

0110612 - Sistema de Produção Agrícola Plantio Direto

Departamento de Produção Vegetal

- Setor Agricultura -

Aula n° 4 - 28/08/2023

J

Prof. J. L. Favarin

Bloco 4

- Qualidade do resíduo vegetal: função do objetivo ou meta.**
- Análise de indicadores de qualidade do resíduo vegetal.**
- Balanço teórico de N: imobilização (I) e mineralização (M).**
- Partição da água do solo: evaporação (E) e transpiração (T).**
- Conservação da água: produtividade e fluxos iônicos solo.**

Qualidade do resíduo vegetal

Qualidade do resíduo depende do fim almejado: fonte nitrogênio, aumento MOS, controle de nematoide, ciclagem de nutriente, controle da erosão, descompactação, agregação solo...

Resíduo sobre resíduo



Resíduo único, não acumula



Indicadores de qualidade do resíduo: relação C/N, teor de lignina e polifenóis. Alguns métodos combinam esses atributos, a exemplo do índice de qualidade de resíduo (IQR) e índice lignina-celulose (ILC).

Composição de alguns resíduos vegetais

- Relação carbono e nitrogênio (C/N) e teor de lignina, média de vários autores -

Braquiária: C/N 40; 6% lignina



Trigo: C/N 70; 25% lignina



Milho: C/N 60; 23% lignina



Qualidade do resíduo para conservação do solo e água: palha cana e trigo > milho, braquiária > milheto > soja

Soja: C/N 18; 5% lignina



Cana: C/N 80-100; 30% lignina



Milheto: C/N 40; 4% lignina

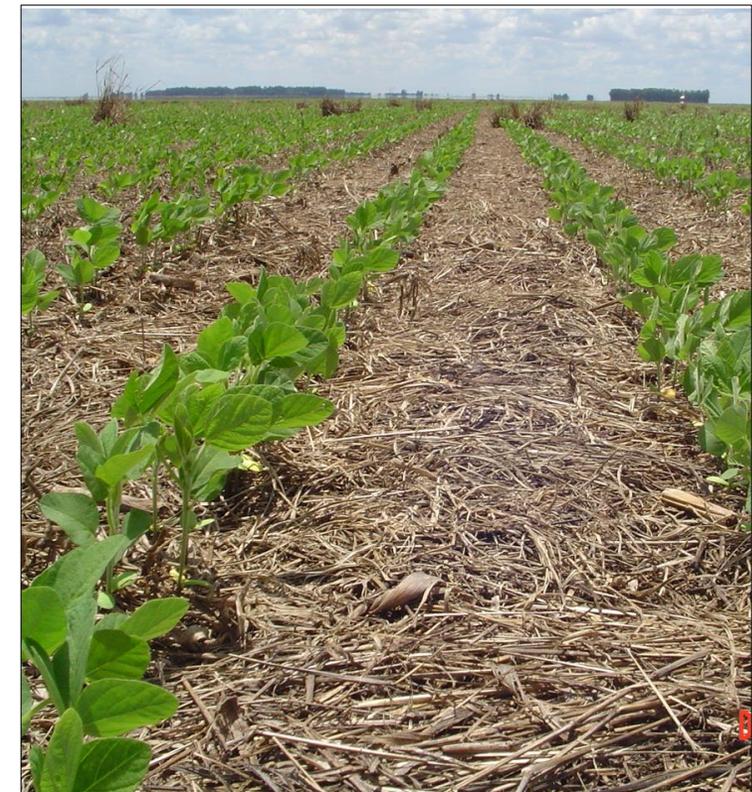
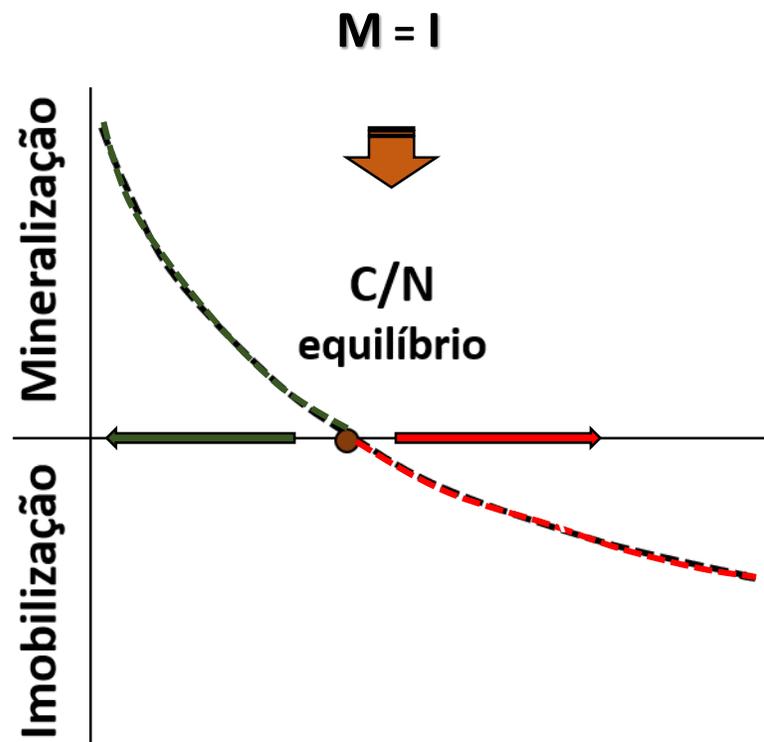


Qualidade do resíduo: relação C/N

Relação entre carbono e nitrogênio (C/N) é o indicador mais comum. O teor médio de carbono dos vegetais varia de 38% a 44% e de nitrogênio é inferior ao teor foliar da planta bem nutrida.



Relação C/N de equilíbrio teórica de N



Relação C/N de equilíbrio é aquela em que a quantidade de N mineralizada é igual a imobilizada. Para tal, considere C/N da biota 10, coeficiente de humificação 0,2 e liberação de 50% N-resíduo em 30 dias.

Balanço entre mineralização - imobilização de N

Determinar o balanço é muito difícil, pelas inúmeras variáveis interferentes. Pode-se estimar se haverá excedente ($M > I$) ou déficit de N ($I > M$) à cultura semeada sobre o resíduo.

- C/N biota solo 10/1 (10) significa: a biota precisa de 1 kg N para cada 10 kg C assimilado -

Mineralização (M)

$$M = MR \cdot \% N_{\text{resíduo}} \cdot f(0,5)$$

MR, quantidade de resíduo/ha

$\% N\text{-resíduo} = \%C / C/N_{\text{resíduo}}$

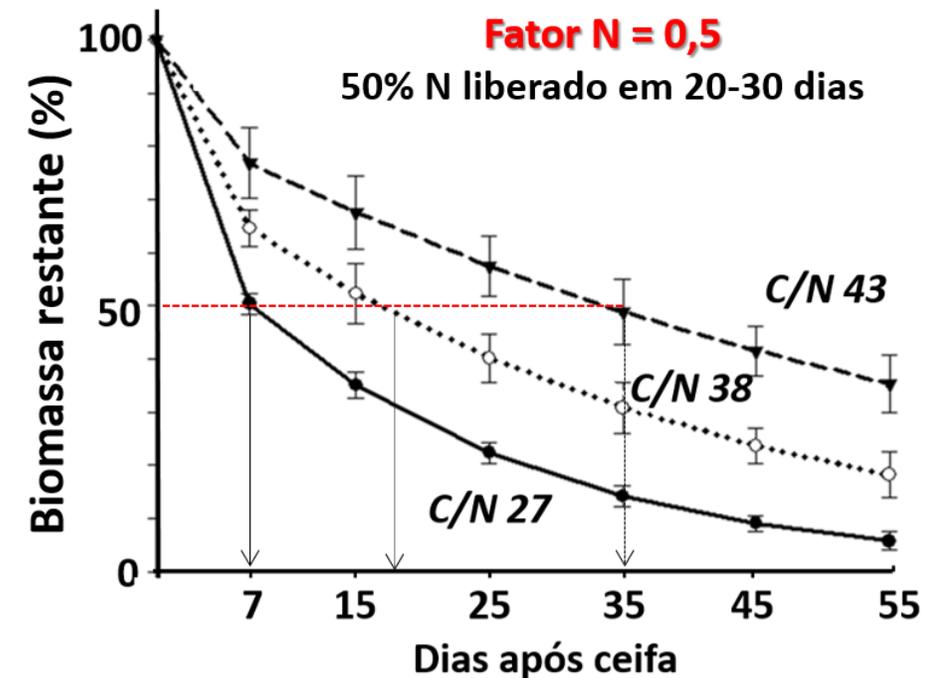
Imobilização (I)

$$I = (MR \cdot \%C \cdot h) / C/N_{\text{biota}}$$

MR, quantidade de resíduo/ha;

$\% C$, teor C do resíduo (42%);

h, coeficiente isohúmico (0,2);



- No fim de um ano, sobraré húmus e outros compostos em quantidade equivalente ao coeficiente (h) -

Exercício: balanço de nitrogênio do sistema de produção

Faça o balanço estimado e simplificado de nitrogênio para as seguintes condições: (i) talhão com resíduo de braquiária proveniente do consórcio com milho e (ii) talhão com resíduo de soja. A forrageira produziu 8.000 kg/ha de massa seca (40% C), com relação C/N 50. Soja produziu 4.800 kg/ha de grãos (12% água), com 40% de C e C/N 18.

Considerar que a C/N da biota decompositora igual a 10, coeficiente de humificação (h) dos dois resíduos igual a 0,2 (Gross, 1986) e, por fim, o fator f (0,5) significa que 50% do N do resíduo será liberado nos primeiros 30 dias de degradação.

Explique, agronomicamente, o resultado do balanço nesses dois casos, e o que faria nessas situações, caso pretenda semear alguma cultura sobre tais resíduos?

- Memória de cálculo -

Qualidade do resíduo: teor de lignina

Lignina é uma substância orgânica difícil de degradar. Como precursora do húmus do solo, tem potencial para aumentar o teor de carbono do solo ou MOS (Monnier, 1989).

- Degradabilidade das substâncias -
 proteína > celulose/hemicelulose > lignina



Composição %	Leguminosa		Gramínea	
	folha	raiz	folha	raiz
Hemicelulose	8	11	31	19
Celulose	15	21	40	23
Proteína	21	12	12	7
Lignina	5	7	6	18

Tyurin (1965) - Folha de braquiária aos 80 dias



Açúcares e proteínas degradam muito rápido em CO₂, água e nutrientes, e produz pouco húmus, a exemplo das leguminosas (Primavesi, 1999), porque “não há tempo” de formar húmus (Cerri).

Indicador de qualidade do resíduo (IQR e ILC)

- Indicadores combinam os seguintes atributos do resíduo: C/N, teor lignina, polifenol e celulose -

Palha de cana - IQR 2,1 e ICL 0,4
C/N 80, 30% lignina, 45% celulose



- Índice Qualidade do Resíduo (IQR) -

$$\text{IQR} = 1 / (0,42 \cdot \text{C/N} + 0,44 \cdot \text{LI} + 0,14 \cdot \text{PF}) \times 100$$

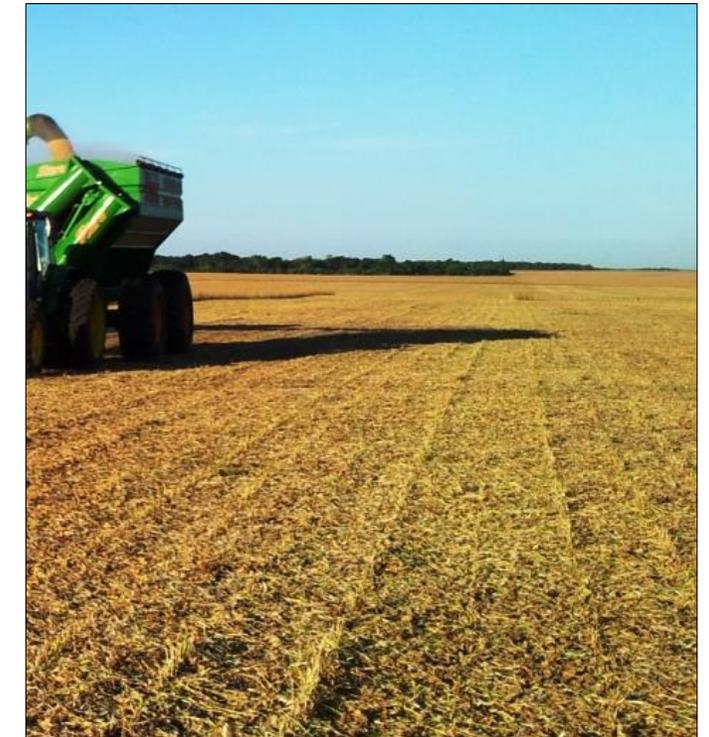
Tian et al. (1993)

- Índice Lignina-Celulose (ICL) -

$$\text{ICL} = \text{lignina} / (\text{lignina} + \text{celulose})$$

(Stevenson) - ILC alto (0,6) é mais lignificado e produz compostos carboxílicos (pcz 3)

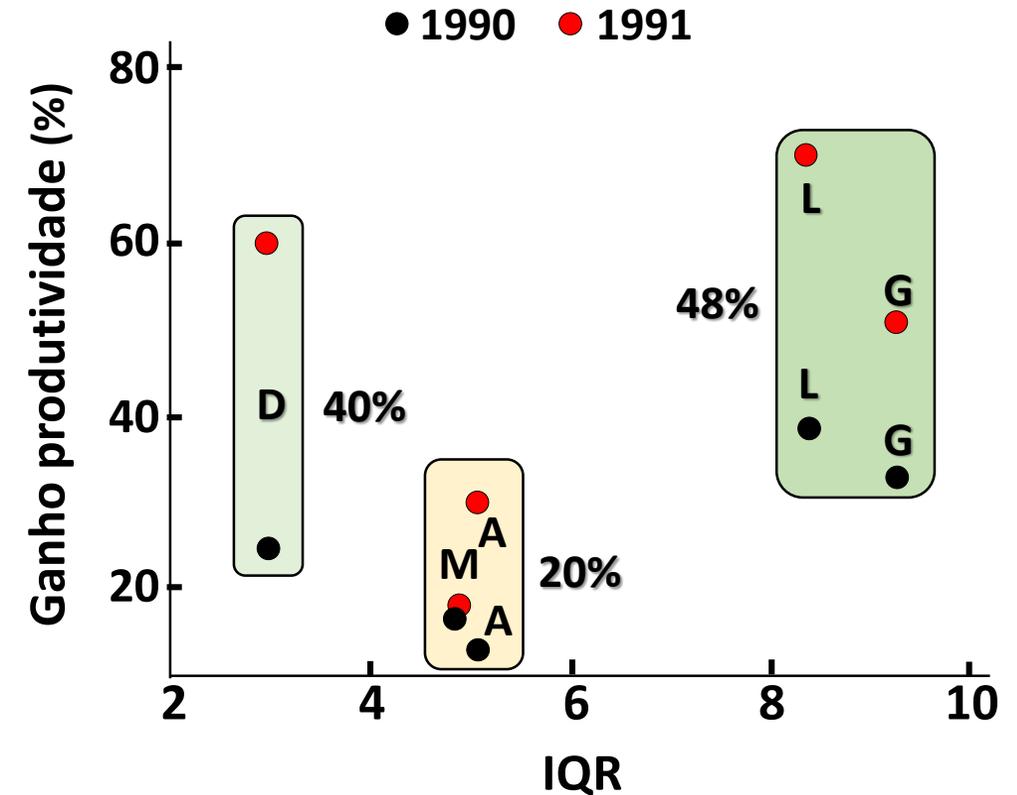
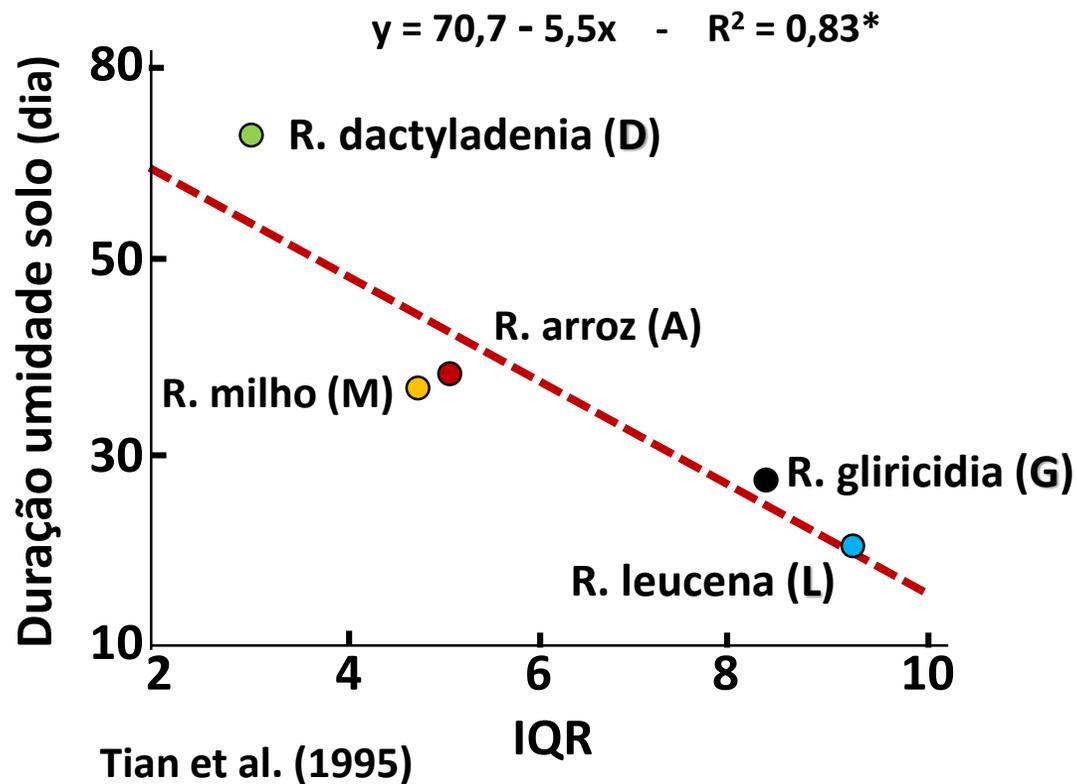
Palha de soja - IQR 10 e ICL 0,1
C/N 18, 5% lignina, 45% celulose



Resíduo de IQR alto: qualidade superior, degrada rápido e fonte de nutrientes. Resíduo de ILC baixo (0,2): também degrada rápido e produz compostos fenólicos (pcz 9).

Índice de Qualidade do Resíduo (IQR)

$$IQR = [1 / (0,423 \cdot C/N + 0,439 \cdot LI + 0,138 \cdot PF)] \cdot 100$$



Sob resíduo difícil de degradar (IQR 2-4) o solo persistiu úmido por 65 dias, com ganho de 40% produtividade de milho. Sob resíduo fácil de degradar (IQR 8-10) o solo ficou menos tempo úmido, mas forneceu N.

Coeficiente isohúmico ou humificação (h)

Coeficiente de humificação (h) dá uma ideia da quantidade de húmus e outros compostos formados no fim de um ano (Moreno, 1996), o qual varia com a composição do resíduo (Monnier, 1989; Sanã, 1996).



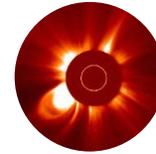
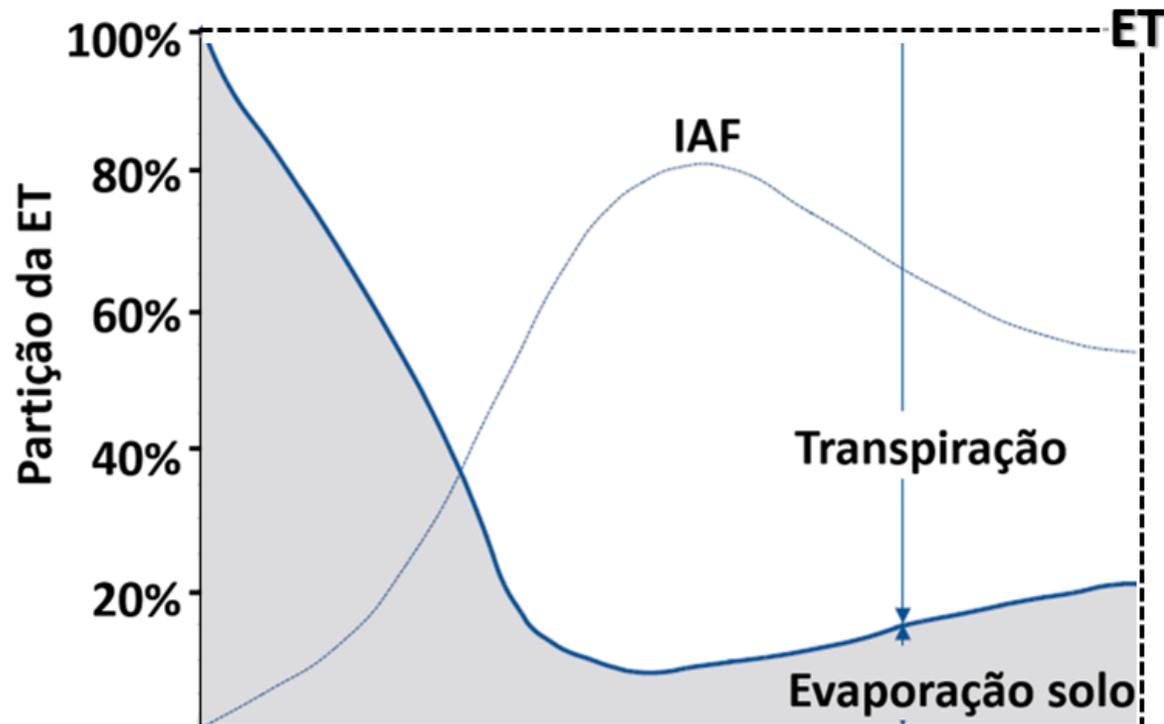
Resíduos vegetal e animal	humificação (h, ano ⁻¹)
Gross (1986)	
Esterco maduro	0,4 - 0,5
Resto de colheita	0,1 - 0,2
Soltner (1990)	
Trigo/cevada/aveia	0,15
Raízes de milho	0,15
Parte aérea milho	0,12



Resíduo com maior teor de lignina, produz mais húmus (Monnier, 1989) e outros compostos. Açúcares, celulose, hemicelulose e proteínas decompõe rapidamente, quase não produz húmus.

Conservação da umidade do solo

Água passa à vapor pelo uso da energia da radiação solar sobre o solo. Presença de resíduos no solo pode reduzir entre 40% e 60% a evaporação dos primeiros 10 cm a 15 cm de solo.



Economia de água não evaporada na fase vegetativa pode aumentar a produtividade. Com base na partição da ET, espera-se que o resíduo no trópico persista, pelo menos até a lavoura fechar.

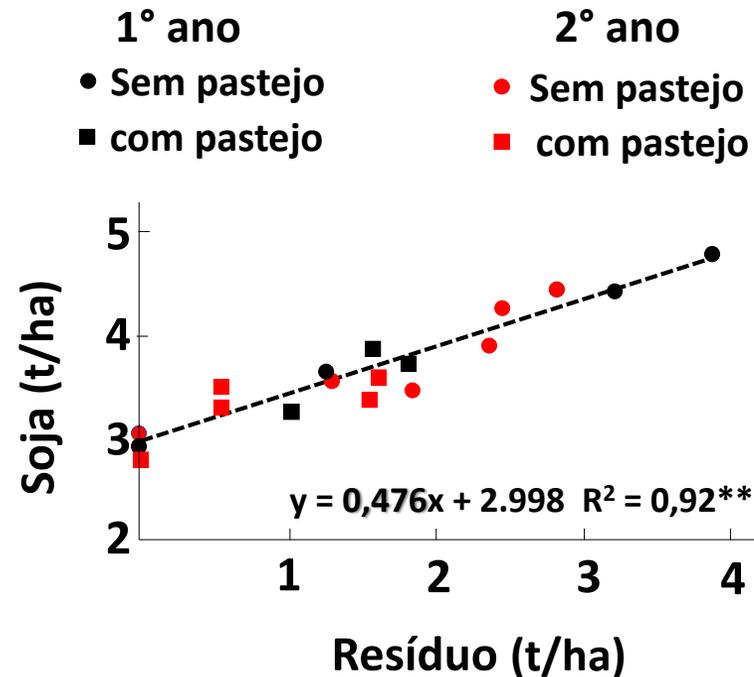
Economia de água e produtividade

- Plantio direto com resíduo sobre o solo reduz cerca de 50% a perda de água por evaporação -

Planta C3: 450-650 L H₂O / kg MS
Arroz, trigo, feijão, soja, algodão...



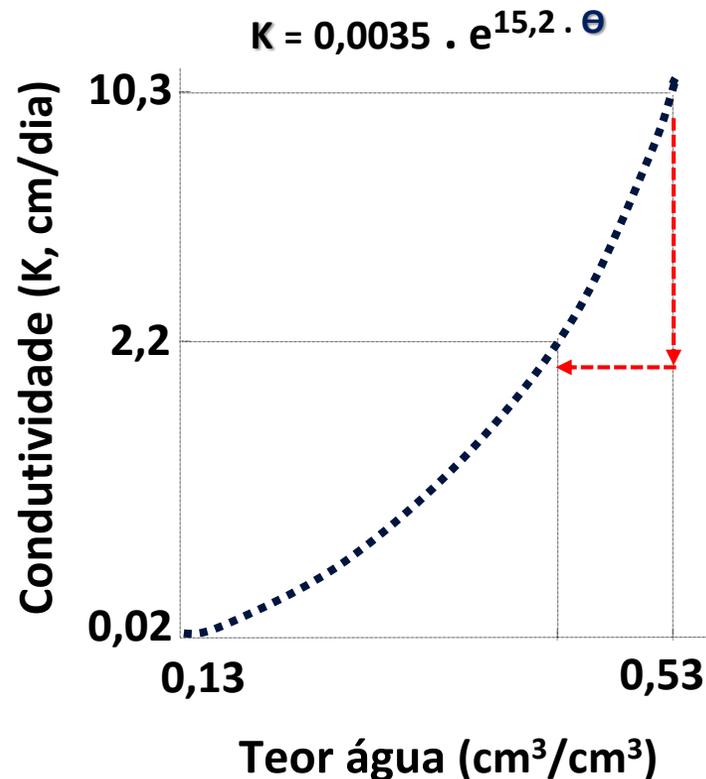
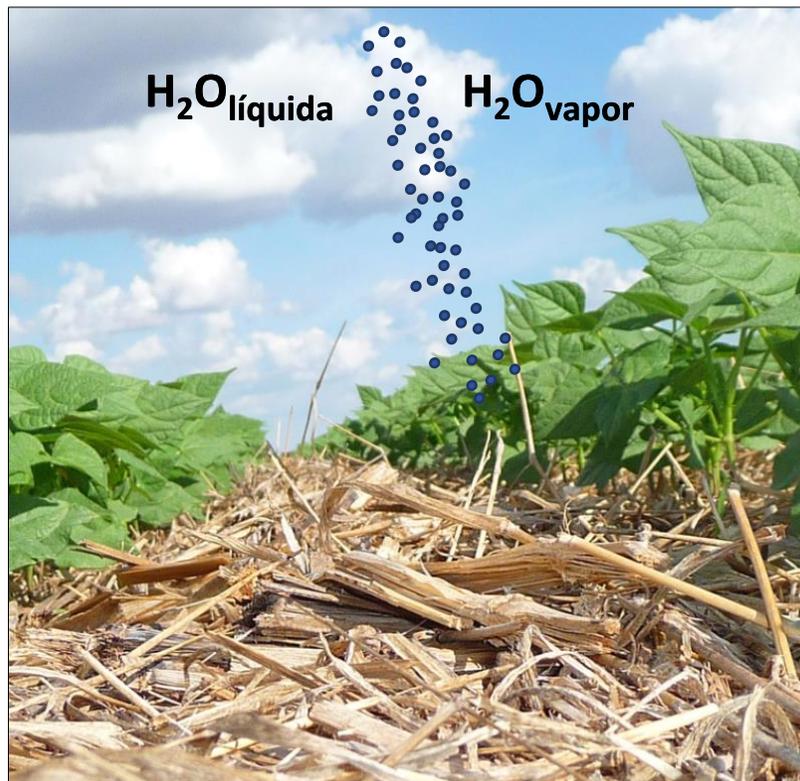
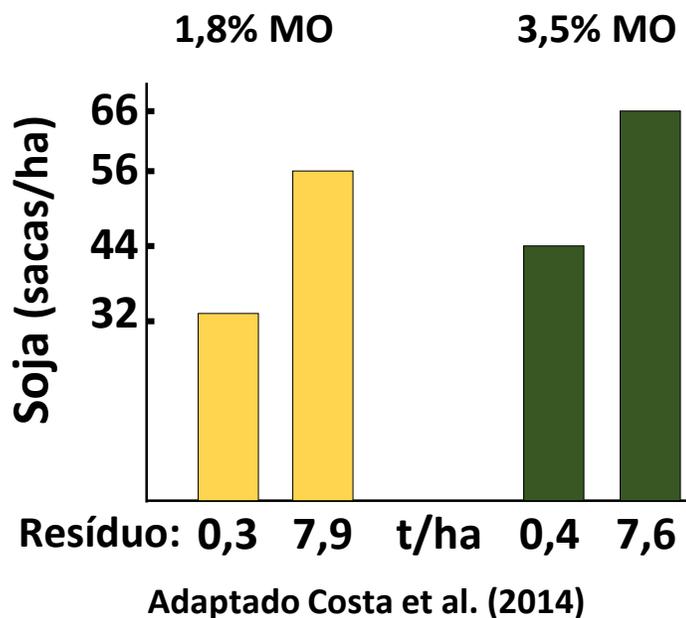
Planta C4: 250-450 L H₂O / kg MS
Milho, braquiária, cana, sorgo...



Eficiência de uso da água varia com a espécie, temperatura, umidade relativa, população de plantas e, mais do que tudo, do teor de **água disponível** do solo.

Atmosfera é a origem do fluxo transpiratório

$$\psi_w = -1,06 \cdot T (^{\circ}\text{K}) \cdot (2 - \log \text{UR})$$

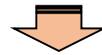
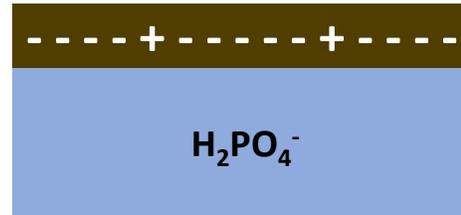


Solo limita o fluxo transpiratório

Condutividade hidráulica (**K**) é a capacidade de o solo transferir água das zonas úmidas à zona seca, como na rizosfera. **K** (cm/dia) diminui exponencialmente com a redução da umidade do solo (Θ).

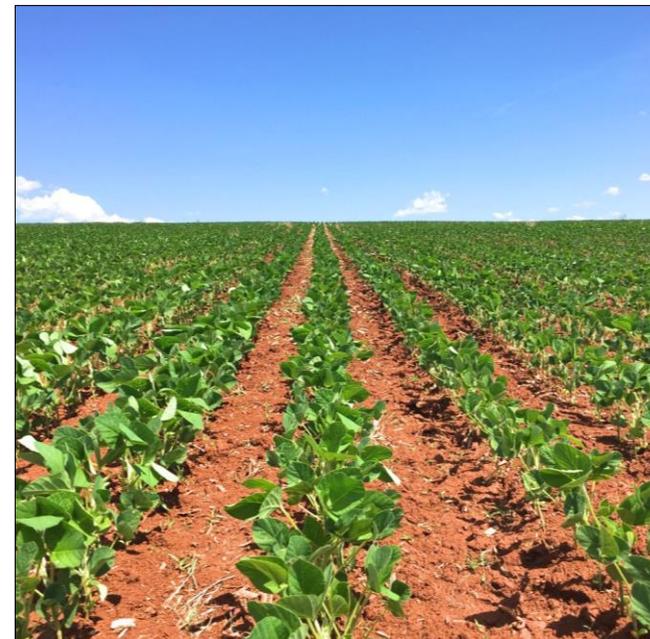
Difusão e fluxo de massa: origem e limitação

DI: íon se move na solução (D_f) das zonas mais concentradas até rizosfera a distância x (mm), em razão do gradiente de concentração (∇C_i) ou $DI = D_f \cdot \theta \cdot \nabla C_i / x$



6 $\mu\text{g P/h}$

(Ruiz et al. 1988)



0,02 $\mu\text{g P/h}$

(Ruiz et al. 1988)

FM: solução se move (K) das zonas úmidas até a rizosfera mais seca a distância x (cm), em razão do gradiente de potencial ($\nabla \psi$) ou $FM = K \cdot \nabla \psi / x \cdot C_i$ e $K_f(\theta)$



Exercício: economia de água e ganho de produtividade

Estime o acréscimo teórico da produção de soja (sacas/ha, 12% umidade) pela diminuição da evaporação, durante a maior parte da fase vegetativa da soja, quando a evaporação (E) é superior à transpiração (T).

Considere que a evaporação (E) dos primeiros 40 dias corresponde a 65% da evapotranspiração média do ciclo da cultura ($ET = 6 \text{ mm/dia}$). Sabe-se que o resíduo vegetal sobre o solo em Plantio Direto, reduz cerca de 50% a evaporação (E).

Lembrar que a soja é uma planta de ciclo C3 (IC 0,45), a qual consome aproximadamente 500 Litros de água para cada 1 kg de massa seca total produzida (MST, grãos mais parte aérea).

- Memória de cálculo -



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

j

Prof. J. L. Favarin