

0110612 - Sistema de Produção Agrícola Plantio Direto

Departamento de Produção Vegetal

- Setor Agricultura -

Aula n° 5 - 18/09/2023

J

Prof. J. L. Favarin

Bloco 5

- Ciclos do carbono e nitrogênio: equilíbrio da acidez.
- Força de retenção nutriente: lixiviação e ciclagem.
- Equilíbrio do carbono do solo: entrada (h) e saída (k).
- Degradação do carbono do solo: análise do índice k.
- Análise conceitual sobre a agregação de solo.

Ciclos do carbono e nitrogênio: equilíbrio da acidez



ESALQ

- Cerca de 80% carbono do resíduo vegetal é insolúvel, na forma polissacarídeos, lignina e ácidos graxos -

Ciclo do carbono

(C-solúvel, vida 15-20 dias)



Protonação de ânions orgânicos



R - substância orgânica, e
CA um cátion qualquer

Complexação orgânica (mudança valência)



Retira H^+ e Al^{3+}



- Agricultura rompe esse **equilíbrio** -

Ciclo do nitrogênio

(N-resíduo vegetal)



Amonificação



Nitrificação



Hidrólise alumínio (Al^{3+})



Adiciona H^+ e Al^{3+}

Correção da acidez: qualidade do corretivo

- Calcário é um sal básico insolúvel (14 g/1000 L). Em plantio direto “antigo” deve-se usar calcário reativo -

- Indicadores de qualidade do corretivo -

- Poder neutralização (PN, %)
- Reatividade (RE, %)

$$\text{PRNT (\%)} = (\text{PN} \cdot \text{RE}) / 100$$



$$\text{PN (\%)} = (\% \text{ CaO} \cdot 1,8) + (\% \text{ MgO} \cdot 2,5)$$

$$\text{RE (\%)} = 0,2 \cdot x + 0,6 \cdot y + z$$

x % retida p.20 (0,84 mm), y % retida p.50 (0,3 mm)



Atributos	Profundidade	
	20 cm	5 cm
P (mg/dm ³)	12	62
pH CaCl ₂	4,5	6,0

Raij (1992)



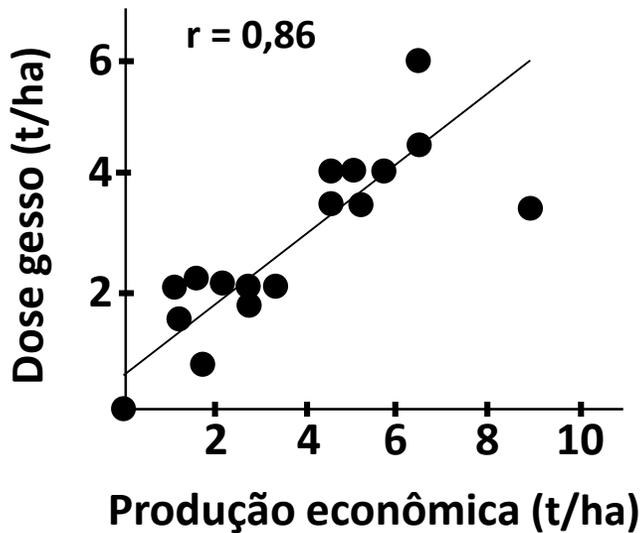
Problema à vista?

Calcário reage no solo e subsolo **ácido**; aumenta o pH, precipita o alumínio (Al³⁺) e fornece os nutrientes cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺).

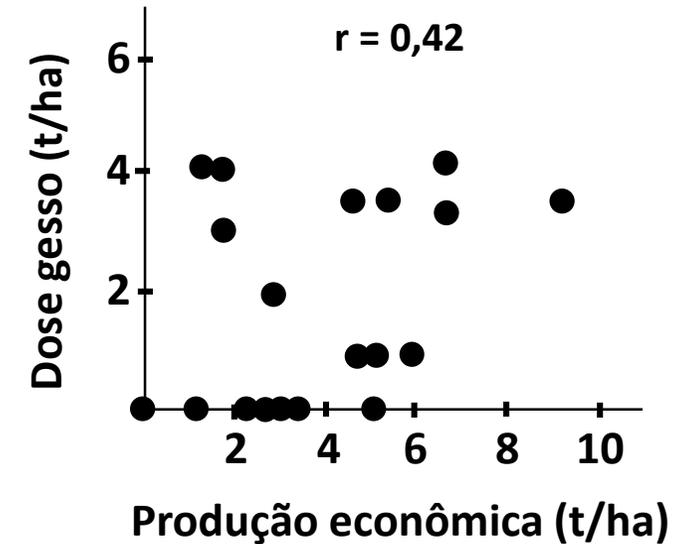
Melhorador do subsolo: gesso agrícola

O gesso é um sal neutro solúvel (2,5 kg/1000 L). Há consenso sobre o uso, quando o cálcio é inferior e/ou alumínio superior a 0,5 cmol_c/dm³. O mesmo não ocorre sobre métodos de estimar a dose.

$$DG = [(0,6 \cdot Te) - Ca] \cdot 6,4$$



$$DG = (50 \text{ ou } 60) \cdot \% \text{ argila}$$

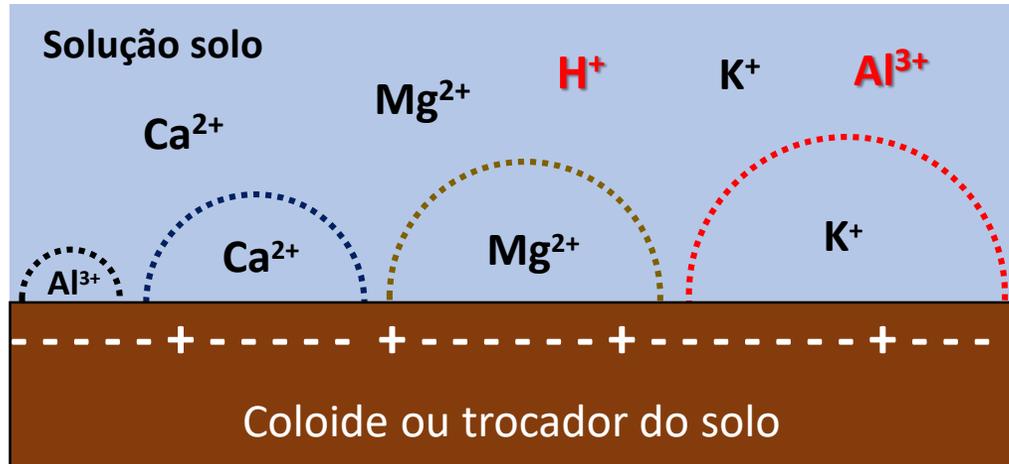
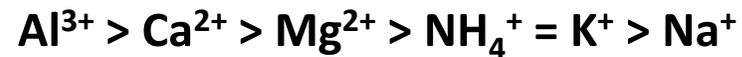


CaSO_4 dissocia em Ca^{2+} e SO_4^{2-} . O íon SO_4^{2-} pode ser absorvido ou formar par iônico (CA°) e lixiviar. O tipo de par iônico que se forma depende da densidade de carga ($\text{DC} = V/\text{raio}$): Al (6) > Mg (3,1) > Ca (2) > K (0,8).

Força de retenção: lixiviação e ciclagem

- Reciclagem (kg/ha): produto entre a biomassa caulinar (kg/ha) e o teor de nutriente (kg/kg, 0,025 ou 2,5%) -

Força de Retenção:
carga (maior) e raio hidratado (menor)



Retenção fraca, cátion oscilar mais distante do coloide, isso facilita a sua troca e lixiviação.

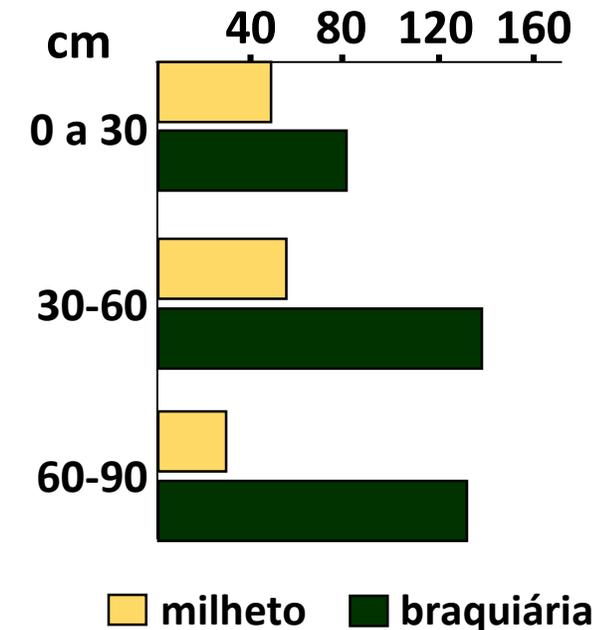


Lixiviação: $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$



Lixiviação: $\text{Ca}^0 > \text{Mg}^0 > \text{K}^+$

Ciclagem de K (kg/ha)



Oliveira & Favarin (2021)

Equilíbrio dinâmico do carbono: entrada e saída

Quantidade de carbono do resíduo (C_r) transformado em húmus (C_s) no fim de um ano, pode ser estimado pelo coeficiente de humificação (h). Humificação da massa radicular é maior do que da caulinar.



$$dC / dt = (C_r \cdot h) - (C_s \cdot k)$$

$$0 = (C_r \cdot h) - (C_s \cdot k)$$

$$C_s \cdot k = C_r \cdot h \text{ ou } C_s = C_r \cdot h / k$$

Hénin & Dupuis (1945)

$C_r \cdot h$, quantidade C adicionado pelo resíduo por ano;

$C_s \cdot k$, quantidade C que o solo perde por ano;

h , coeficiente de humificação;

k , taxa de degradação C solo.



Degradação do carbono do solo (k) varia com o clima, umidade solo, temperatura, textura, mineralogia e o manejo (lavração 5,4%; plantio direto 2,9%). Valor de k de clima temperado é inferior a 2% ou 0,02/ano.

Equilíbrio de carbono: tropical e subtropical

Matéria orgânica em equilíbrio interage com minerais da fração argila (80%, óxidos) ou encontra-se oclusa dentro do agregado. Lavração expõe a fração de C-ocluso à ação dos vivos do solo.



Os danos da lavração à fração orgânica varia com o ambiente (tropical e subtropical), textura e mineralogia da fração argila. MOS de solo 2:1 é menos estável do que MOS de solo caulínítico e oxídico.

Estimar a quantidade teórica de resíduos para aumentar o teor de MOS

Estimar a quantidade teórica de resíduo vegetal que seria necessário para aumentar 1% o teor de matéria orgânica (MOS) do solo em 1 hectare a 20 cm de profundidade, com densidade de 1,2 g/cm³.

Assuma que o resíduo vegetal para essa finalidade tenha relação C/N igual a 50, contendo 40% de C, e que a MOS tem cerca de 58% de C ($MO = 100/58 \cdot C$ ou $MO = 1,724 \cdot C$).

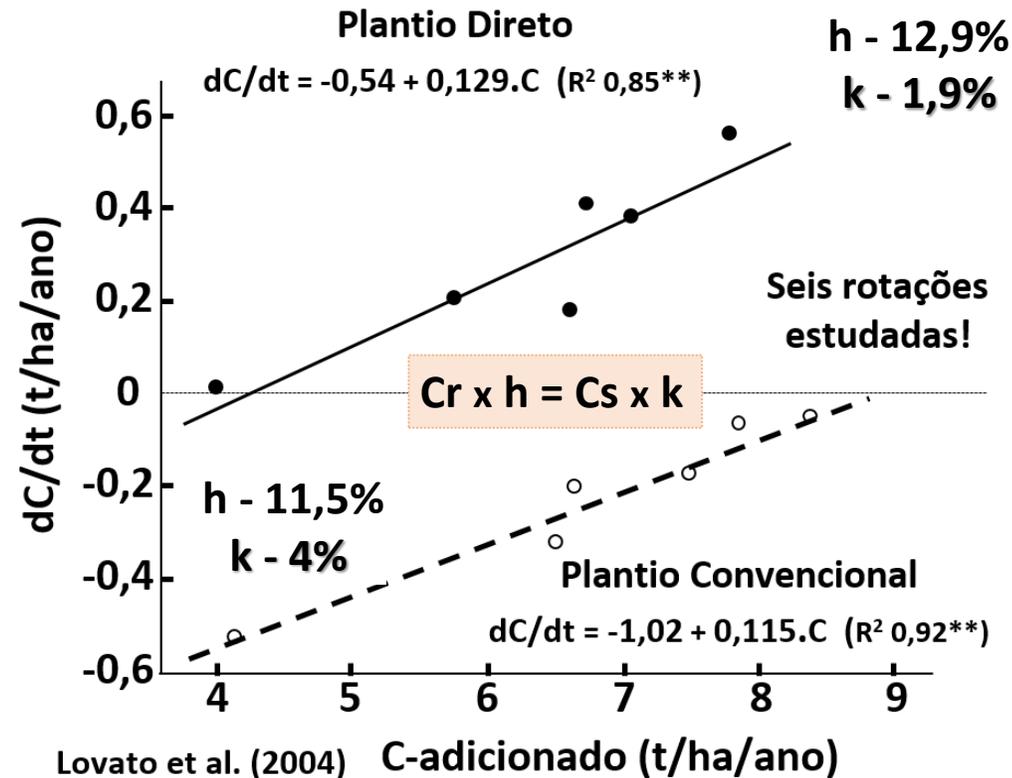
Assumir coeficiente de humificação (h) do resíduo igual a 0,2. Isso significa que do total de C presente no resíduo vegetal, cerca de 20% permanecerá no solo como C-húmus e em outros compostos, no fim de um ano (Gross, 1986). Considere, ainda, que os organismos decompositores tem uma relação C/N 10.

- Memória de cálculo -

Estabilidade e tempo residência do carbono

- Tempo de Residência do Carbono é estimada pela relação inversa da taxa decomposição (k) ou 1/k (anos) -

$$\text{TRC} = 1/0,04 = 25 \text{ anos}$$



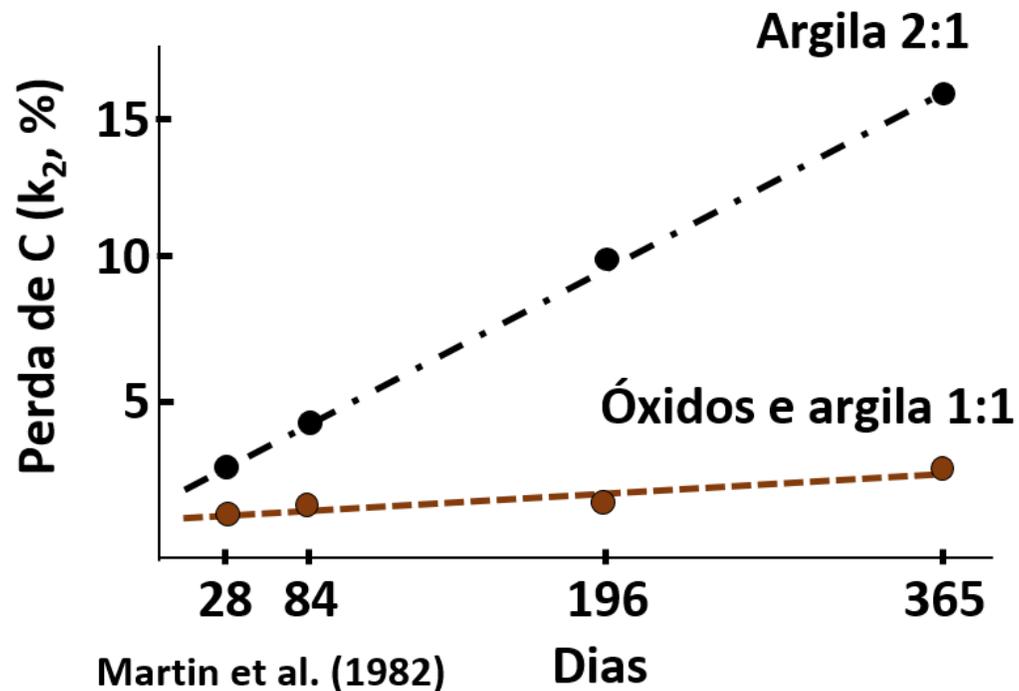
$$\text{TRC} = 1/0,019 = 53 \text{ anos}$$



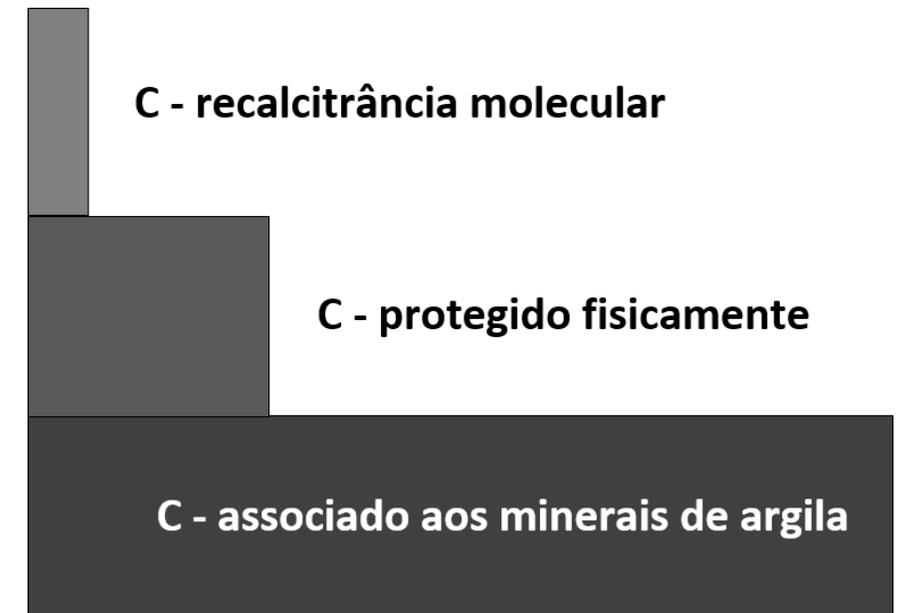
Tempo médio de residência do carbono (TRC) é o tempo entre a entrada ($Cr \cdot h$) e a saída ($Cs \cdot k$) na forma de CO_2 . TRC pode ser em dias, centenas ou milhares de anos, depende da fração na qual o C está ligado.

Equilíbrio do carbono: mineralogia e C-ocluído

Estabilidade do carbono associado à fração oxídica deve-se a adesão por força covalente, o que confere forte agregação típica do oxissol.



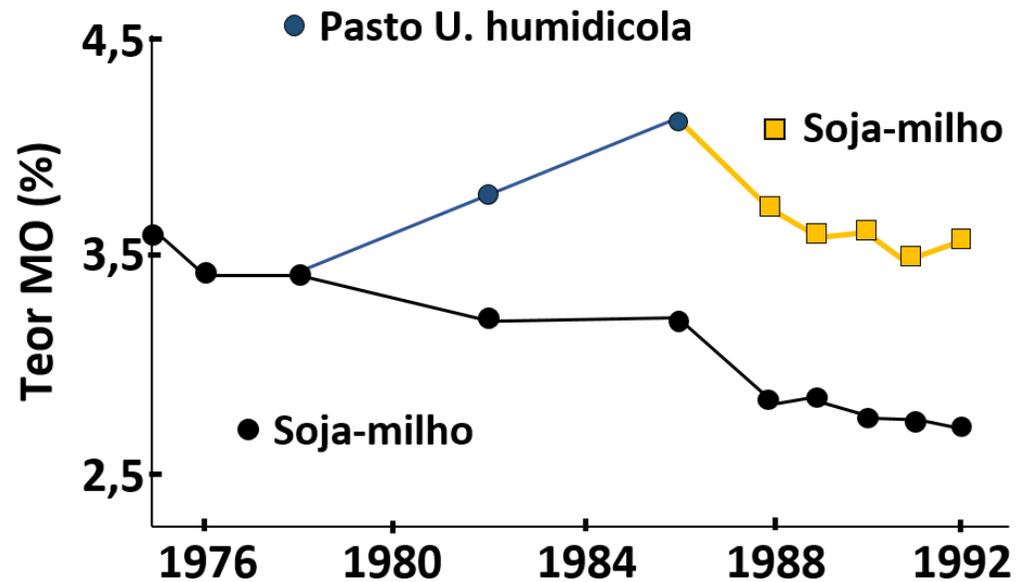
TRC ?



Perda de carbono varia com a mineralogia. Solo oxídico e caulínico (1:1) a perda é pequena (k , 0,05/ano). Solo em que predomina mineral do tipo 2:1 a perda é bem maior (k , 15% ou 0,15/ano).

Equilíbrio do carbono: uso do solo

- Sistema de uso do solo e a espécie cultivada tem forte influência no teor de carbono em equilíbrio solo -



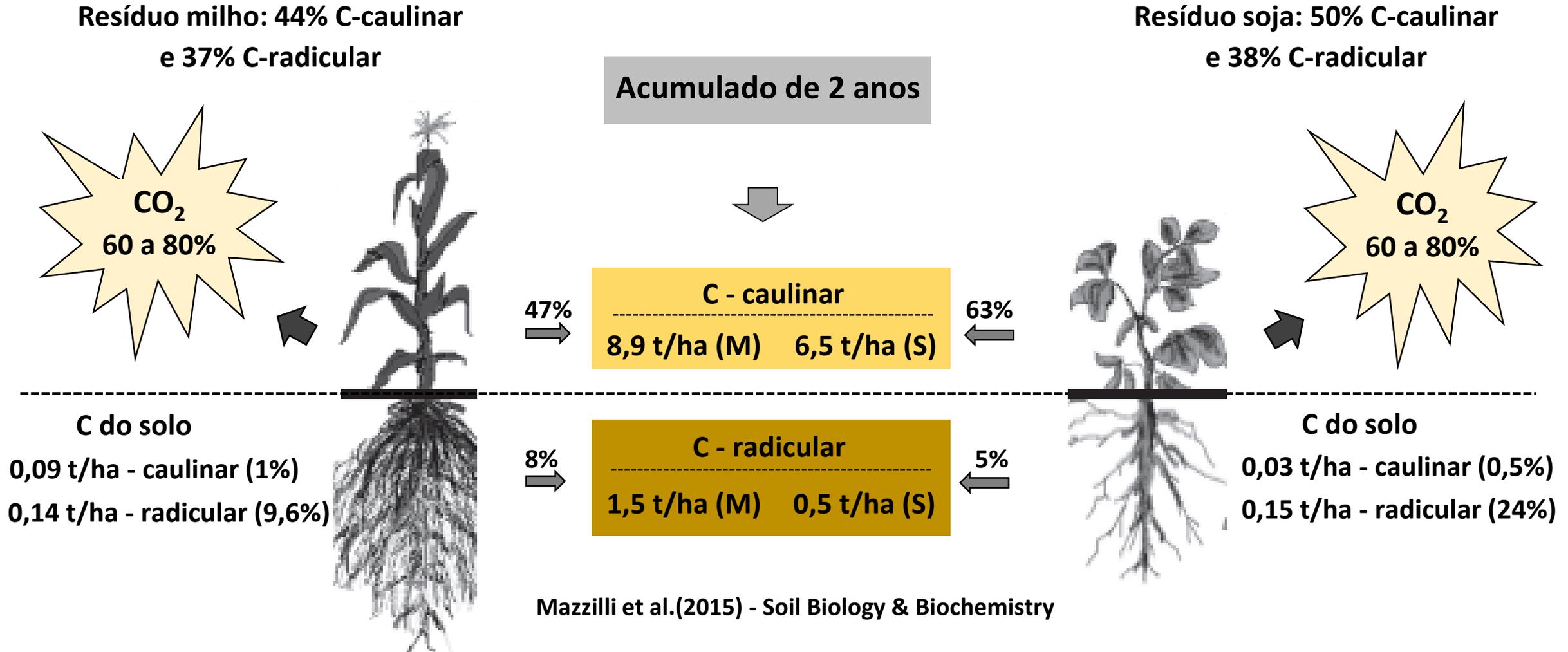
Sousa et al. (1997), solo argiloso, 20 cm

C-solo t/ha	C-nativo t/ha	%	C-pasto t/ha	%
----- Cerrado nativo -----				
11,2	11,2	100	-	-
----- Pasto braquiária, 10 anos -----				
15,1	7,2	48	7,9	52

Fernandes et al. (2007) - camada de 20 cm solo

Pasto bem manejado é eficiente para aumentar o teor de carbono do solo, superior à vegetação nativa do Cerrado, por causa da quantidade/qualidade de biomassa radicular e da taxa humificação (h).

Balanço de carbono: sistema solo-milho-soja



Cerca de 15% (h, 0,15/ano) do carbono da biomassa caulinar fica no solo ao fim de um ano (Gregorich et al., 1995; Bolinder et al., 1999). Para o carbono radicular essa taxa é maior e igual a 21% (h, 0,21/ano).

Análise conceitual de agregação do solo



ESALQ

Raízes de azevém (Rasse et al., 2005) dentro do agregado é uma fração protegida do carbono solo. Essa é uma das razões de o C-radicular contribuir mais para o teor carbono do solo (h) do que o C-caulinar.

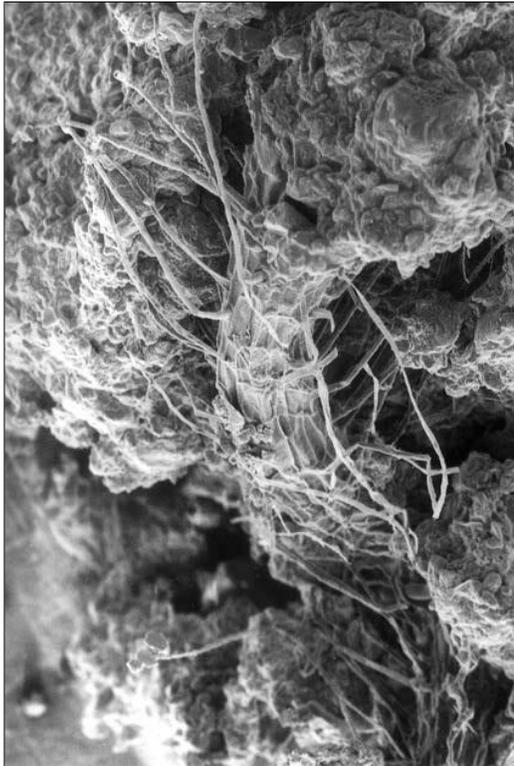


Foto Claire Chenu (Rasse et al., 2005)

Substâncias	Resíduo	Húmus
		%
Celulose	20 - 50	2 - 10
Hemicelulose	10 - 20	< 2
Proteínas	1 - 15	28 - 35*
Lignina	10 - 30	35 - 50
Taninos	1 - 8	2 - 10
C/N	> 50	< 18

Média vários autores. *condensação proteína pelos anéis aromáticos da lignina.



Foto: Caley Gasch (NDSU)

Agregação depende do contato das partículas do solo. Contato pode ser por pressão (indiscriminado) ou por fluxo (discriminado) seguido da cimentação (por exemplo, glomalina) excretada pela biota e raízes.



**Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende
o que ensina (Cora Coralina)**

j
Prof. J. L. Favarin



ESALQ

**Muito obrigado,
até!**

J

Prof. J. L. Favarin

**Profissional competente sabe
praticar a teoria.**