

O manejo da MOS está adequado
visando a sustentabilidade dos
sistemas de produção no RS?

Paulo Cezar Cassol

CAV/UDESC

Roteiro

- Estado estável da MOS
 - $\Delta \text{COS} = K_1 * A - K_2 * C$ (Aporte – Perdas)
- Boas práticas de manejo visando MOS
 - Promoção de Aporte
 - Controle de perdas
- Situação do teor de MOS nos solos do RS
- Situação do uso de Boas práticas de manejo visando MOS
- Considerações

PRELIMINARES

👉 MOS é imprescindível à *qualidade* do solo

ESTADO ESTÁVEL DA MOS

- MOS tende à estabilidade
 - Proteção da MOS: recalcitrância, isolamento físico e ligação com argilo-minerais
- Teor de MOS resulta da “disputa” entre processos de **Aporte** & **Perdas**
- $dC/dt = A * K1 - K2 * C$ (Henin & Dupuis, 1945)

Aporte: Resíduos * tx de conversão em MOS

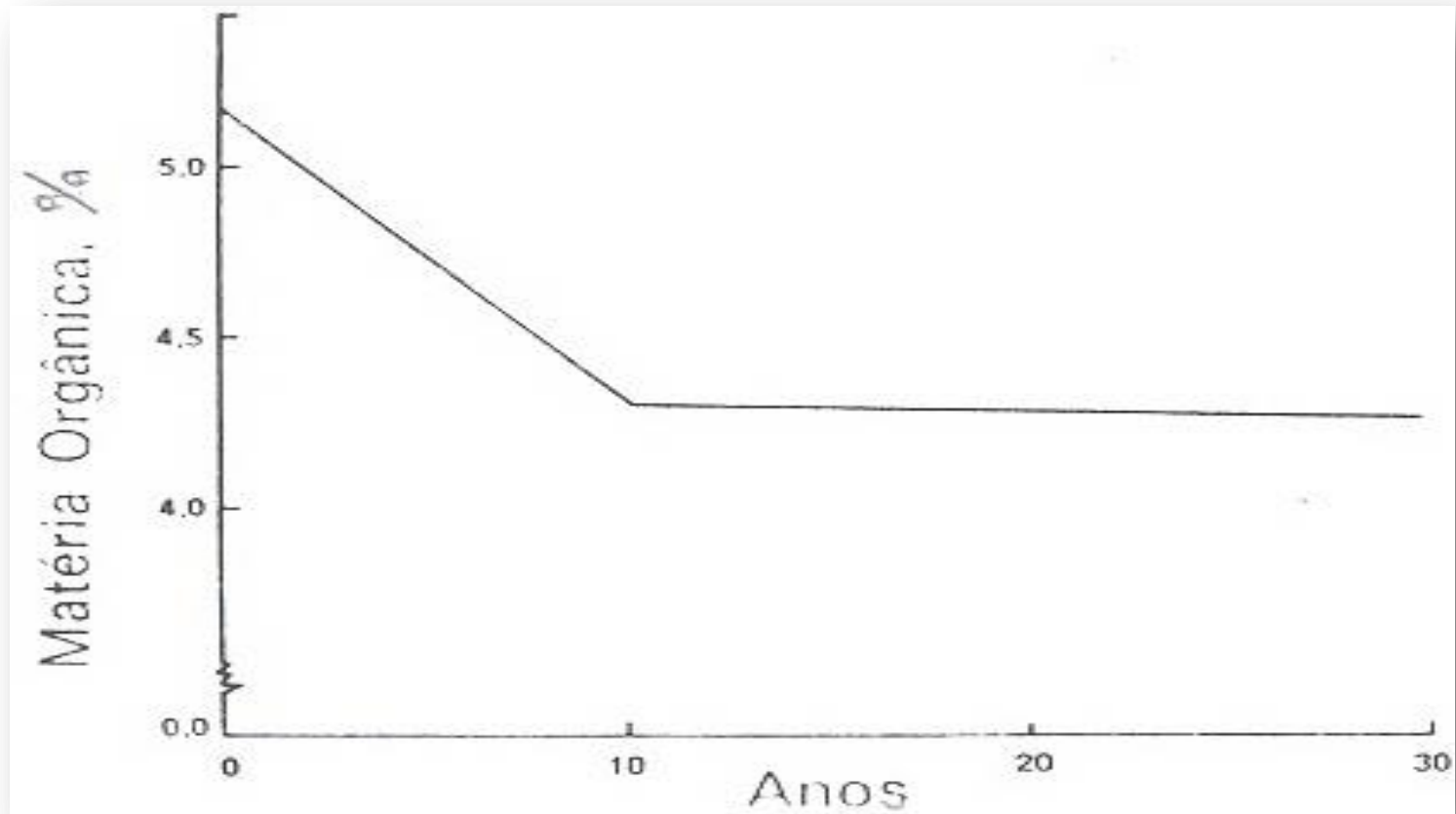
Perdas: Estoque * tx de degradação da MOS

Manejo adequado visando MOS:

1. Promoção do aporte

2. Combate às Perdas

Tendência??



👉 Cultivo agrícola do solo diminui teor de MO: ↓
de 30 a 50% (Amado, 2008)

Causas da perda de MOS

- Preparo do solo (revolvimento) acelera a decomposição
- Erosão em diversos graus
- Cultivo de plantas com pouca produção de fitomassa e raízes
- Remoção de resíduos vegetais (feno-silagem)

Consequência

- No período inicial da modernização agrícola do RS (anos 1960 e 1970), em 15 anos de cultivo sob preparo e práticas convencionais houve uma redução estimada em 50% na MOS original dos solos cultivados no RS (Potker, 1977).

Manejo adequado visando MOS

1. Promoção do aporte de MO

- Otimizar a Fertilidade do solo
 - pH: 5,5 a 6,5 & Saturação de bases: 65 a 85%
 - Disponibilidade otimizada de P, K, S e micronutrientes
 - **Suprimento de N**



Fornecer condições para alta produção de fitomassa e raízes

Manejo adequado visando MOS

1. Promoção do aporte de MO

 Cultivo de espécies “produtoras” de palha e raiz

- Adubos verdes / cobertura do solo
- Rotação de culturas

 Existe relação direta entre aporte de massa seca dos sistemas de cultura e teor de MOS sob PD (Bayer et al., 2000).

Plantas de cobertura para aporte de MOS

Espécie	Fitomassa (t ha ⁻¹)	C/N
Brachiaria b.	7,3	35
Milheto	6,3	28
Aveia Preta	4,7	43
Nabo Forr.	4,4	18
Crotalaria j.	10,5	28
Crotalaria e.	6,0	20
Mucuna pr.	7,1	23
Guandu anão	4,8	23
Ervilhaca	3,3	16
Tremoço azul	4,9	15
Aveia + T. Ver.	60	24

(adaptado de McBride, 1994)

Plantas de cobertura para aporte de MOS

Braquiária



Milheto



Rotação de culturas para aporte de MOS

Pastagem



$$dC/dt = A * K1 - K2 * C$$

Taxas de conversão (**K1**) de raízes e parte aérea de plantas em MOS

Parte da planta	Observação	Faixa de Valores de k1	Valor médio de K1
Raízes	Mais proteção dentro do solo e > teor de lignina	0,144 a 0,30	0,211
Parte aérea	Menos proteção e > teor de celulose.	0,077 a 0,23	0,122

Fonte Bayer et al., 2011, *cita*: Bolinder et al. 1999; Gregorich et al. 1995).

Adubação orgânica aumento o aporte de MOS



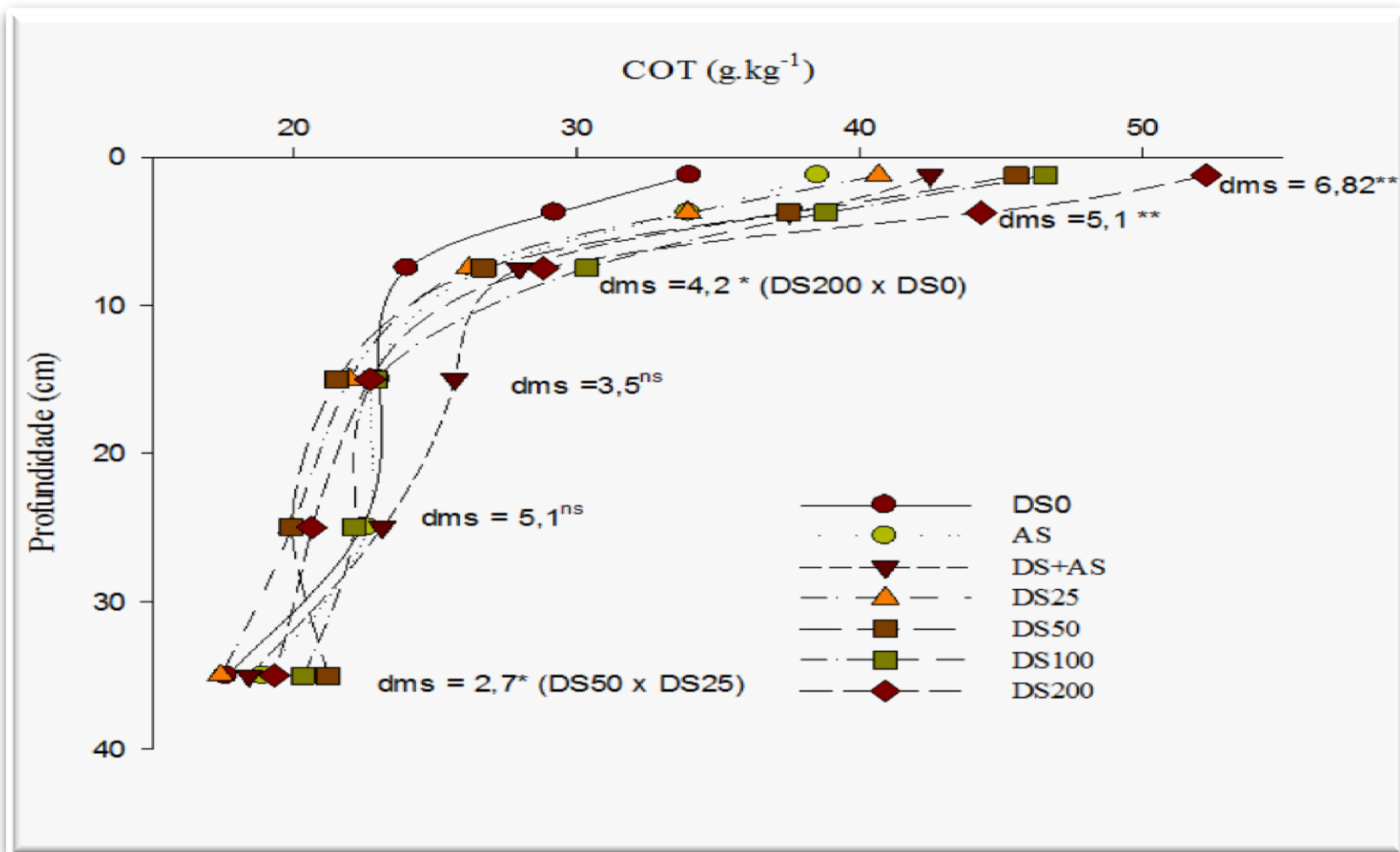
O efeito também é devido ao aumento na produção de fitomassa

- Ex.: Efeito direto de fontes orgânicas na recomendação de Doses para suprir P_2O_5 e K_2O (100 kg/ha):

Cama de frango ~ 3t → **1,2 t de C**

Dejeto suíno ~ 40 m³ → **0,8 t de C**

Adubação orgânica para aporte de MOS



Teor de COS em LVD após 10 anos de aplicação superficial de até 200 m³/ha de DLS (Mafra, 2013)

Manejo adequado visando MOS

2. Combate às Perdas

- **Controle da degradação**
- **Controle da erosão**
- **Evitar remoção/queima**



Manejo & preparo conservacionista:

Sistema PD

Combate às Perdas de MOS

- Preparos conservacionistas (baixa mobilização & alta manutenção de resíduos (palha) sobre o solo;
- Plantas com sistema radicular agressivo (pastagens e adubos verdes)
- Estimular à atividade e a diversidade da biota do solo (2 a 5% da MOS, mas com papel preponderante na síntese e estabilização da MOS)
→ **conversão da palhada e raízes em MOS.**
- Controle da erosão ...

Plantio Direto “na Palha”



Cassol, 2012; Sá et al., 2012)

Ganhos com sistema PD

- **Em geral ganhos entre 0,15 a 1,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de C. (Schlesinger, 1985; Bayer et al., 2001; Amado, 2012).**



Ganho de MOS em solo sob aração e gradagem é improvável (quebra da estabilidade física da MO pela ruptura de agregados e ao incremento da oxigenação do solo (Carter et al., 1994; Reikoski & Lindstrom, 1993; Amado et al., 2006)).

Ganhos com sistema PD

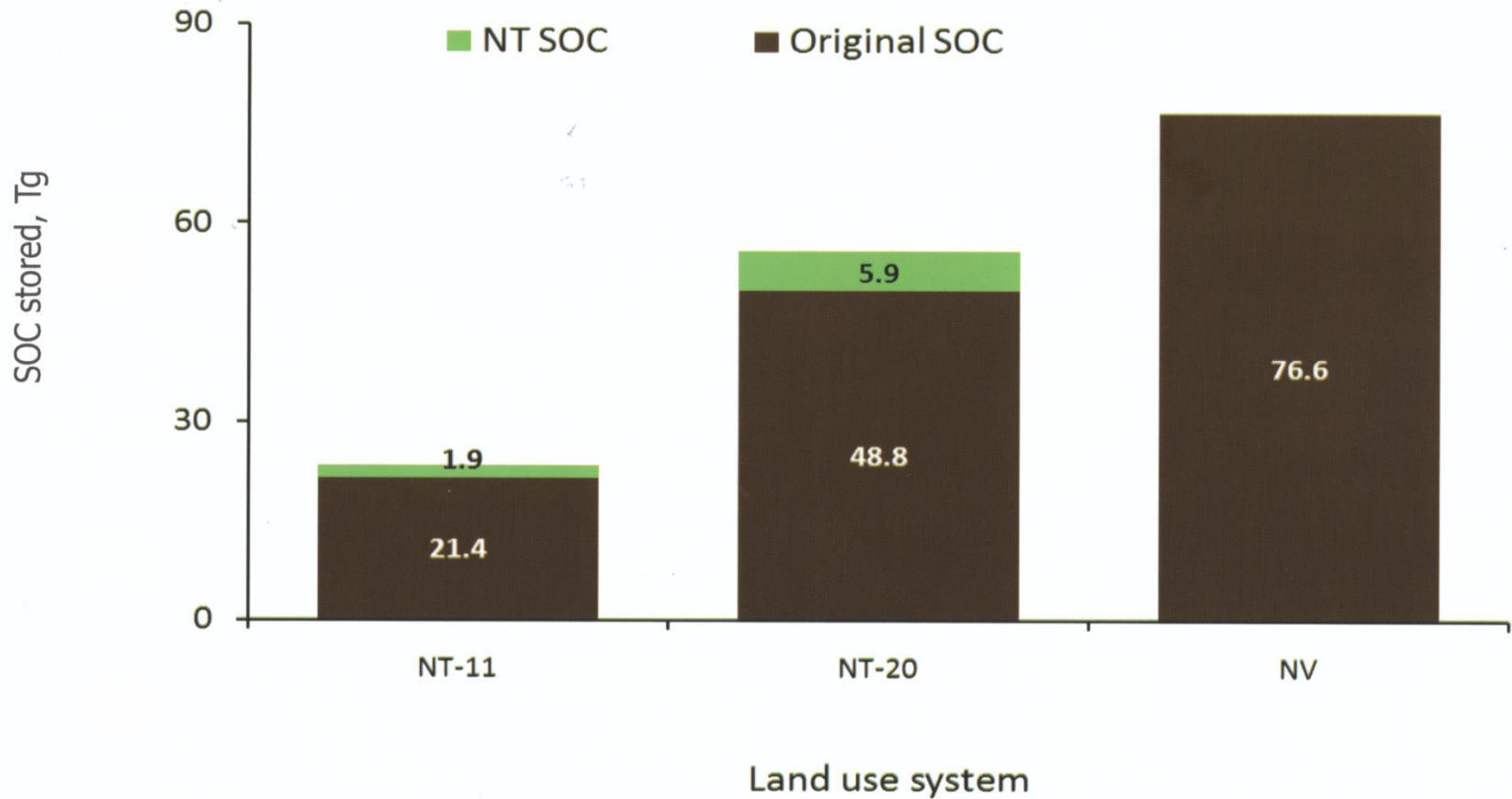


Figure 9. Soil organic carbon contribution as a function of NT management

Estoque de COS (0 a 1 m) na Região dos Campos Gerais (PR): Sá, Santos & Lal, 2012)

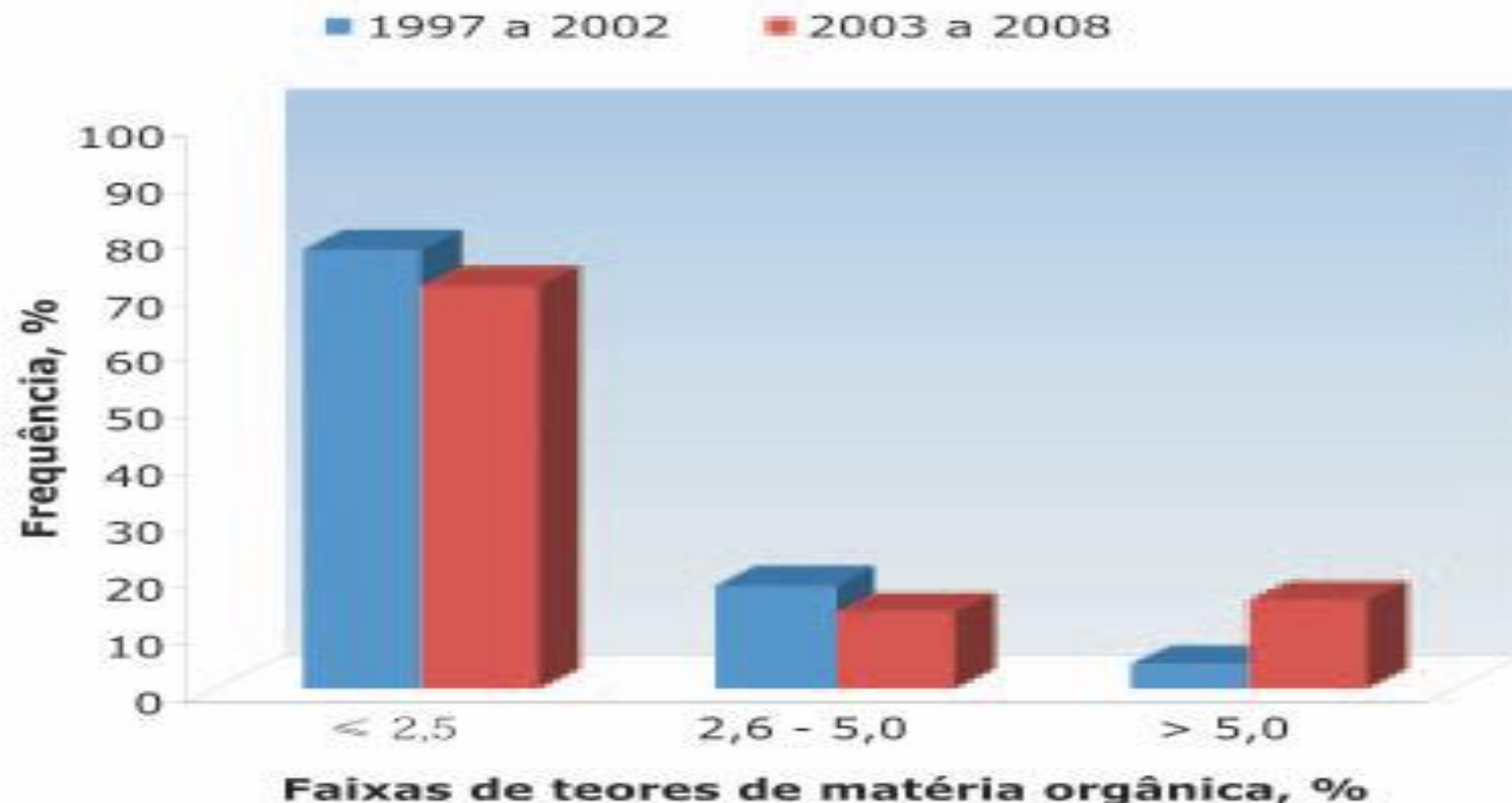
Principais culturas no RS

Cultura	Área cultivada (ha)
Soja	3.430.000
Milho	1.150.000
Arroz irrigado	1.100.000
Trigo	1.000.000
Pastagens cultivadas	
Feijão	100.000
Aveia grão	98.000
Aubos verdes	??
Cevada	44.000
Canola	30.000
Sorgo	18.000
Girassol	10.000

Fontes: Emater RS, 2012; Ibge, 2013)

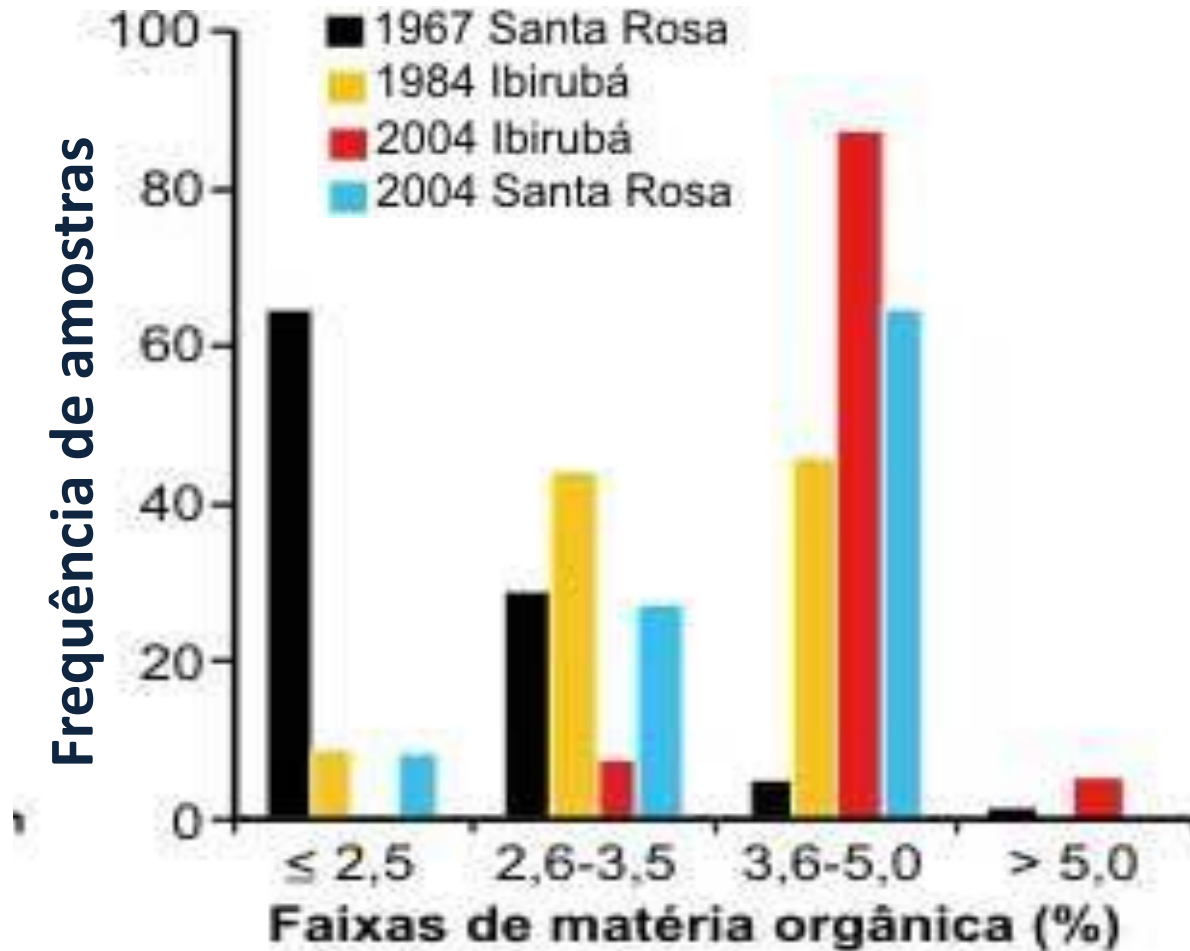
Evolução do teor de MOS no RS

Tendências do teor de MOS em solos de varzea



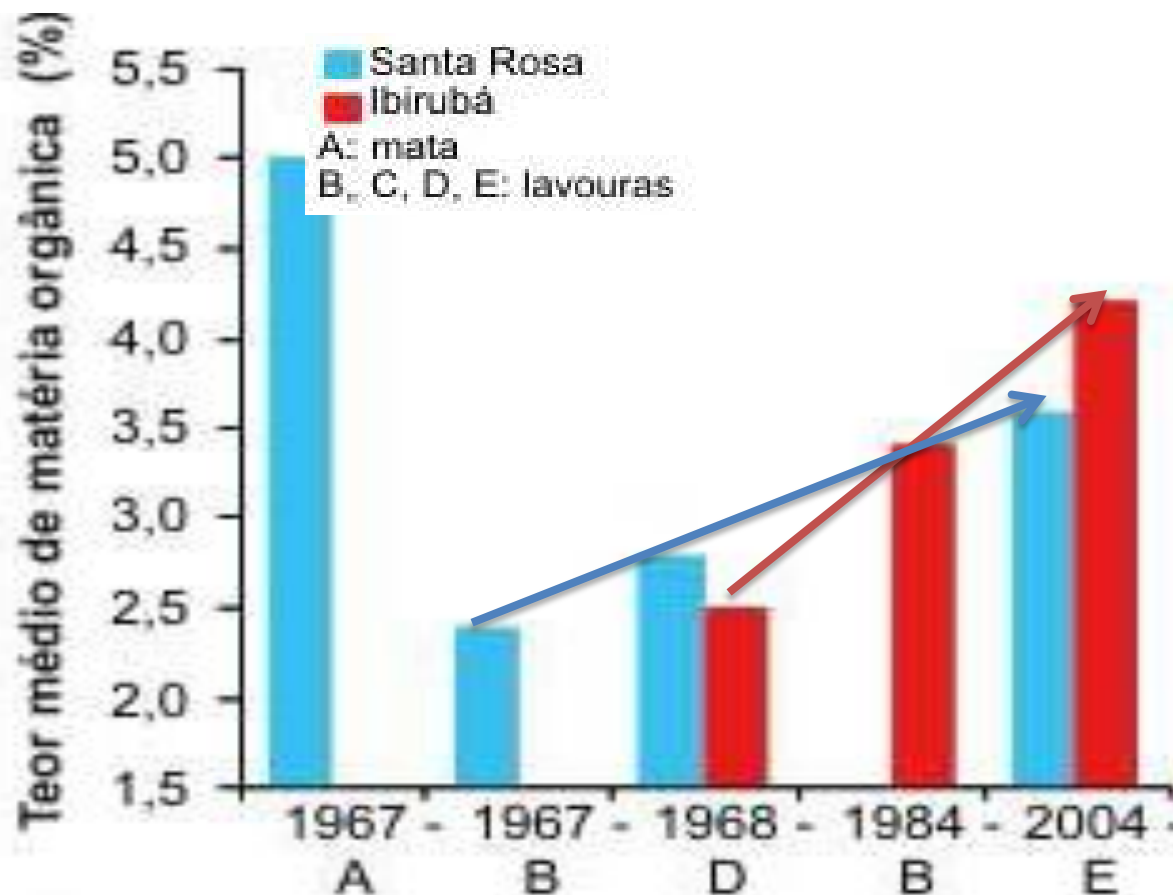
Distribuição de baixas de MOS em solos sob cultivo de arroz irrigado no RS em dois períodos (Boeni , Anghinoni, Genro & Osório, 2010 – Irga, Boletim 10)

Tendências do teor de MOS em solos drenados



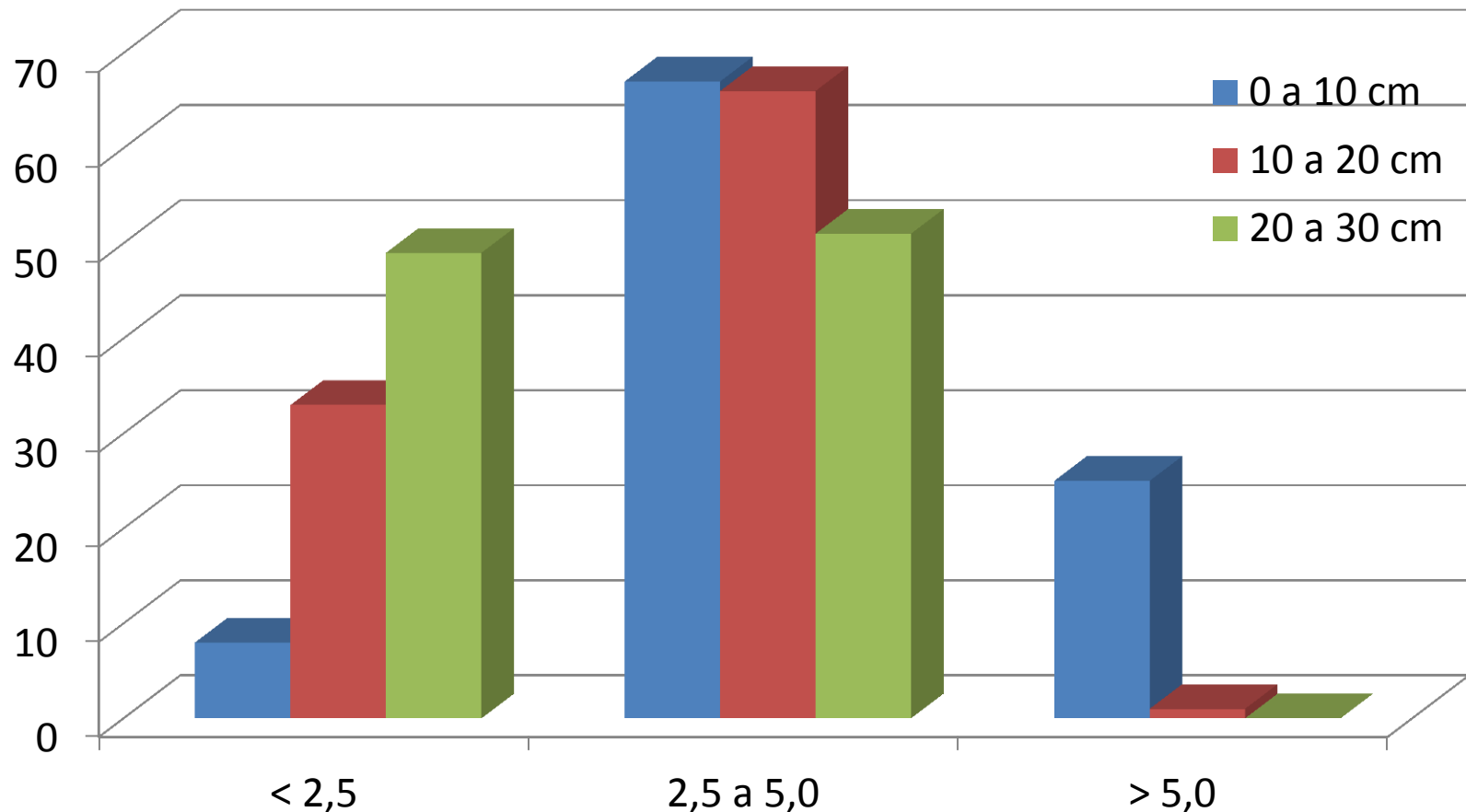
Evolução das faixas de valores dos teores de MOS nas regiões de Santa Rosa e Ibirubá em quatro décadas **(Nicolodi, Gianello & Anghinoni, 2008)**.

Tendências do teor de MOS em solos drenados



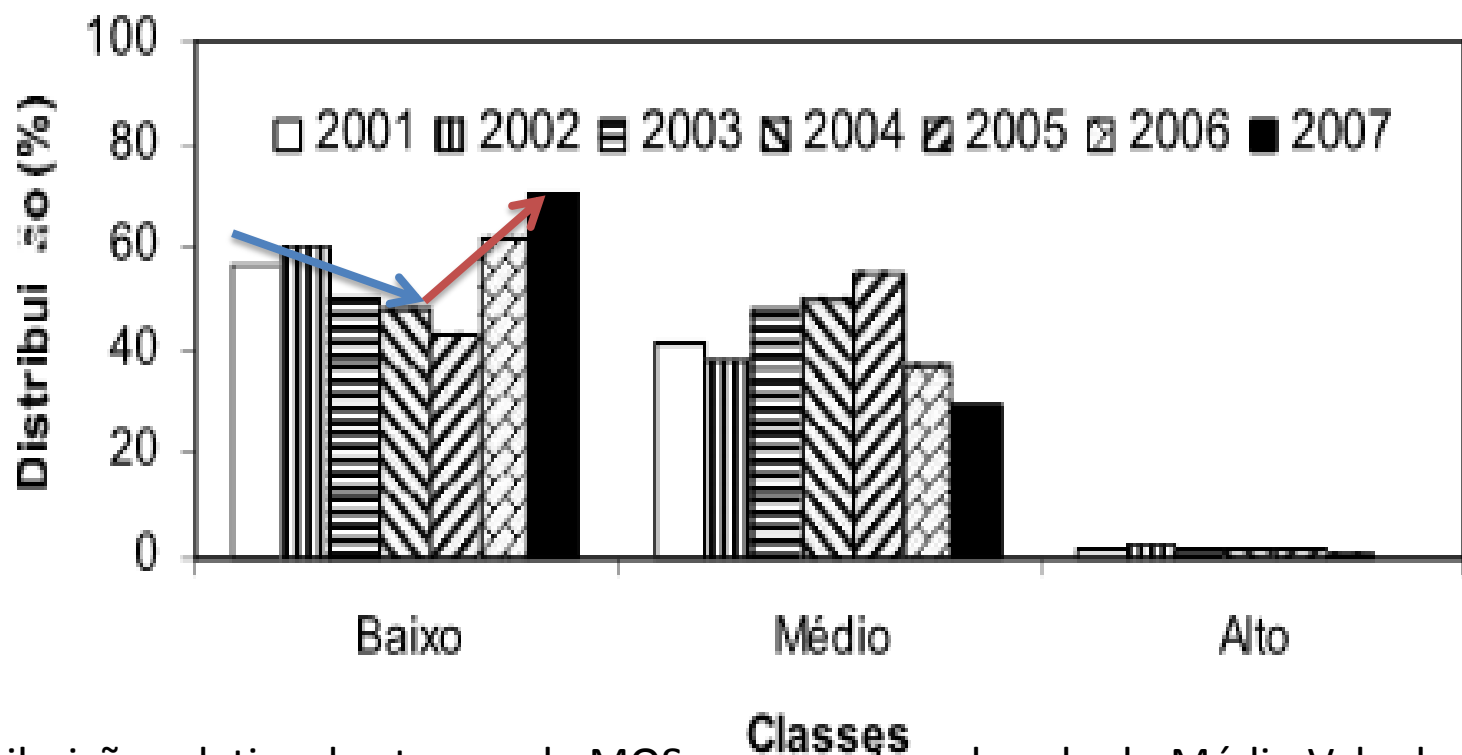
Evolução das faixas de valores dos teores de MOS nas regiões de Santa Rosa e Ibirubá [(A): Mielniczuk & Anghinoni (1976); (B): Associação (1967); (D) Porto (1970); (E) Nicolodi et al., 2008)]. (Nicolodi, Gianello & Anghinoni, 2008).

Tendências do teor de MOS em solos drenados



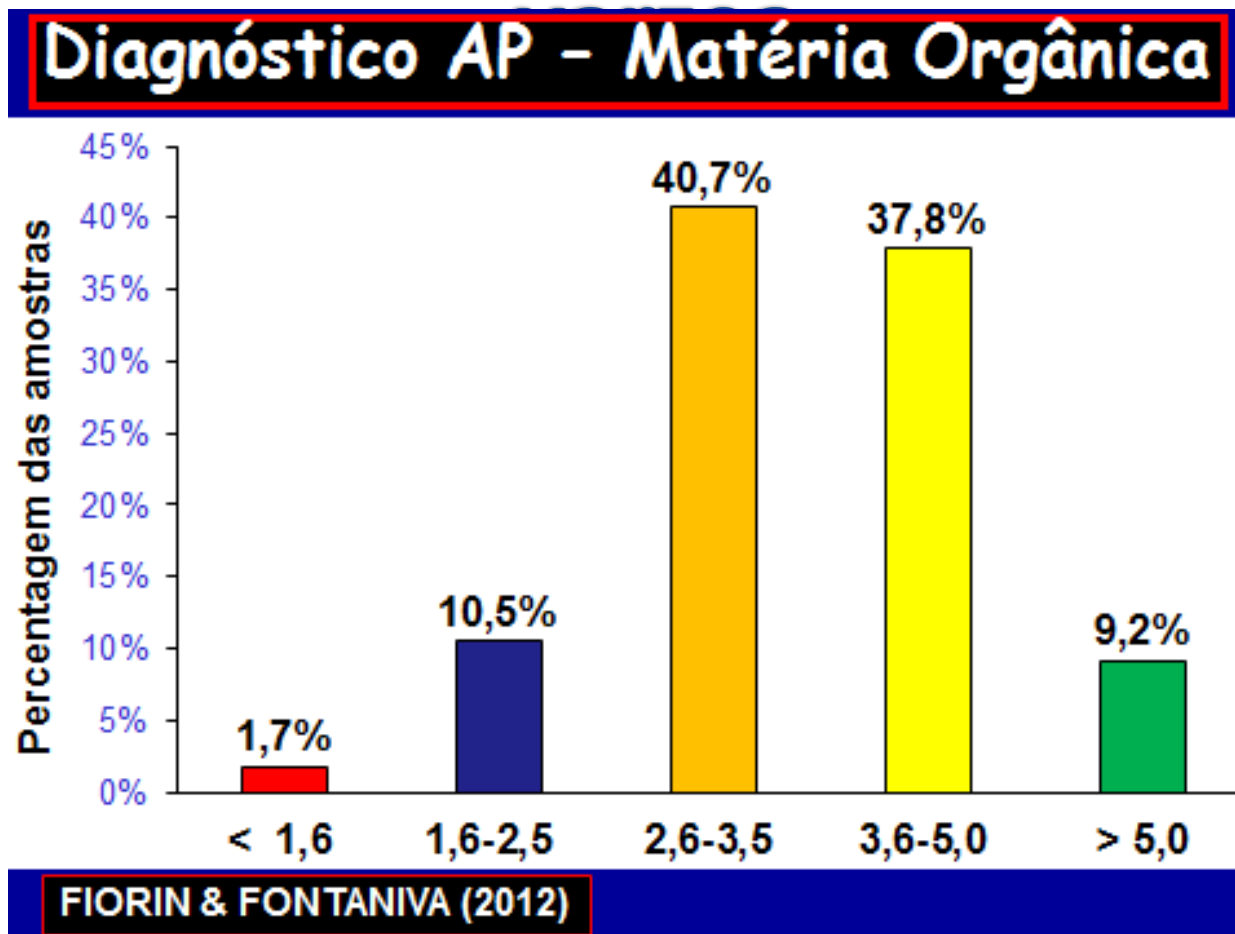
Distribuição percentual em intervalos de teores de MOS em três profundidades (160 amostras de Latossolos do Planalto do RS sob PD consolidado **(Extraído de Martinazzo, R., 2006).**

Tendências do teor de MOS em solos drenados



Distribuição relativa dos teores de MOS em amostras de solo do Médio Vale do Uruguai (Fabbris et al., 2008).

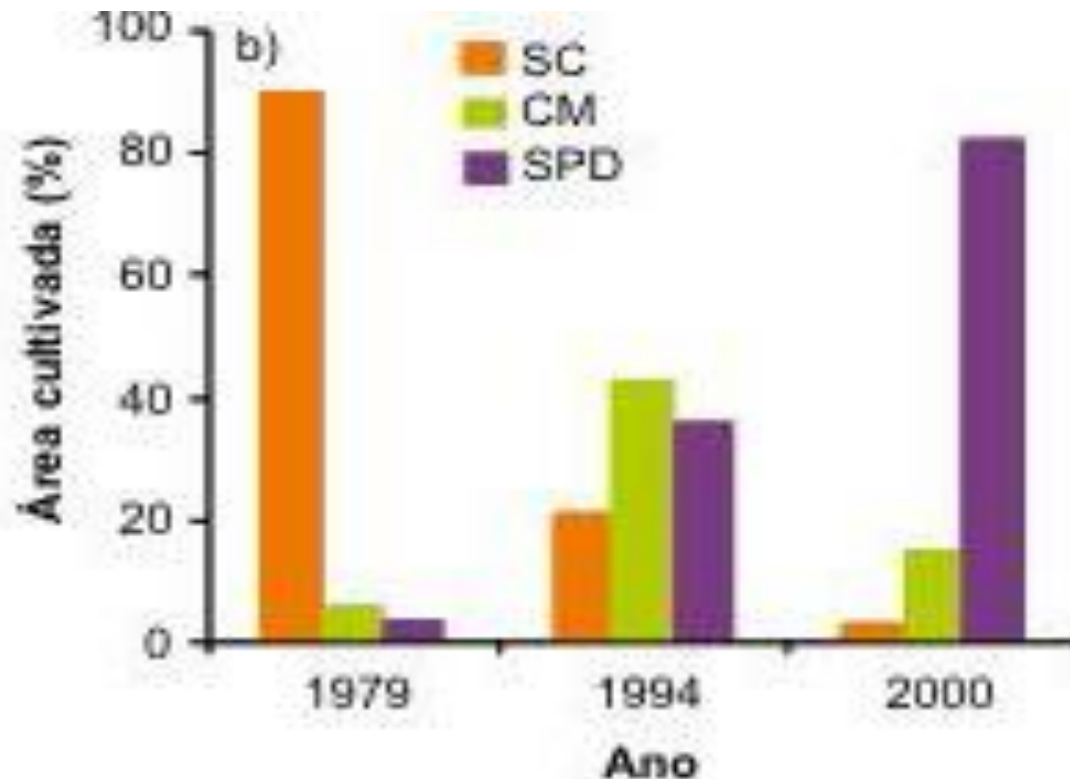
Teor de MOS em áreas manejadas seguindo a agricultura de precisão



Diagnóstico da fertilidade do solo em áreas de agricultura de precisão no Rio Grande do Sul. Fiorin et al. 2012 (CCGL/UNICRUZ. Cruz Alta, RS, 2012 - 106.955 amostras de áreas de produtores que aderiram à AP no período de 2007 a 2012).

Situação do uso de Boas práticas de manejo visando MOS

Preparo do solo no RS



Evolução do sistema de cultivo, convencional (SC), mínimo (CM) e plantio direto (PD), em solos no Planalto Médio (PM) do RS (Adaptado de Mielniczuk, 1999 por: Nicolodi, Gianello & Inghinoni, 2006).

Situação das práticas de manejo e conservação do solo no RS ?

“ Em todos os setores de produção **os problemas de conservação de solos estão em evidência**, como, por exemplo, nas áreas de produção de grãos e no sistema de integração lavoura-pecuária, **o plantio direto vem sendo realizado com baixa cobertura de solo, semeadura no sentido do declive e sem barreiras de contenção de enxurradas e rotação de cultura**, acelerando o processo de degradação do solo, reduzindo a infiltração de água, **aumentando** o escoamento superficial e as **perdas** de água, **matéria orgânica** e nutrientes...”

(Streck, E.V., 2012 <http://www.emater.tche.br/site/area/conservacao.php>)

Situação das práticas de manejo e conservação do solo no RS ?

“As discussões ... tema central “**Conservação do Solo e da Água no Brasil: preceitos e ações no ensino, pesquisa e extensão**”, **provocaram inquietações nos cientistas, autoridades e estudantes** que participaram do evento, criaram expectativas e **demonstraram a necessidade de se fazer recomendações para melhorar a Conservação do solo e da Água no Brasil**. As inquietações se deveram ao **descaso** quase que completo, tanto do poder público, quanto da própria comunidade científica e de produtores rurais, evidenciando problemas estruturais e conceituais no que se refere aos aspectos produtivos, ambientais e culturais relacionados à conservação dos recursos naturais solo e água no País. Constatou-se que esses problemas são decorrentes dos seguintes motivos: deficiências ... especialmente pela **falta de políticas públicas direcionadas à Conservação do Solo e da Água**”

Trecho da Carta de Lages, tirada da XIX REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA (XIX RBMCSA) 29/07 a 03/08/2012, em Lages, SC.

Situação das práticas de manejo e conservação do solo no Sul do Brasil



Erosão hídrica em áreas cultivadas sob o sistema de semeadura direta, com claros sinais de remoção de palha (Bertol, 2012).

Situação das práticas de manejo e conservação do solo no Sul do Brasil



Considerações

- Os avanços conseguidos com a adoção do PD e práticas de manejo do solo no RS são evidentes;
- O teor de MOS solo ainda está aquém dos ecossistemas naturais;
- Há grande demanda por iniciativas e atitudes para resgatar valores e consolidar a sustentabilidade da produção agrícola no RS, principalmente
 - Mais rotação de culturas incluindo plantas com grande potencial de aporte de MOS
 - Revalorização de práticas conservacionistas
 - Cultivo em nível, terraços, controle de pastejo/deferimento de plantas de cobertura

OBRIGADO



paulo.cassol@udesc.br



Anexos

Equilíbrio da MOS

MECANISMOS DE PROTEÇÃO (ESTABILIZAÇÃO) DA MOS

- Recalcitrância Bioquímica
 - Recalcitrância devida a estrutura das moléculas.
- Estabilização Química
 - Restrições à decomposição pela ligações em sítios de argilo-minerais.
- Proteção Física
 - Proteção e falta de O_2 no interior de micro-agregados do solo.

Situação das práticas de manejo e conservação do solo no RS

- A partir da década de 70, aproximadamente, os sistemas tradicionais de manejo de solo nas lavouras que utilizavam arados e grades começaram a ser substituídos por outros sistemas de manejo no Brasil. Passou-se a dar importância ao que já se conhecia sobre o efeito da cobertura do solo por resíduos vegetais na redução da erosão hídrica. Para isso, foi necessário praticamente eliminar o preparo mecânico do solo, o qual era feito com arados e grades aradora, destorroadora e niveladora. Essa mudança teve um excepcional efeito positivo na redução da erosão hídrica do solo e, também, na redução dos custos das lavouras em termos de gastos com combustíveis, devido à ausência do preparo mecânico, comparado ao que acontecia antes, com o chamado preparo convencional. Passou-se a adotar o manejo de solo denominado de “SISTEMA DE PLANTIO DIRETO”, também denominado de “SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA”, ou, por outros, denominado de “SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA”.
- Fato é que tal sistema, adotado mais ou menos “da noite para o dia”, trouxe consigo uma série de vantagens e também de problemas. A maioria das vantagens devia-se em especial à redução da erosão e à diminuição dos custos de produção das lavouras, enquanto, a maioria dos problemas, advinha dos reflexos negativos deixados no solo pelos sistemas intensivos de preparo mecânico adotado anteriormente. Em especial, a estrutura do solo estava degradada, em função do preparo intensivo adotado anteriormente (Dalla Rosa, 1981); além disso, parte dessas lavouras encontrava-se seriamente erodida, com parte ou toda a camada superficial do solo já perdida devido à erosão.

Carta de Lages, tirada da XIX REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA (XIX RBMCSA) 29/07 a 03/08/2012, em Lages, SC.

MOS nos solos de varzea

- Com relação aos teores de matéria orgânica (Tabela 7), verifica-se, em todas as Regiões, predominância absoluta (71,1 %) na classe Baixa ($\leq 2,5$ %). A Depressão Central é a Região com a maior frequência (80,4%) de amostras nessa classe de matéria orgânica, seguida pela Planície Costeira Externa (74,8 %) e pela Planície Costeira Interna (74,4 %). A Fronteira Oeste é a região mais bem suprida de matéria orgânica, com 30 % das amostras na classe de teores de matéria orgânica Médio e 19,6 % na classe Alto. A essa região se junta a Campanha, com 18,9 % e 17,8 % nas classes Médio e Alto, respectivamente.
- Os solos cultivados com arroz irrigado no período de 2003 a 2008 apresentam acréscimo na frequência dos teores de matéria orgânica na faixa $> 5,0$ % (15,5 %) em relação ao período anterior (4,4 %) (Figura 6). Em contrapartida, as faixas $\leq 2,5$ % e 2,6 - 5,0 % apresentam menores frequências de amostras. Esses resultados indicam aumento no teor de matéria orgânica dos solos analisados. Mesmo que eles possam ser atribuídos ao uso de práticas conservacionistas, como cultivo mínimo e plantio direto, rotação de culturas e/ou utilização de plantas de cobertura do solo, o mais provável é que solos mais ricos em matéria orgânica tenham sido incorporados mais recentemente nas áreas de plantio

- LAL et al. (1999) estimaram que, em condições temperadas, é possível recuperar entre 50 e 75% do carbono perdido em um período de tempo de 25 a 50 anos.

Fontes de MOS e Nitrogênio

Espécies	Nome comum	kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹
Medicago sativa	Alfafa	127 - 333
Arachis hipogea	Amendoim	33 - 293
Vicia vilosa	Ervilhaca pel.	110 - 184
Lupinus Lupinus sp	Tremoço	128
Stizolobium aterrimum	Mucuna preta	157
Crotalaria juncea	Crotalária	150 - 165
Cajanus cajan	Guandu	41 - 280
Leucena leucocephala	Leucena	400 - 600

Taxas de ganhos de COS em PD

- BAYER et al. (2000), em um experimento conduzido na depressão central do RS, determinou no sistema plantio direto uma taxa de acúmulo de $1,0 \text{ t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em relação ao preparo convencional.
- Na região do Cerrado, CORAZZA et al. (1999) encontraram uma taxa de $1,43 \text{ t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no sistema plantio direto adotado por 15 anos.
- FELLER (2001) estimou que em condições tropicais do Brasil e África a taxa de seqüestro seria em torno de $0,4 \text{ t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.
- SÉGUY et al. (2001) estimaram taxas de seqüestro de C, sob condições de clima subtropical fresco e úmido, em torno de $1,3 \text{ a } 2,4 \text{ t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Culturas para aumentar MOS

- A cultura do milho desempenha papel fundamental no seqüestro de C, pois se destaca das demais culturas utilizadas para produção de grãos pela elevada quantidade de resíduos e raízes aportado ao solo.
- O uso prolongado de leguminosas associadas ao sistema plantio foi uma estratégia eficiente de aumento do estoque de N total e, conseqüentemente, da disponibilidade de N do solo (AMADO & MIELNICZUK (1999)
- Experimentos de manejo do solo conduzidos no Rio Grande do Sul pela UFRGS e UFSM indicam tratamentos mais eficientes em promover o seqüestro de C: aveia + ervilhaca/milho + caupi com adição média de 146 kg ha⁻¹ de N mineral no milho; guandu/milho, milho + mucuna com adição de 60 kg ha⁻¹ de N mineral no milho. Os tratamentos taxas de seqüestro de C próximas ou superiores a 1,0 t C ha⁻¹ ano⁻¹.

Taxas de Perdas de MOS

- Em um experimento conduzido na Universidade Federal de Santa Maria (RS), AMADO et al. (2001) observaram que o preparo com aração e gradagem utilizado para implantação do experimento visando incorporar o calcário e fertilizantes provocou decréscimo no teor de MO nos primeiros quatro anos de plantio direto. Resultado associado à redução na agregação.
- Posteriormente, verificou-se uma recuperação no teor de MO, que no tratamento milho/mucuna no oitavo ano superou inclusive o tratamento referência (campo natural), com taxa de acúmulo de MO de 1,6 t C ha⁻¹ ano⁻¹ do 4 ao 8 ano.
- É interessante registrar a contribuição do milho, com grande quantidade de adição anual de resíduos (6 t ha⁻¹), e da leguminosa, com grande adição de nitrogênio (140 kg ha⁻¹ ano⁻¹) proveniente da fixação biológica e reciclagem, no aumento da MO.
- Nenhuma das taxas de seqüestro de carbono apresentadas nos melhores tratamentos (1-1,6 t C ha⁻¹ ano⁻¹), foram equivalentes à taxa estimada de perda de carbono por oxidação biológica quando do preparo (2,4 t C ha⁻¹ ano⁻¹).
- Logo, a decisão de mobilizar o solo de uma área sob plantio direto deve ser feita com muito critério, visando a preservação do teor de MO acumulado ao longo dos anos
- Resultados de pesquisa têm demonstrado que o aumento da MO, em solos sob PD, ocorre principalmente na fração lábil (BAYER et al., 2000). Muitos agricultores observam que o preparo do
- Preparo do solo em áreas sob plantio direto visando a retirada de terraços ou a descompactação favorece o desenvolvimento vegetal nos primeiros cultivos. Isso se deve, em parte, à mineralização da fração lábil da MO, que favorece as culturas em curto prazo, porém resultará, em médio e longo prazo, no declínio da qualidade do solo pela oxidação da MO anteriormente acumulada