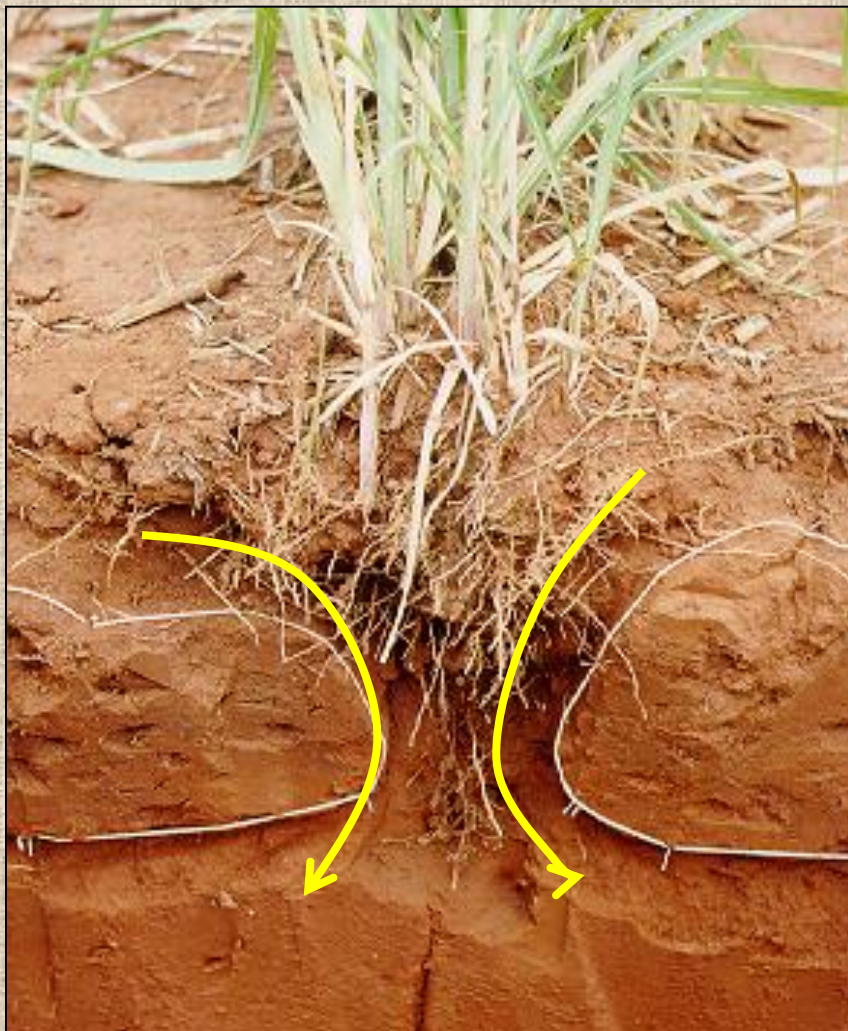
Tráfego após 24 horas



1,45

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

## Raízes confinadas

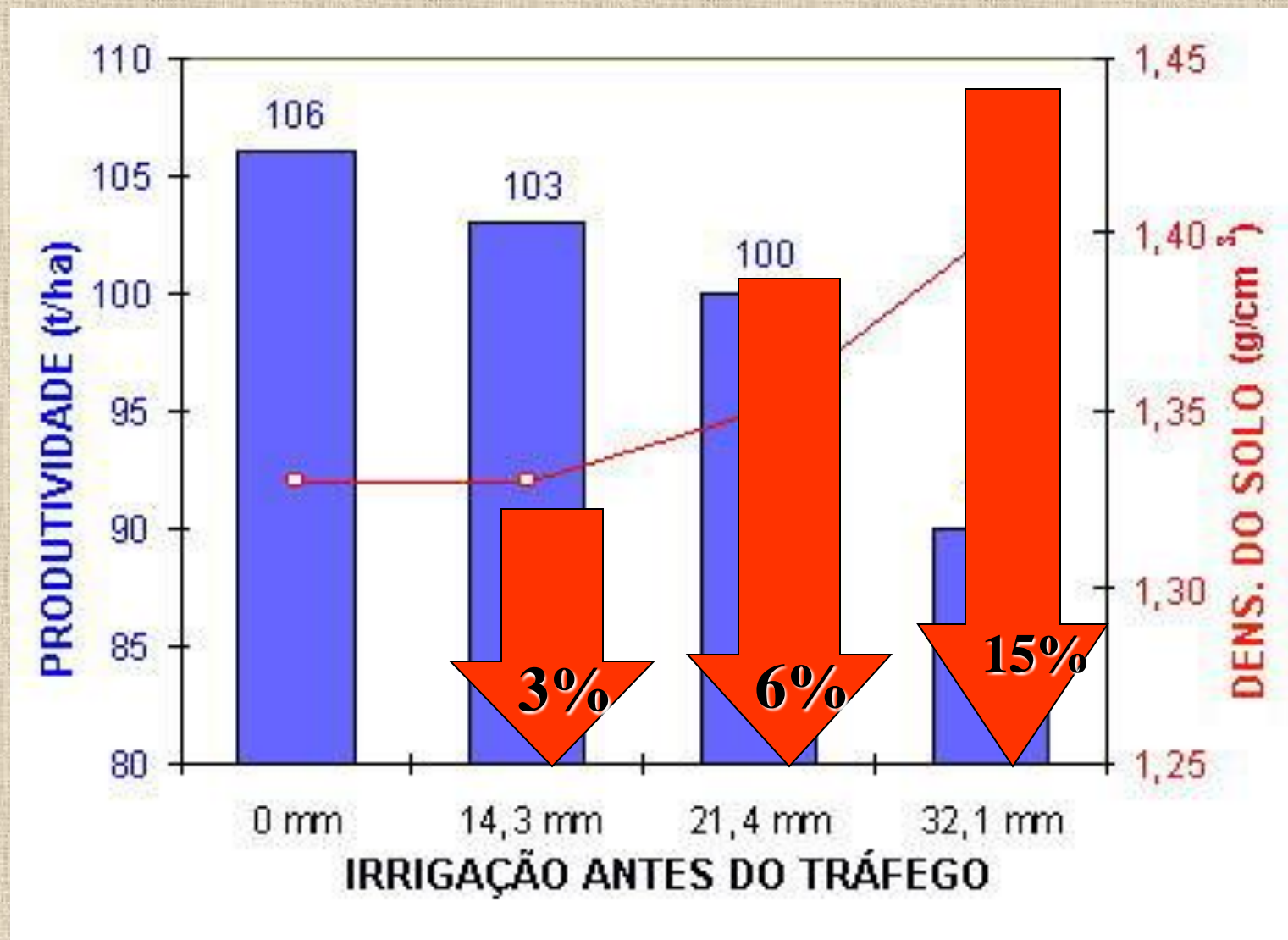


## CRESCIMENTO DE RAÍZES

Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	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

# Efeito da Compactação na Densidade do Solo, na Macroporosidade, Porosidade Total e na Água Retida

Discriminação da Amostragem	Argila (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Porosidade (%)		
		Solo	Partículas	Macro	Micro	Total
Ap(00-25) Linha	29	1,39	2,44	32	27	59
Ap(00-25) Entrelinha	29	1,80	2,47	10	29	39
Bt(25-53)Entrelinha	37	1,70	2,56	18	40	58
Bw(53-95)Entrelinha	39	1,37	2,60	26	30	56

Discriminação da Amostragem	----- Retenção de Água (% Volume) - atm -----					
	0,01	0,05	0,1	0,3	1,0	15,0
Ap(00-25) Linha	47	25	14	10	4	3
Ap(00-25) Entrelinha	32	27	14	11	5	4
Bt(25-53)Entrelinha	37	27	17	12	7	5
Bw(53-95)Entrelinha	48	29	12	8	4	3

*Fonte: Mazza (1994)*



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



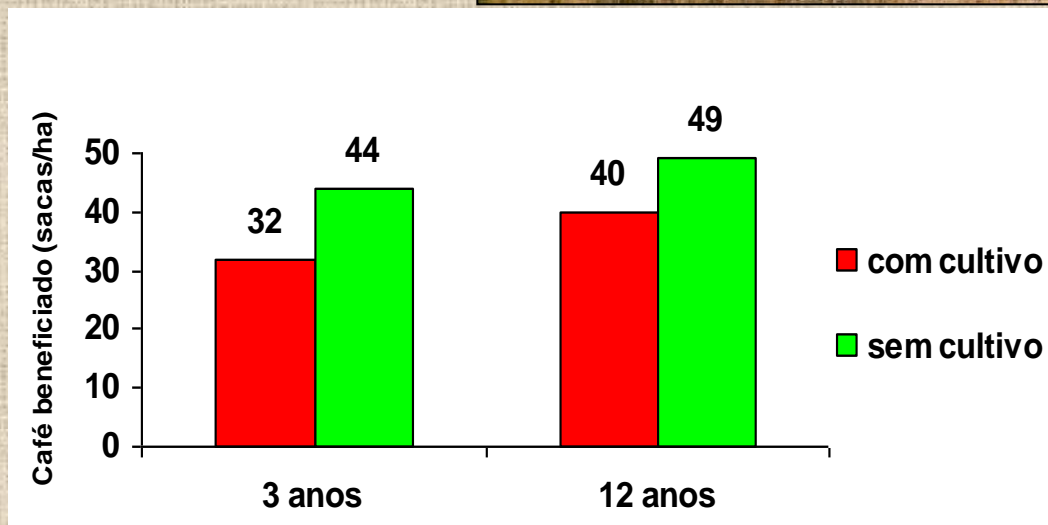
**Sistema radicular da cultura cítrica em perfil de PVL, com compactação**







**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**

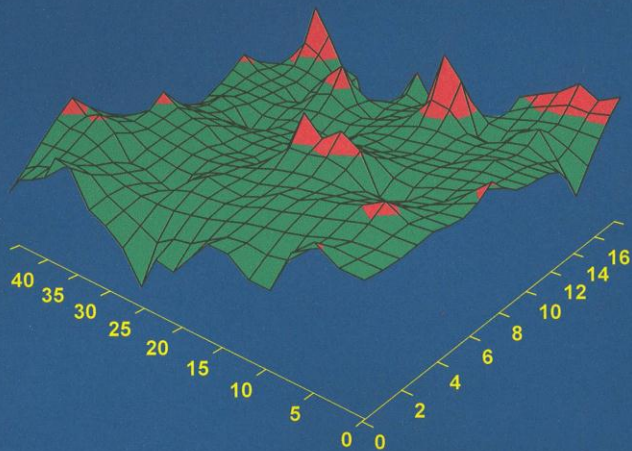
**Sistema de manejo com cultivo mecânico pós-instalação mostrando o solo descoberto (acima) e ausência de raízes no perfil (abaixo)**

Resistência à Penetração (MPa)

2.00+

0.00 to 2.00

## Pasto Rotativo



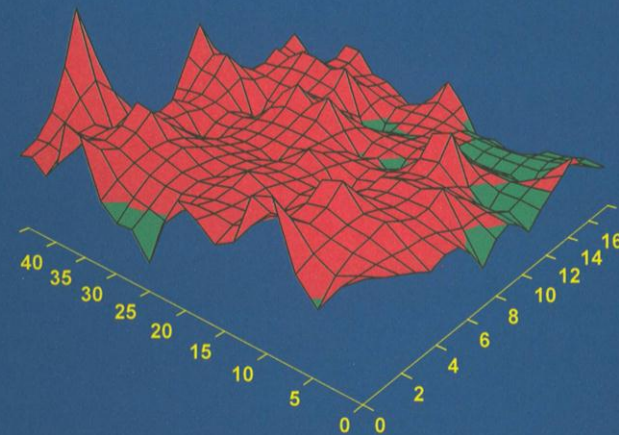
Fonte: Silva, A.P, Tormena, C.A., Mazza, J.A.  
Manejo Físico de Solos sob Pastagem  
Fundamentos do Pastejo Rotacionado - FEALQ - 1997

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