



16 a 20  
outubro  
**2016**

Centro de  
Convenções de  
**GOIÂNIA - GO**

## Papel da matéria orgânica do solo na intensificação sustentável

Eng. Agr. Dr. Júlio Cesar Salton  
*Embrapa Agropecuária Oeste*  
Dourados, MS



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

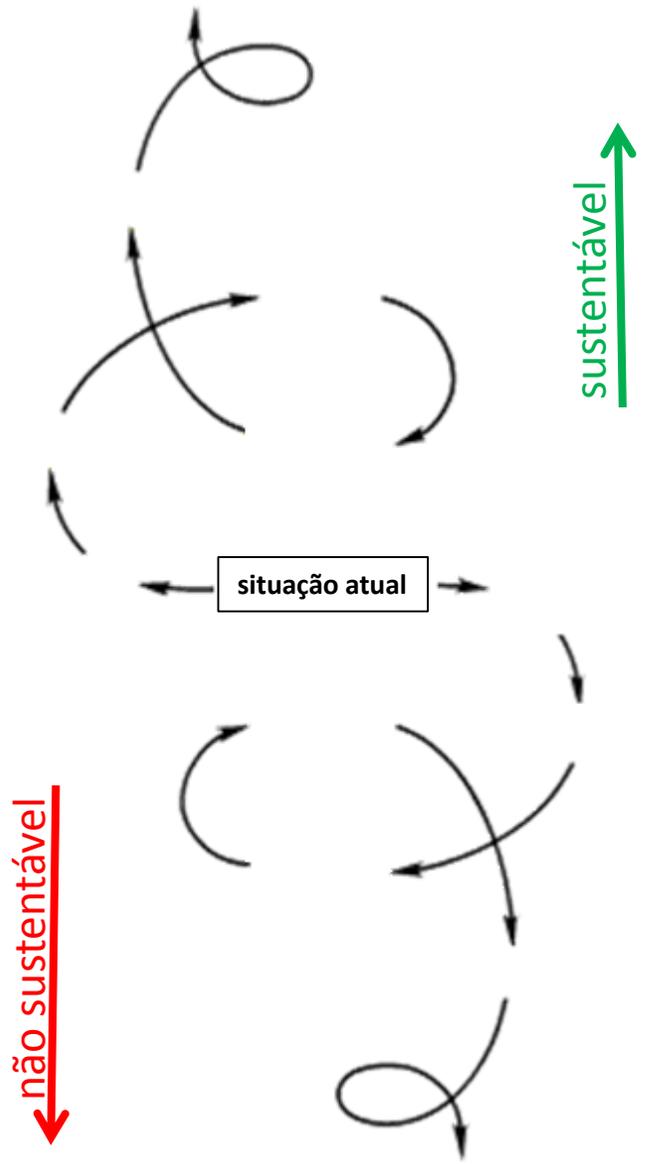


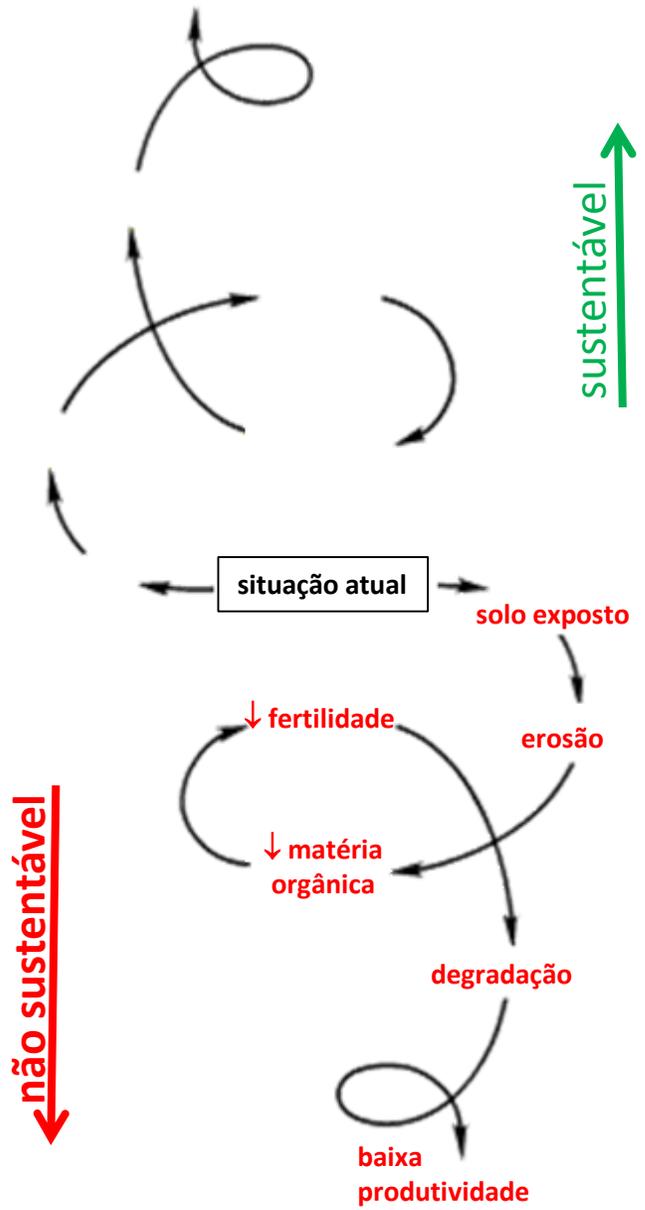
**NÃO SUSTENTÁVEIS**

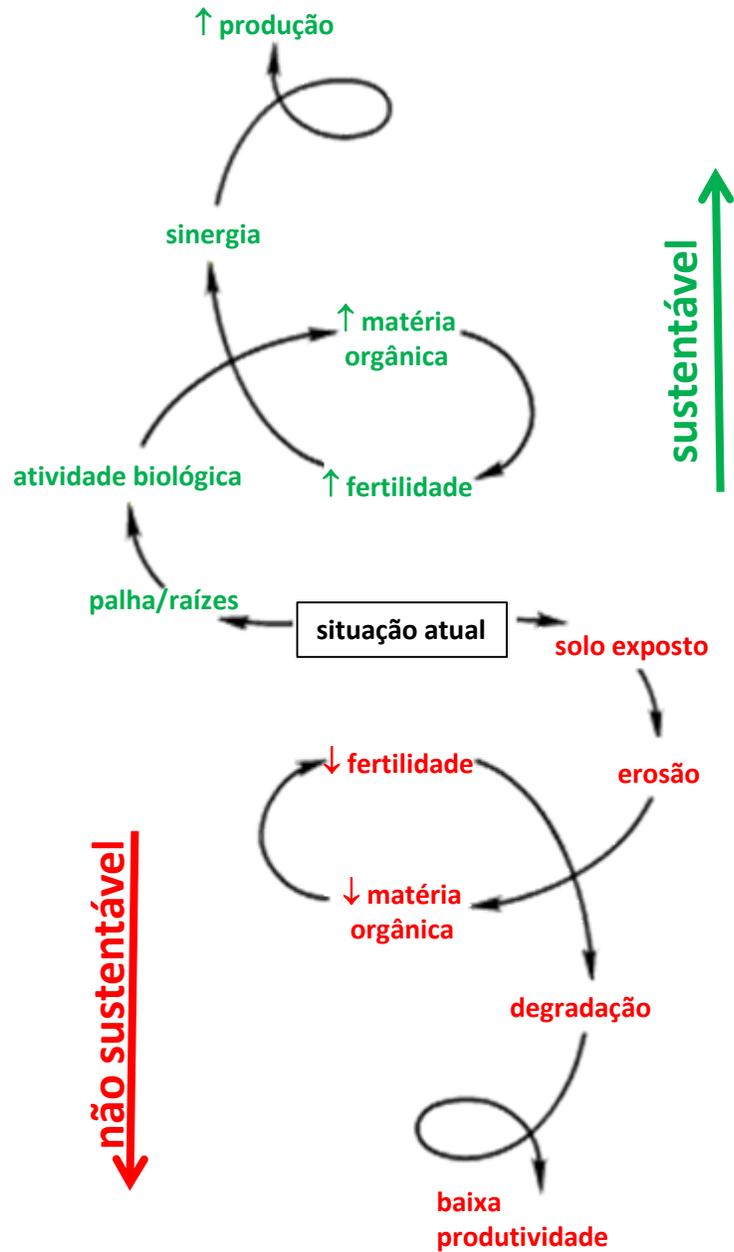


**SUSTENTÁVEIS**

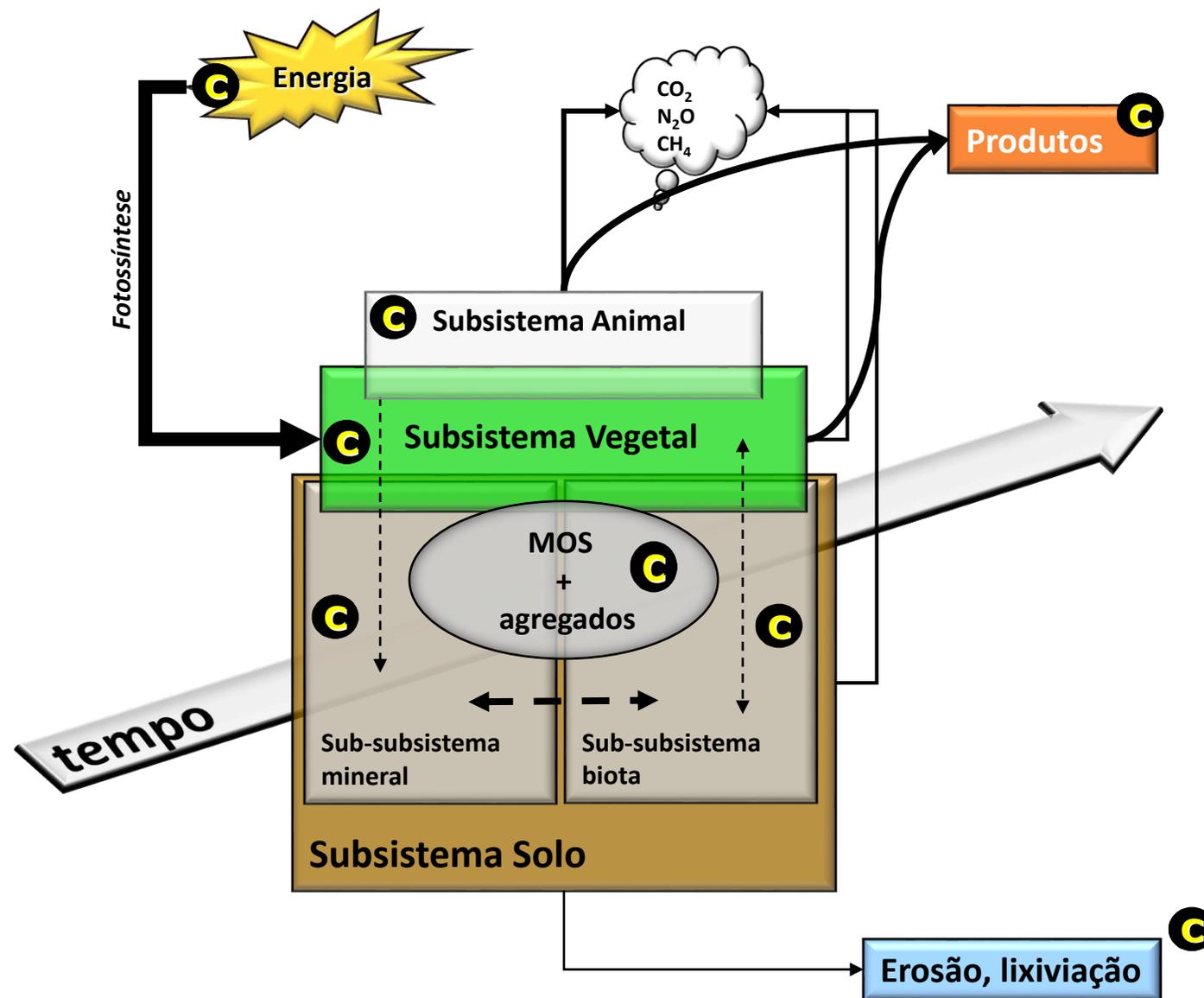








Matéria vegetal (palha e raízes)  
Plantas para realizar fotossíntese  
Aporte de energia ao sistema - Carbono

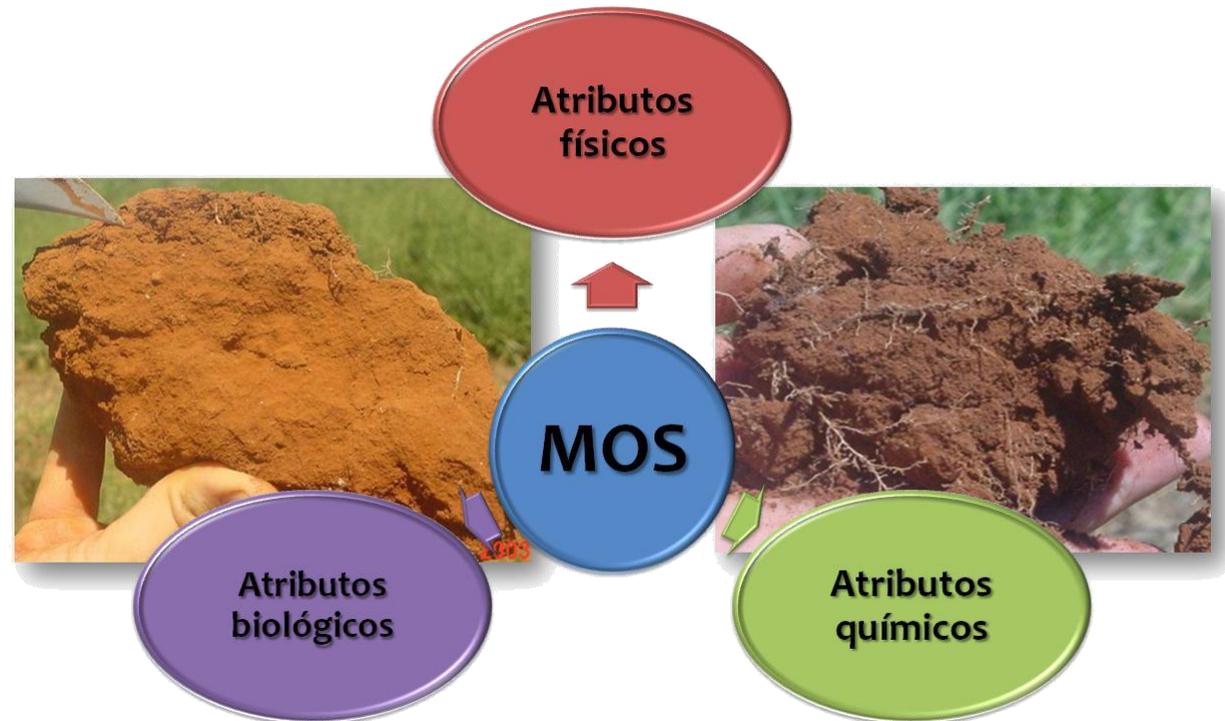


Modelo conceitual do sistema de produção agropecuário (ILPF) e a dinâmica do carbono (Salton, 2005)

# QUALIDADE DO SISTEMA SOLO



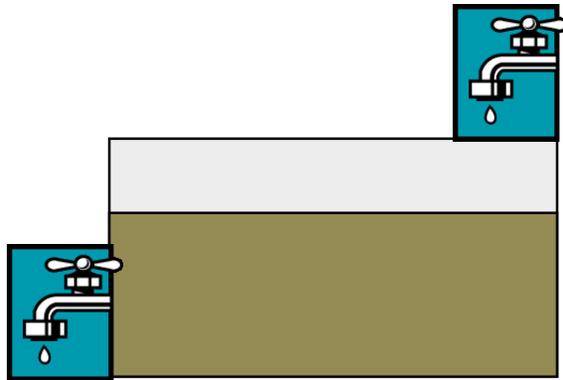
# Qualidade do solo = qualidade do sistema produtivo



# MANEJAR A QUALIDADE DO SISTEMA SOLO É MANEJAR A MOS

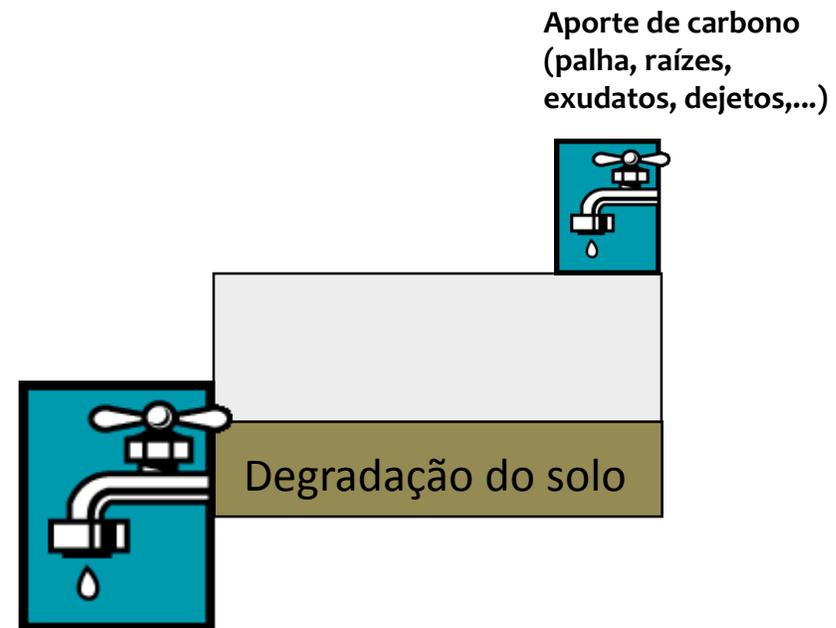
Situação de equilíbrio

Taxa de entrada de C = taxa de saída de C

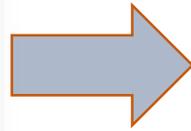


Situação de desequilíbrio

Taxa de entrada de C < taxa de saída de C

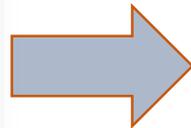


Taxa de decomposição e perdas por erosão



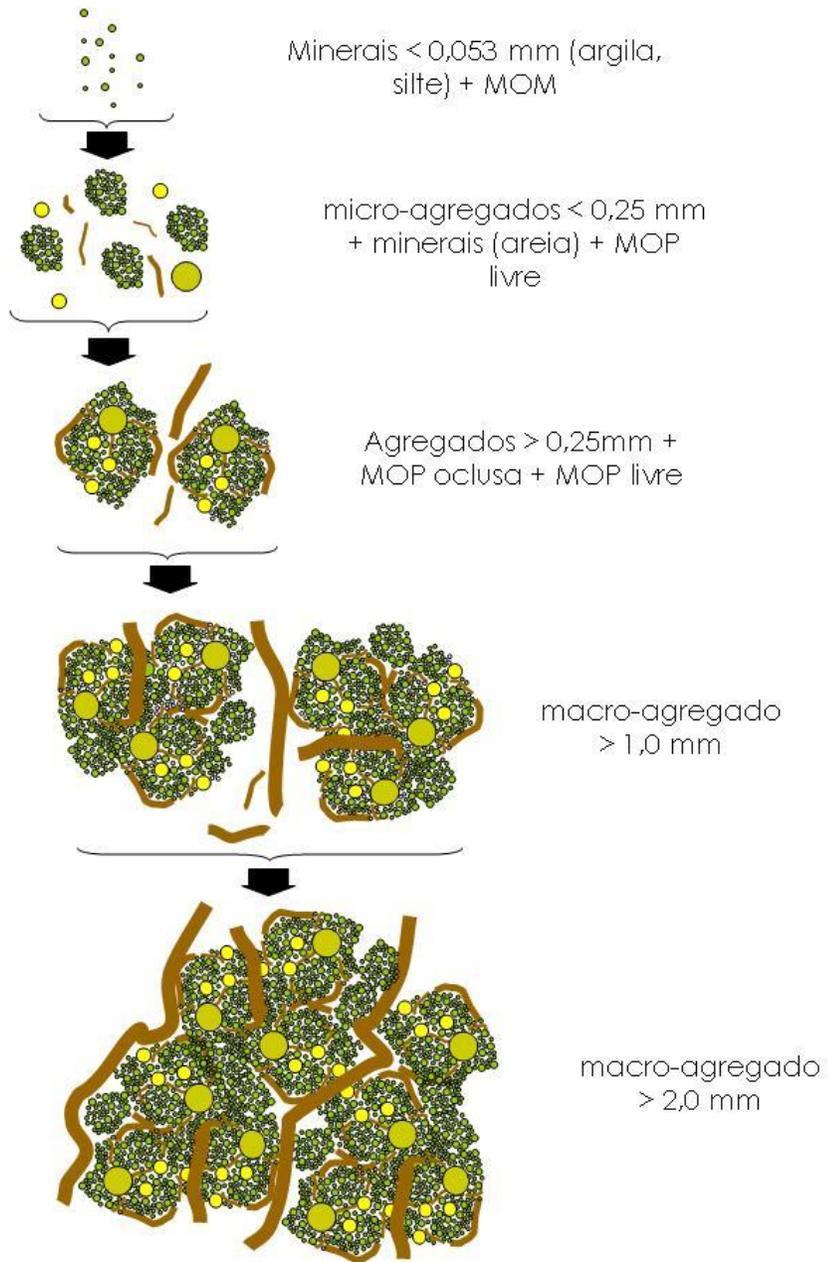
## Palha para cobertura do solo

- Menor perda de água
- Menor amplitude térmica
- Maior taxa de infiltração da água da chuva
- Aporte de carbono
- Reciclagem de nutrientes
- ...



## Raízes para estrutura do solo

- Formação e estabilidade de macroagregados
- Aporte de carbono
- Reciclagem de nutrientes
- Maior disponibilidade de nutrientes
- Maior crescimento radicular
- Maior oferta de água
- ...



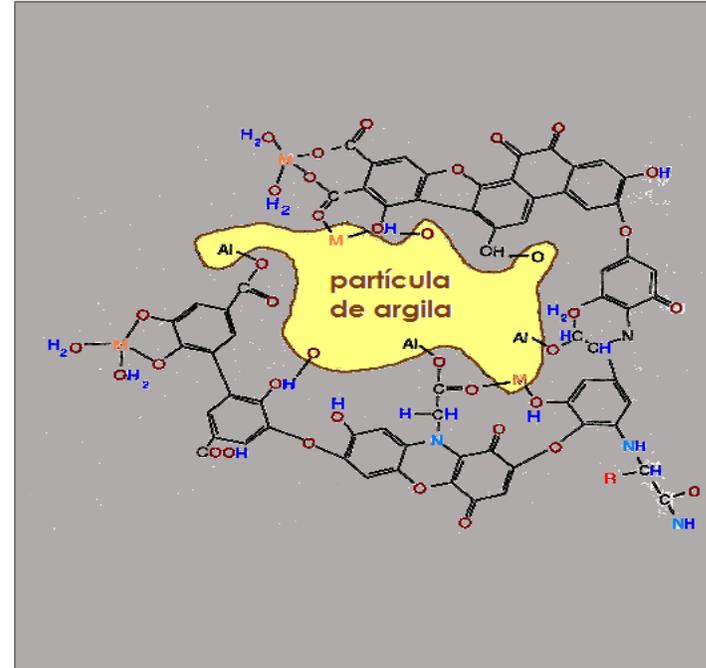
# Matéria Orgânica do Solo

**Matéria orgânica  
particulada (MOP )  
> 53mm**



**Fração lábil, curto prazo, afetada  
pelas culturas e sistemas de  
manejo**

**Matéria orgânica  
associada aos minerais  
(MOM) < 53mm**



**Fração humificada, pouco  
lábil, longo prazo**

# Efeitos de plantas de *Brachiaria ruziziensis* no carbono de um Latossolo Vermelho argiloso



		COT	C-MOM	C-MOP
	Testemunha, solo sem cultivo	17,50 d	16,73 <sup>ns</sup>	0,70 e
	Solo não cultivado com a superfície coberta com ~ 10,0 Mg ha <sup>-1</sup> de matéria seca de pasto fragmentado (<5 cm )	17,89 cd	17,19	0,70 e
	Solo cultivado e plantas cortadas ao nível do solo e material depositado na superfície do solo	18,13 bcd	17,11	1,02 cde
	Desenvolvimento normal das plantas forrageiras com corte ao atingir 40 cm e material removido	19,29 a	17,21	2,08 ab

## Efeitos de plantas de *B. ruziziensis* na agregação de um Latossolo Vermelho argiloso

		Diâmetro médio (mm)		
		DMPs	DMPu	IEA
	Testemunha, solo sem cultivo	2,22 <sup>ns</sup>	1,44 ab	0,65 bc
	Solo não cultivado com a superfície coberta com ~ 10,0 Mg ha <sup>-1</sup> de matéria seca de pasto fragmentado (<5 cm )	2,35	1,22 b	0,52 c
	Solo cultivado e plantas cortadas ao nível do solo e material depositado na superfície do solo	2,38	1,67 ab	0,71 ab
	Desenvolvimento normal das plantas forrageiras com corte ao atingir 40 cm e material removido	2,10	1,72 a	0,82 a

Fonte: Hernani et al., n.p.





## **Exemplos de sistemas de produção, aporte de MOS e relações com a Qualidade do Solo**



## Fazenda Boa Vista, Douradina, MS (Prop. Lúcio Damalia)

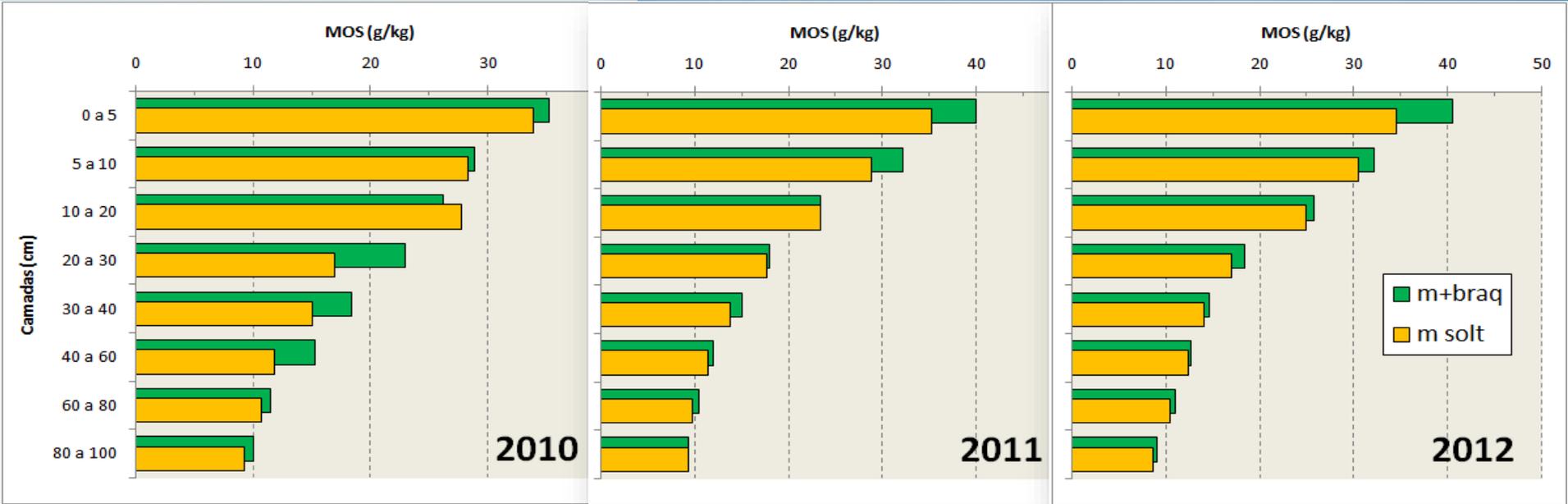
- **Situação original:** solo argiloso - 80 % argila, com compactação decorrente de PC
- **Sistema de produção:** sucessão soja/milho safrinha em PD
- **Prática inserida:** consórcio do milho safrinha com braquiária e pastejo por bovinos após a colheita do milho
- **monitoramento:** safras 2010, 2011 e 2012



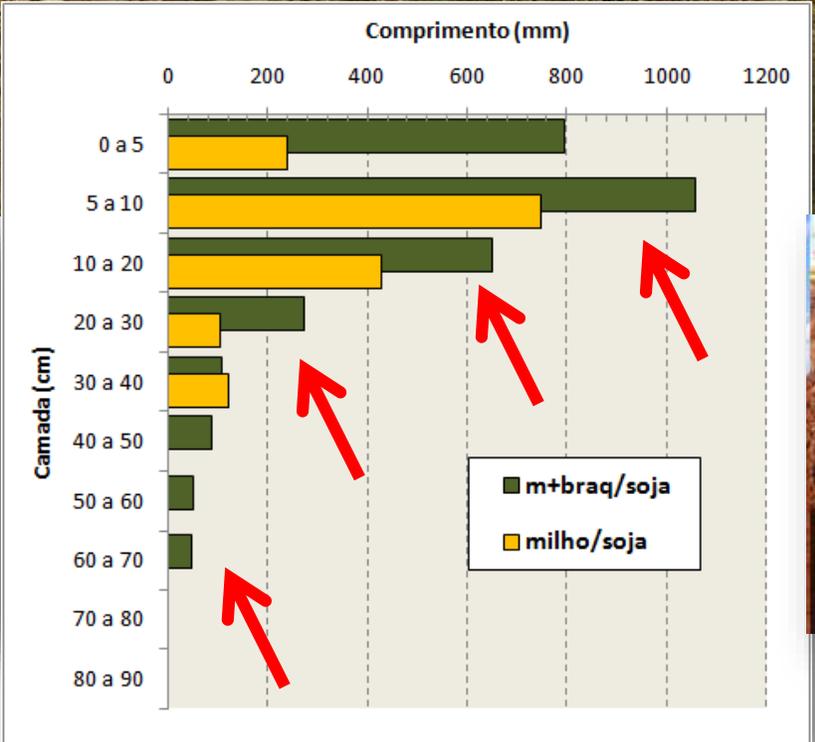
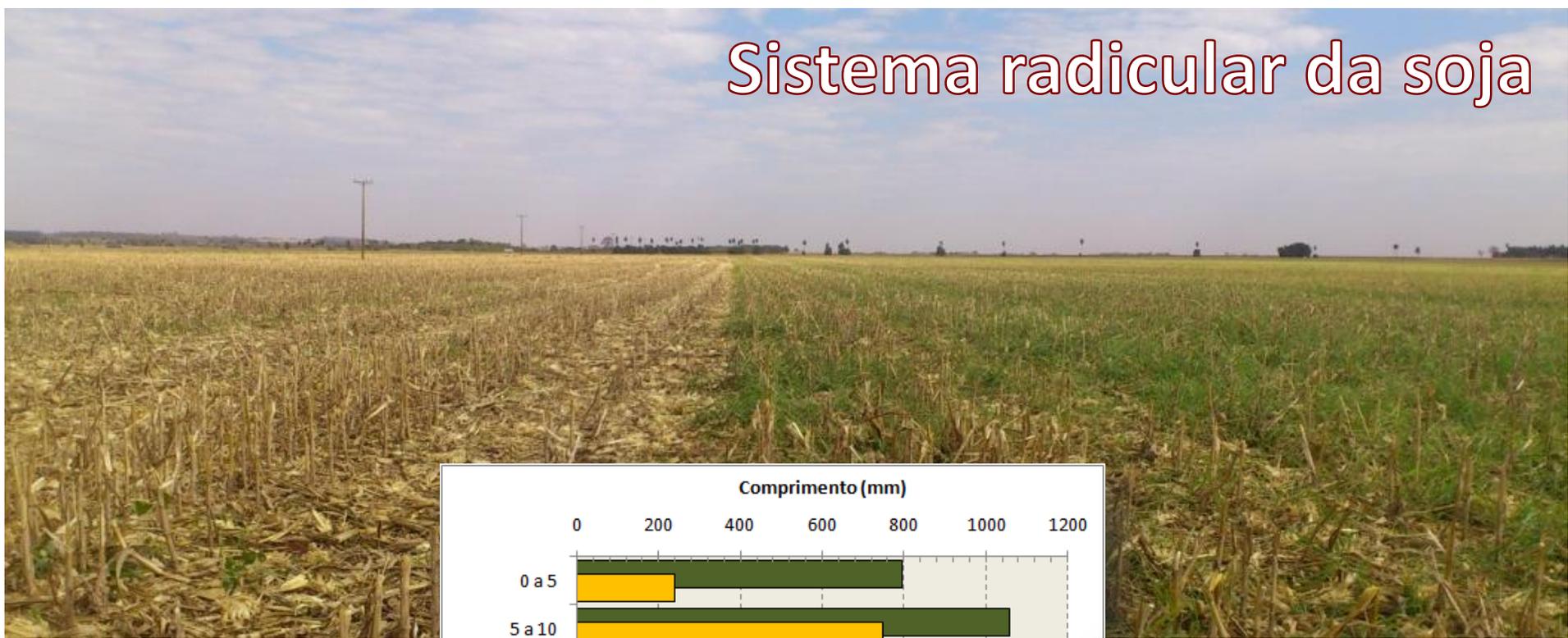
# Matéria orgânica do solo



# Matéria orgânica do solo



# Sistema radicular da soja



# Produção de algodão em Primavera do Leste, MT

	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/2011	2011/12	2012/13	2013/14
--	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------	---------	---------	---------

Sistema Convencional

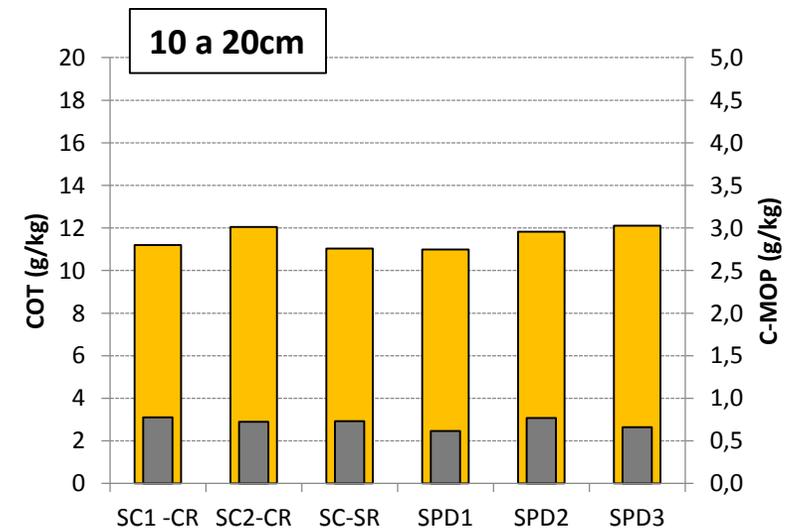
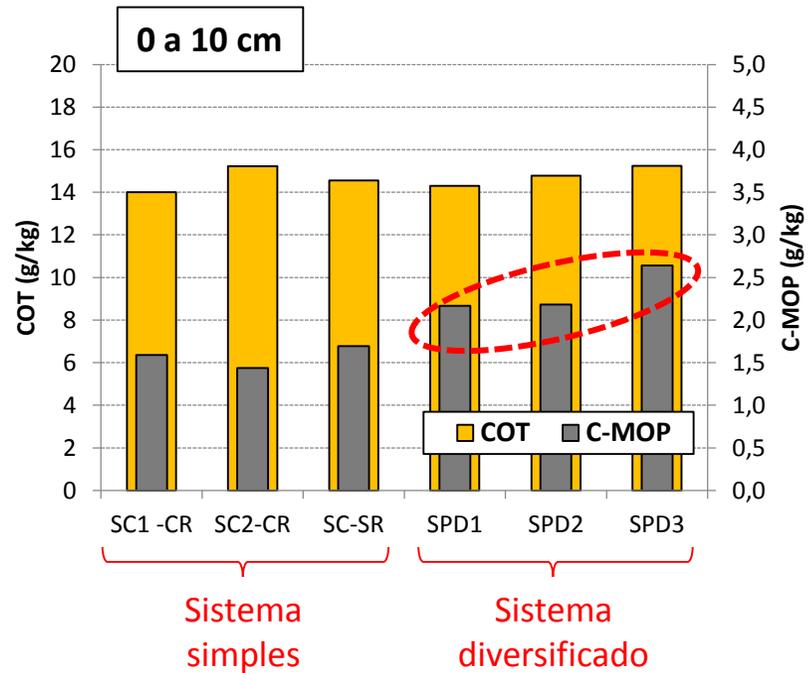
<b>SCSR</b>	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão
<b>SCCR1</b>	Algodão	Soja	Algodão	Soja	Algodão	Soja	Algodão	Soja	Algodão	Soja
<b>SCCR2</b>	Soja	Soja	Algodão	Soja	Soja	Algodão	Soja	Soja	Algodão	Soja
<b>SPD1</b>	Soja	Algodão	Soja/B ruz	M+B ruz	Algodão	Soja/B ruz	M+B ruz	Algodão	Soja/B ruz	M+B ruz
<b>SPD2</b>	Soja	Soja/B ruz	M+B ruz	Algodão	Soja/B ruz	M+B ruz	Algodão	Soja/B ruz	M+B ruz	Algodão
<b>SPD3</b>	Soja	M+B ruz	Algodão	Soja/B ruz	M+B ruz	Algodão	Soja/B ruz	M+B ruz	Algodão	Soja/B ruz

Plantio Direto

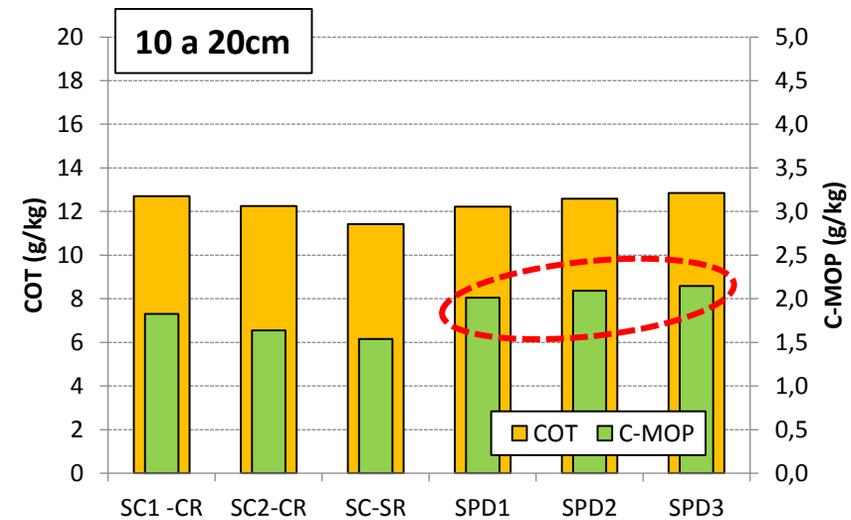
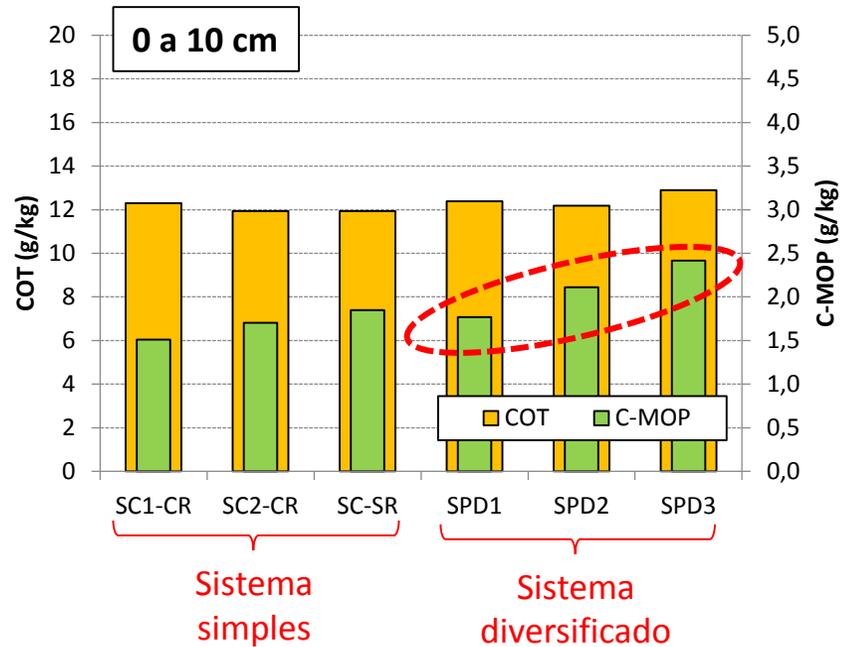


# C no solo e em frações da matéria orgânica do solo

## 2011



# C no solo e em frações da matéria orgânica do solo 2013

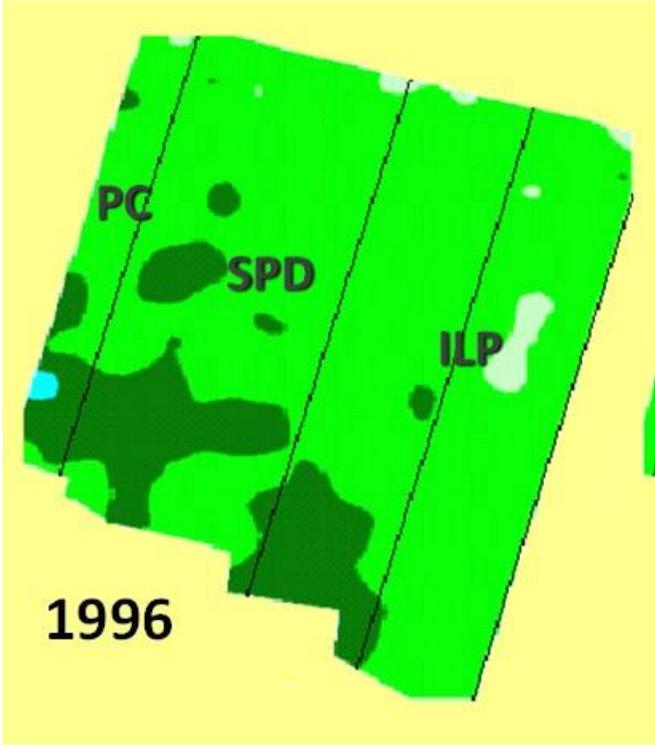
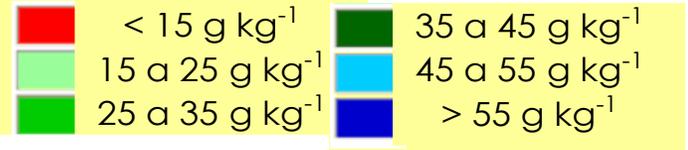


# Sistemas de produção em Dourados, MS

Sistema de manejo	1995	1995/96	1996	1996/97	1997	1997/98	1998	1998/99	1999	1999/00	2000	2000/01	2001	2001/02	2002	2002/03	2003	2003/04	2004	2004/05	2005	2005/06	2006	2006/07	2007	2007/08	2008	2008/09	2009	2009/10	2010	2010/11	2011	2011/12	2012	2012/13	2013	2013/14	2014	2014/15		
PC	M	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
SPD <sub>a</sub>	M	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S		
SPD <sub>b</sub>	M	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S		
SPD <sub>c</sub>	M	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M	A	S	T	S	N	M		
ILP <sub>a</sub>	M	S	A	S	A	<i>B. decumbens</i>					S	A	S	A	<i>B. decumbens</i>					S	A	S	A	<i>B. decumbens</i>					S	A	S	A	<i>B. decumbens</i>									
ILP <sub>b</sub>	M	<i>B. decumbens</i>				S	A	S	A	<i>B. decumbens</i>					S	A	S	A	<i>B. decumbens</i>					S	A	S	A	<i>B. decumbens</i>					S	A	S							
PP	<i>Brachiaria decumbens</i>																																									

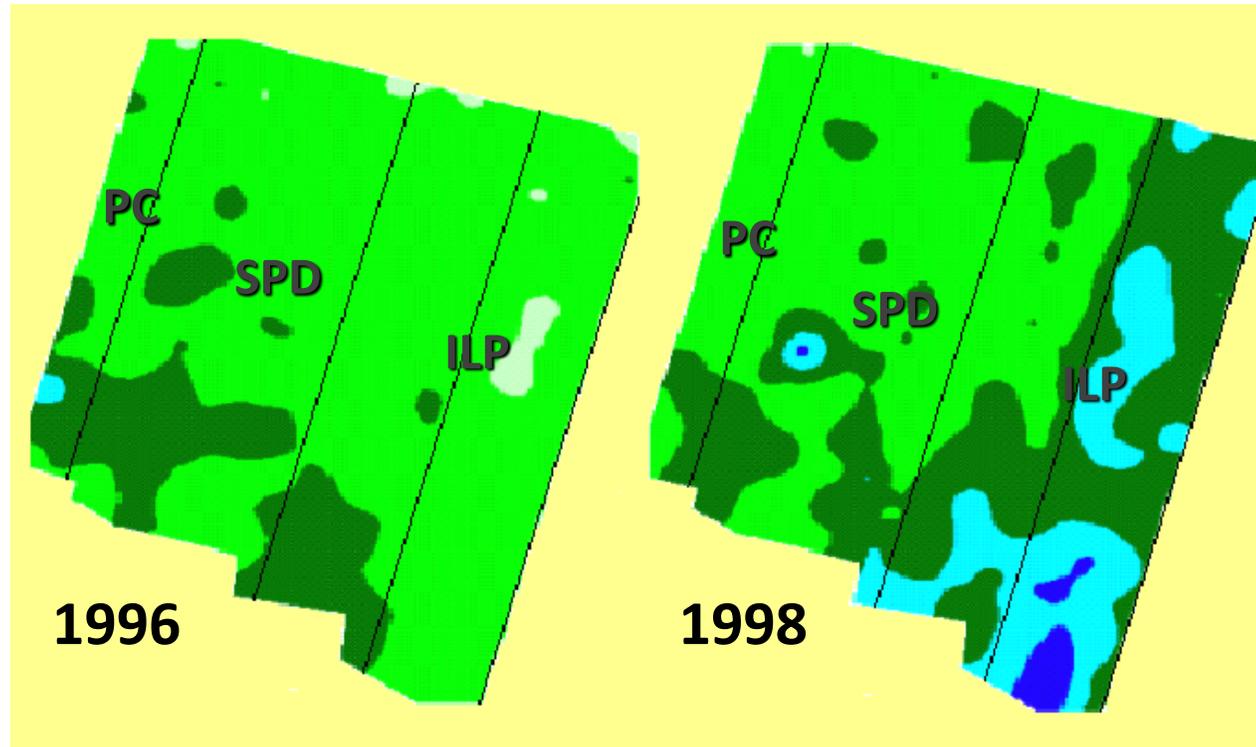
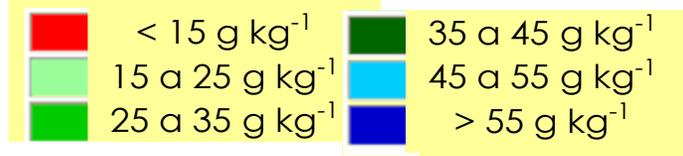


# Matéria orgânica do solo - 0 a 5 cm



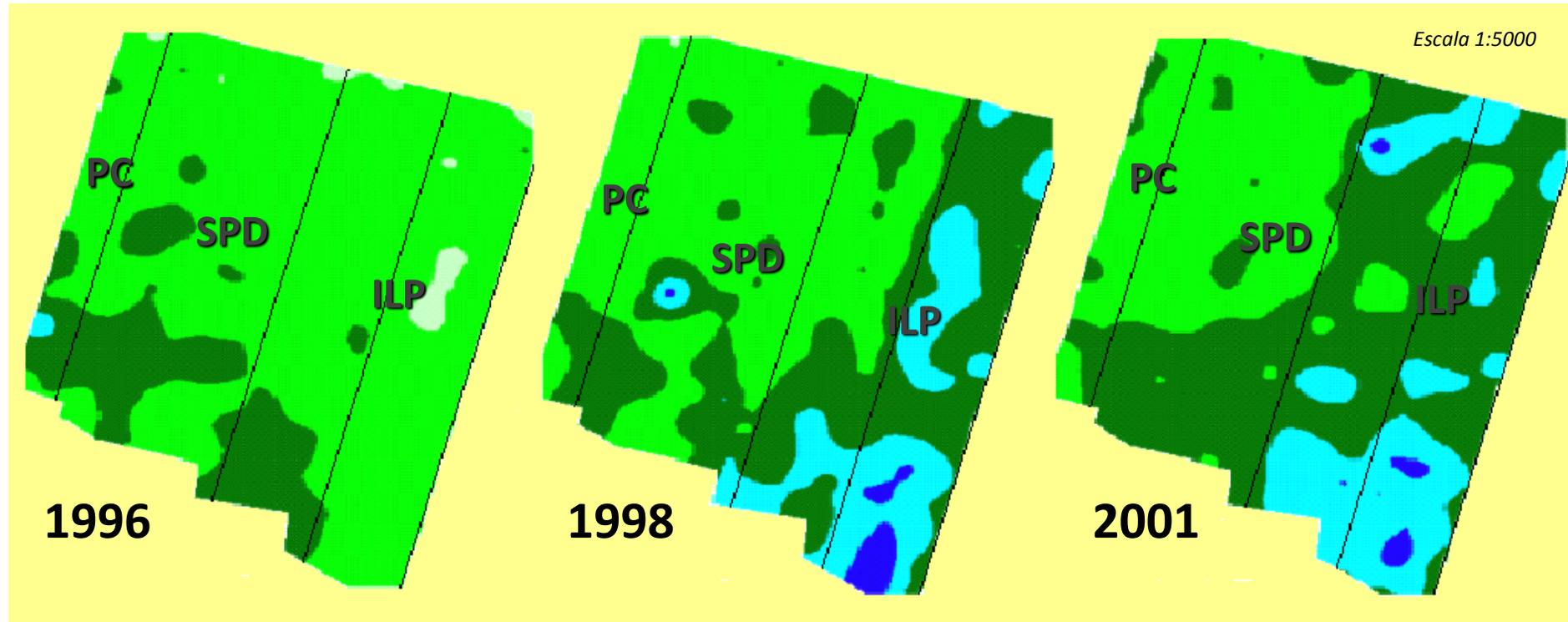
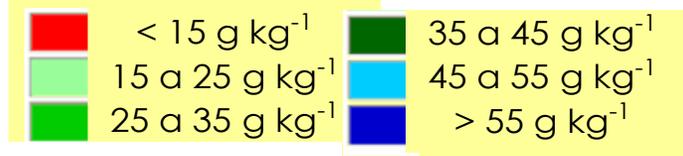
	96	97	98	99	00	01
PC	S	S	S	S	S	S
SPD	S	S	S	S	S	S
ILP a	S	S	P	P	S	S
ILP b	P	P	S	S	P	P

# Matéria orgânica do solo - 0 a 5 cm



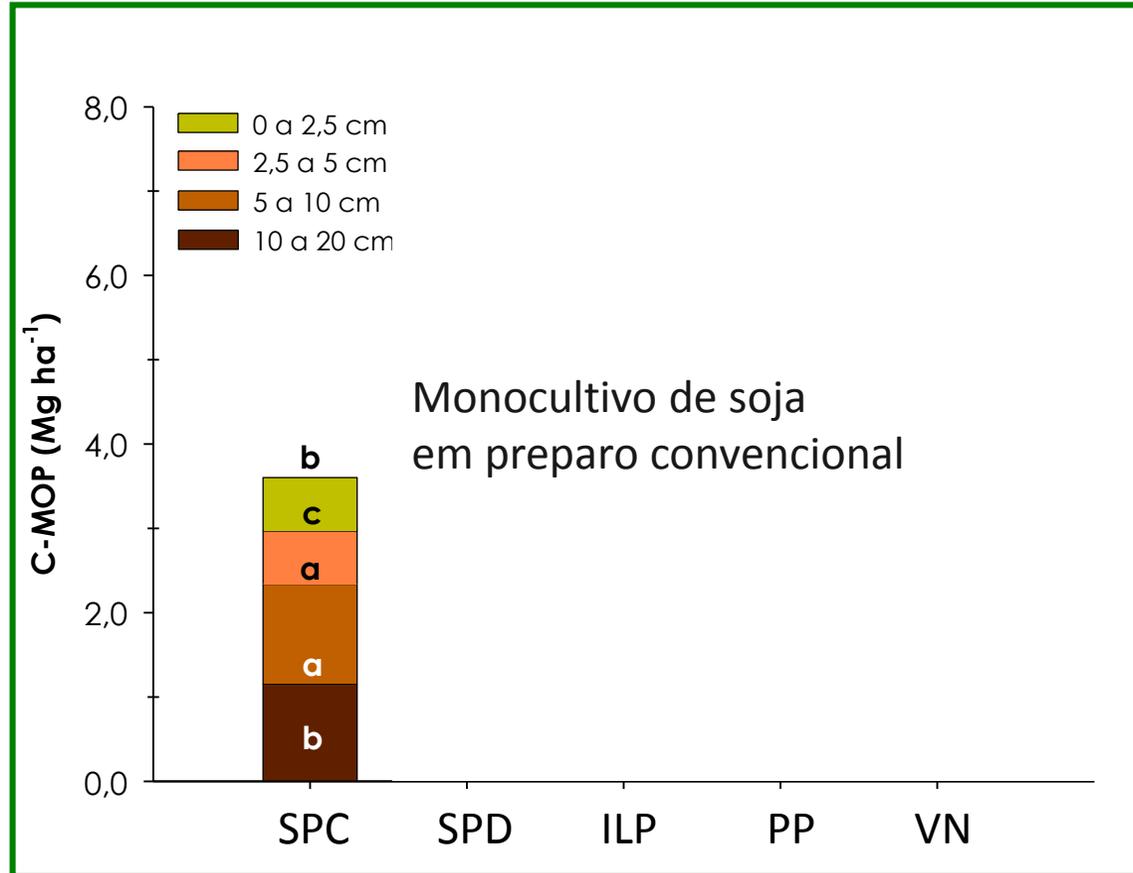
	96	97	98	99	00	01
PC	S	S	S	S	S	S
SPD	S	S	S	S	S	S
ILP a	S	S	P	P	S	S
ILP b	P	P	S	S	P	P

# Matéria orgânica do solo - 0 a 5 cm



	96	97	98	99	00	01
PC	S	S	S	S	S	S
SPD	S	S	S	S	S	S
ILP a	S	S	P	P	S	S
ILP b	P	P	S	S	P	P

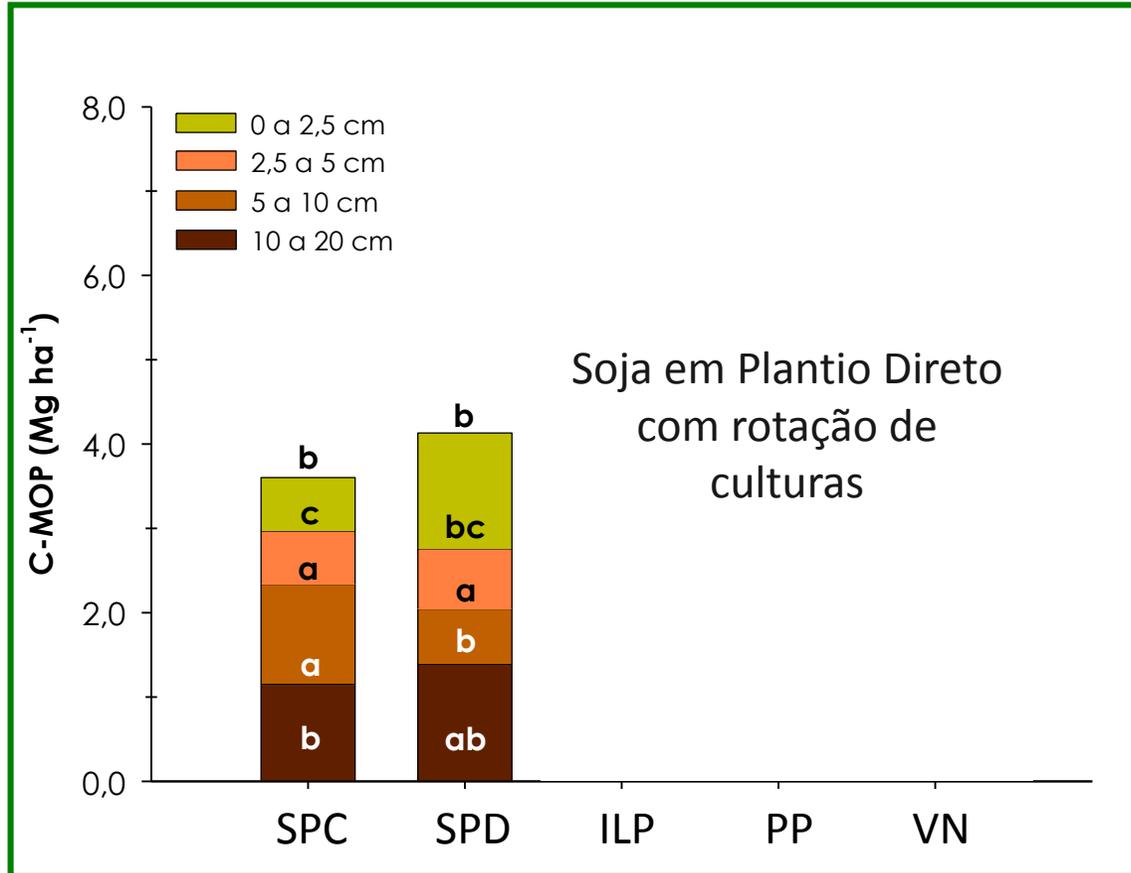
## Sistemas de manejo do solo



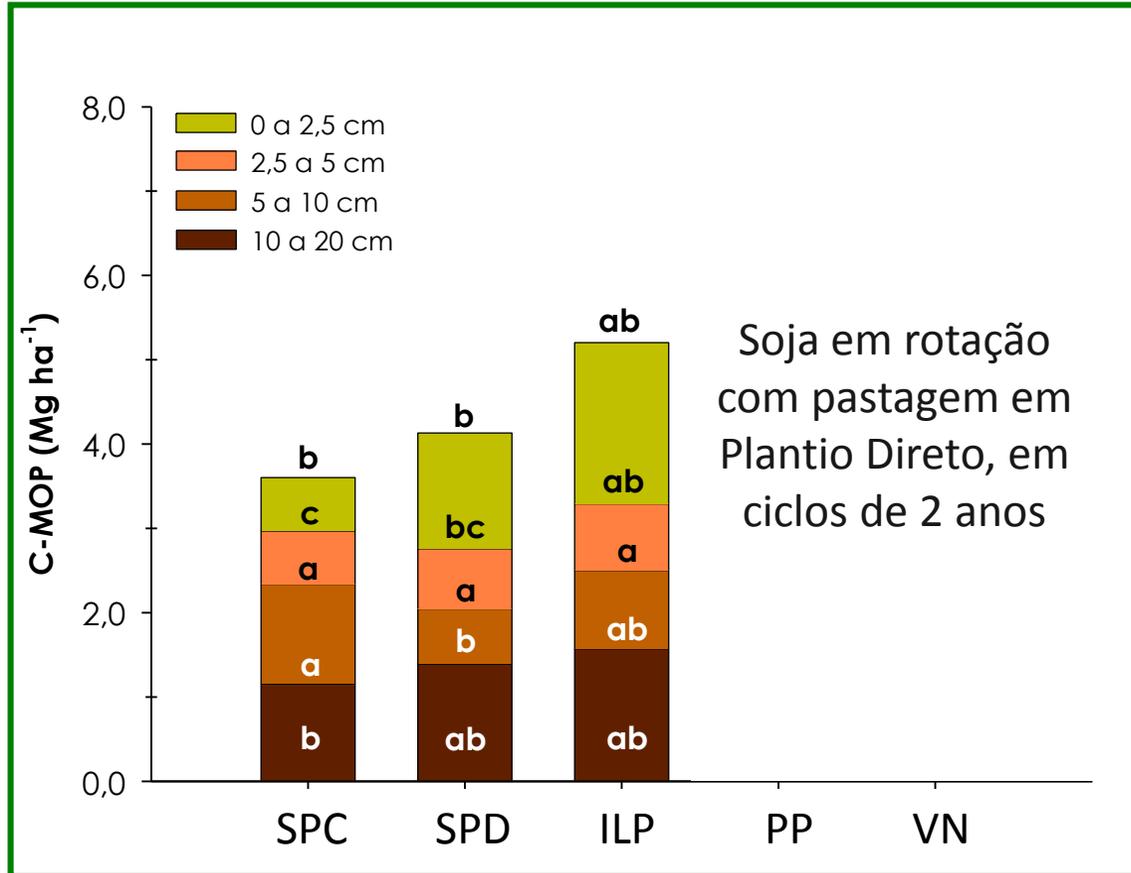
- Preparo convencional
- Sistema Plantio Direto
- Integração lavoura-pecuária
  - Pastagem permanente
  - Vegetação natural



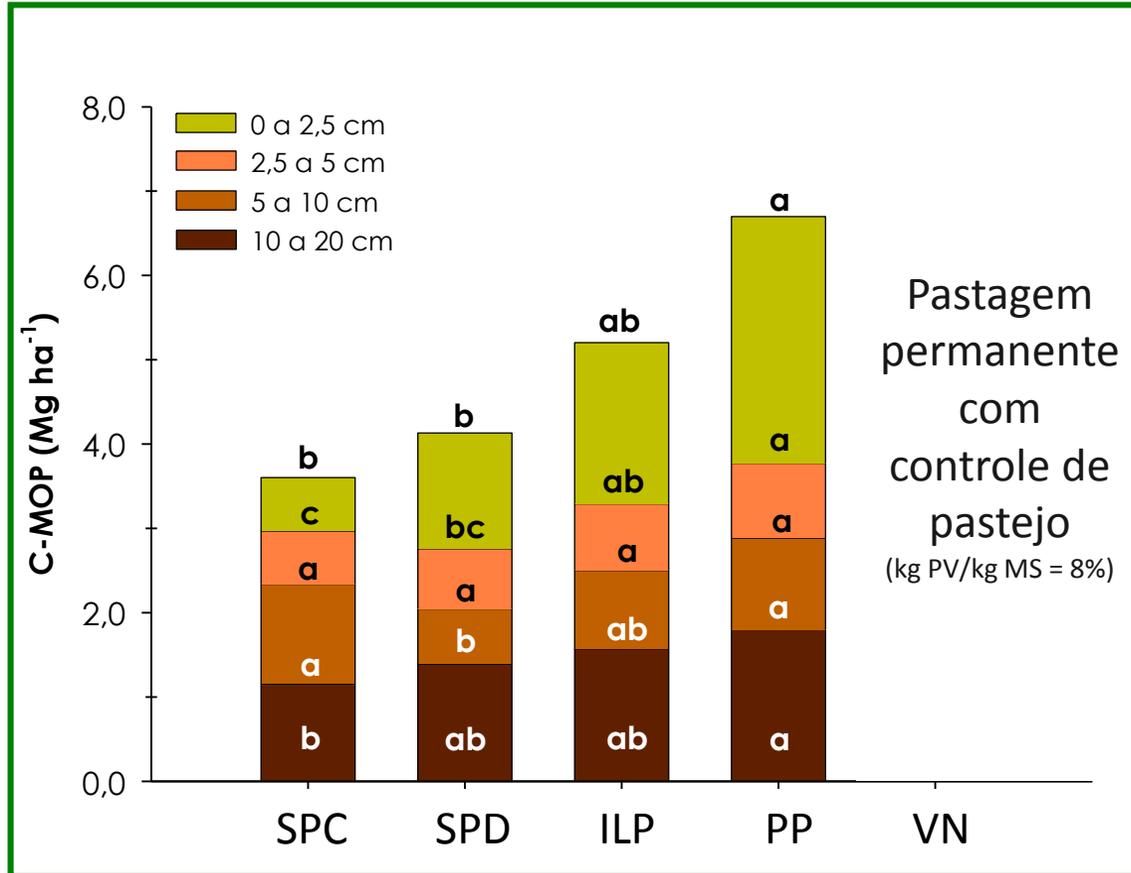
Estoque de C-MOP em camadas de solo (LE muito argiloso) submetido a sistemas de manejo por 10 anos consecutivos. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.



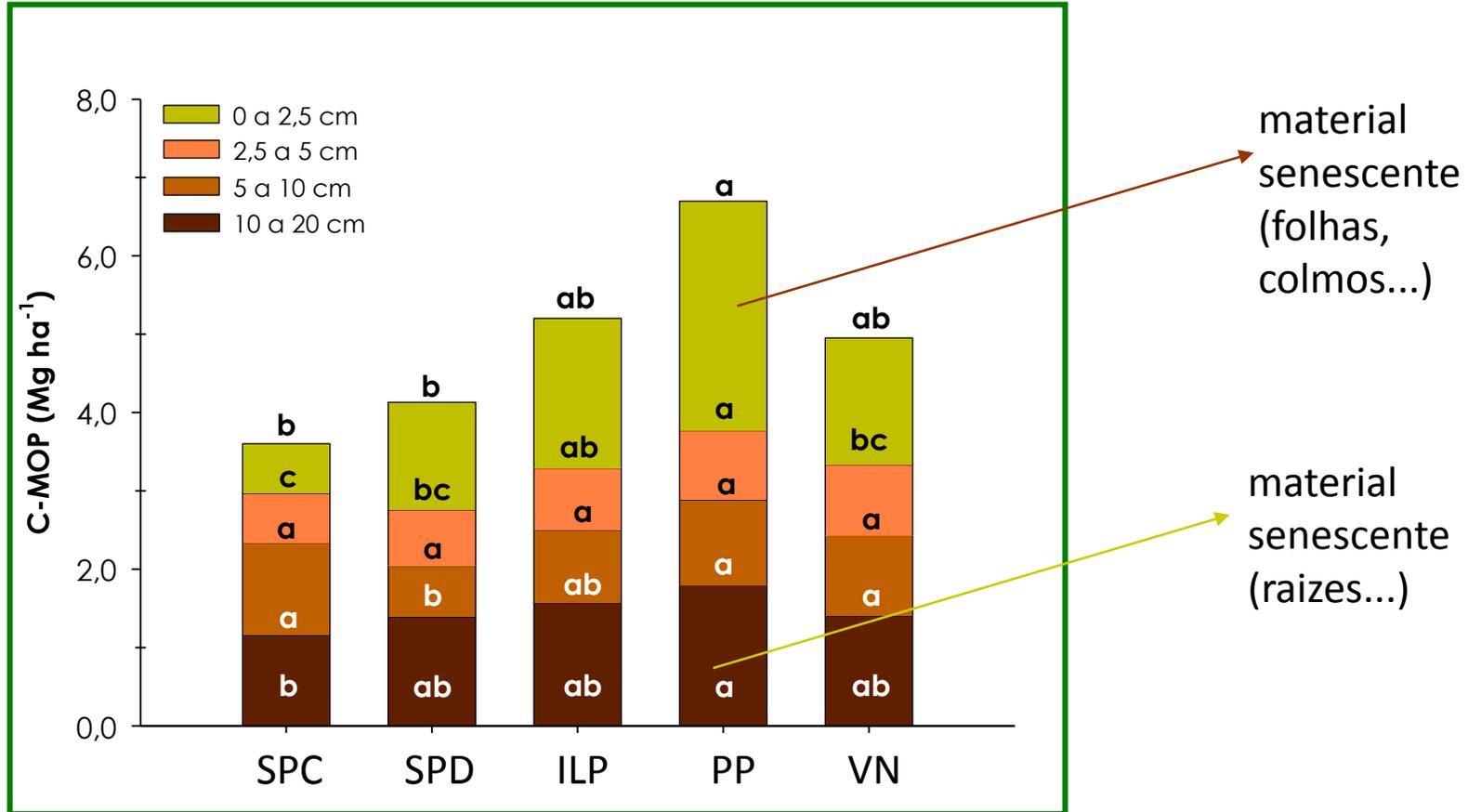
Estoque de C-MOP em camadas de solo (LE muito argiloso) submetido a sistemas de manejo por 10 anos consecutivos. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.



Estoque de C-MOP em camadas de solo (LE muito argiloso) submetido a sistemas de manejo por 10 anos consecutivos. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.



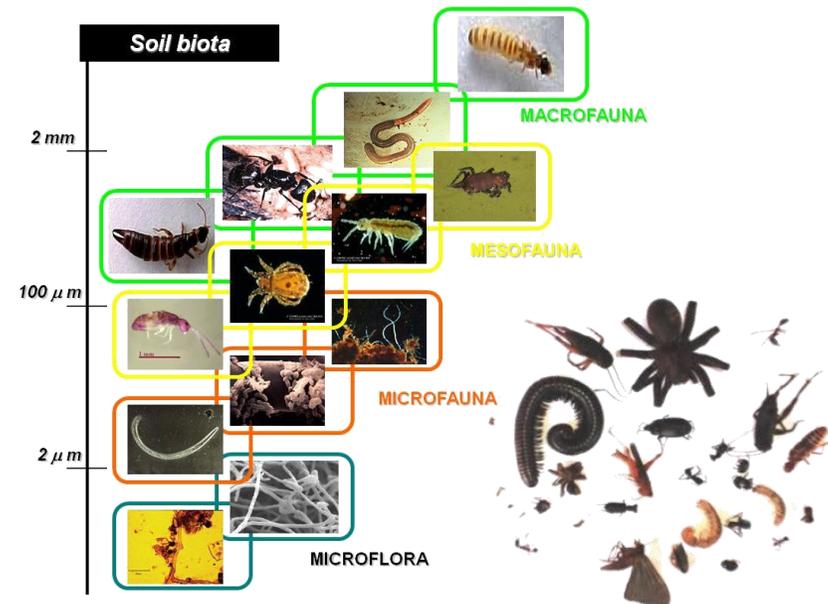
Estoque de C-MOP em camadas de solo (LE muito argiloso) submetido a sistemas de manejo por 10 anos consecutivos. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.



Estoque de C-MOP em camadas de solo (LE muito argiloso) submetido a sistemas de manejo por 10 anos consecutivos. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

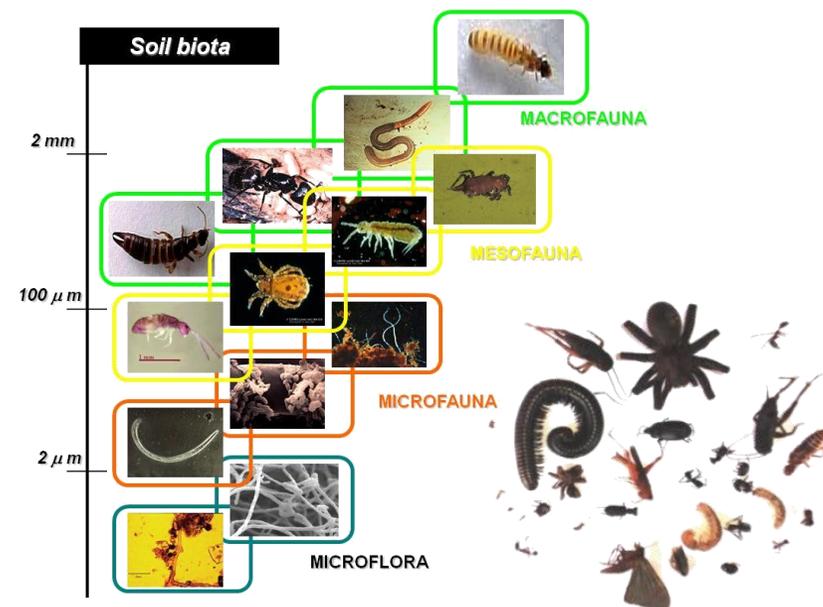
# Atributos biológicos do solo

Atributo	Sistemas					Ref
	SC	SPD	ILP	PP	NV	
Carbono da biomassa microbiana do solo ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ )	320.4	421.0	507.9	542.0	965.1	Borges <i>et al.</i> (2009)
Respiração basal ( $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo dia}^{-1}$ )	14.1	22.4	24.3	24.6	53.2	
Quociente metabólico- $q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$ )	17.3	24.7	23.5	22.7	22.4	
Quociente microbiano - $q\text{MIC}$ (%)	2.0	2.1	2.3	2.4	2.4	



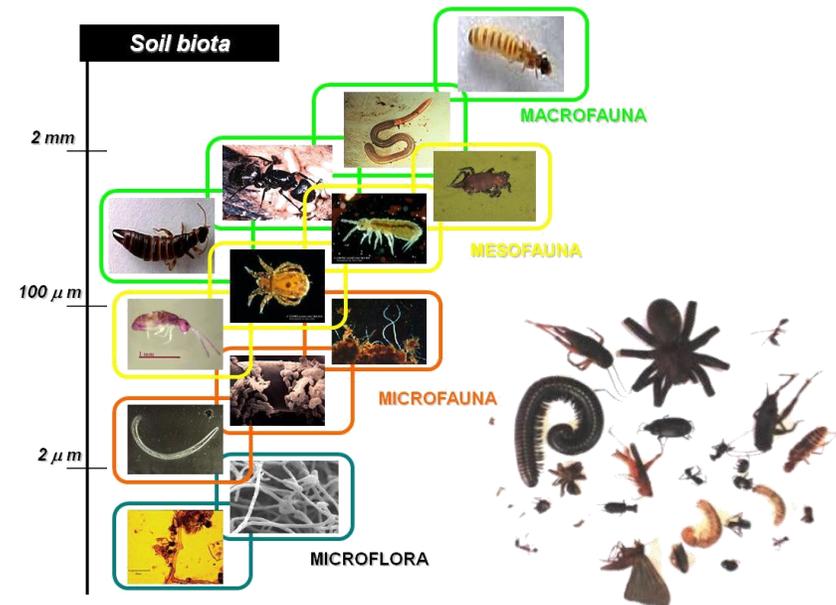
# Atributos biológicos do solo

Atributo	Sistemas					Ref
	SC	SPD	ILP	PP	NV	
Carbono da biomassa microbiana do solo ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ )	320.4	421.0	507.9	542.0	965.1	Borges <i>et al.</i> (2009)
Respiração basal ( $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo dia}^{-1}$ )	14.1	22.4	24.3	24.6	53.2	
Quociente metabólico- $q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$ )	17.3	24.7	23.5	22.7	22.4	
Quociente microbiano - $q\text{MIC}$ (%)	2.0	2.1	2.3	2.4	2.4	
Densidade da macrofauna invertebrada do solo ( $\text{ind m}^{-2}$ )	279		1102	1261	3715	Silva <i>et al.</i> (2008)
	662	1144			3349	Aquino <i>et al.</i> (2008)



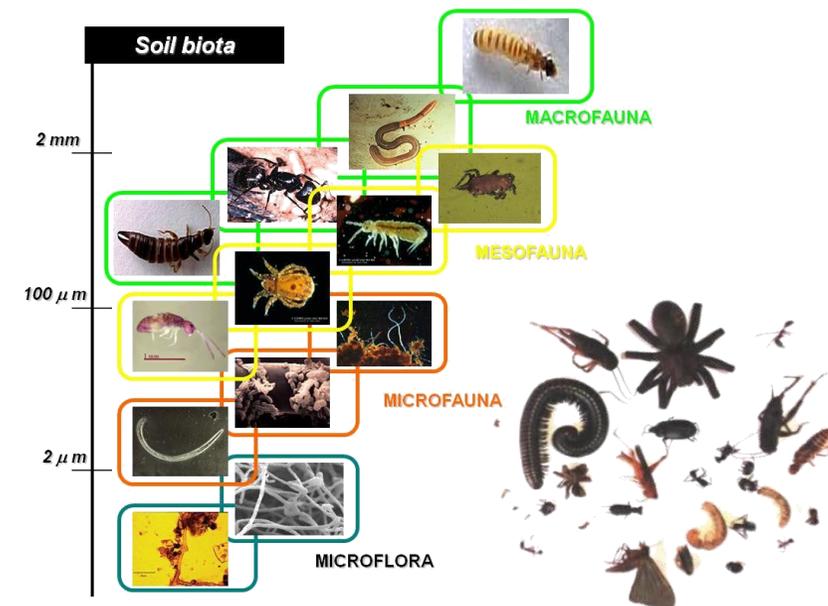
# Atributos biológicos do solo

Atributo	Sistemas					Ref
	SC	SPD	ILP	PP	NV	
Carbono da biomassa microbiana do solo ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ )	320.4	421.0	507.9	542.0	965.1	Borges <i>et al.</i> (2009)
Respiração basal ( $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo dia}^{-1}$ )	14.1	22.4	24.3	24.6	53.2	
Quociente metabólico- $q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$ )	17.3	24.7	23.5	22.7	22.4	
Quociente microbiano - $q\text{MIC}$ (%)	2.0	2.1	2.3	2.4	2.4	
Densidade da macrofauna invertebrada do solo (ind $\text{m}^{-2}$ )	279		1102	1261	3715	Silva <i>et al.</i> (2008)
	662	1144			3349	Aquino <i>et al.</i> (2008)
Diversidade da macrofauna (nº de grupos)	6		11	15	19	Silva <i>et al.</i> (2011)
	9	19	15	15	21	Silva <i>et al.</i> (2006)



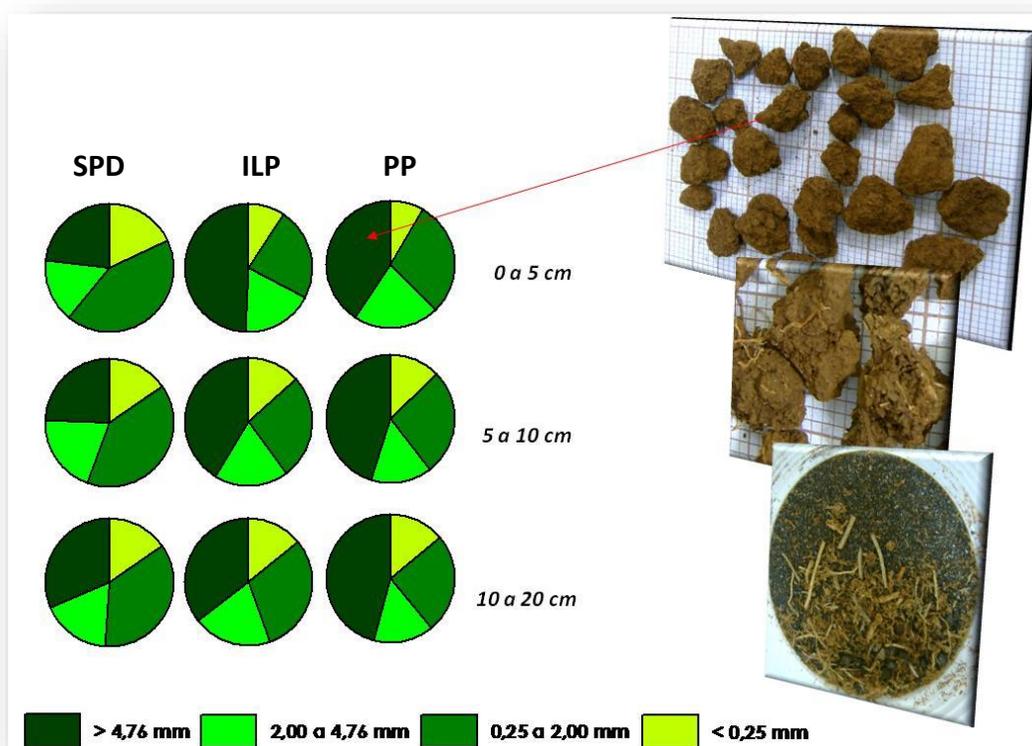
# Atributos biológicos do solo

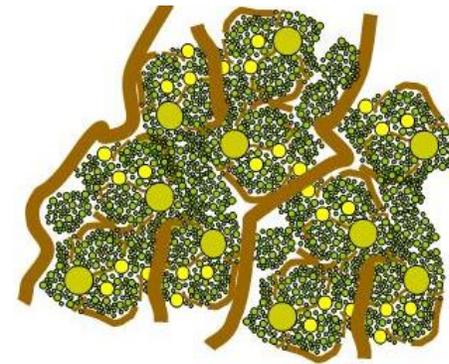
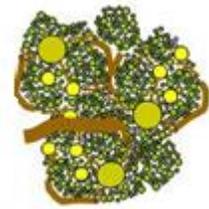
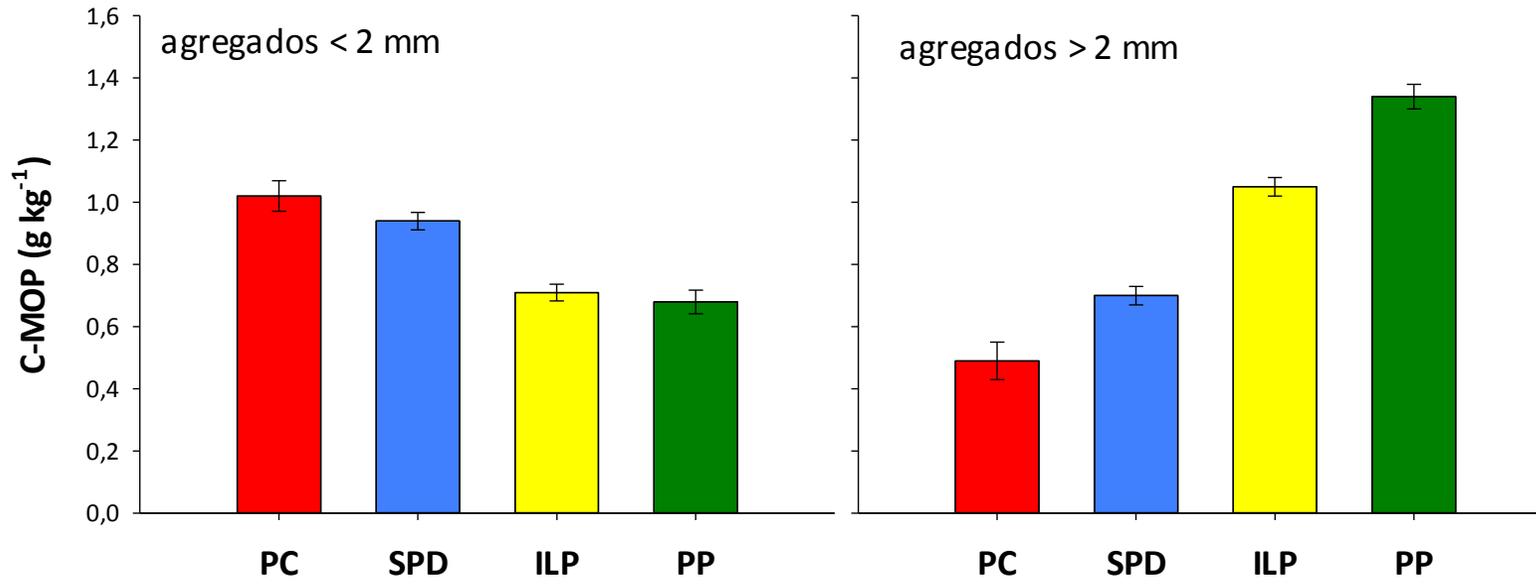
Atributo	Sistemas					Ref
	SC	SPD	ILP	PP	NV	
Carbono da biomassa microbiana do solo ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ )	320.4	421.0	507.9	542.0	965.1	Borges <i>et al.</i> (2009)
Respiração basal ( $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo dia}^{-1}$ )	14.1	22.4	24.3	24.6	53.2	
Quociente metabólico- $q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$ )	17.3	24.7	23.5	22.7	22.4	
Quociente microbiano - $q\text{MIC}$ (%)	2.0	2.1	2.3	2.4	2.4	
Densidade da macrofauna invertebrada do solo (ind $\text{m}^{-2}$ )	279		1102	1261	3715	Silva <i>et al.</i> (2008)
	662	1144			3349	Aquino <i>et al.</i> (2008)
Diversidade da macrofauna (nº de grupos)	6		11	15	19	Silva <i>et al.</i> (2011)
	9	19	15	15	21	Silva <i>et al.</i> (2006)
Abundancia do nematoide <i>Rotylenchulus reniformis</i> (nº ind $300 \text{ cm}^{-3}$ )	3424	24	4	0	0	Sereia <i>et al.</i> (2007)



# Atributos físicos do solo

Atributo	Sistemas			
	SC	SPD	ILP	PP
Tamanho médio dos agregados – DMP (mm)	2,19	3,18	4,12	4,93
Índice de estabilidade de agregados	0,72	0,77	0,91	0,97



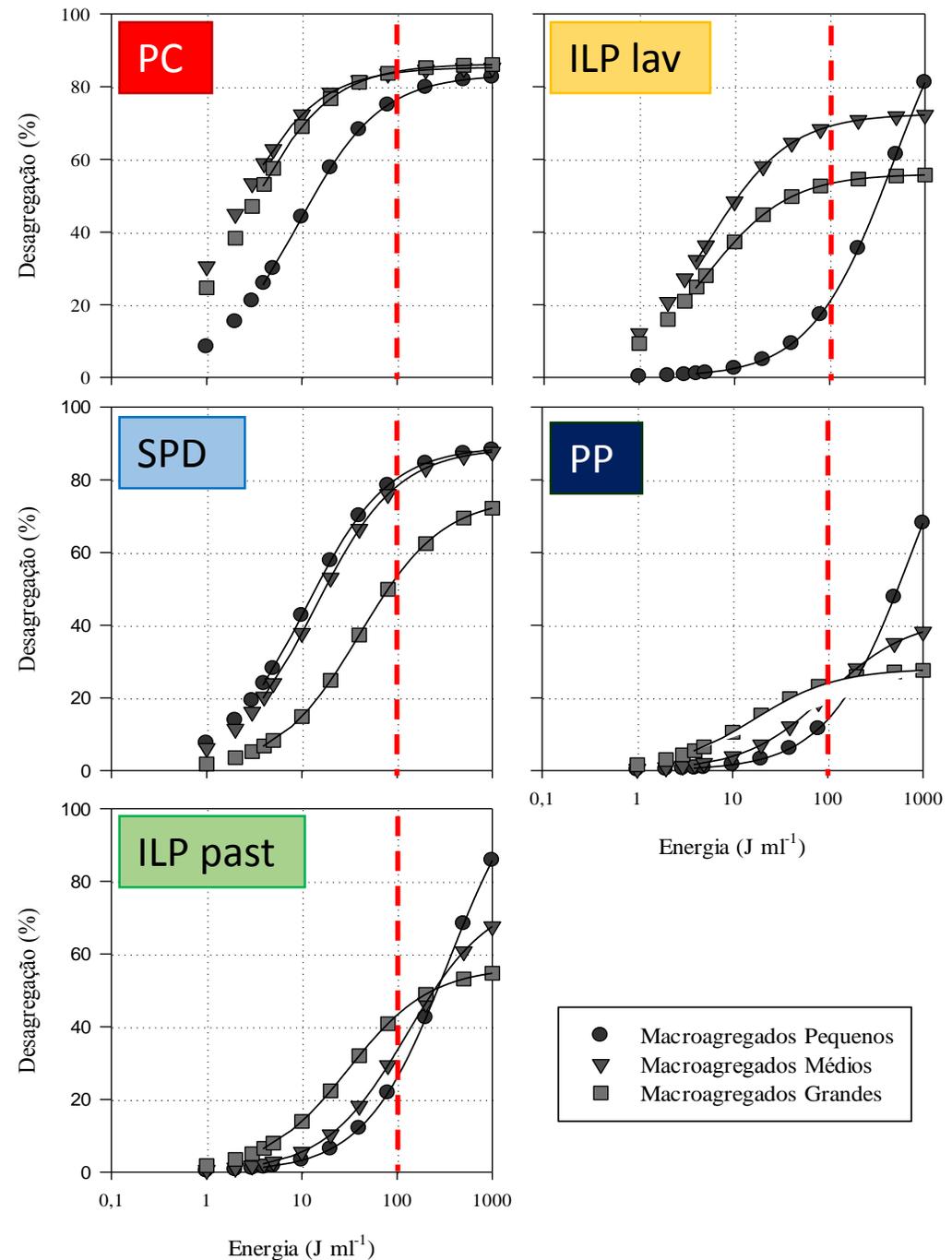


Relação entre energia ultrassônica aplicada e a desagregação de macroagregados de solo submetido a sistemas de manejo durante 20 anos.

SPC: Sistema de preparo convencional; SPD: Sistema Plantio Direto; ILP<sub>p</sub>: Integração lavoura-pecuária fase pastagem; ILP<sub>L</sub>: Integração lavoura-pecuária fase lavoura; PP: pastagem permanente.

Dourados, MS. 2016

Ramos, F. S. et al, n.p.



Variável	Sistema		
	SC	SPD	ILP
Produtividade da soja em anos com boa distribuição de chuvas – 2006/07 (kg ha <sup>-1</sup> )	3875	3981	3910
Produtividade da soja em anos com má distribuição de chuvas – 2010/11 (kg ha <sup>-1</sup> )	1642	2882	2866



Efeitos dos sistemas de manejo na maturação e produtividade da soja (cv BRS133) semeada em 19/11/2001, imagem de 19/03/2002

25 dias sem chuvas

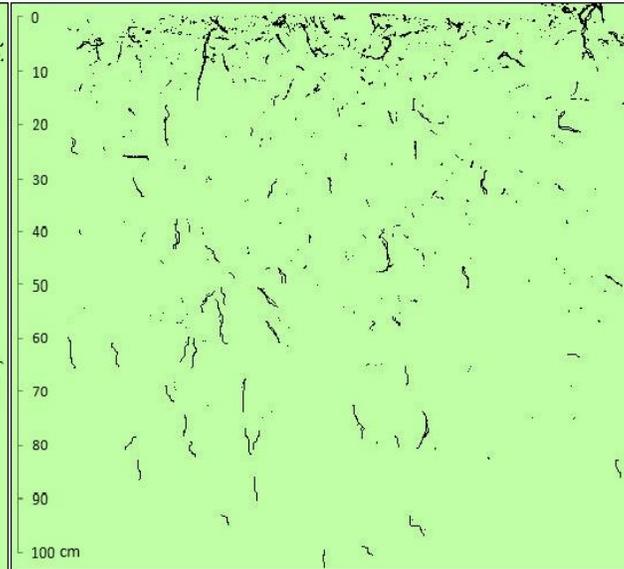
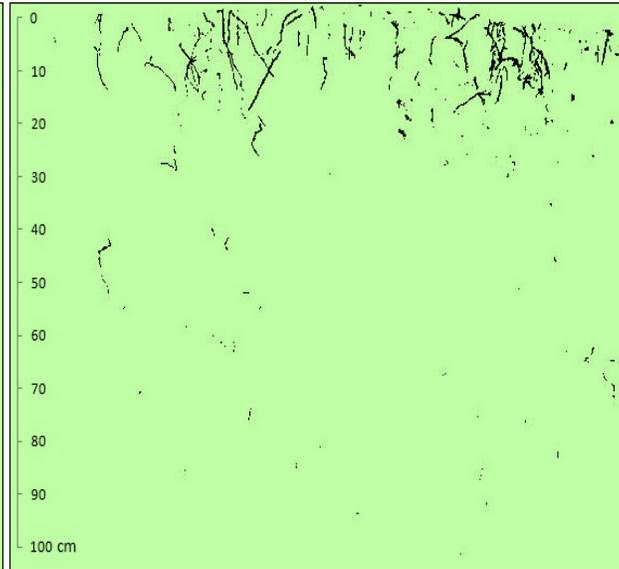
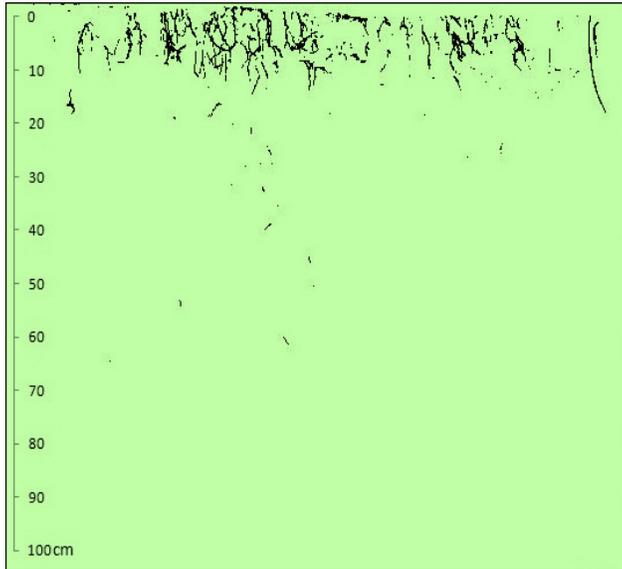


## Distribuição do sistema radicular da cultura da soja sob sistemas de manejo safra 2009/10. Dourados,MS

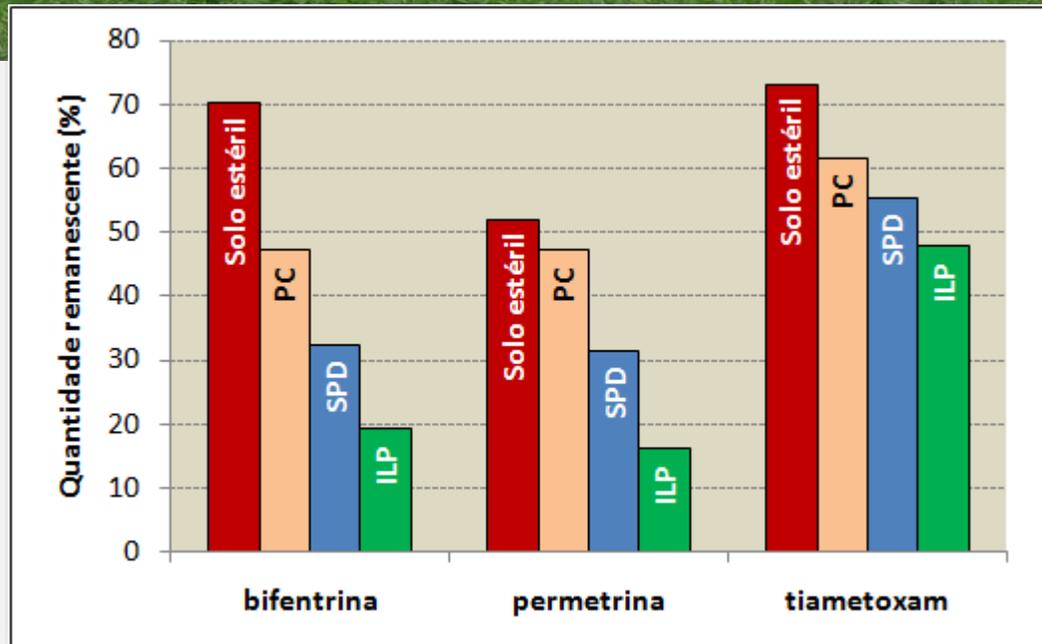
**PC**

**SPD**

**ILP**



# Pesticidas no ambiente

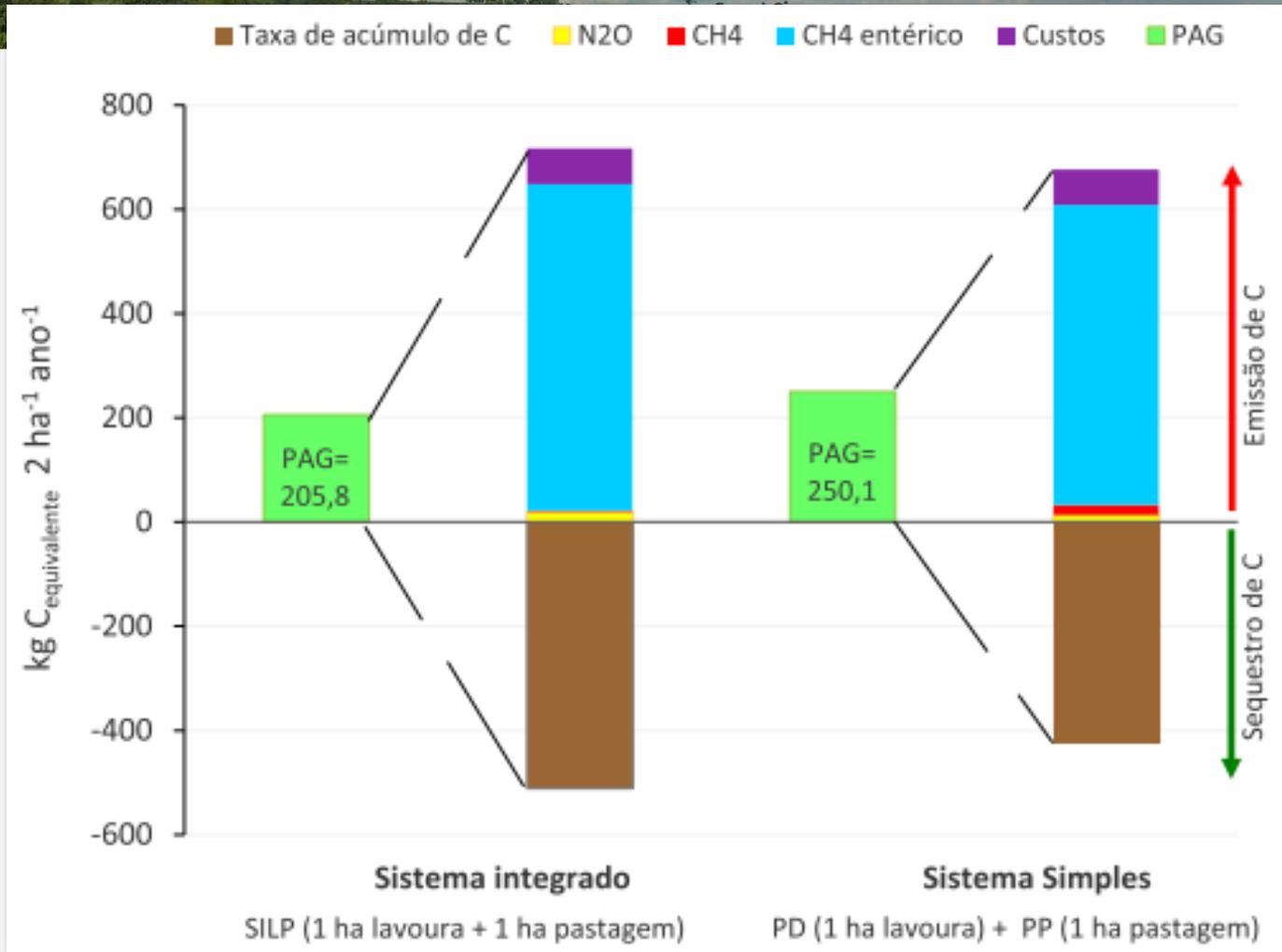


Quantidade remanescente (%) após 51 dias da aplicação, em solos incubados a 28°C e umidade correspondente a 75% da capacidade de campo, em diferentes sistemas de manejo do solo. Dourados, MS, 2013.

# Emissões de GEE

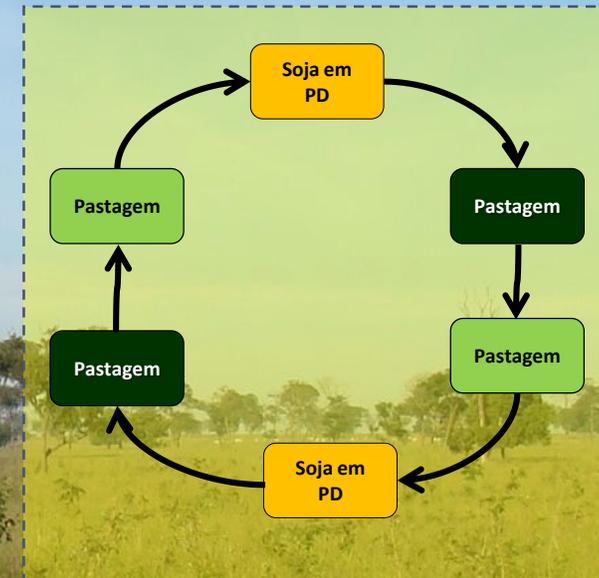
Potencial de aquecimento global (PAG) para produção de grãos e carne em sistema integrado e sistemas simples, e seus componentes: taxa de acúmulo de C no solo, de 0-30 cm, emissão de óxido nitroso ( $N_2O$ ) e metano ( $CH_4$ ) do solo,  $CH_4$  entérico, custos de produção em C.

Fonte: adaptado de Tomazi et al. (2015).

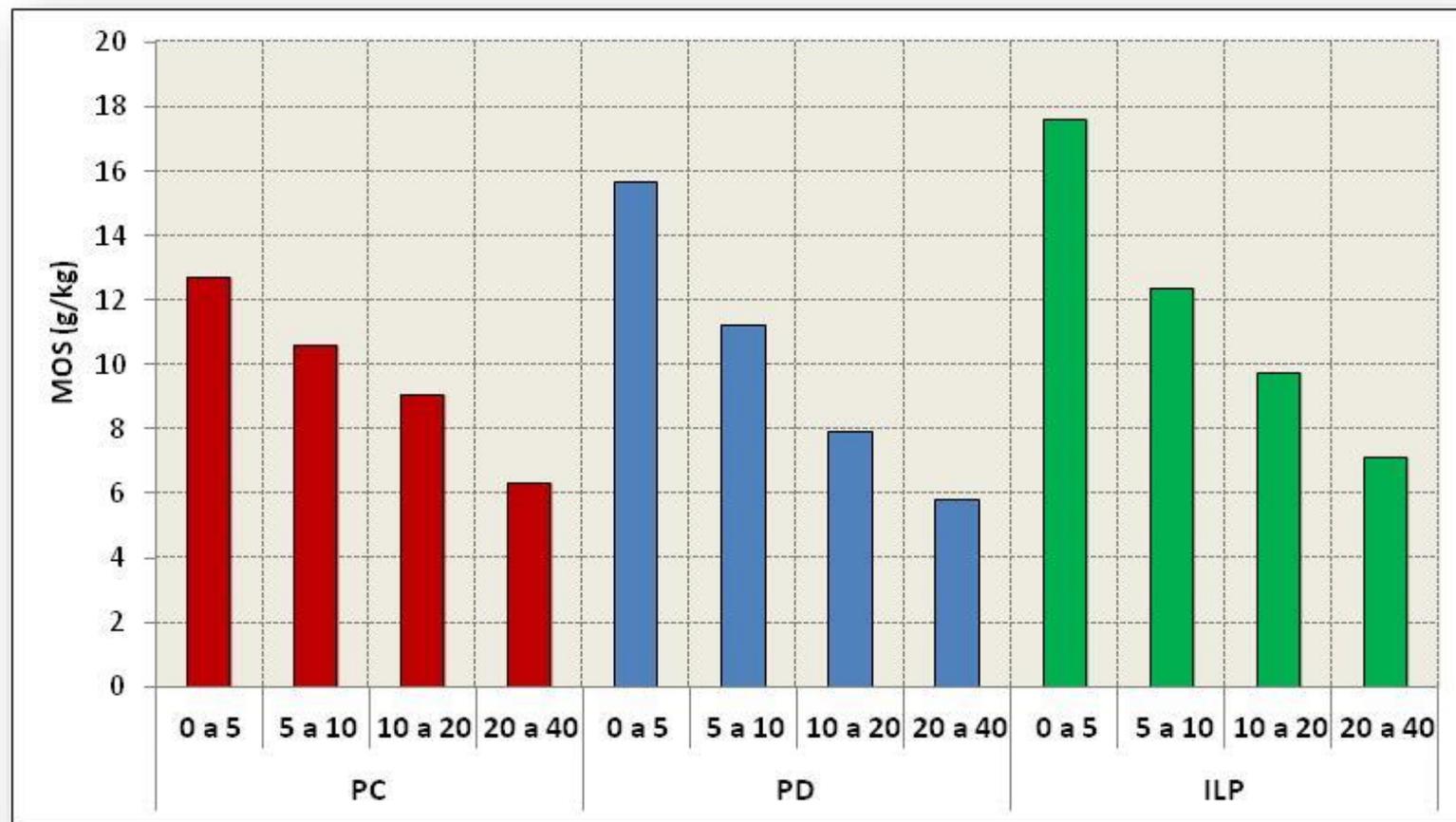


# Fazenda São Mateus, prop. Mateus Arantes Selvíria, MS

- **Situação original:** Neosolo quartzarênico (9% de argila), pastagem em degradação
- **Sistema de produção:** *pecuária*
- **Prática inserida:** *Sistema de integração lavoura-pecuária (Sistema São Mateus)*
- **Monitoramento:** *desde 2008*



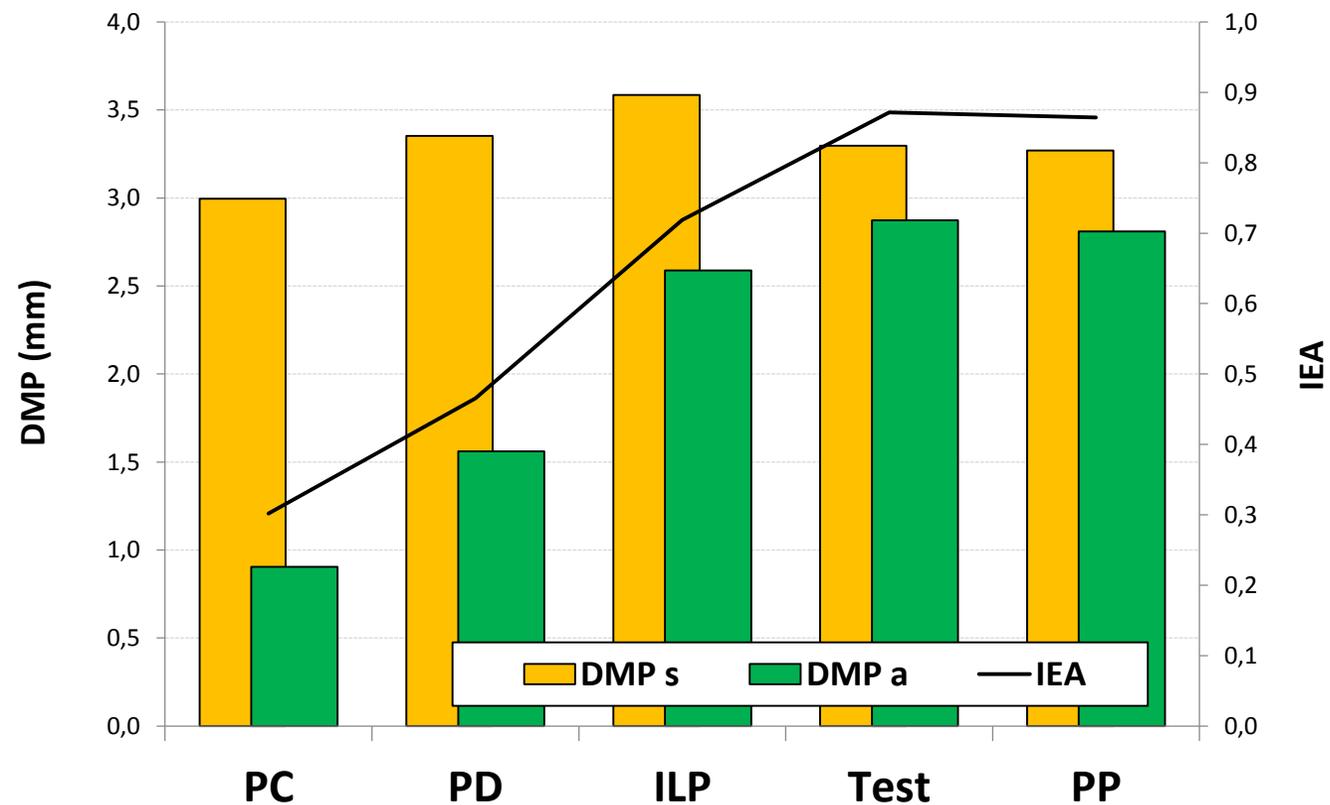
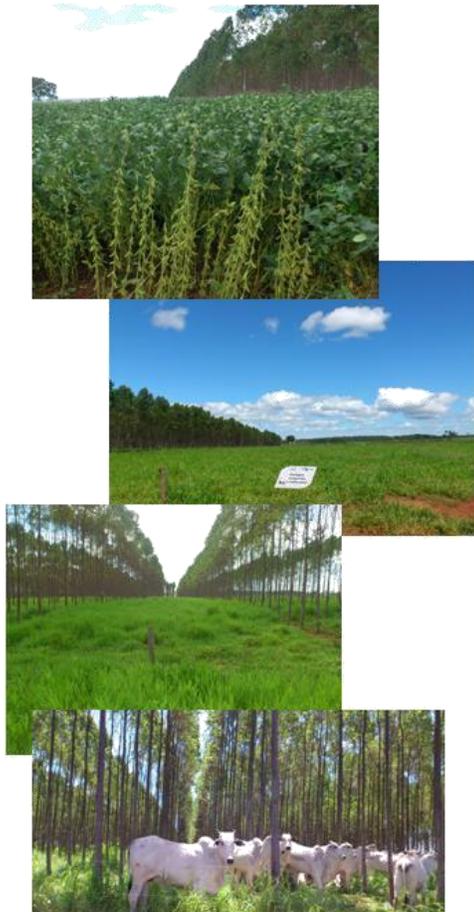
**MOS após 7 anos de sistemas de manejo**  
**Fazenda São Mateus, Neosolo quartzarênico, 9% argila**  
**Selvíria,MS**  
**2015**



# Resultados obtidos na Fazenda São Mateus, Selvíria, MS

## Atributos físicos do solo - 2015

Tamanho médio e estabilidade dos agregados (mm)



# Produtividade



Pastagem 2 anos  
após soja

março/2011  
Fazenda São Mateus  
Selvíria,MS

Pastagem 1 ano  
após soja



Sistema	Ganho de peso médio diário	produtividade @/ha	Período de avaliação
iLP 1º ano	500 g	19,0	nov/10 a maio/11
iLP 2º ano	420 g	16,0	
Pasto referência	553 g	5,0	
iLP 1º ano	782 g	22,8	nov/11 a jun/12
iLP 2º ano	689 g	15,5	
Pasto referência	642 g	7,9	

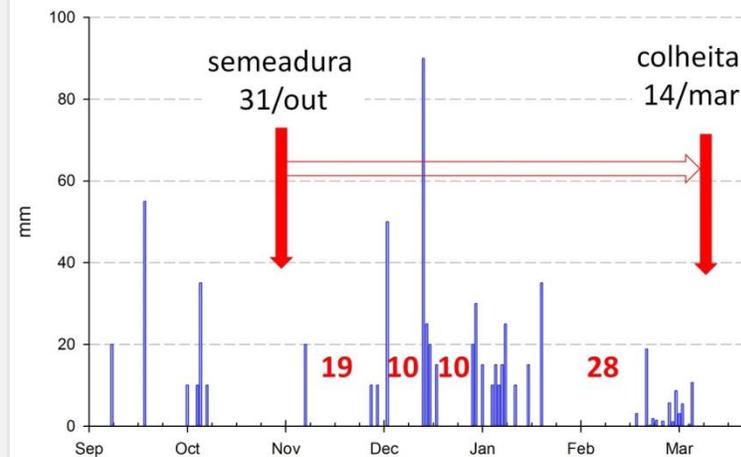
# Produtividade



Rendimento de soja (kg/ha)			
Safra	SILP	PD	PC
2008/09	1080 <sup>ns</sup>	900	900
2009/10	3060	-	-
2010/11	3973a	3027b	3286b
2011/12	2075	-	-
2012/13	3960	2650	-
2013/14	1902	1352	-
2014/15	1800a	1560ab	1260b

Custo de Produção safra 2013/14 (Embrapa Agropecuária Oeste)  
Desembolso : R\$ 1.407,35  
Preço saca soja: R\$ 55,00  
Custo por hectare: 25,6 sc (1.536 kg/ha)

Ocorrência de chuvas na Fazenda São Mateus  
Safra 2013/14



# URT ILPF – Embrapa Ponta Porã, MS

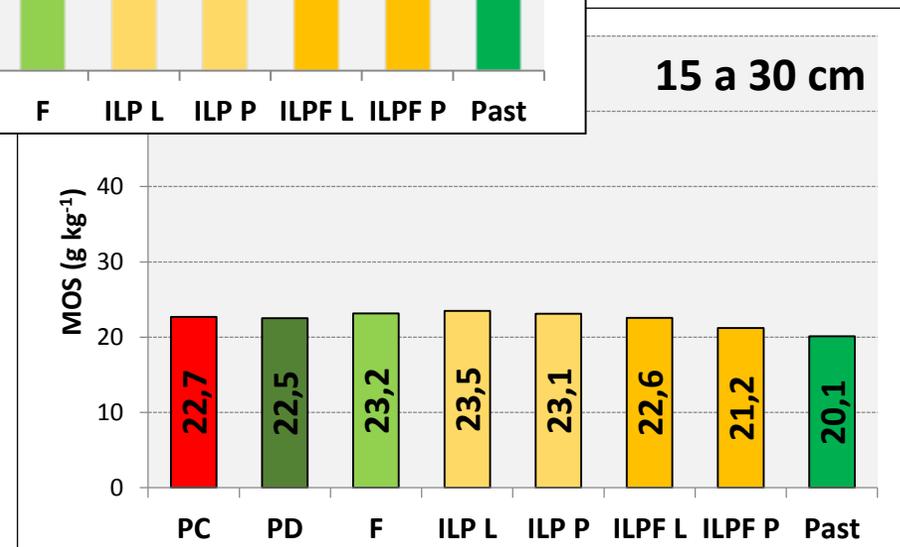
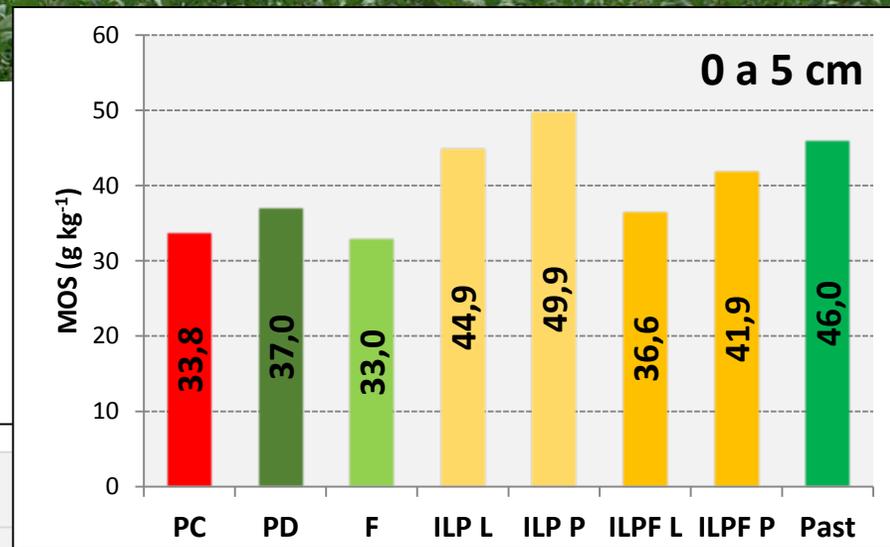
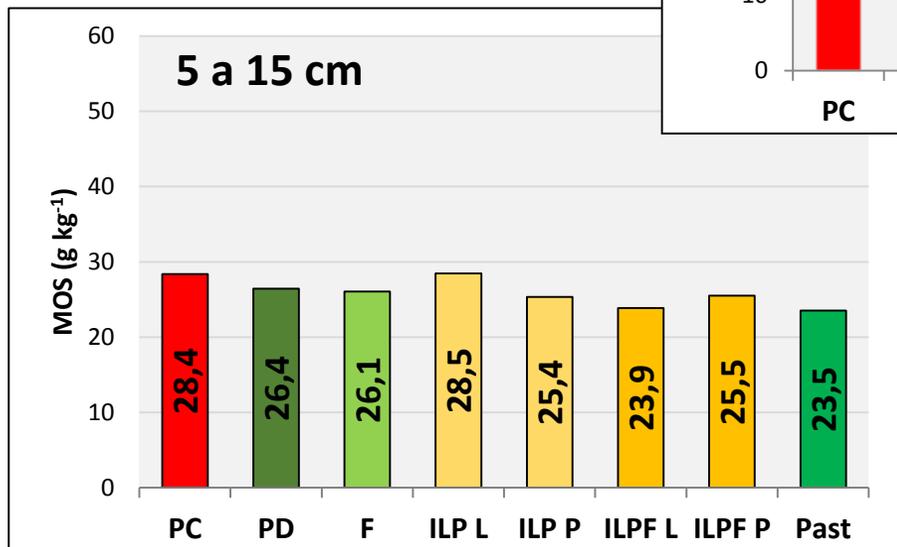
- *Solo: Latosolo Vermelho textura média, 350 g/kg argila*
- *Sistemas de produção: PC, SPD, ILP e ILPF*
- *Implantação dos sistemas: 2009/10*



# Sistema de integração lavoura – pecuária - floresta



# Dinâmica da matéria orgânica do solo 2010 a 2015



# Produtividade de milho safrinha 2013 – Ponta Porã, MS



84,3 sc/ha

*Sistema Convencional  
Soja/milho safrinha*



92,2 sc/ha

*Sistema Plantio Direto  
Soja/milho safrinha + *B. ruziziensis**



107,9 sc/ha

*Sistema iLP  
Soja/milho safrinha + Xaraés*



35,9 sc/ha

*Sistema iLPF 12,5 m  
Soja/milho safrinha+ Xaraés*

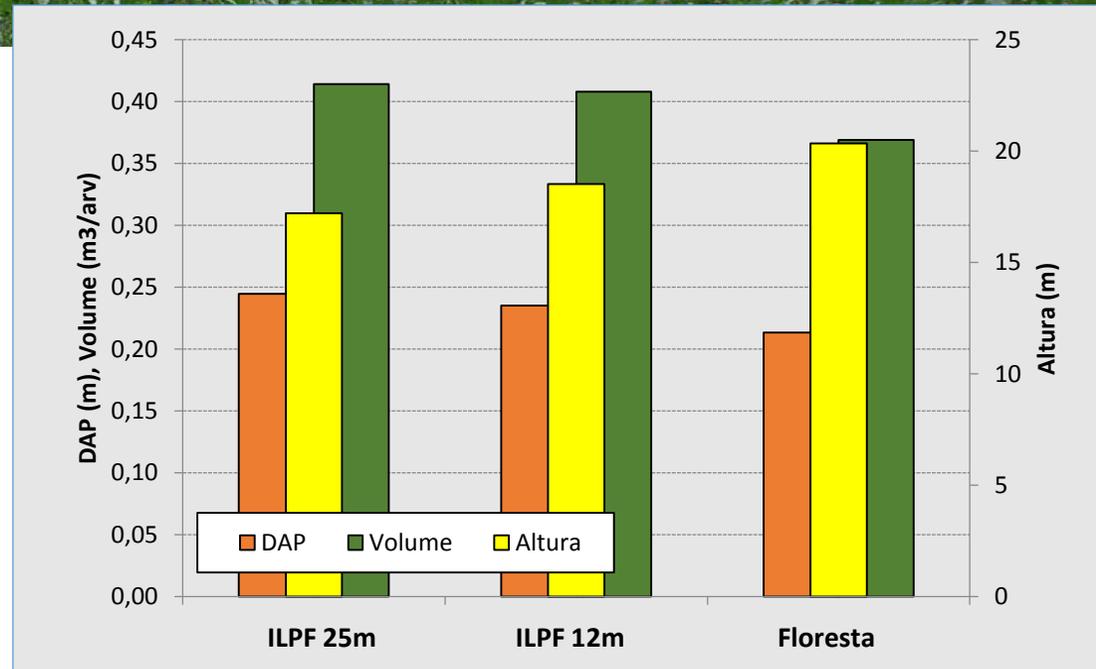


73,1 sc/ha

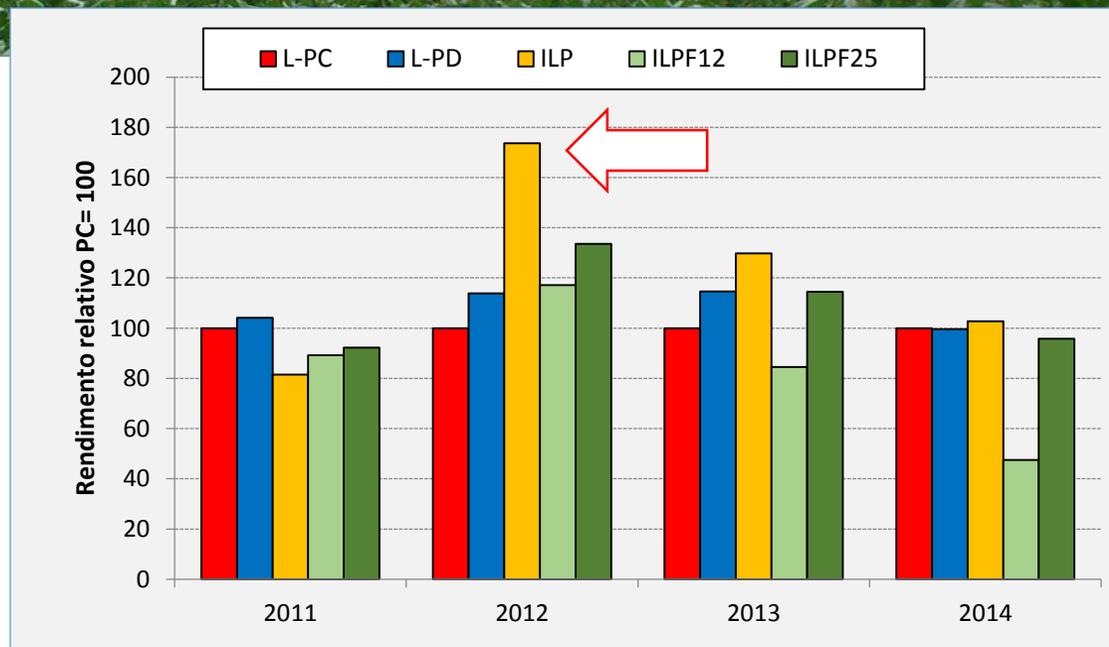
*Sistema iLPF 25 m  
Soja/milho safrinha+ Xaraés*



# Desenvolvimento das árvores, 57 meses



# Produtividade da soja



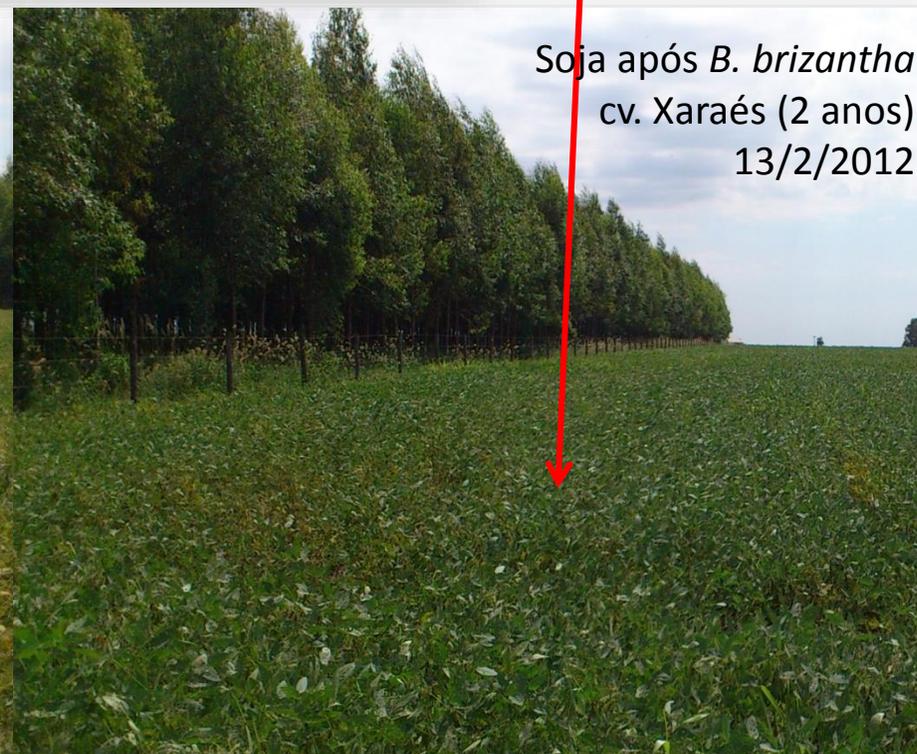
Safra 2011/12  
Ponta Porã, MS

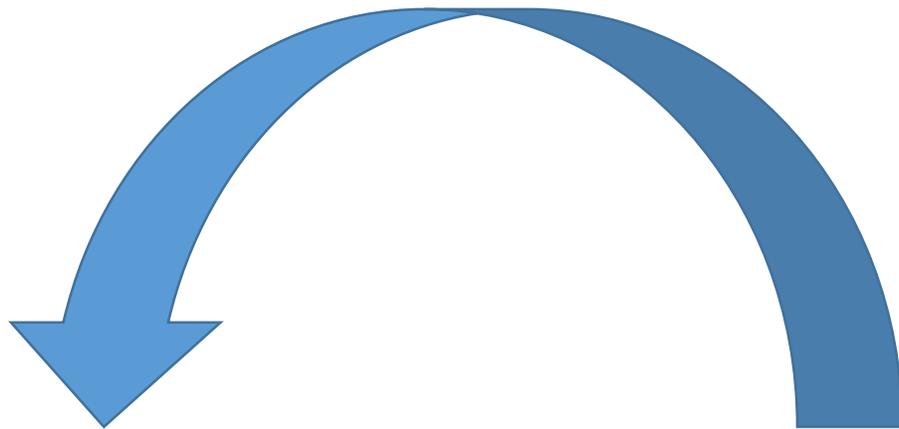


Soja após milho safrinha  
13/2/2012

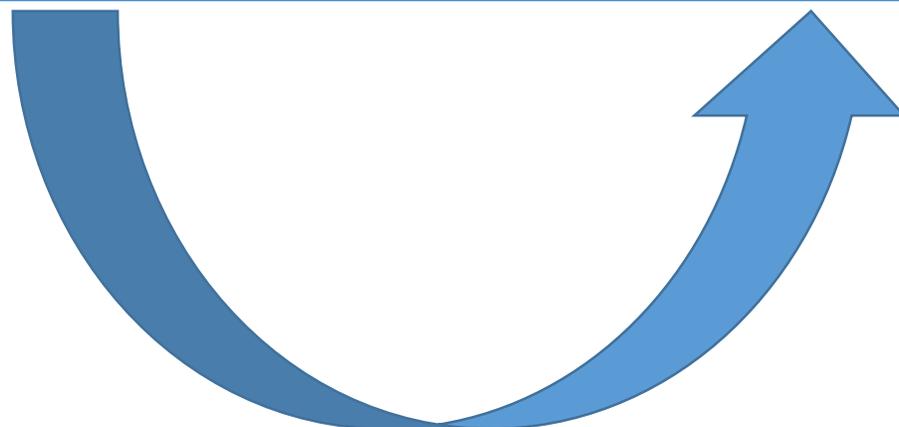


Soja após *B. brizantha*  
cv. Xaraés (2 anos)  
13/2/2012



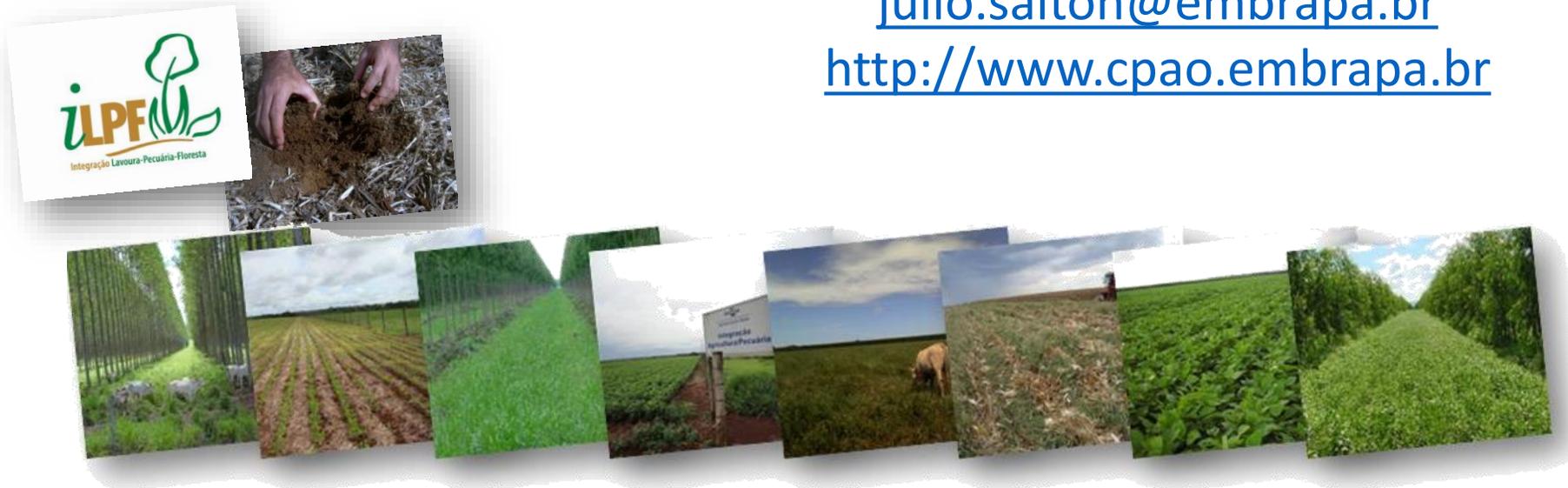


- **A sustentabilidade dos sistemas produtivos é dependente da presença constante de plantas (aporte de C)**
- **O resultado da intensificação da produção está associada ao acúmulo e atividade da MOS e Qualidade do Solo**



# Grato pela atenção!

[julio.salton@embrapa.br](mailto:julio.salton@embrapa.br)  
<http://www.cpa0.embrapa.br>



Rede de fomento iLPF



Dow AgroSciences



JOHN DEERE



syngenta





<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130869/1/DOC-130-FINAL-ONLINE.pdf>





