

# **Sequestro de carbono no solo**

# Sequestro de carbono no solo

O problema



Sequestro de C: bases teóricas



Mecanismos de sequestro de C no solo



Potencial de sequestro de C no solo



# Sequestro de carbono no solo

## O problema



## Sequestro de C: bases teóricas



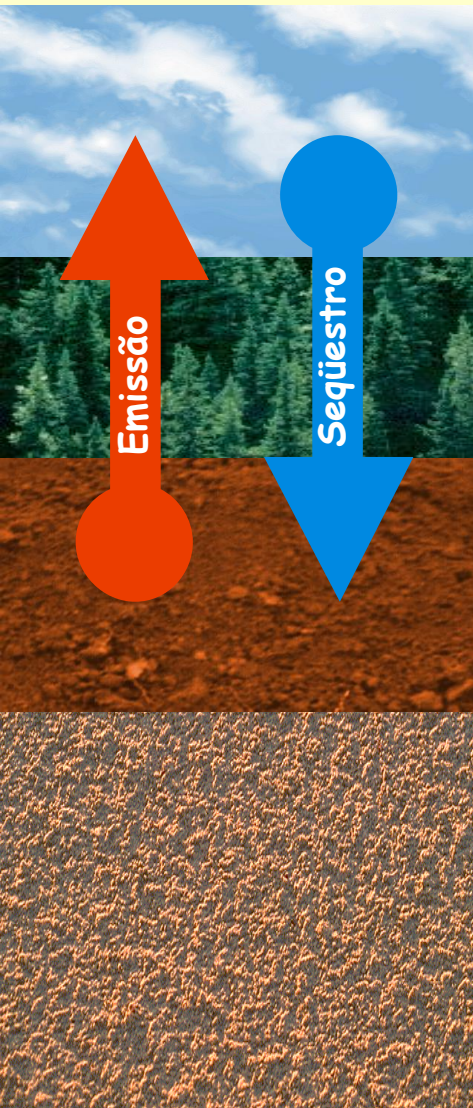
## Mecanismos de sequestro de C no solo



## Potencial de sequestro de C no solo



# Importância da vegetação e do solo no aquecimento global



|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| Atmosfera     | $P_g$<br>750 - $\Delta$ |
| Vegetação     | 470-650                 |
| Solo (0-30cm) | ~800                    |
| Solo<br>(1m)  | 1500-2000               |

Valores em Gt de C (1Gt =  $10^9$  t = 1 Pg)

## Estoque (bilhões de toneladas)

750

600

**~800**  
0-30 cm

**1500-2000**  
(0-1m)

**0,1%**  
Perturbação  
mínima

## Fluxos de Carbono (bilhões de toneladas)

**+4,1 ± 0,1**

**7,0 ± 0,3**

**0,7 ± 0,5**

**2,2 ± 0,5**

Quarto relatório do IPCC (2014)

# Sequestro de carbono no solo

O problema



Sequestro de C: bases teóricas



Mecanismos de sequestro de C no solo



Potencial de sequestro de C no solo





## **Termo “Sequestro”**

**Inglês: Sequester (≠ kidnap!)**

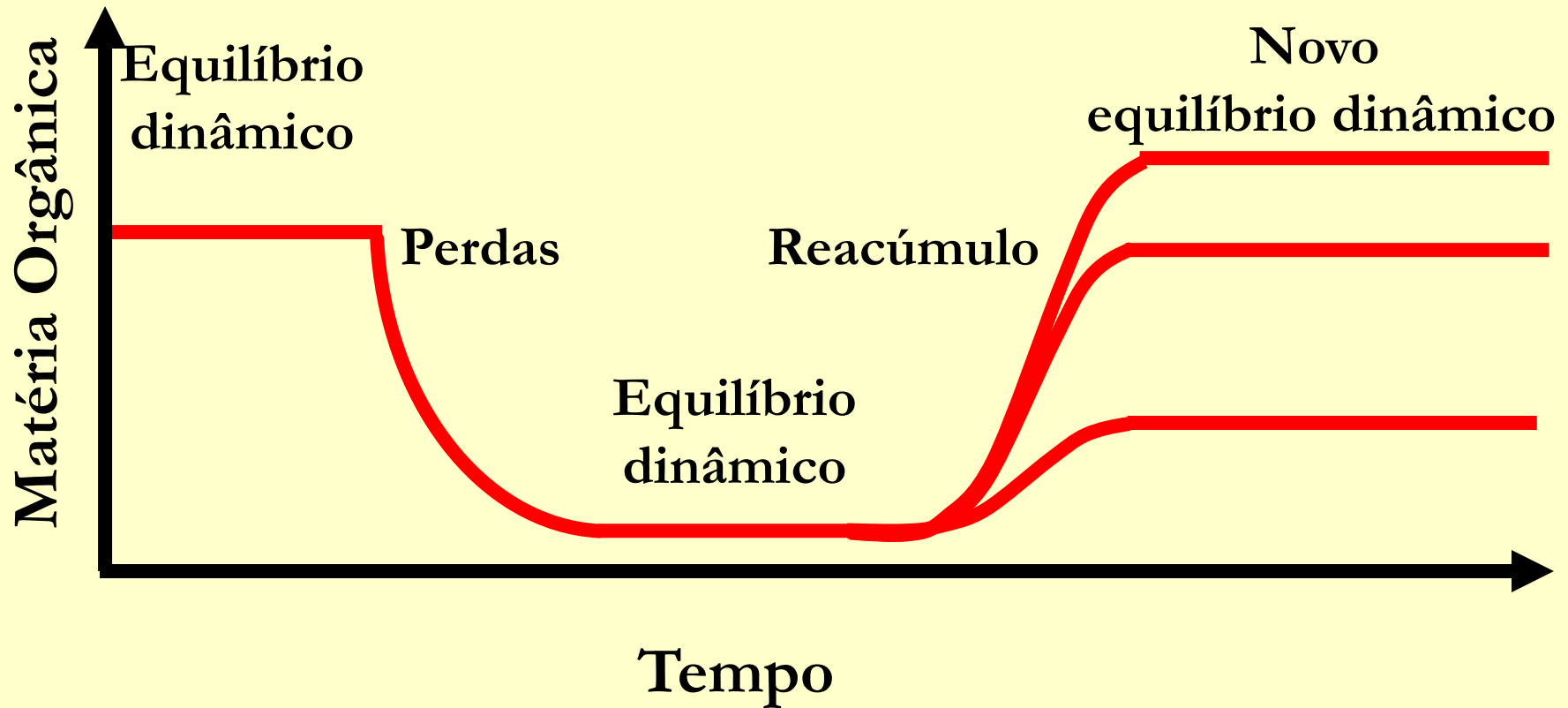
**“Sequestro de C no solo” é a soma algébrica direta e indireta dos fluxos de gases do efeito estufa entre a atmosfera e solo**

**-os fluxos de  $\text{CO}_2$  podem ser estimados pela variação dos estoques de carbono orgânico do solo,**

**- os fluxos de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  podem ser expressos em unidade “equivalente C- $\text{CO}_2$ ”, levando em consideração o potencial de aquecimento global de cada um dos gases do efeito estufa**



## Conceito



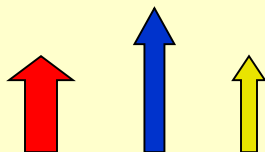
Aumento do estoque de C no solo = sequestro ?

# Sequestro de C: bases teóricas



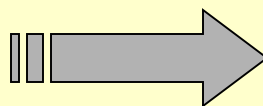
## Sistema A

CO<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> N<sub>2</sub>O



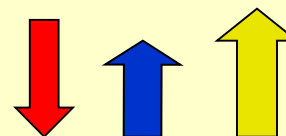
Carbono  
do solo

*Gases do  
Efeito Estufa*



## Sistema B

CO<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> N<sub>2</sub>O

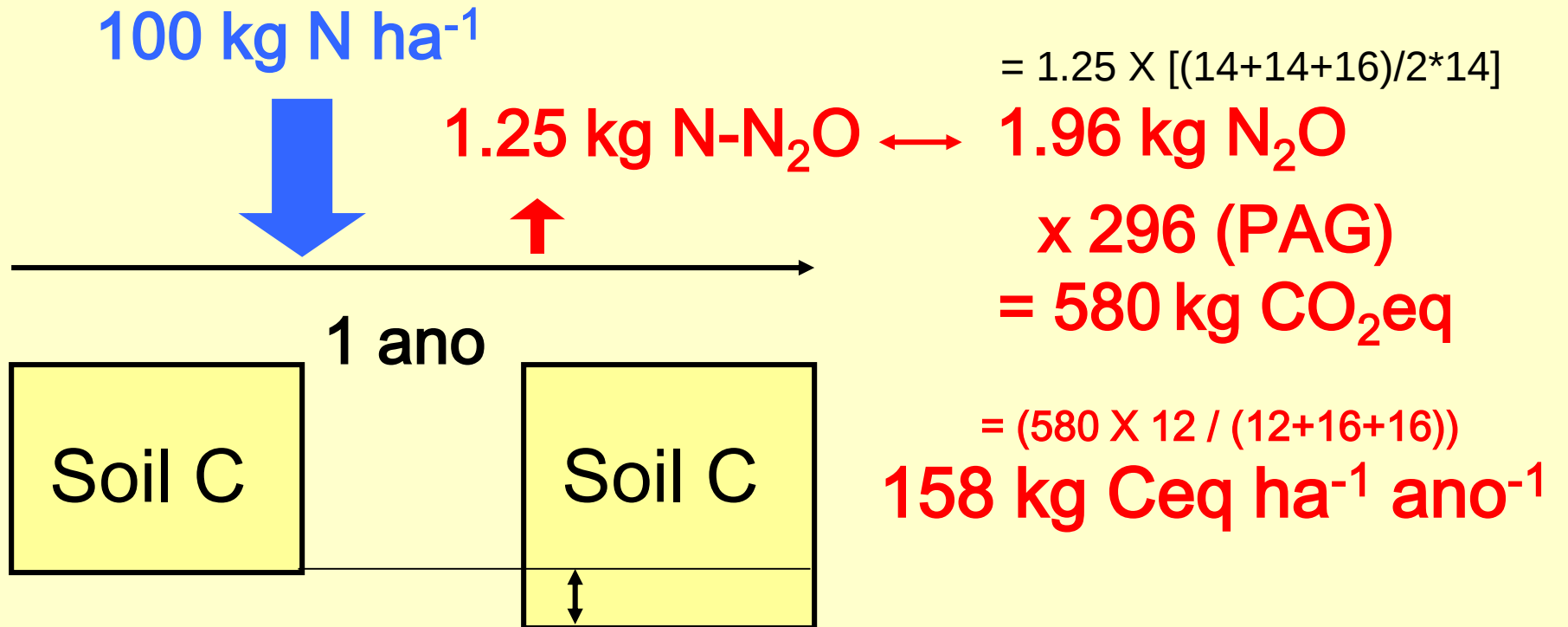


Carbono  
do solo

**Unidade Equivalente (Ceq)**



## Exemplo da fertilização nitrogenada

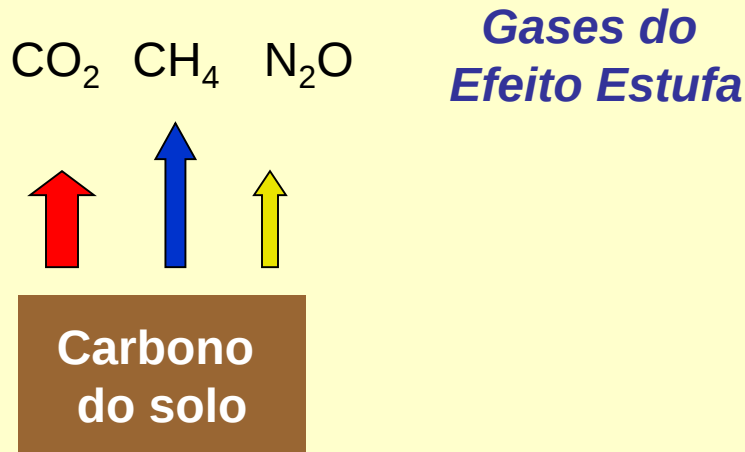


$\Delta C > 158 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para ser benéfico

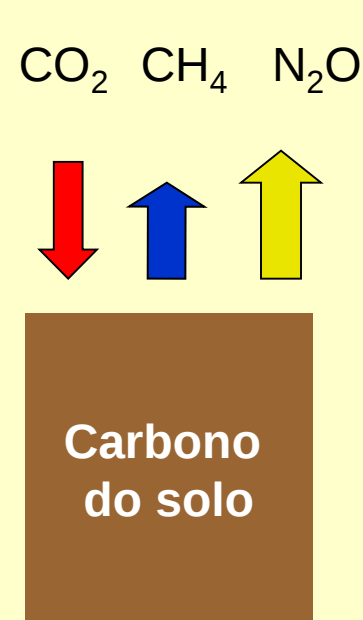
# Sequestro de C: bases teóricas



## Sistema A



## Sistema B



**Unidade Equivalente (Ceq)**

Para contabilização completa  
("full account") incluir também:

Combustível (máquinas, transporte)  
Materia prima diferente  
Calagem, pesticidas...

# Sequestro de C: bases teóricas



## Net Impact on GHG emissions: *Results – national average emissions*

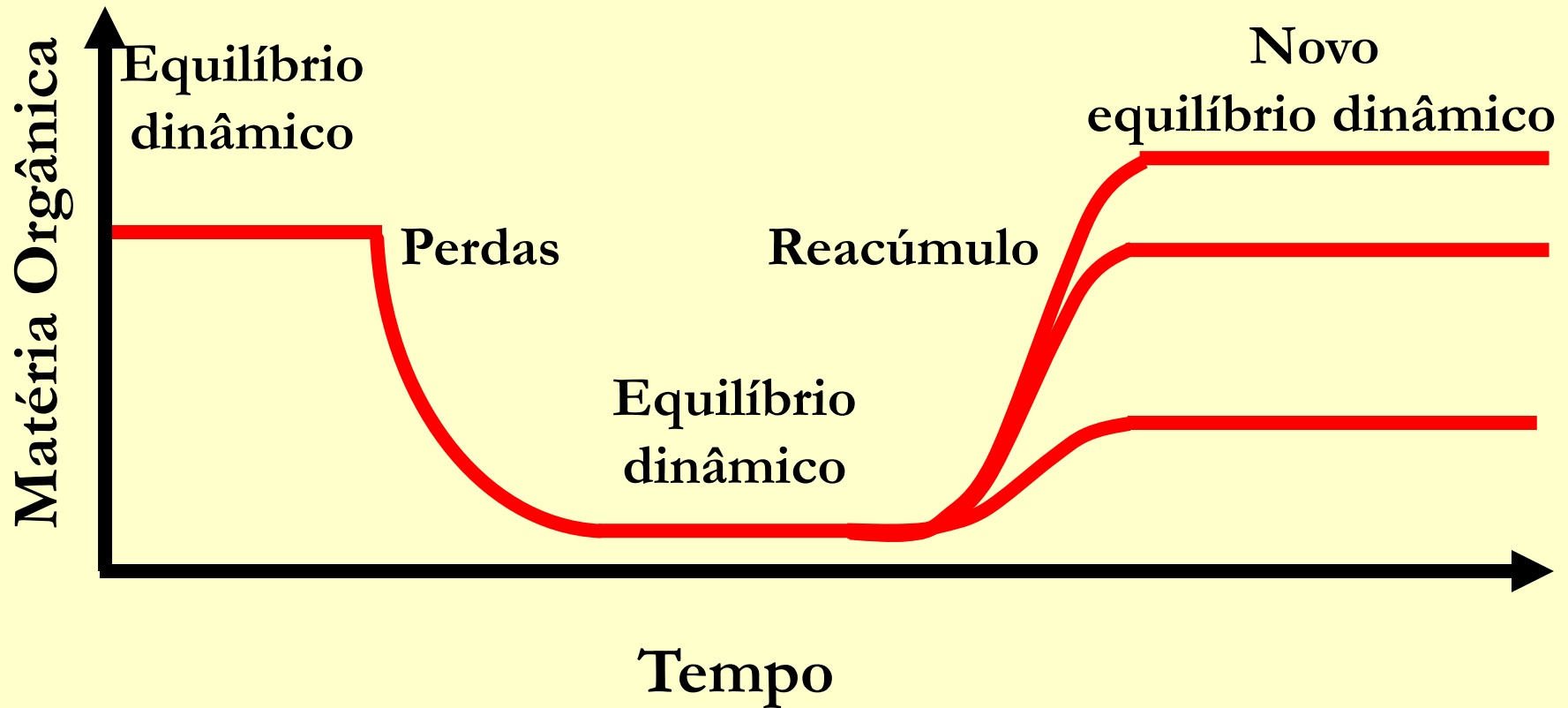
Gross carbon dioxide emissions from corn crop using three tillage intensities

|                                    | acres treated | Conventional till | Minimum till | No-till |
|------------------------------------|---------------|-------------------|--------------|---------|
|                                    | %             | kg C/ha/yr        |              |         |
| Agricultural machinery:            |               |                   |              |         |
| Moldboard plow                     | -             | 26.75             | -            | -       |
| Disc (twice)                       | -             | 17.44             | 17.44        | -       |
| Planting                           | -             | 6.79              | 6.79         | 6.79    |
| Single cultivation                 | -             | 4.57              | 4.57         | -       |
| Pesticide application              | -             | 2.73              | 2.73         | 2.73    |
| Harvest w/ combine                 | -             | 16.47             | 16.47        | 16.47   |
| Machine total                      | -             | 74.75             | 48.00        | 25.99   |
| Crop inputs <sup>1</sup> :         |               |                   |              |         |
| Herbicide PPTA <sup>2</sup>        | 96            | 14.02             | 15.31        | 18.77   |
| Insecticide PPTA                   | 24            | 5.39              | 4.63         | 3.70    |
| N PPTA                             | 96            | 108.28            | 148.93       | 151.15  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> PPTA | 81            | 15.21             | 17.96        | 17.06   |
| K <sub>2</sub> O PPTA              | 72            | 17.12             | 21.79        | 19.70   |
| CaCO <sub>3</sub> PPTA             | 5             | 401.32            | 401.32       | 401.32  |
| Seed production                    | 100           | 50.36             | 50.36        | 50.36   |
| Irrigation (m/ha)                  | 15            | 164.57            | 149.14       | 128.57  |
| Crop input total                   | n/a           | 234.92            | 286.89       | 283.52  |
| L                                  | n/a           | 309.67            | 334.89       | 309.51  |



## Conceito

**Limite!**



# Sequestro de carbono no solo

O problema



Sequestro de C: bases teóricas



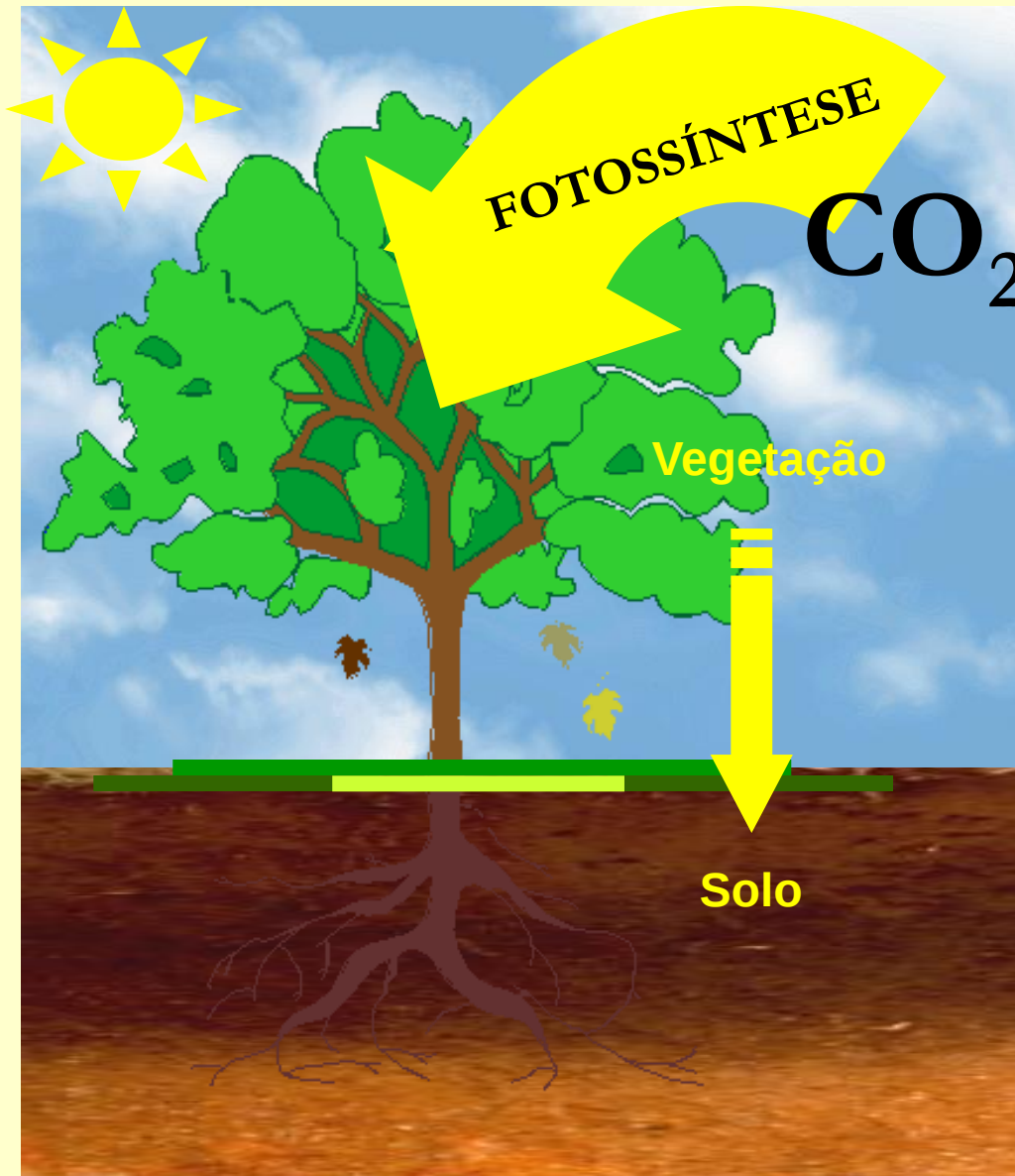
**Mecanismos de sequestro de C no solo**



Potencial de sequestro de C no solo



# Mecanismos de sequestro de C no solo





## Principais processos:

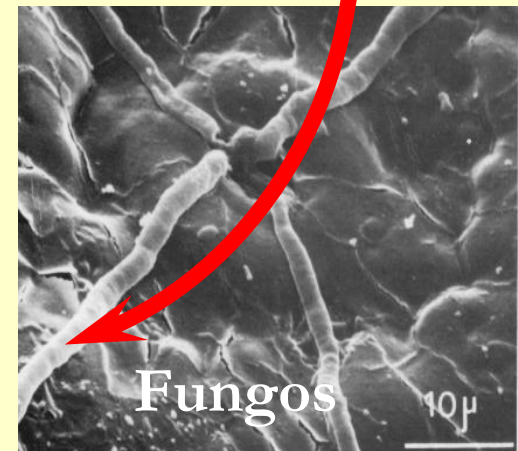
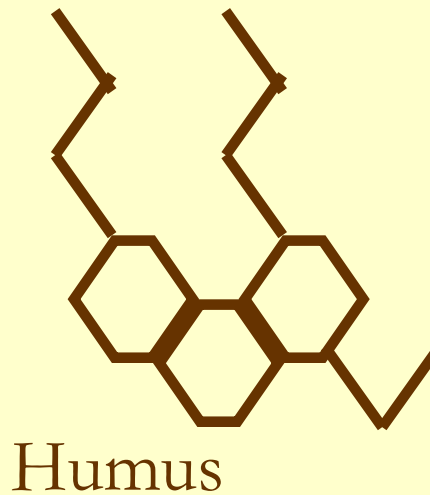
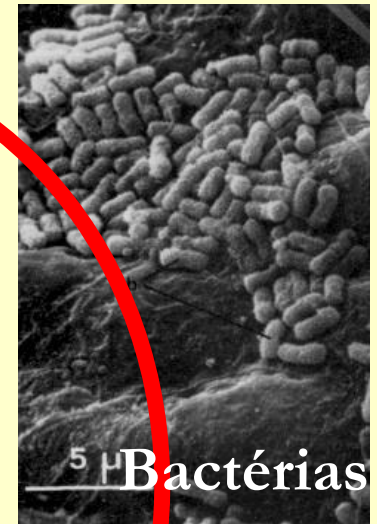
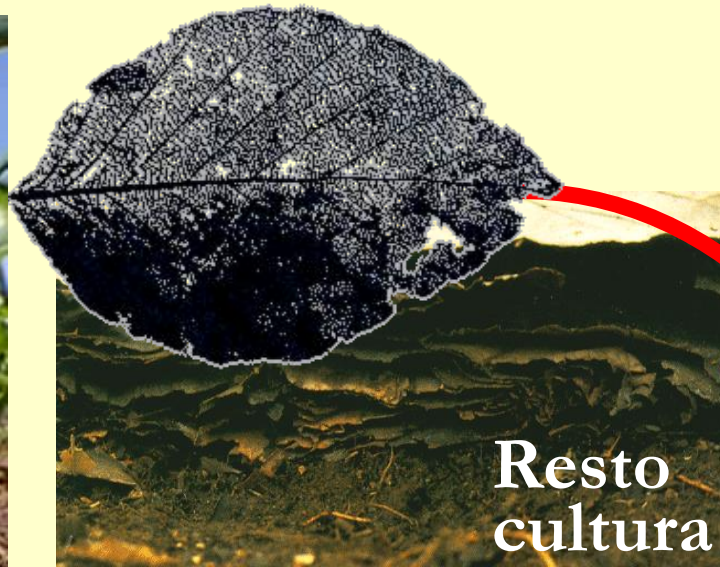
- Humificação de materiais orgânicos
- Deposição profunda de materiais orgânicos abaixo da zona de aração
- Agregação (complexos organo-minerais) etc...



## Principais processos:

- **Humificação de materiais orgânicos**
- Deposição profunda de materiais orgânicos abaixo da zona de aração
- Agregação (complexos organo-minerais) etc...

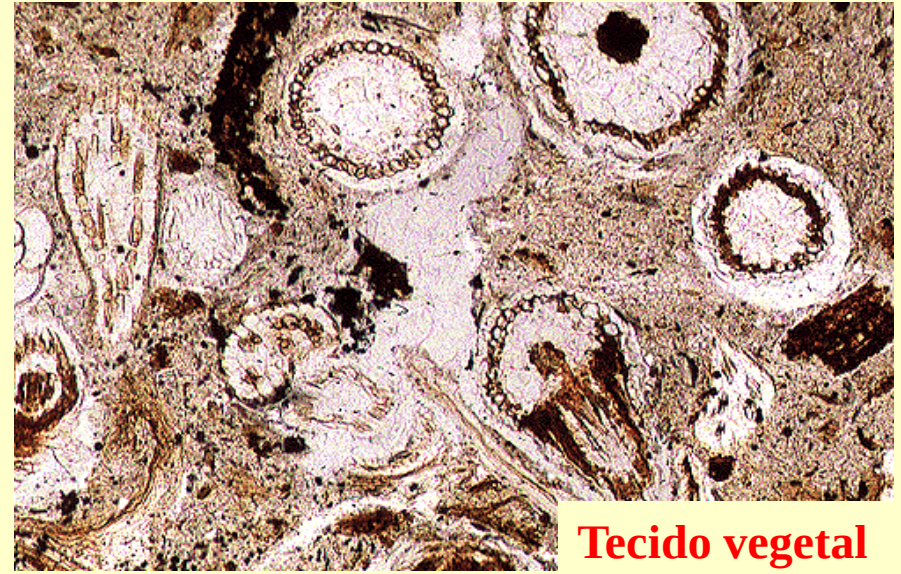
# Mecanismos de sequestro de C no solo



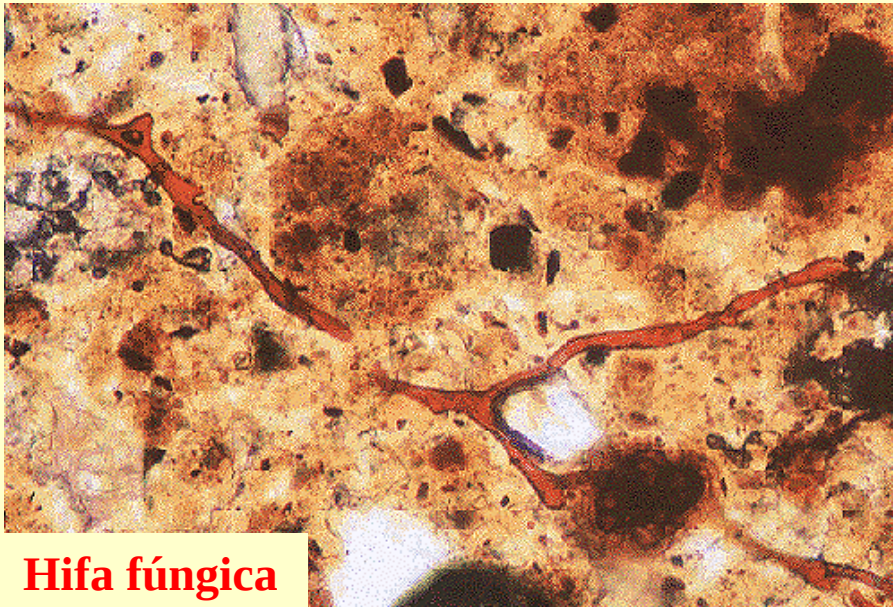
# Mecanismos de sequestro de C no solo



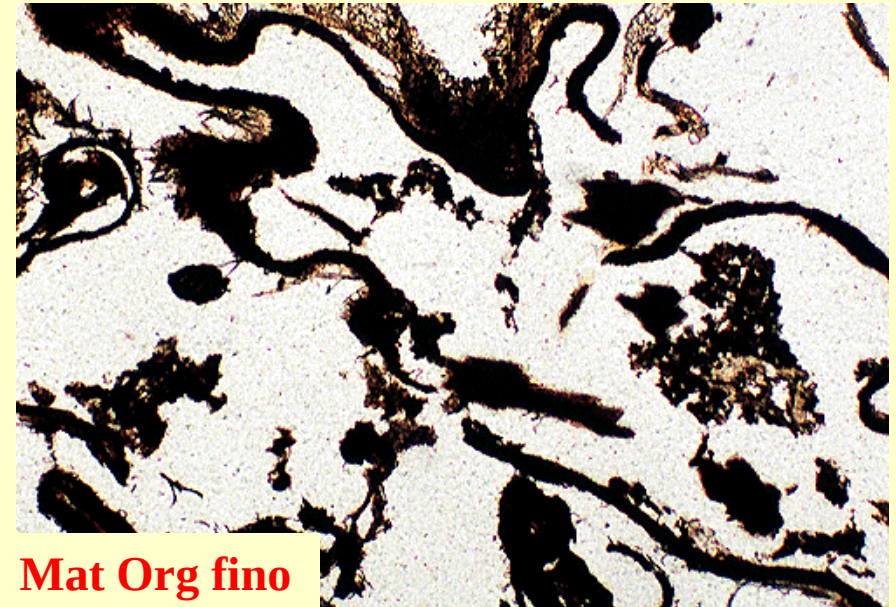
**Restos raízes**



**Tecido vegetal**



**Hifa fúngica**



**Mat Org fino**

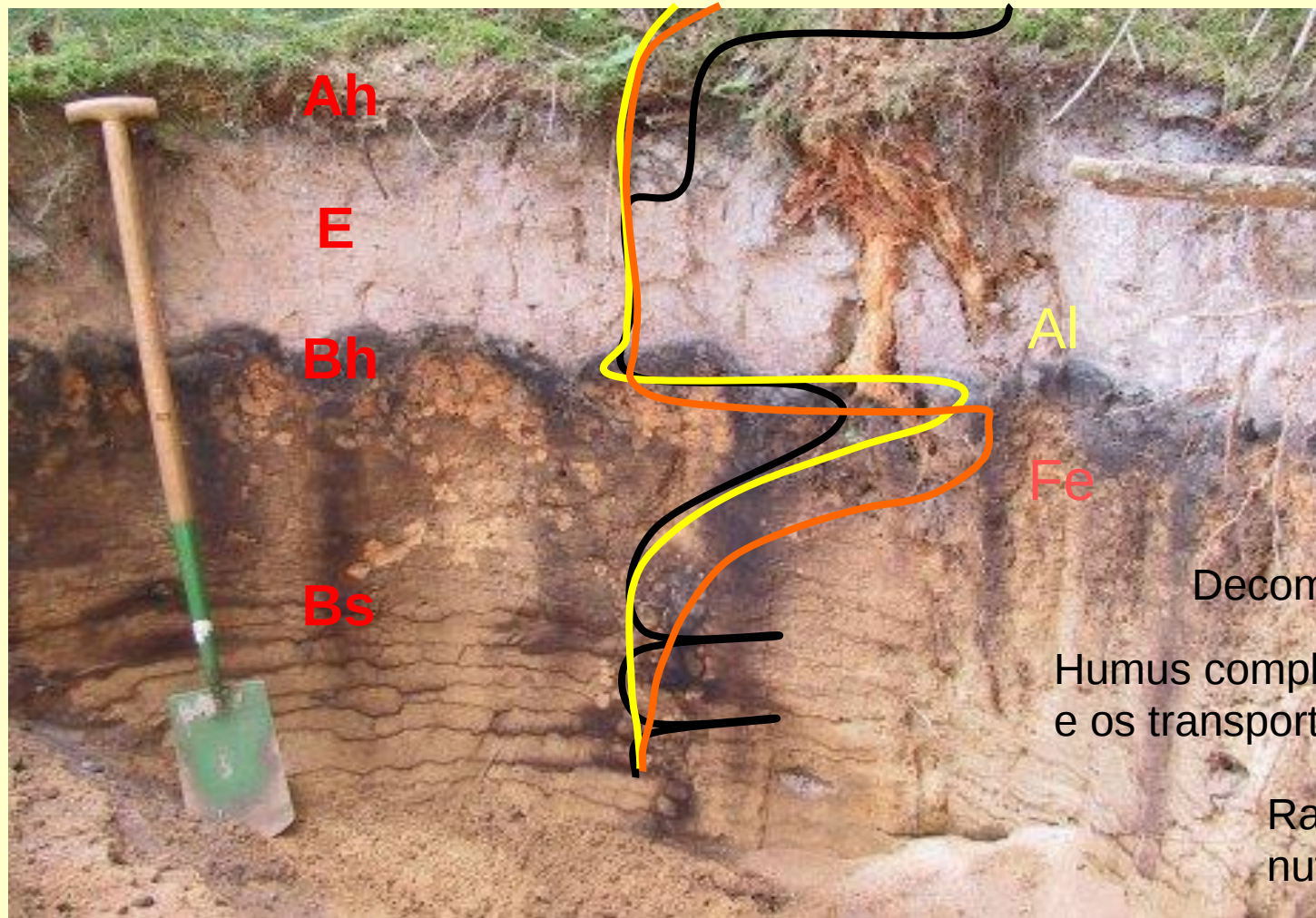


## Principais processos:

- Humificação de materiais orgânicos
- **Deposição profunda de materiais orgânicos abaixo da zona de aração**
- Agregação (complexos organo-minerais) etc...



## Podzol



C

Ah

E

Bh

Bs

Al

Fe

Decomposição liteira

Humus complexa Fe e Al  
e os transporta para baixo

Raízes procuram  
nutrientes



## Podzol





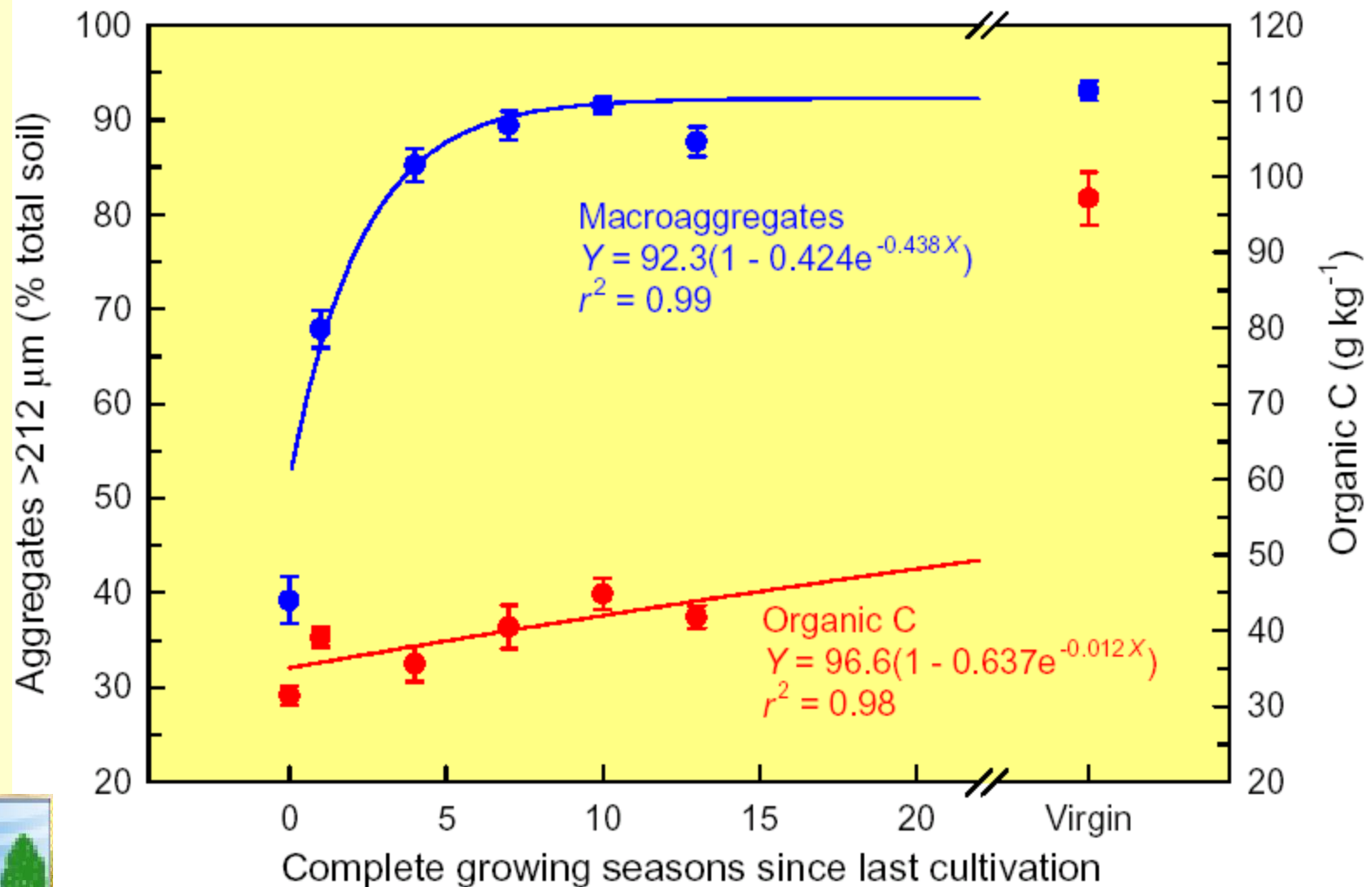
## Principais processos:

- Humificação de materiais orgânicos
- Deposição profunda de materiais orgânicos abaixo da zona de aração
- **Agregação (complexos organo-minerais)** etc...

# Mecanismos de sequestro de C no solo



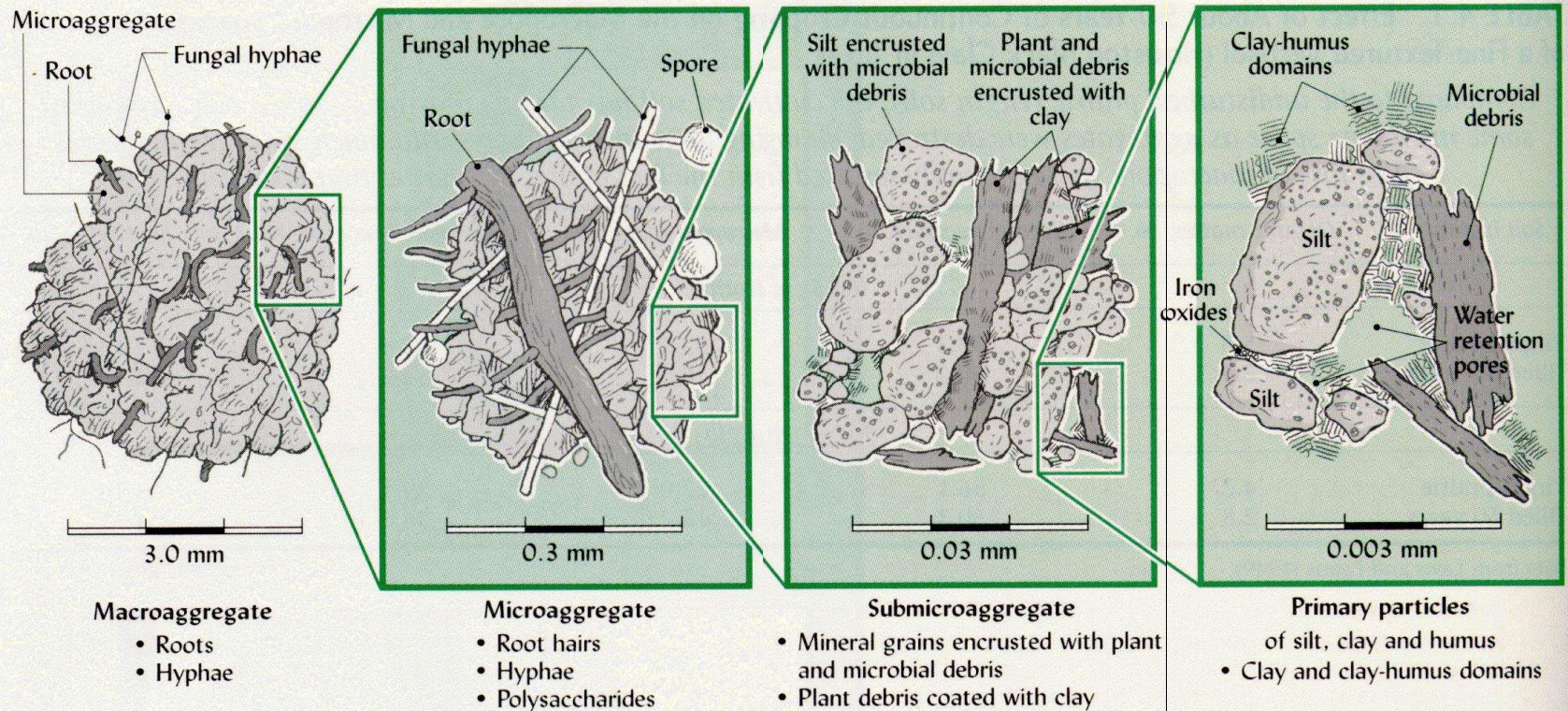
Changes in Aggregation and Organic Carbon in a Prairie Soil



# Mecanismos de sequestro de C no solo



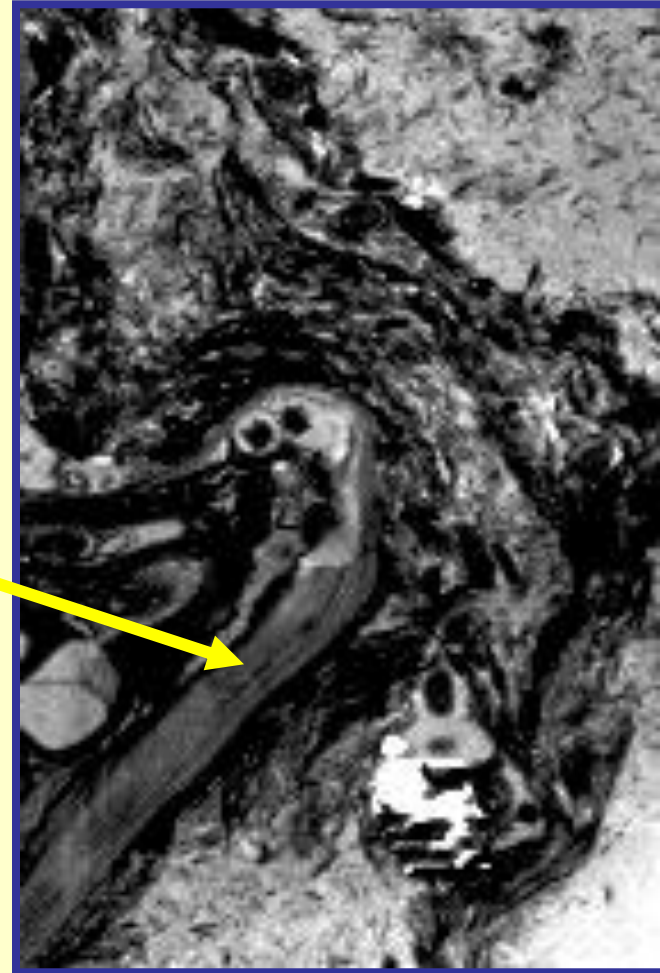
| Propriedades                      | Observações                                                               | Efeito sobre o solo                                                       |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Combinação com minerais de argila | Cimentam partículas do solo em unidades estruturais chamadas de agregados | Permite trocas gasosas, Estabilidade estrutural, Aumenta a permeabilidade |



# Mecanismos de sequestro de C no solo



## Localização da Matéria Orgânica nos Macro e Micro-Agregados



*Agregado com resíduos vegetais*

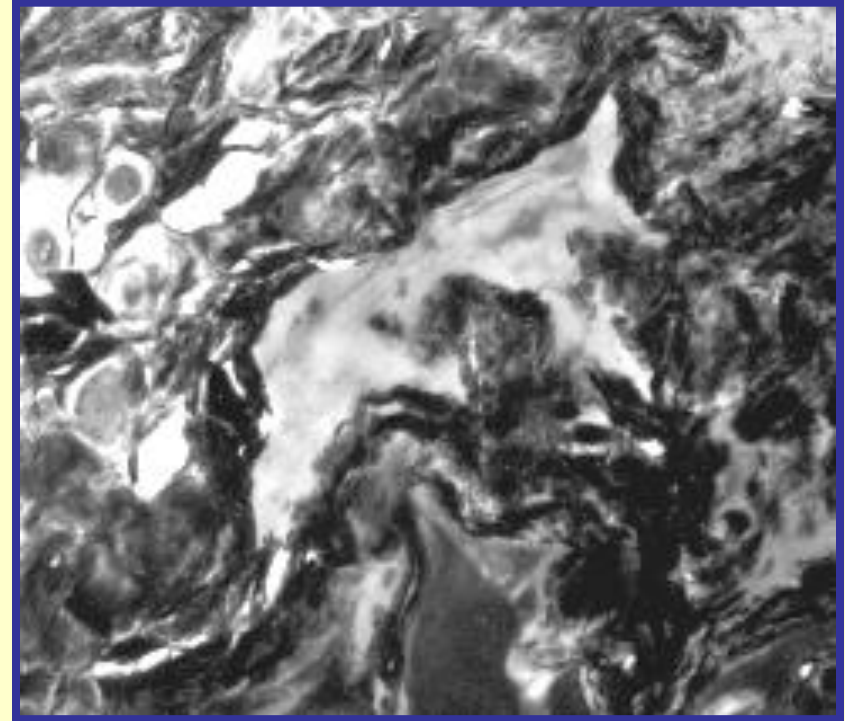
# Mecanismos de sequestro de C no solo



## Localização da Matéria Orgânica nos Macro e Micro-Agregados



*Micro-agregado bacterianos*

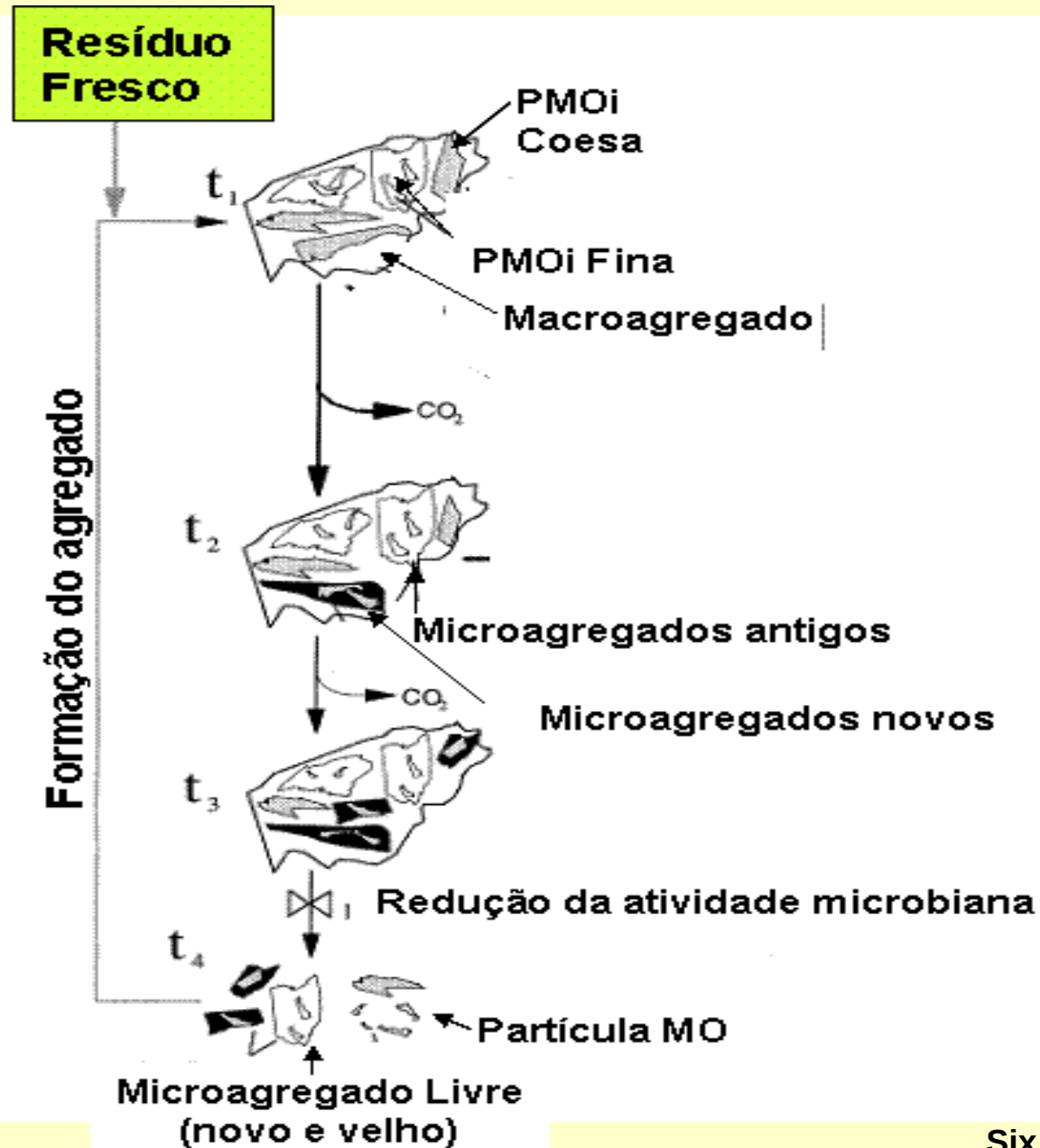


*Micro-agregado com  
MO amorfa*

# Mecanismos de sequestro de C no solo



Modelo  
conceitual  
do ciclo  
de vida  
do macro-  
agregado e da  
formação do  
microagregado



# Mecanismos de sequestro de C no solo



## Estimativa do “turnover” da matéria orgânica nos agregados do solo

| Matéria Orgânica nos agregados         | Tempo estimado (anos) |
|----------------------------------------|-----------------------|
| Solo não agregado                      | 1-7                   |
| Macroagregados (>250 $\mu\text{m}$ )   | 1-23                  |
| Microagregado (20-250 $\mu\text{m}$ )  | 3-80                  |
| Silte mais argila (<20 $\mu\text{m}$ ) | 5-1000                |

Carter (2001)

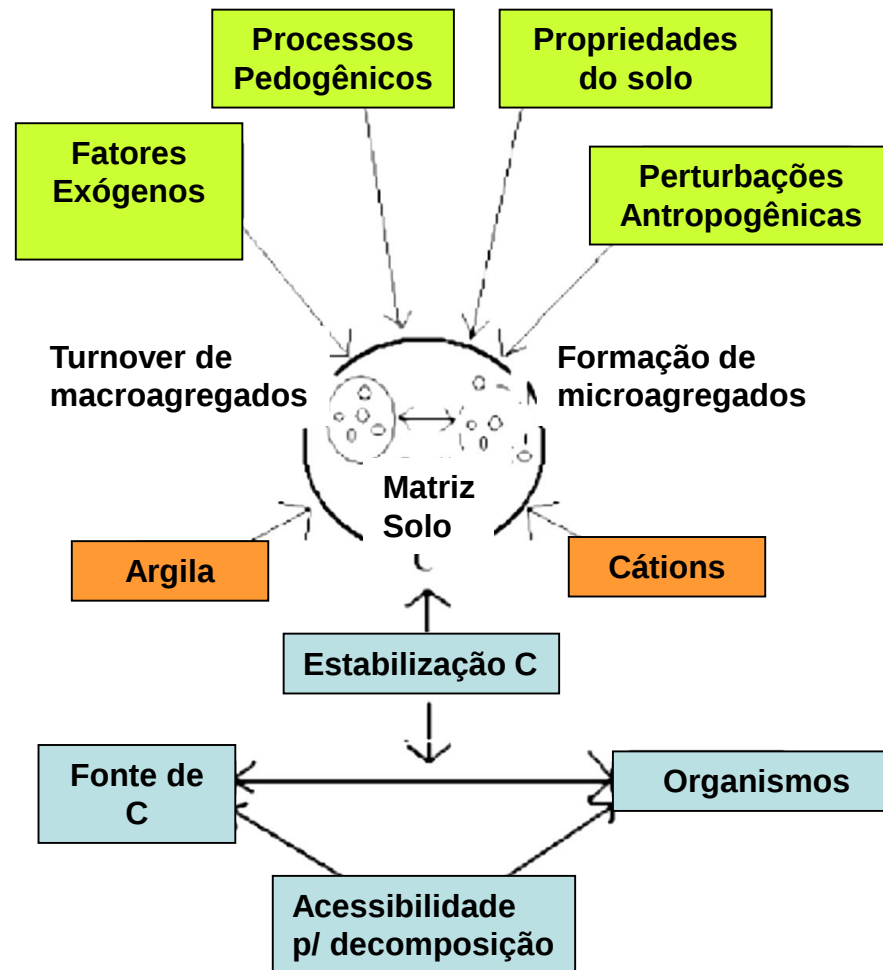
**ESTABILIZAÇÃO:** principal forma de sequestro de carbono no solo em longo prazo, tanto em condições de clima temperado como de clima tropical.

Denef et al., 2007

# Mecanismos de sequestro de C no solo



## Fatores que afetam a agregação do solo



Bronick & Lal (2005)

# Sequestro de carbono no solo

O problema



Sequestro de C: bases teóricas



Mecanismos de sequestro de C no solo



Potencial de sequestro de C no solo

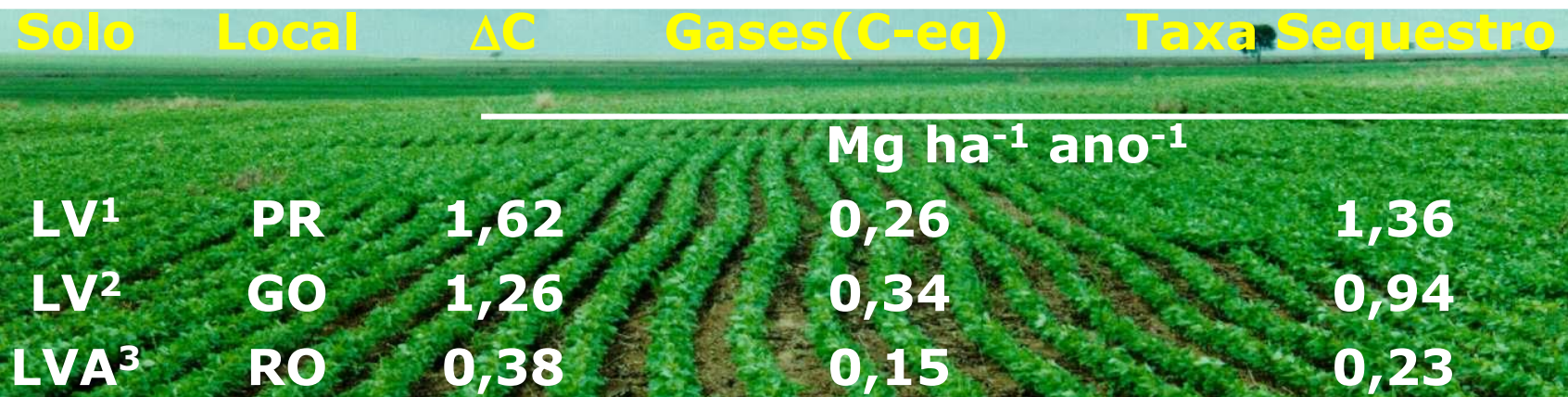


# Sequestro de C: bases teóricas



## Sistema Plantio Direto

(Sequestro de C =  $\Delta C$  no solo – fluxo de gases)



| Solo             | Local | $\Delta C$ | Gases(C-eq)                           | Taxa Sequestro |
|------------------|-------|------------|---------------------------------------|----------------|
|                  |       |            | Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> |                |
| LV <sup>1</sup>  | PR    | 1,62       | 0,26                                  | 1,36           |
| LV <sup>2</sup>  | GO    | 1,26       | 0,34                                  | 0,94           |
| LVA <sup>3</sup> | RO    | 0,38       | 0,15                                  | 0,23           |

Fonte: Adaptado de <sup>1,2</sup>Siqueira Neto (2003 e 2006); <sup>3</sup>(Carvalho, 2006)

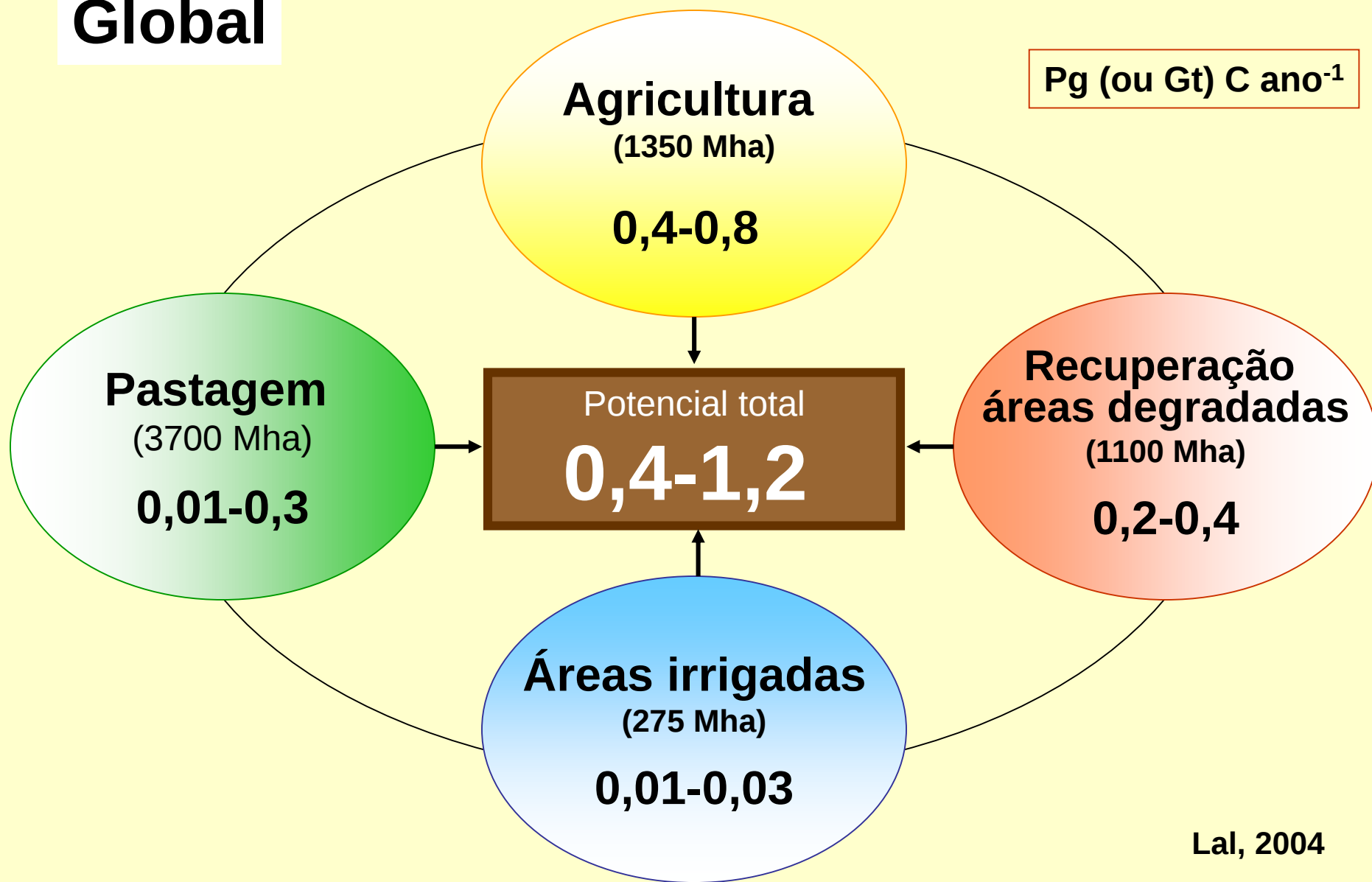


Bernoux et al., 2006

# Potencial de sequestro de C no solo



## Global



# Potencial de sequestro de C no solo



**E U A**

Emissão total de GEEs: ~ 1600 Mt Ceq ano<sup>-1</sup>

## The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect

**30-100  
Mt Ceq ano<sup>-1</sup>**

Área pastagem  
~ 336 Mha



R.F. Follett • J.M. Kimble • R. Lal

## The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect

**270  
Mt Ceq ano<sup>-1</sup>**

redução erosão  
uso combustível  
uso restos culturais  
irrigação racional

**137 Mha, equivale a 8%  
área agrícola mundial**

R. Lal • J.M. Kimble  
R.F. Follett • C.V. Cole

Seqüestro C sob  
pastagem + agricultura  
9-24% das emissões  
totais de GEE

# Potencial de sequestro de C no solo



## América Latina

13 Zonas Biogeoclimáticas

Potencial Sequestro C  
 $0,1 - 0,2 \text{ Pg C ano}^{-1}$

Taxa de sequestro  
 $0,3-1,5 \text{ t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$



# Potencial de sequestro de C no solo



## Amazônia

