V Reunião Paranaense de Ciência do Solo (RPCS) e II Simpósio Brasileiro de Solos Arenosos (SBSA)

Estratégias de incremento da matéria orgânica de solos arenosos

João Carlos de Moraes Sá

SUMÁRIO

Atributos da fertilidade de solos arenosos

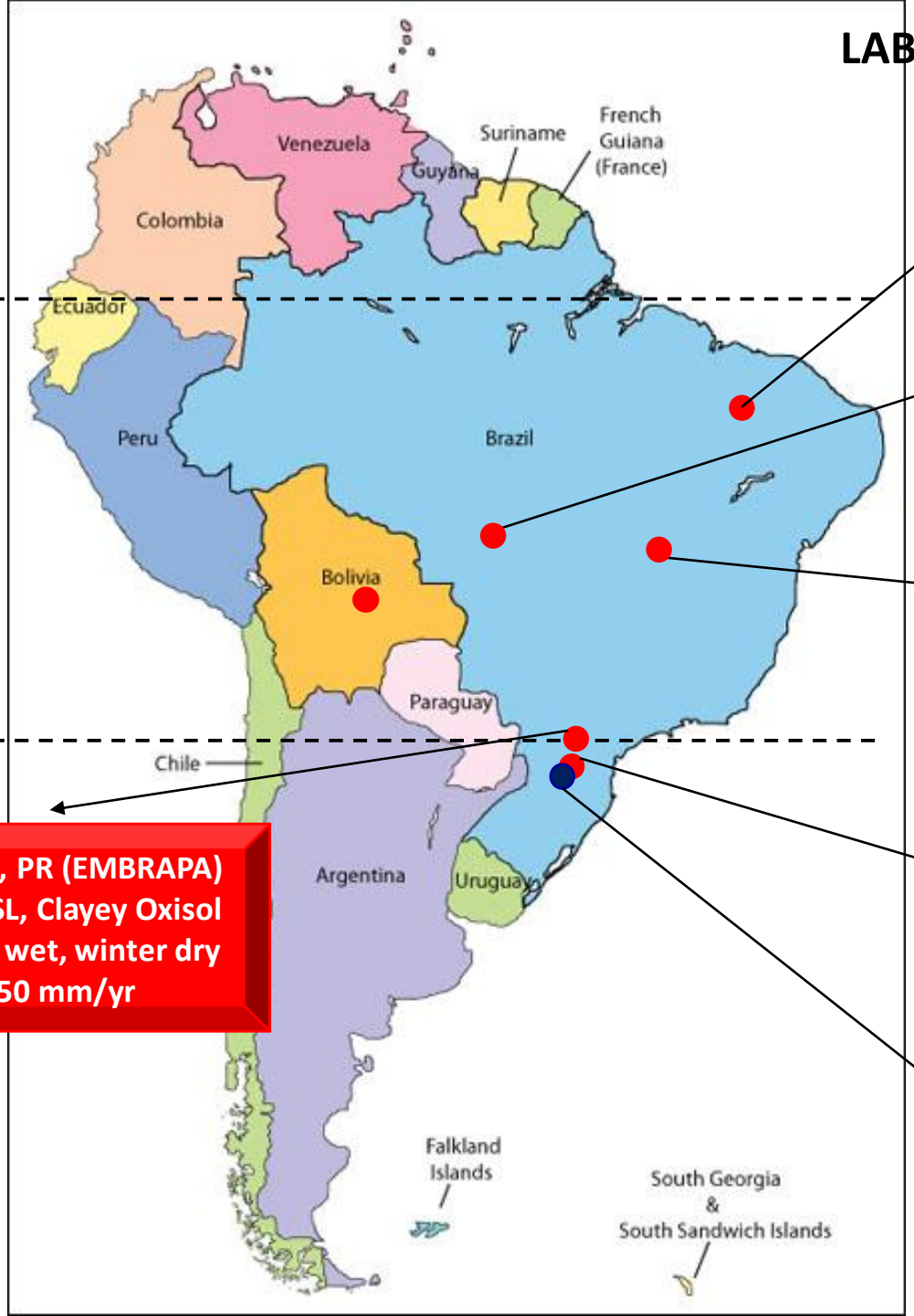
Quais são os passos para recuperar a MO em solos arenosos

Como promover a proteção do C

O acúmulo de C em função dos sistemas de produção

Considerações finais

LABMOS – Parcerias em pesquisa



Balsas, MA (FAPCEN)
07° 33' SL,
Sandy-Clay Oxisol
Summer wet, winter dry
1410 mm/yr

Lucas do Rio Verde, MT
13° 03' SL, Clay Oxisol
Summer wet, winter dry
1950 to 2200 mm/yr

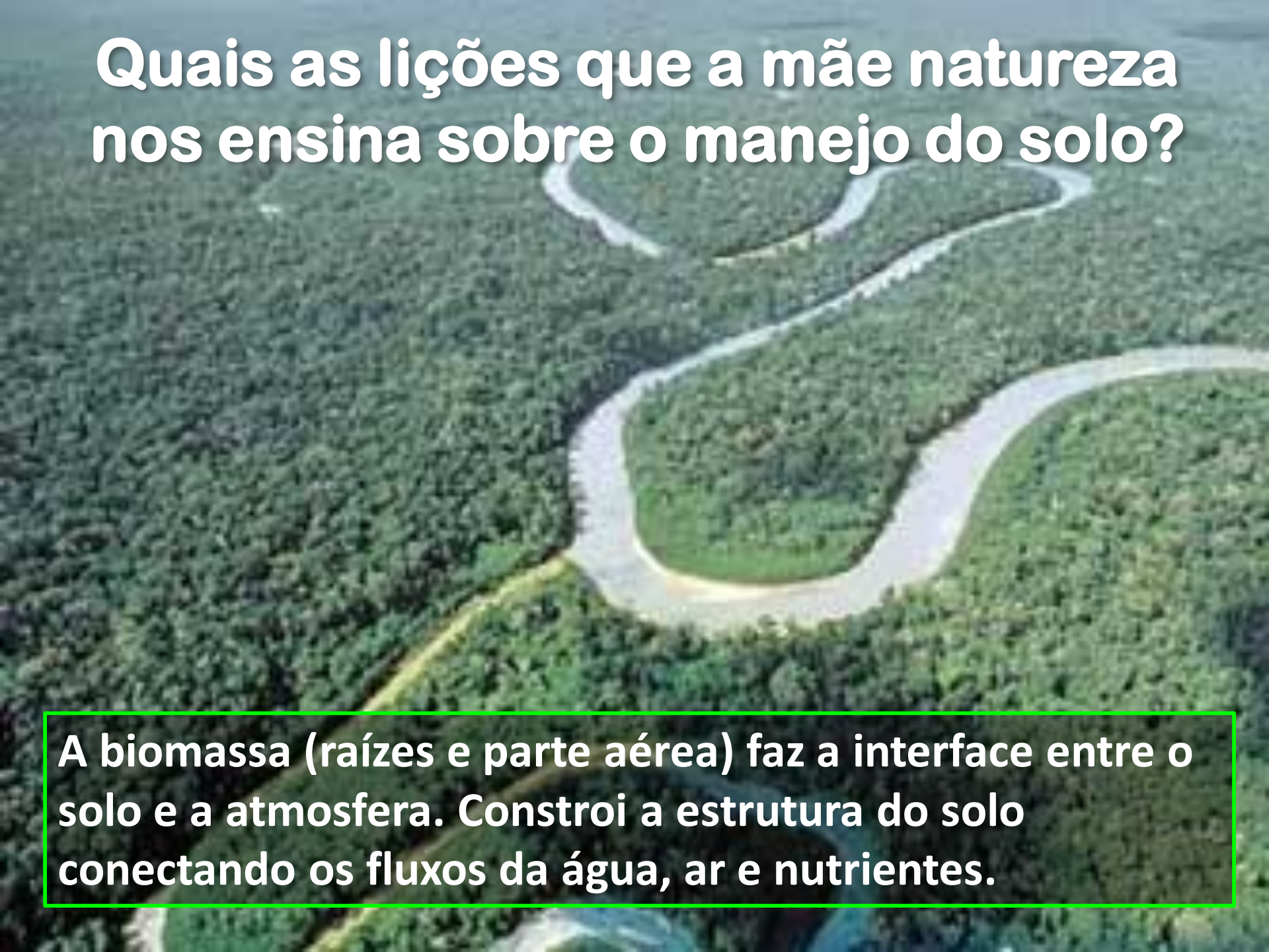
Luiz Eduardo Magalhães, BA
17° 05' SL, Neossolo
Summer wet, winter dry
1480 mm/yr

Londrina, PR (EMBRAPA)
23° 11´ SL, Clayey Oxisol
Summer wet, winter dry
1450 mm/yr

Ponta Grossa, PR (IAPAR)
25° 09'00'' SL,
Heavy-clay Oxisol
Summer wet, winter wet
1550 mm/yr

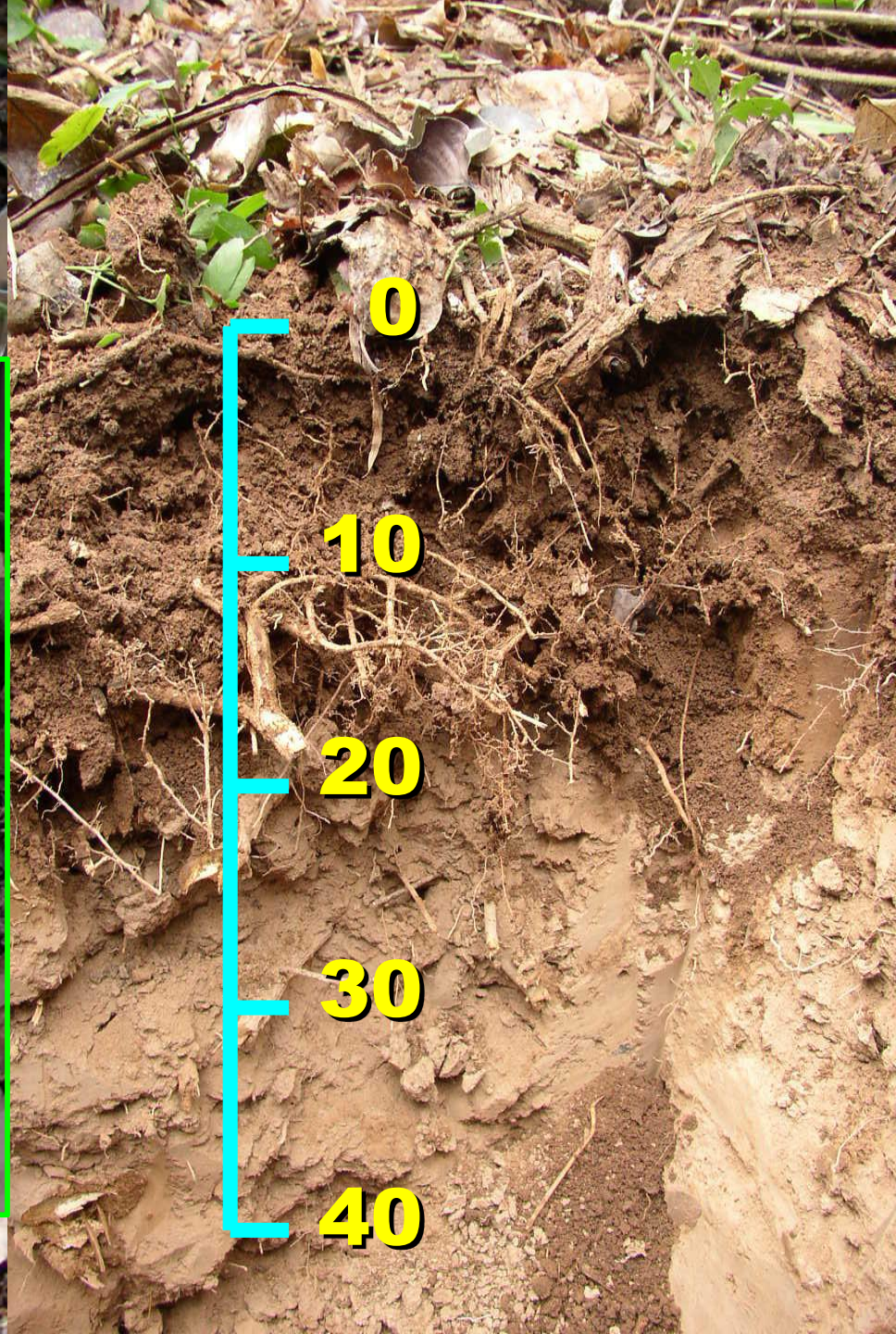
Ponta Grossa, PR (ABC F)
25° 00'53'' SL,
Clay Oxisol
Summer wet, winter wet
1550 mm/yr

Quais as lições que a mãe natureza nos ensina sobre o manejo do solo?

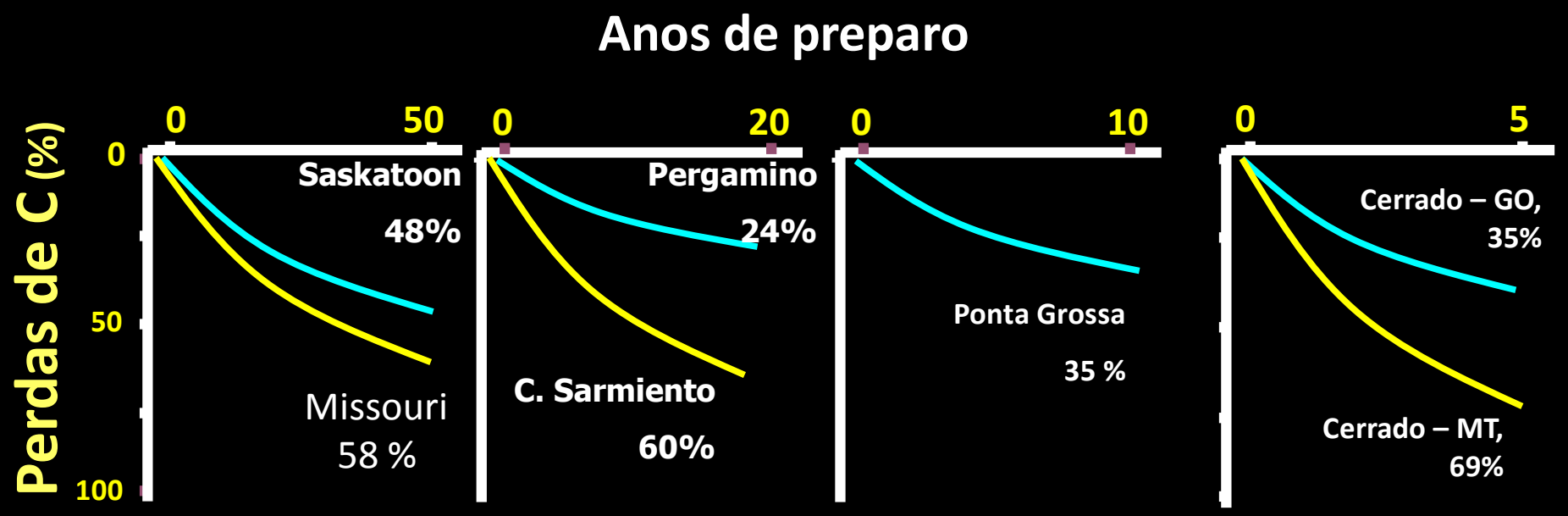


A biomassa (raízes e parte aérea) faz a interface entre o solo e a atmosfera. Constroi a estrutura do solo conectando os fluxos da água, ar e nutrientes.

Em solos sob vegetação nativa a deposição dos restos vegetais e animais controlam **a adição contínua de C enriquecendo a superficie do solo** criando a estratificação natural do C e dos nutrientes nas camadas com o passar do tempo (Prescott et al., 1985)



Impacto do preparo do solo associado ao monocultivo na perda de C em região Temperada, Sub-tropical e Tropical



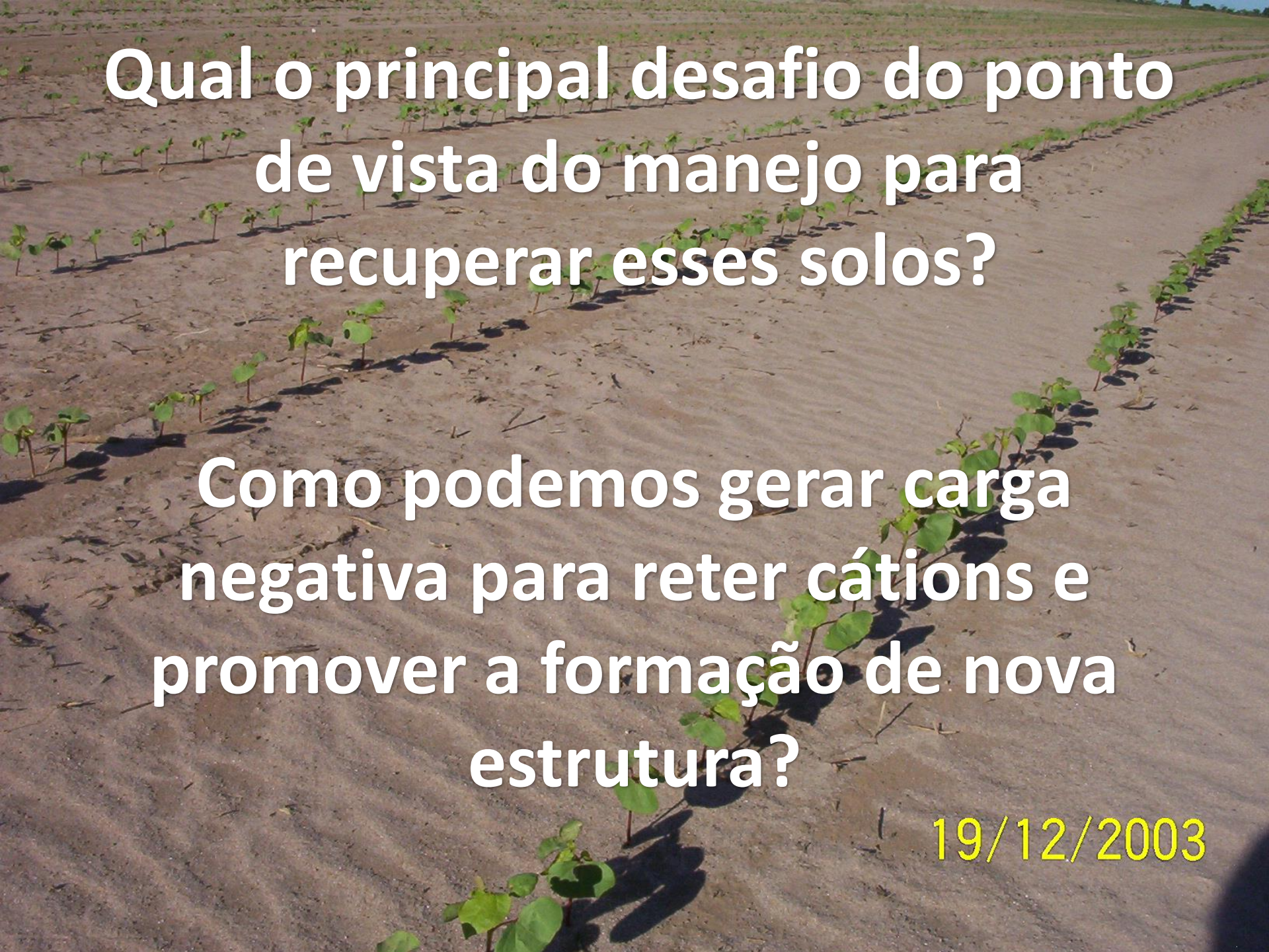
Canada - USA
Trigo contínuo
Campbell & Souster, 1982; Mann, 1985
52 and 42° N Latitude

Argentina
Trigo contínuo
Michelena, 1989; Casas, 1998
32° S Latitude

Brasil
Soja-Trigo
Sá et al., 2001
25° S Latitude

Brasil
Soja contínua
Resck, 1998
Seguy & Bouzinac, 2002
13 to 16° S Latitude

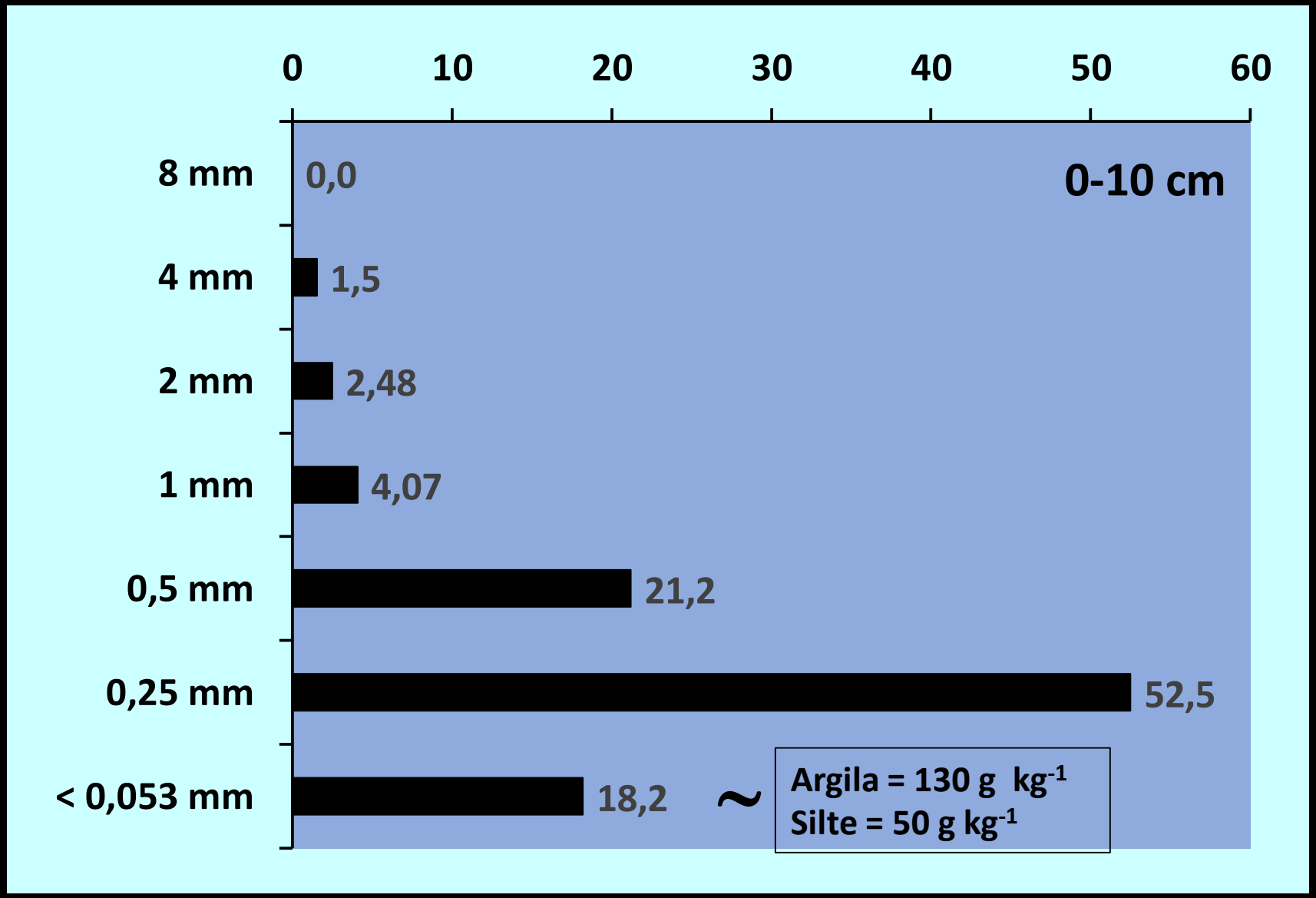
0.96 a 1.2% ano^{-1}	1.2 a 3.0% ano^{-1}	3.5% ano^{-1}	7 a 13.8 % ano^{-1}
Temperada	Temperada/subtropical	Subtropical/Tropical	Tropical



Qual o principal desafio do ponto de vista do manejo para recuperar esses solos?

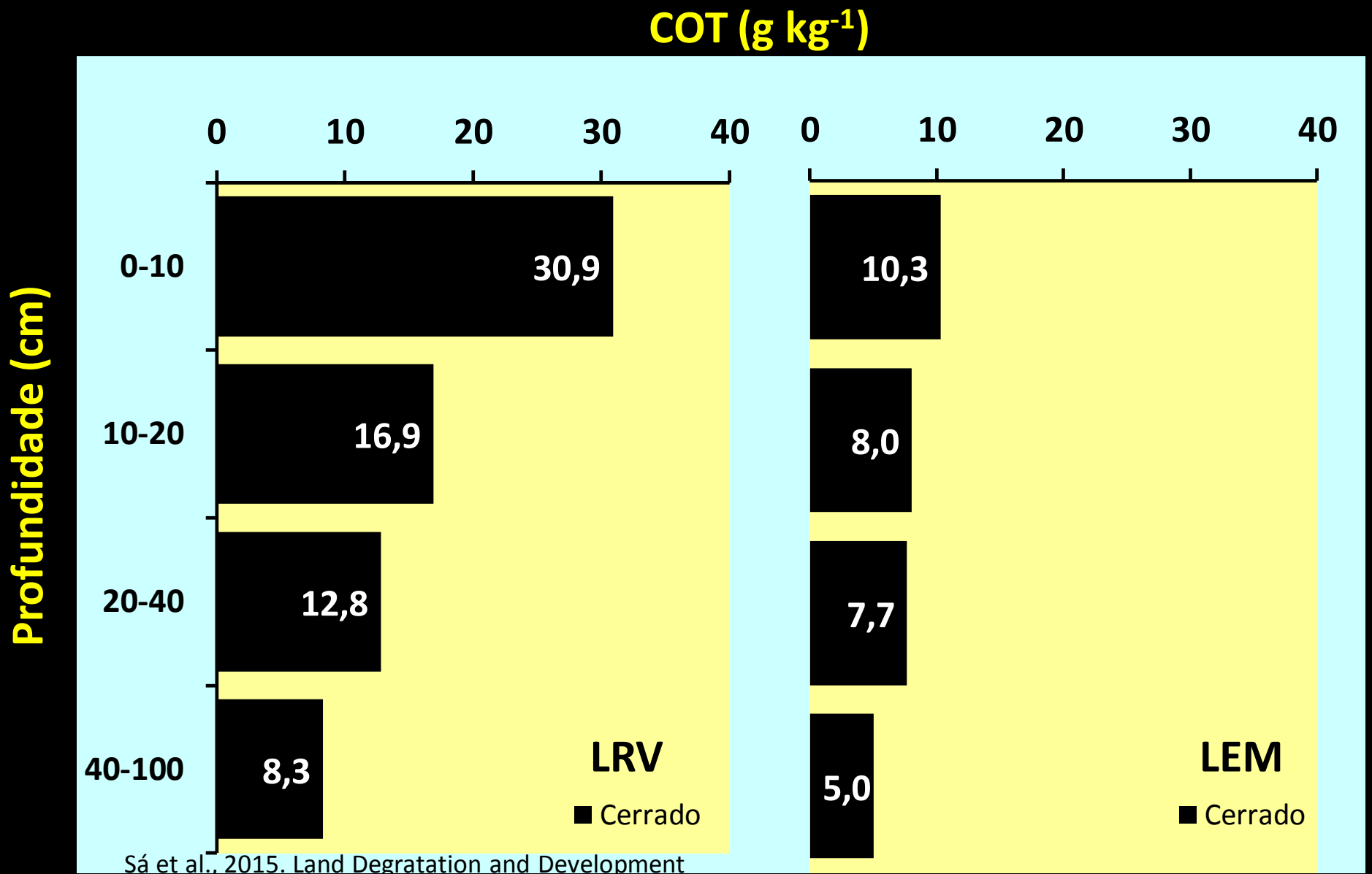
Como podemos gerar carga negativa para reter cátions e promover a formação de nova estrutura?

Distribuição das **classes de agregados** em um Neossolo Quartzarênico sob vegetação nativa (Luis Eduardo Magalhães – BA)



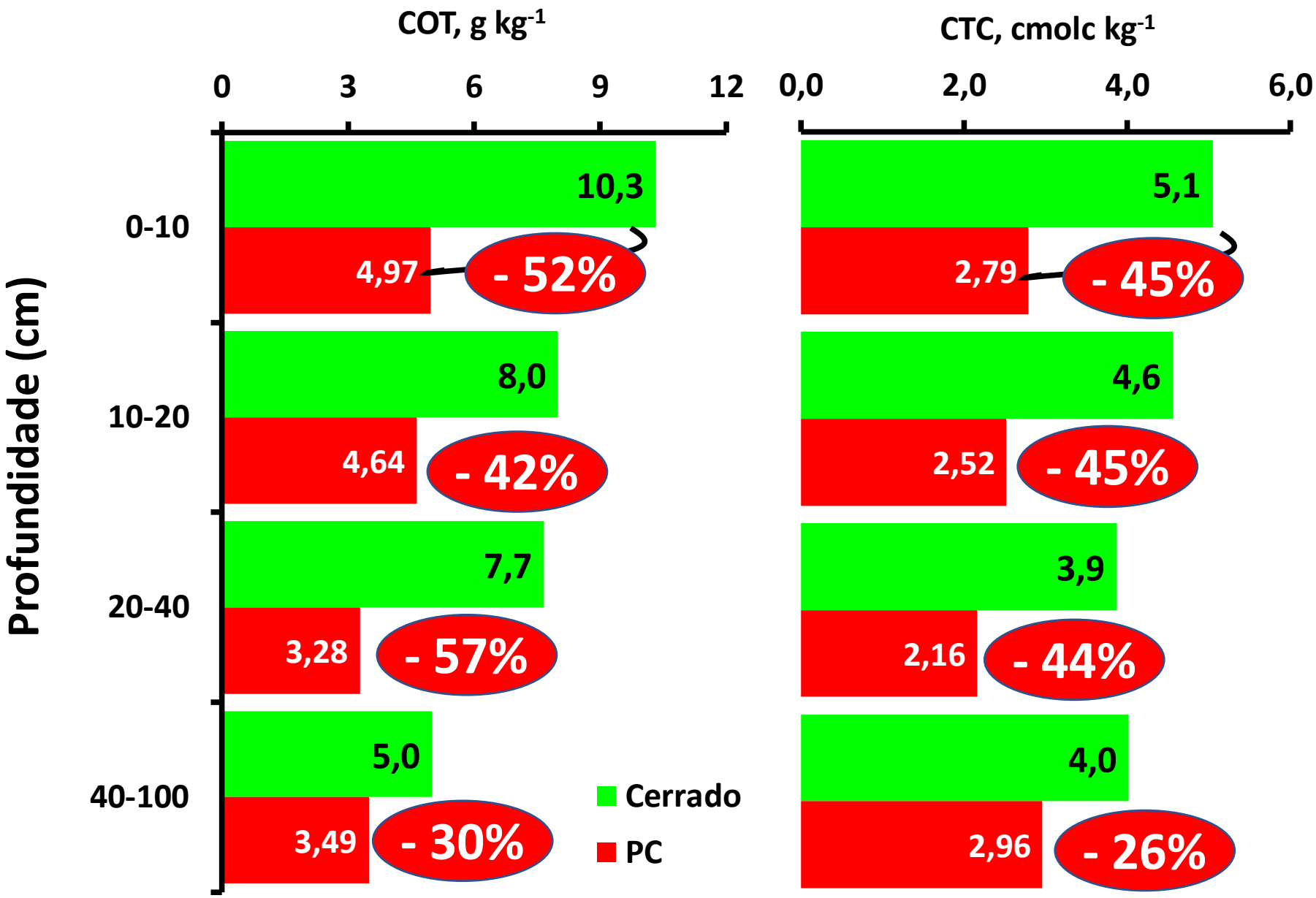
Oliveira, Sá et al.,2017. Science of Total Environment (Under review)

Distribuição do C orgânico total (COT) em um Latossolo argiloso (argila ~ 520 g kg^{-1}) em Lucas do Rio Verde-MT e num Neossolo Quartzarenico (argila ~ 130 g kg^{-1}) em Luis Eduardo Magalhães-BA) sob **vegetação nativa**



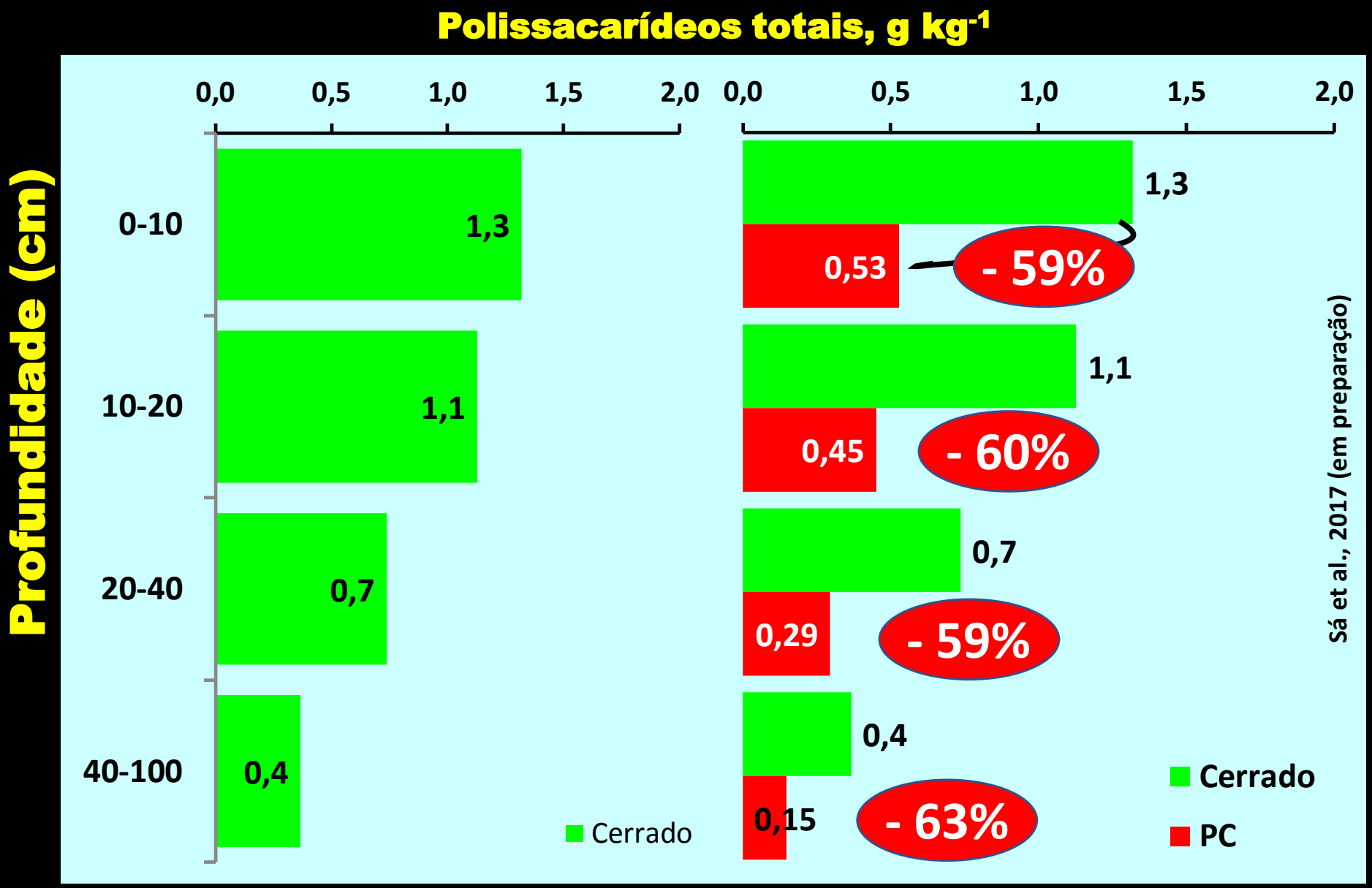
Sá et al., 2015. Land Degratation and Development

Perdas de C e CTC em um Neossolo Quartzarênico devido a conversão da vegetação natural para agricultura com o uso do preparo do solo (4 anos)

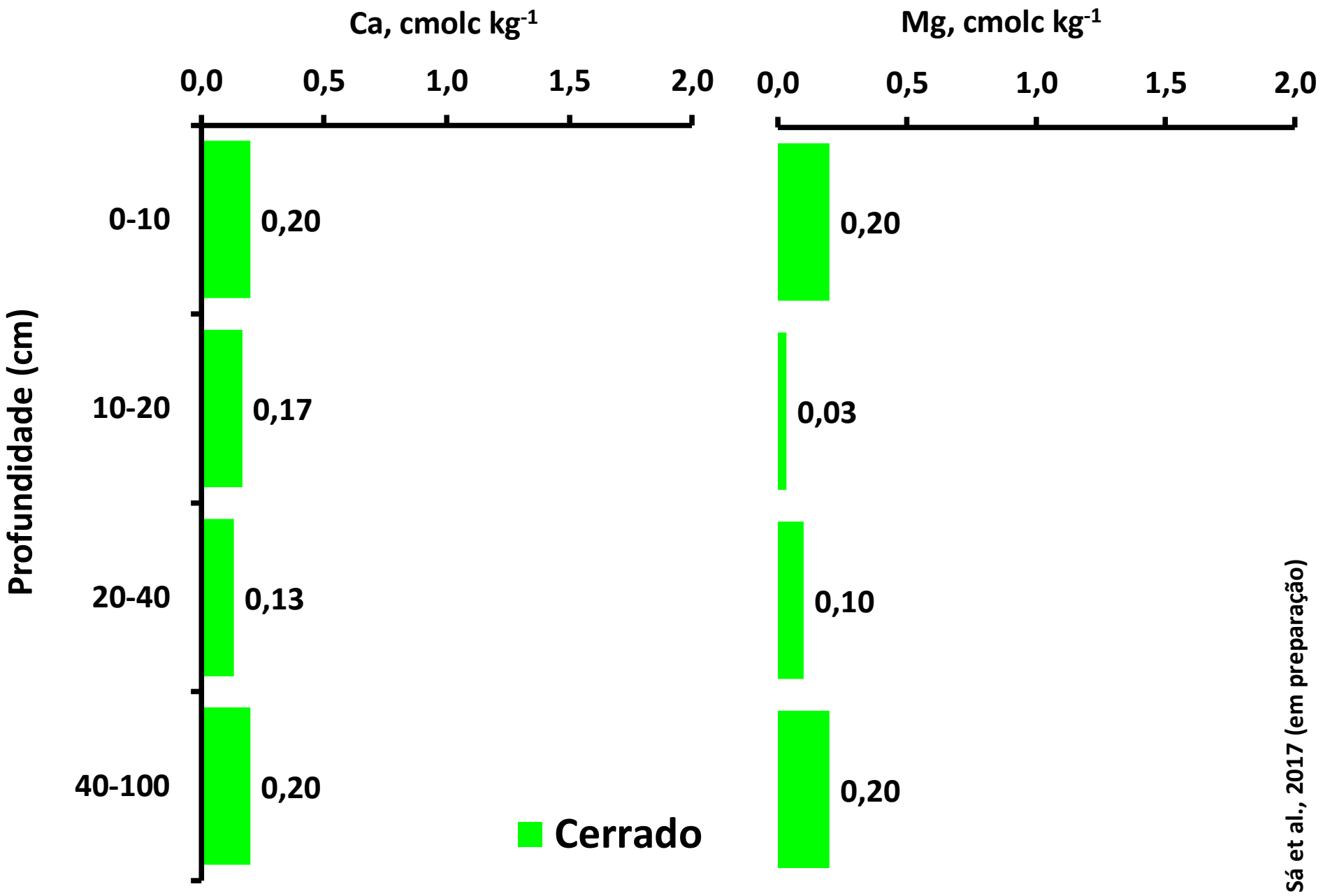


Sá et al., 2017 (em preparação)

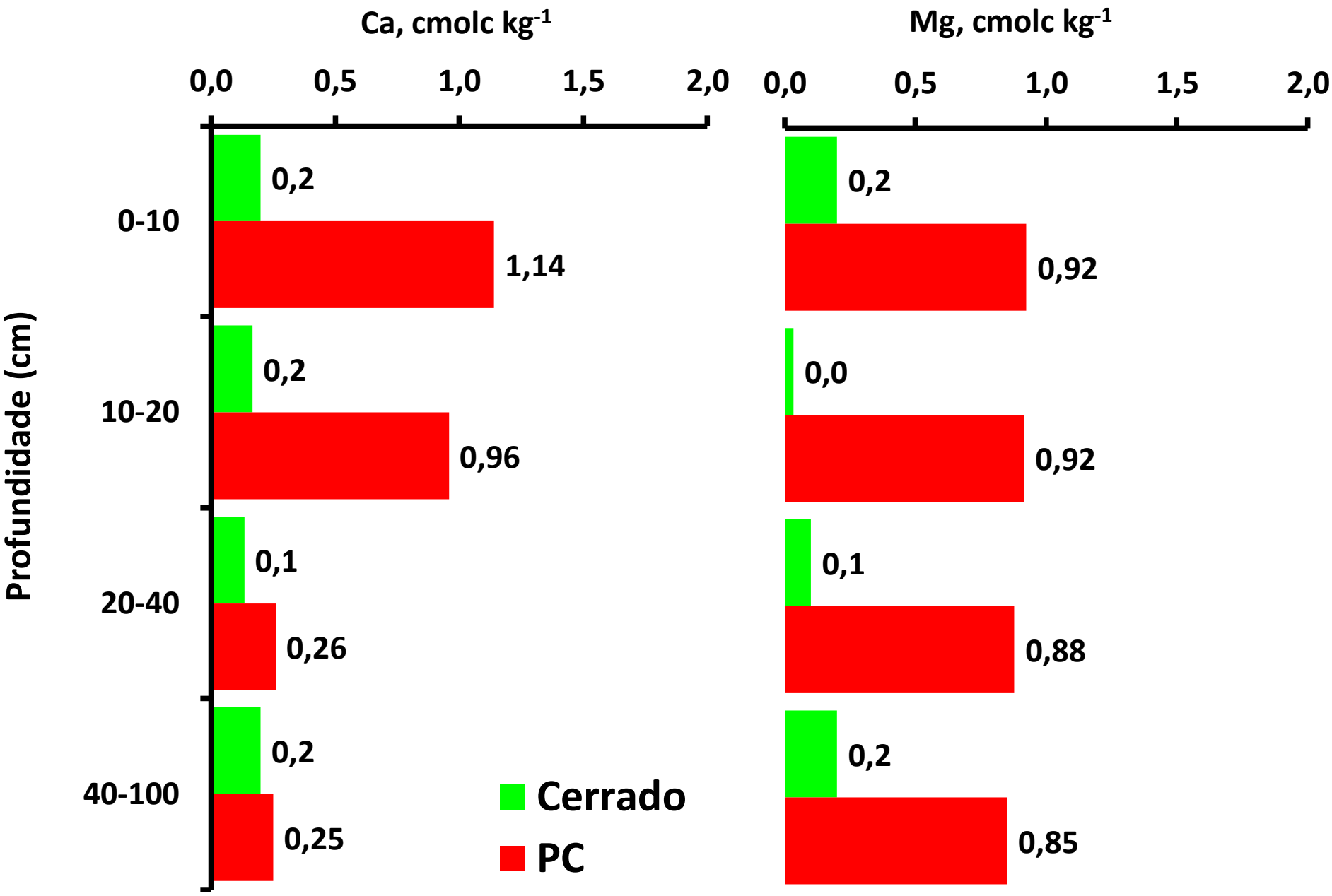
Polissacarídeos totais num Neossolo Quartzarênico sob vegetação nativa e sob preparo convencional para produção de soja



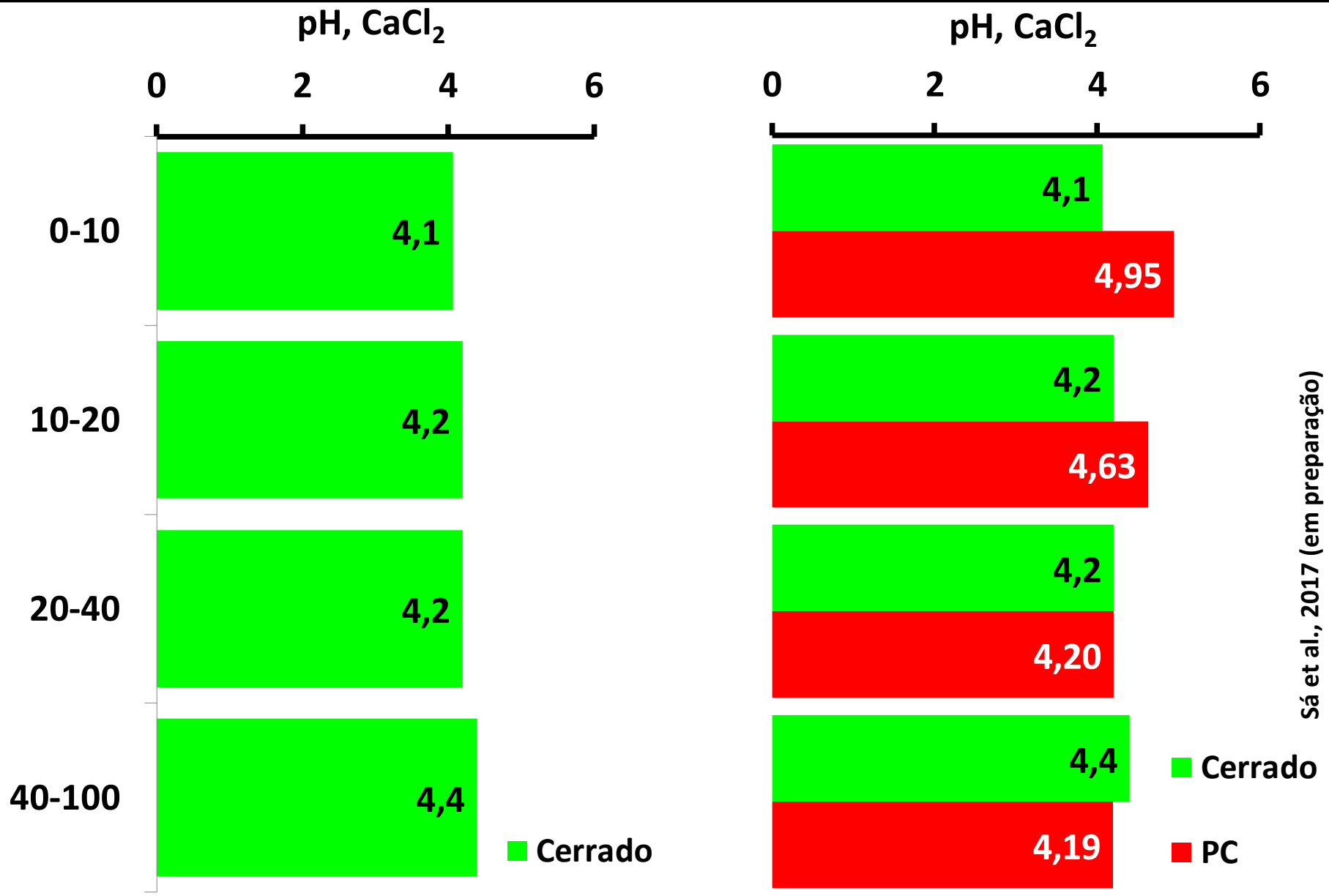
Ca e Mg em um Neossolo Quartzarênico



Sá et al., 2017 (em preparação)

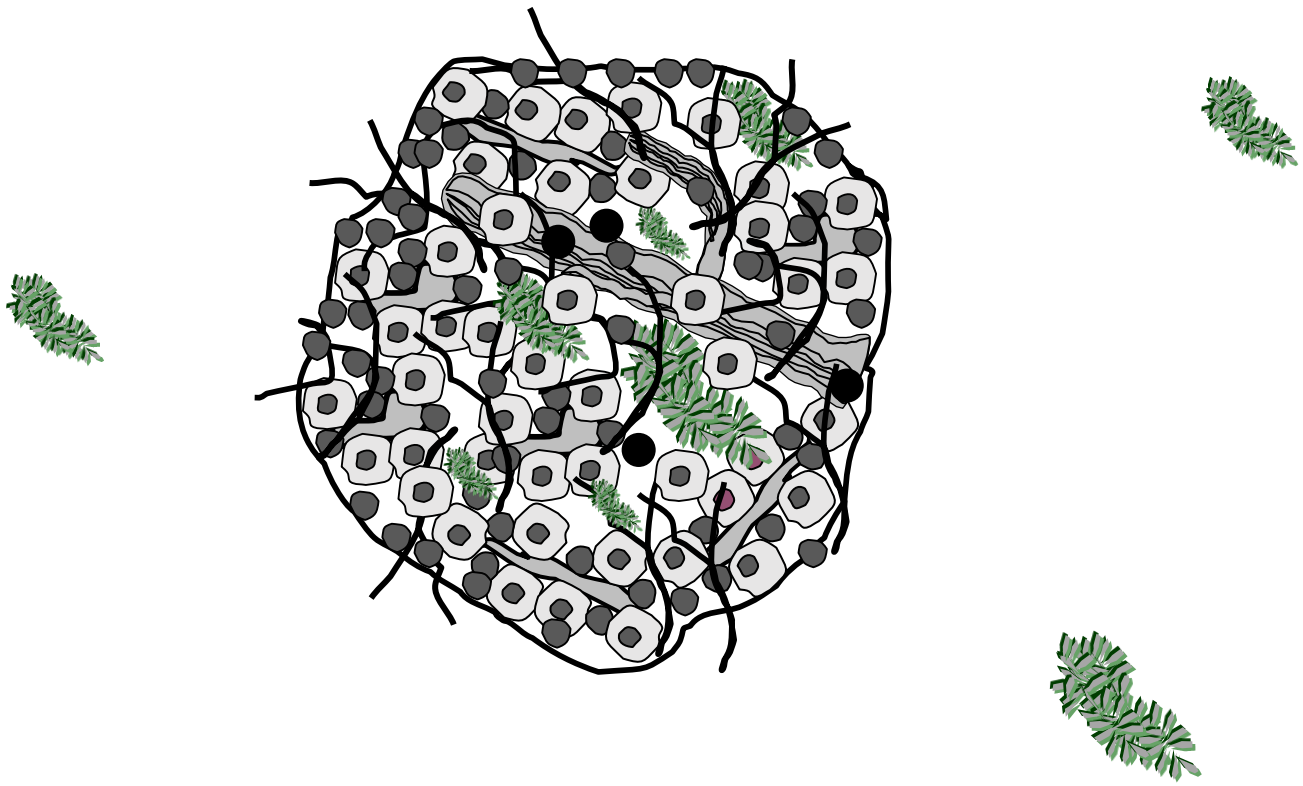

Ca, cmolc kg-1
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
Mg, cmolc kg-1
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
Profundidade (cm)
0-10
10-20
20-40
40-100
0,2
1,14
0,2
0,96
0,1
0,26
0,2
0,25
0,2
0,92
0,0
0,92
0,1
0,88
0,2
0,85
Cerrado
PC

Distribuição do pH num Neossolo Quartzarênico devido a conversão da vegetação natural para agricultura com o uso do preparo e aplicação de calcário

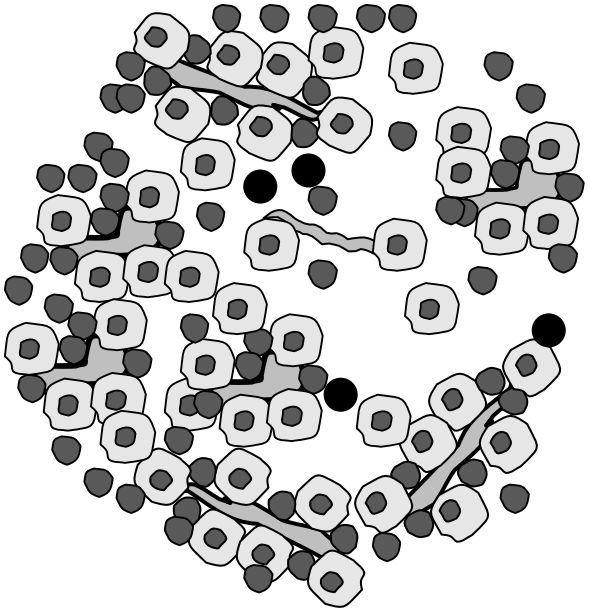


Quais os passos para recuperação da matéria orgânica do solo?

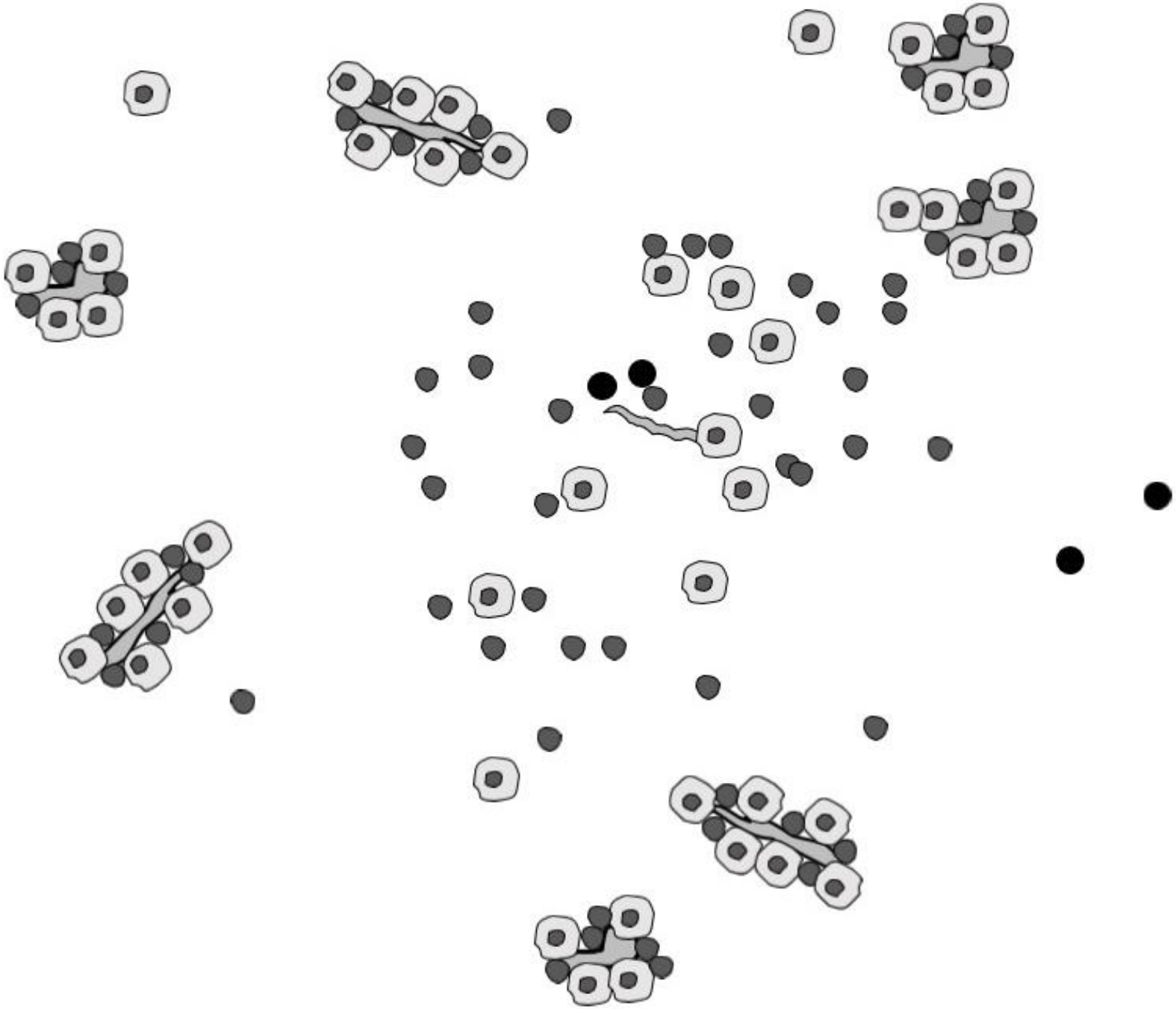
O preparo do solo rompe a estrutura expondo a MO <u>protegida dentro dos agregados</u> ao ataque microbiano



A redução da MOS devido ao consumo pela microbiota provoca a dispersão das partículas de argila, e microagregados



Source: Tivet, F.; Sá, JCM.; Lal, R. et al., **2013**. Soil and Tillage Research, v. 126, 203-218



Em solos tropicais os desafios são:
Recuperar a MOS para aumentar a CTC e a agregação
Fração areia inerte
2005 6 3

Conversão e distribuição do C–resíduos culturais para os compartimentos da MOS e perdas via oxidação pela microbiota

Tx. de conversão:
C-resíduos para C-solo

Sub-tropical = 14 a 26,4%
Tropical = 11 a 20,5%

CO_2

Saída de 0.736 ton

Adição de 1.0 ton de de C via palhada

Ponta Grossa 25° LS

Sinop-MT 0.857 ton 13° SL

CO_2

Prv. Lst - MT 0.841 ton 16° SL

CO_2

Compartimentos da MOS

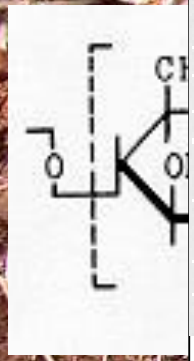
0.044	0.06	0.16
Microbiota	Substancias não húmicas	Substâncias húmicas

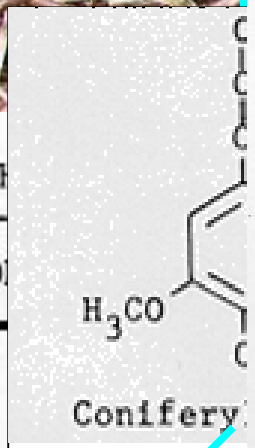
C lábil + estável (0.22 ton)

Fonte: Sá et al. SSSAJ 2001; Sá et al., Edafologia 2006; Tivet et al., 2013, Soil Tillage Research; Sá et al., 2014, Soil and Tillage Research, Sá et al.,2015, Land Degradation and Development

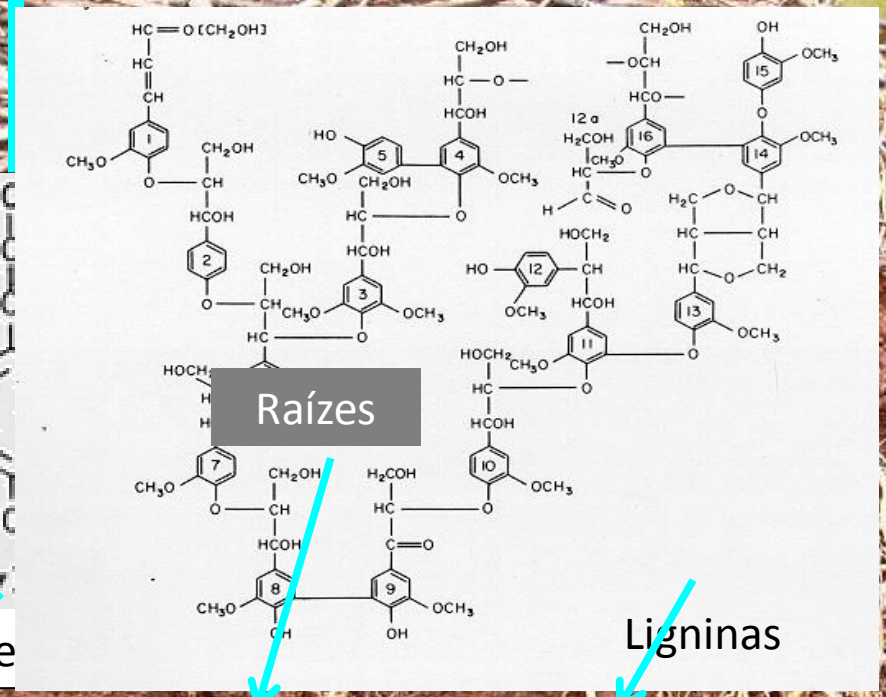
Fluxo de C para as camadas inferiores
Zona de contato
Agrupa as partículas dispersas, microestruturas e microagregados
Formação de macroagregados estáveis: Proteção fisica, quimica e bioquimica do C

Fluxo contínuo de C da palha com a decomposição





(Polife



Raízes

Ligninas

Ocupação do espaço poroso, exsudação de agentes cimentantes e agrupamento de partículas e agregados dispersos

Intensificação da rotação de culturas

O objetivo da intensificação da rotação de culturas é o "**fechamento das janelas**" que ocorrem entre a estação chuvosa e o inverno seco para manter o solo permanentemente coberto usando culturas para cobertura do solo combinadas com culturas comerciais.

Período de Chuvas	Período Seco	Período de Chuvas	Período Seco	Período de Chuvas	Período Seco

S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S

Soja Precoce	Milho Safrinha	Palha Milho	Soja Ciclo medio	Sorgo granífero + crotalaria	Reb. Sorgo	Soja Ciclo medio	Milheto Sobre semeadura
Soja Ciclo médio	Milho Safrinha + Braquiária	Cobert. + Palha Brq.	Soja Ciclo medio	Sorgo granífero + crotalaria	Reb. Sorgo	Soja Ciclo medio	Milho Safrinha + Braquiária
Soja Ciclo medio	Sorgo granífero + Crotalaria	Reb. Sorgo	Soja Ciclo medio	Milho Safrinha	Palha Milho	Soja Precoce	Milho Safrinha + Braquiaria
Soja Ciclo médio	Milheto Sobre-semeadura ou Pousio + MPC	Soja Ciclo precoce	Milho Safrinha + Braquiária	Palha Milho	Soja Precoce	Milho Safrinha + Braquiaria	

Produção média anual de palhada ≡ 12,5 a 14 ton/ha/ano

Produção média anual de palhada ≡ 12,5 a 15 ton/ha/ano

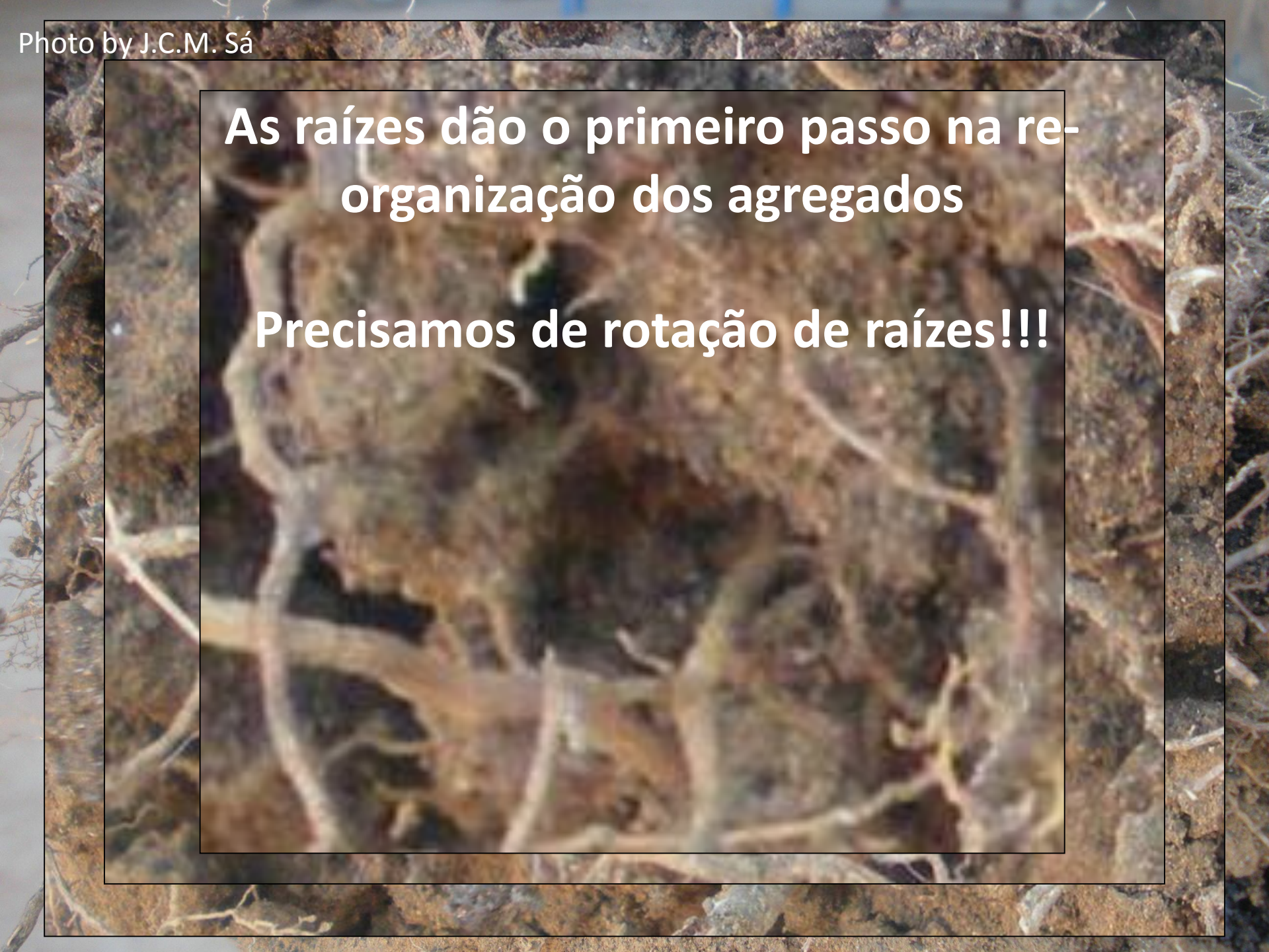
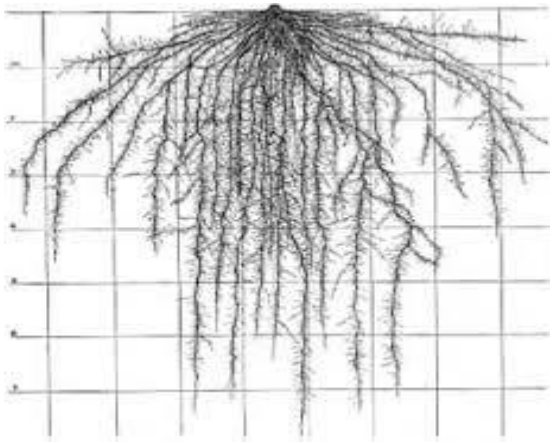
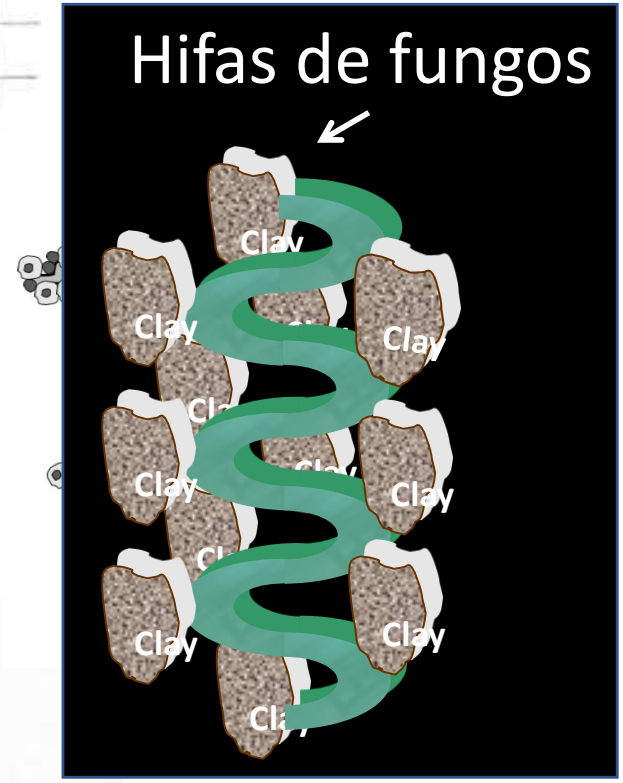
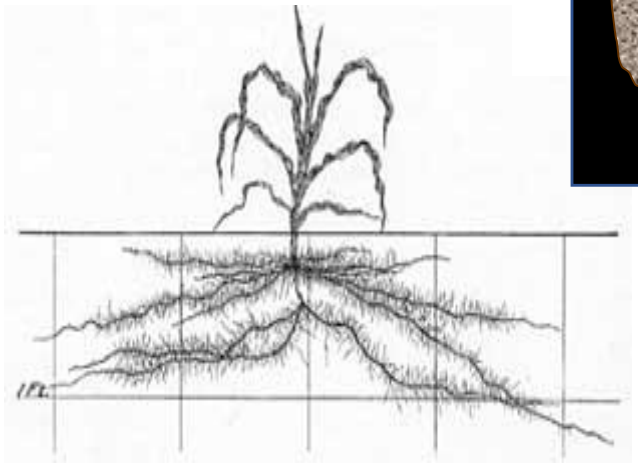


Photo by J.C.M. Sá
As raízes dão o primeiro passo na re-organização dos agregados
Precisamos de rotação de raízes!!!



Precisamos de uma rotação de raízes!





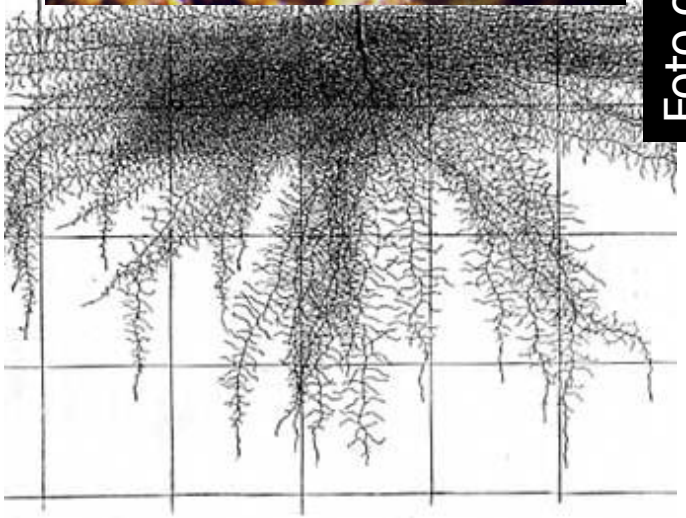
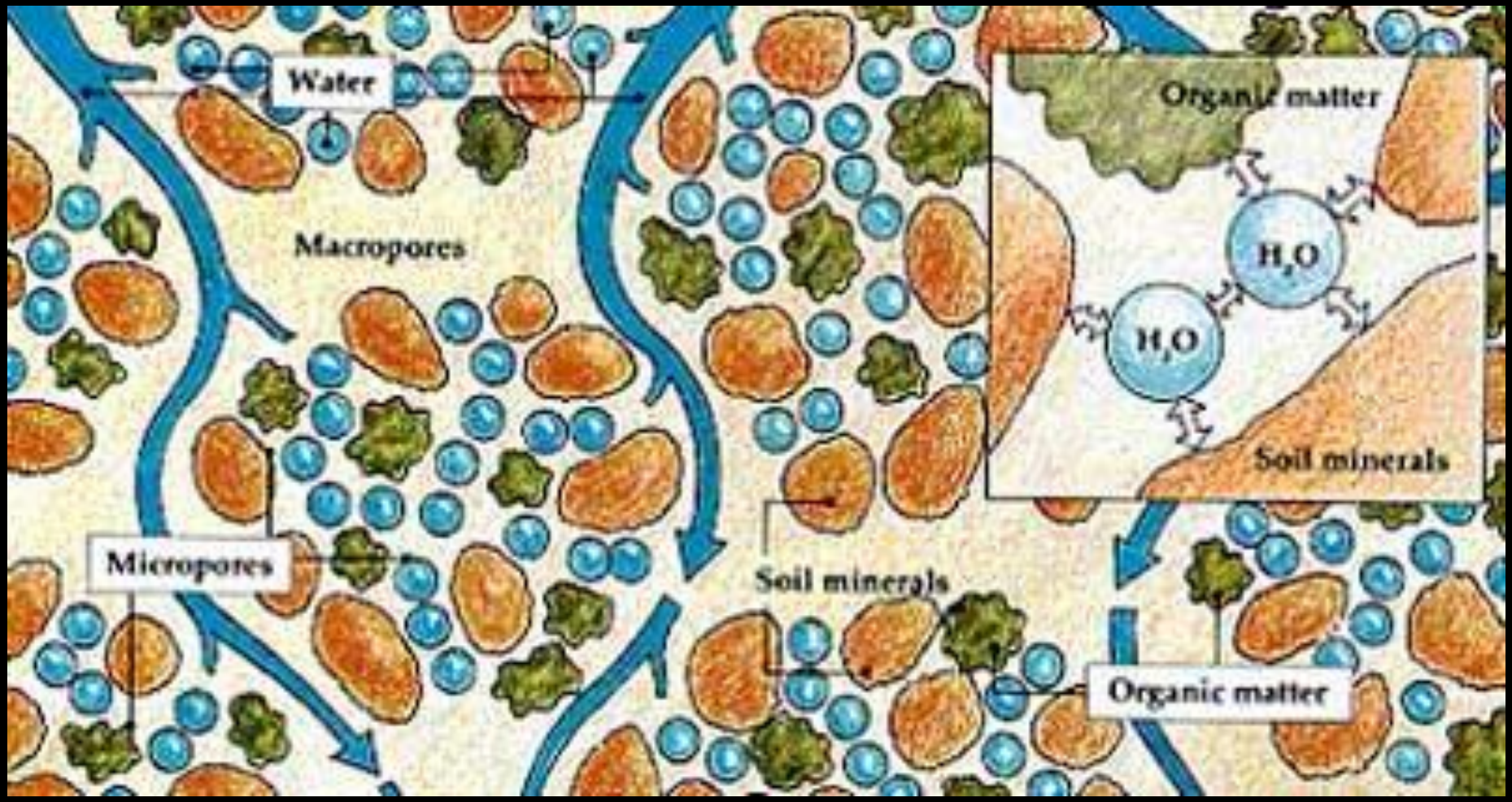


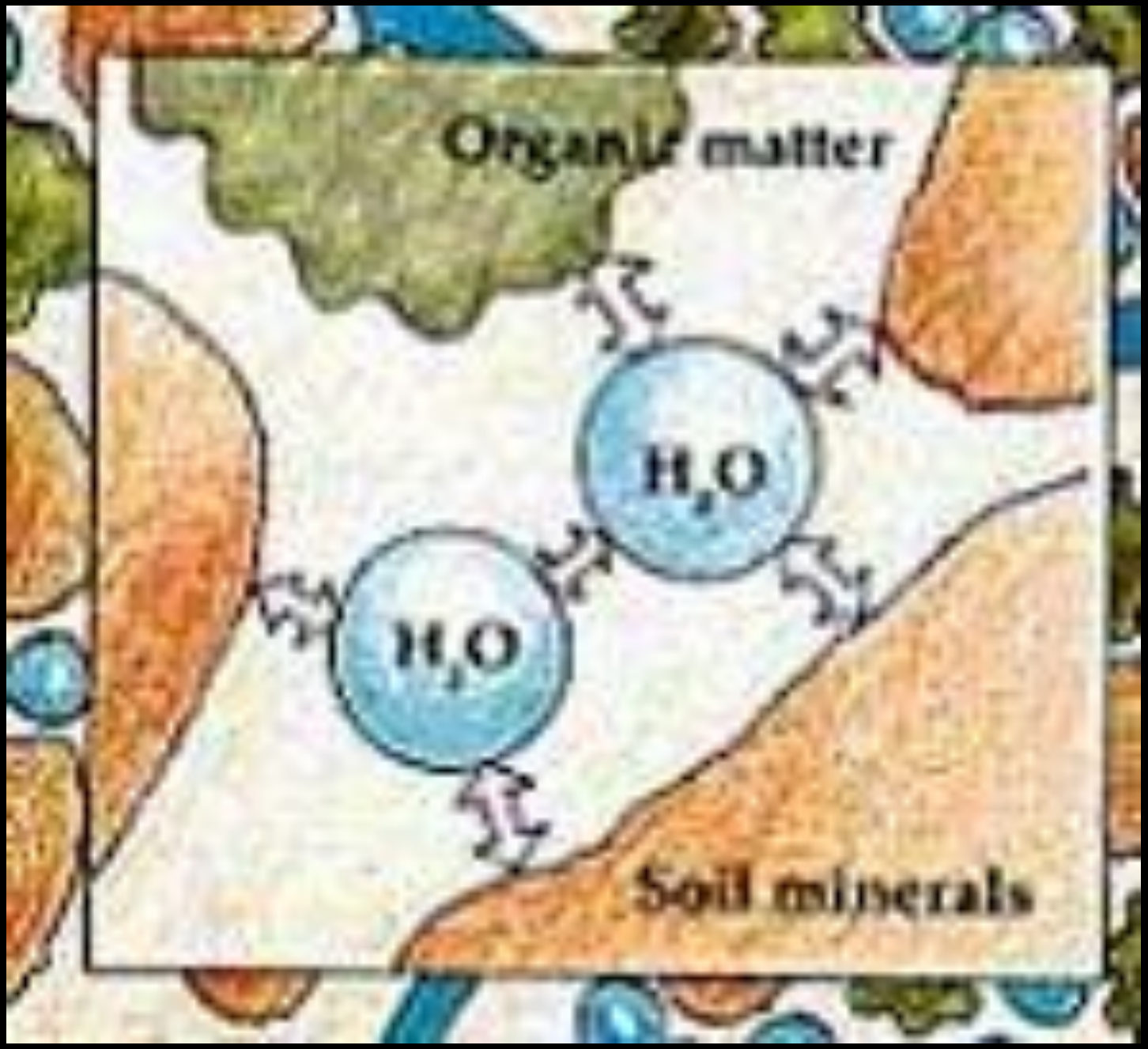
Foto cedida por Mikha and Rice, 2004

A função das raízes na reorganização da nova estrutura



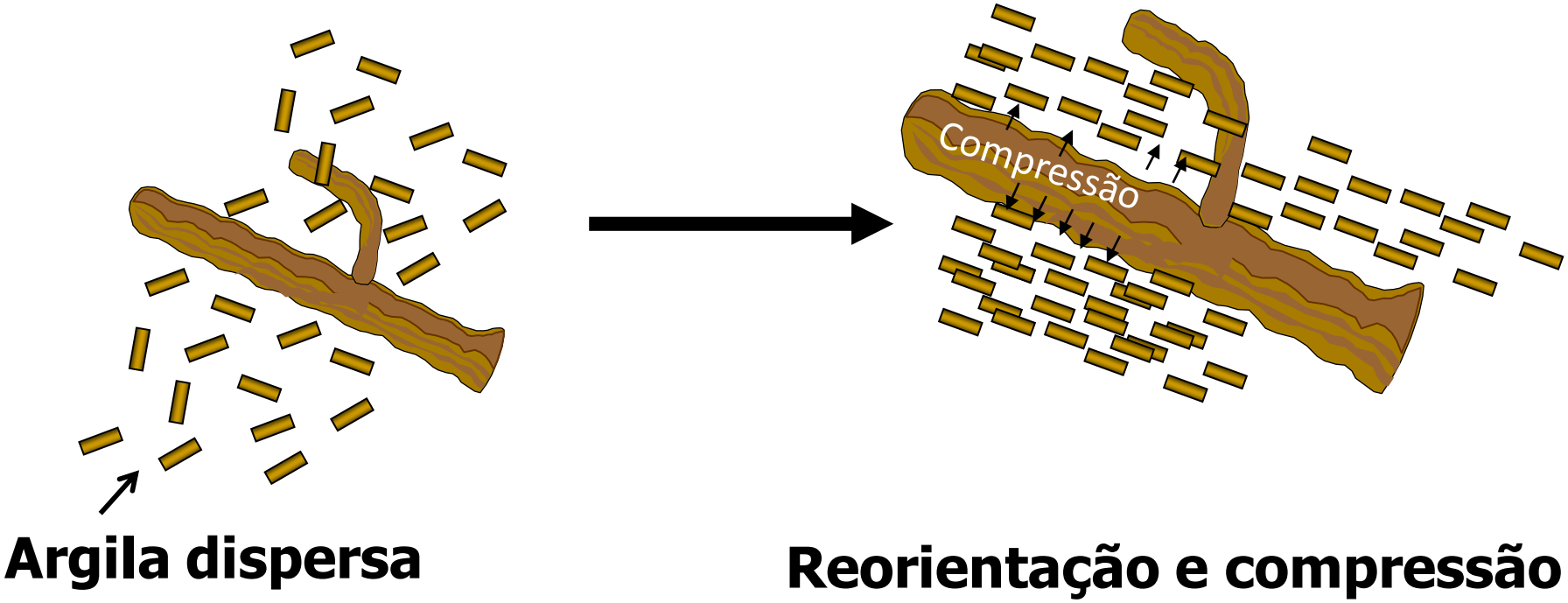
Taxa de rizodeposição de algumas culturas

Espécies	Tipo de Rizodepósito	Taxa de rizodeposição	Referência
Milho	**Glicose**	**8,76 mg g^{-1} raiz dia^{-1}**	Shonwitz & Ziegler, 1982
	Frutose	**0,88 mg g^{-1} raiz dia^{-1}**	Shonwitz & Ziegler, 1982
	Sucrose	**1,30 mg g^{-1} raiz dia^{-1}**	Shonwitz & Ziegler, 1982
	maltose	**2,04 mg g^{-1} raiz dia^{-1}**	Shonwitz & Ziegler, 1982
	amino ácidos	**0,80 μg g^{-1} raiz h^{-1}**	Jones & Darrah, 1993
	Compostos - N	**10-680 μg^{-1} raiz dia^{-1}**	Matsumoto et al., 1979
Trigo	**C solúvel (exsudatos)**	**66-243 mg g^{-1} raiz dia^{-1}**	Prikryl & Vancura, 1980
Legum.	**Exsudatos (amino-Compostos)**	**250 mg g^{-1} raiz (3-4 s)**	Whips & Linch, 1985
Gram./ Past.	**Exsudatos solúveis**	**500 mg g^{-1} raiz (3-4 s)**	Whips & Linch, 1985

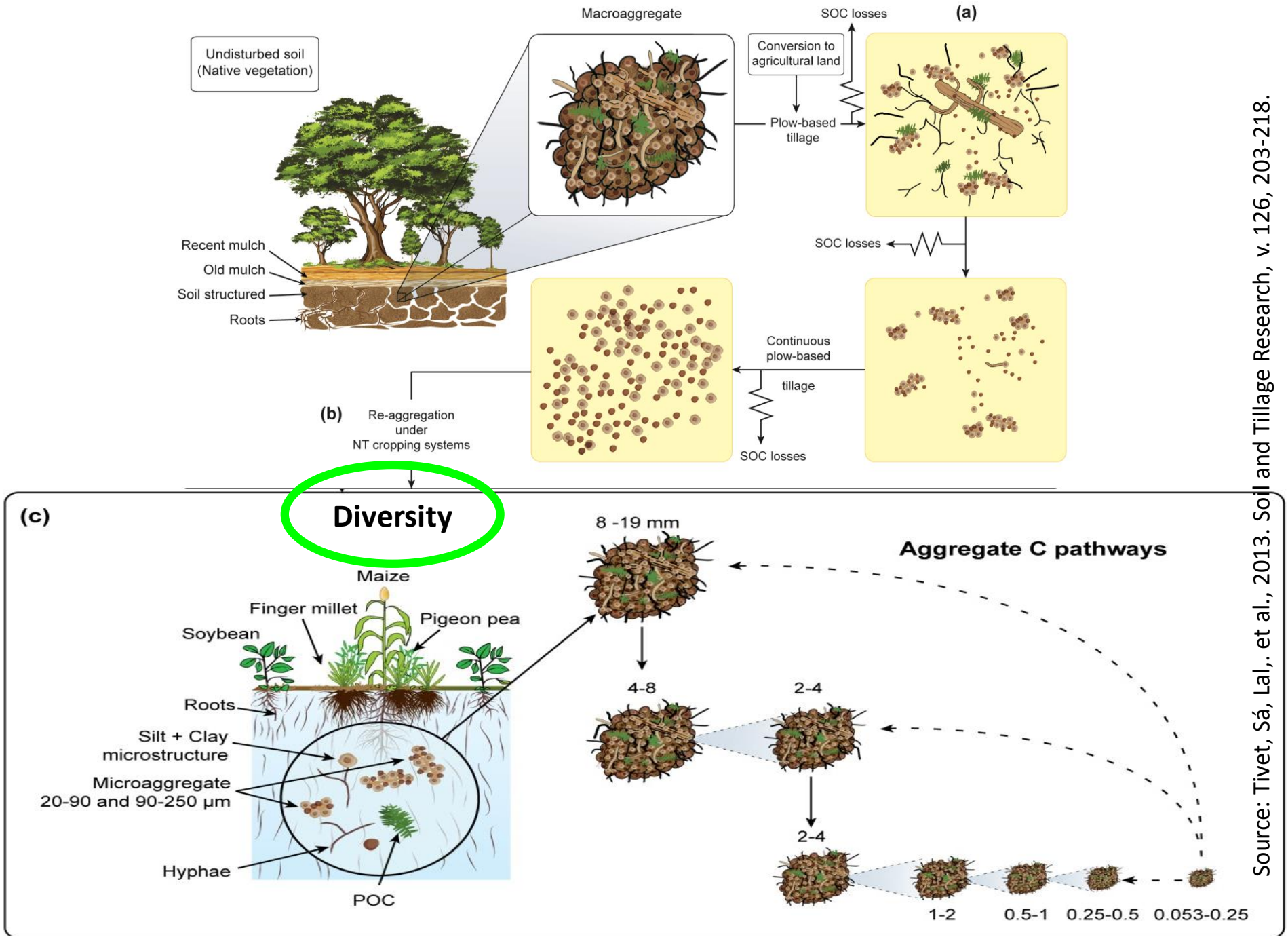

Organic matter
H_2O
H_2O
Soil minerals

Recuperação da agregação

Raízes finas penetram nos poros e causam o secamento ao redor das raizes.



Reorganizam as partículas de argila com a compressão e estabilizam com os polissacarideos excretados pelos microrganismos e as raízes.

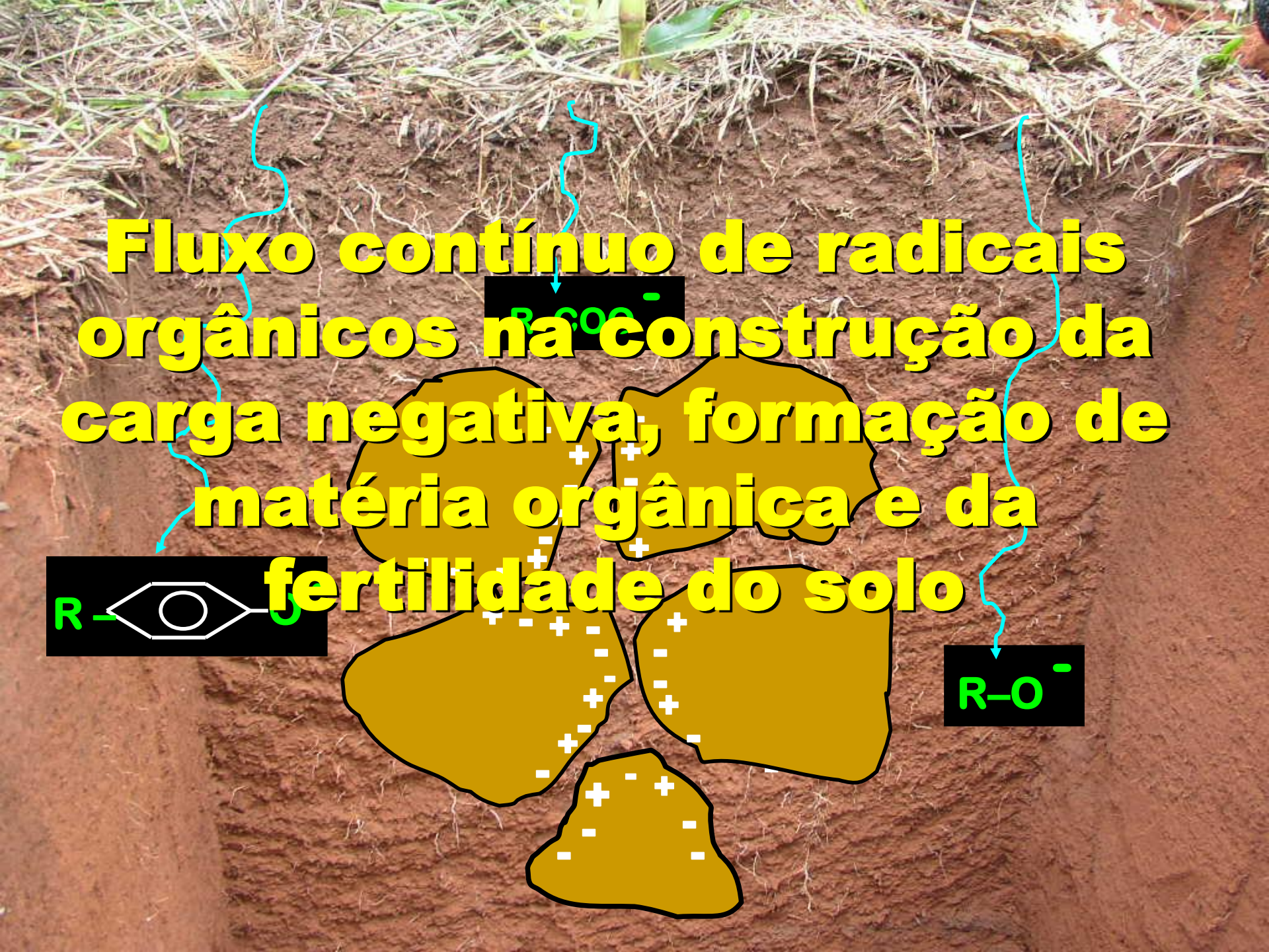


Source: Tivet, Sá, Lal,. et al., 2013. Soil and Tillage Research, v. 126, 203-218.

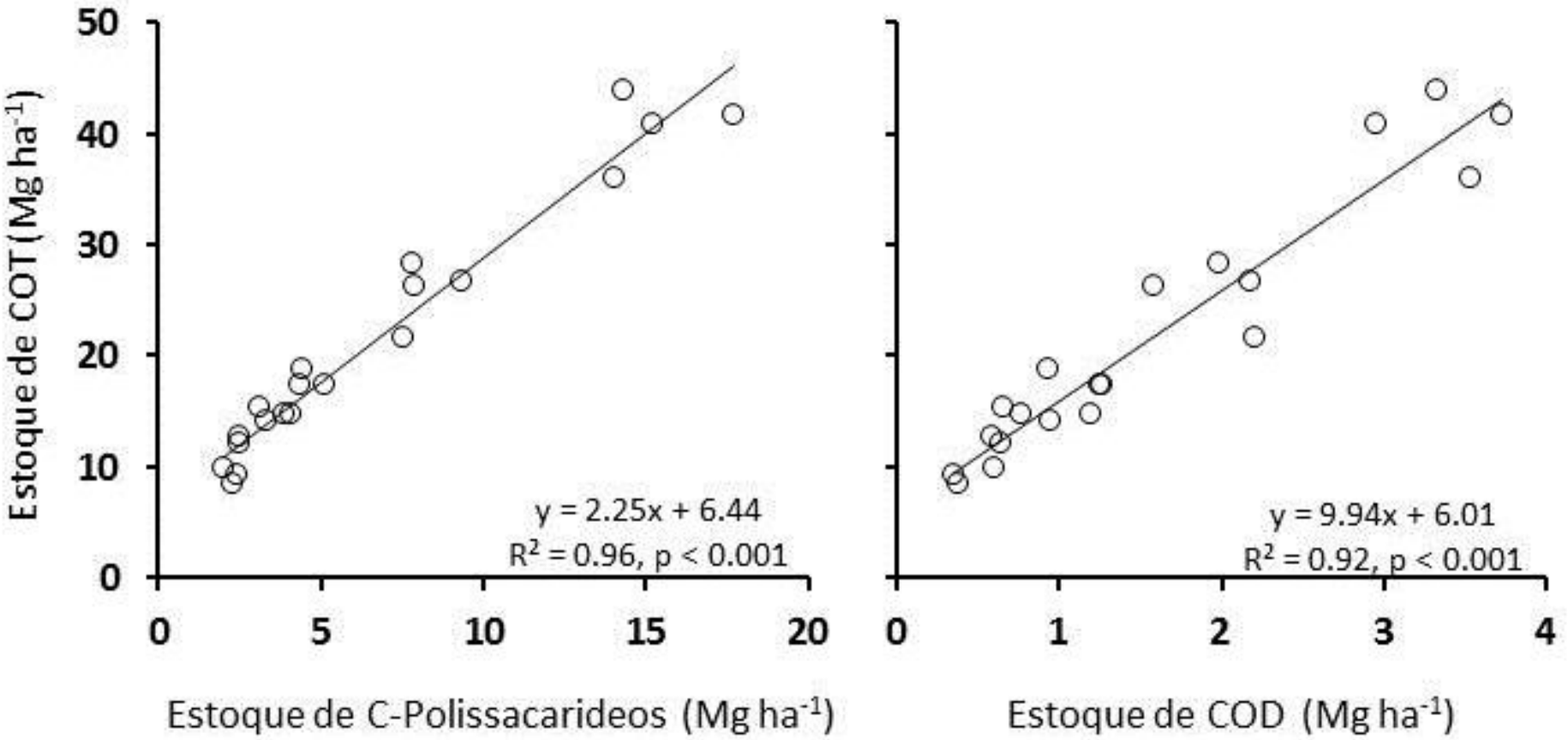
Eleusine coracana **– Argila = 480 g kg^{-1} Foto cedida por: Lucien Séguy**

Azevém **– Argila = 140 g kg^{-1}**
Foto: JCM Sá

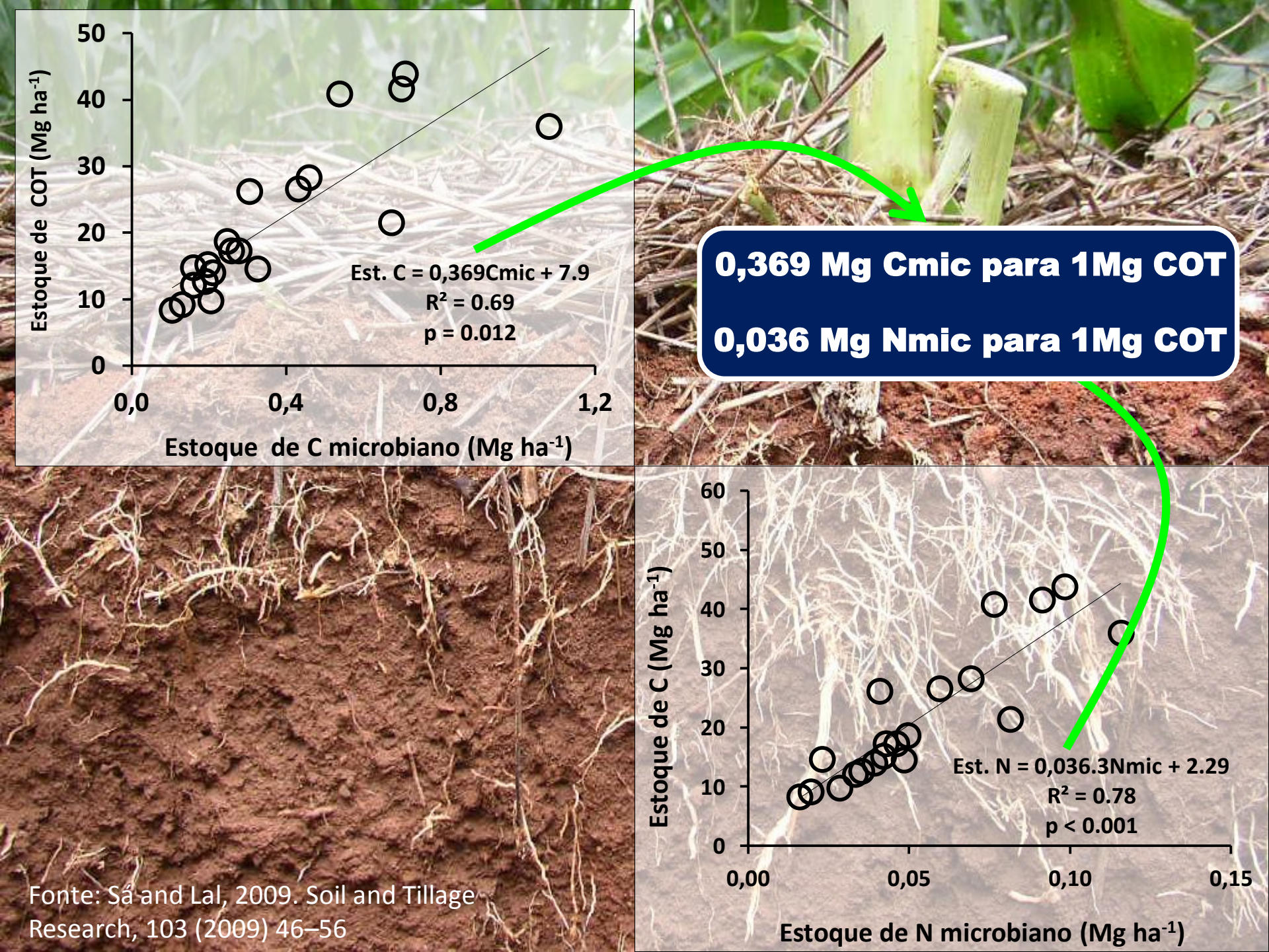
Fluxo contínuo de radicais orgânicos na construção da carga negativa, formação de matéria orgânica e da fertilidade do solo



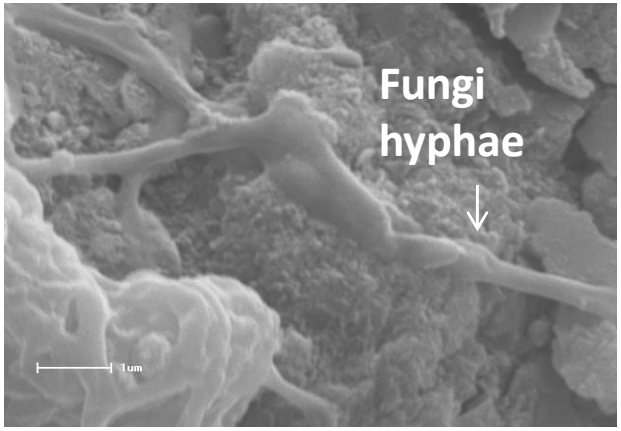
Liberação de compostos lábeis ao sistema para estimular a revitalização da microbiota do solo

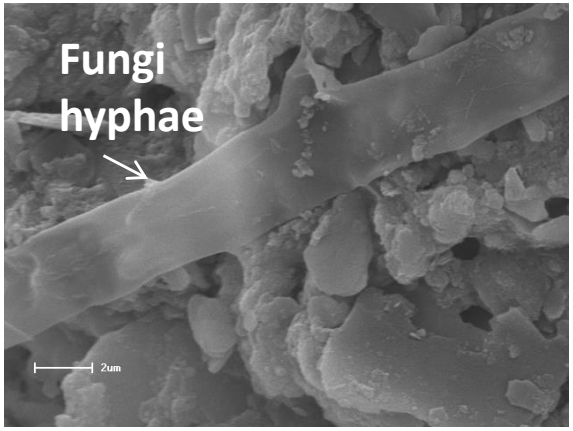


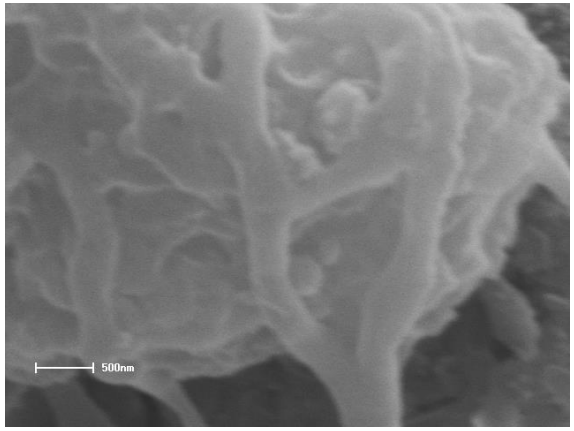
Fonte: Sá and Lal, 2009. Soil and Tillage Research, 103 (2009) 46–56



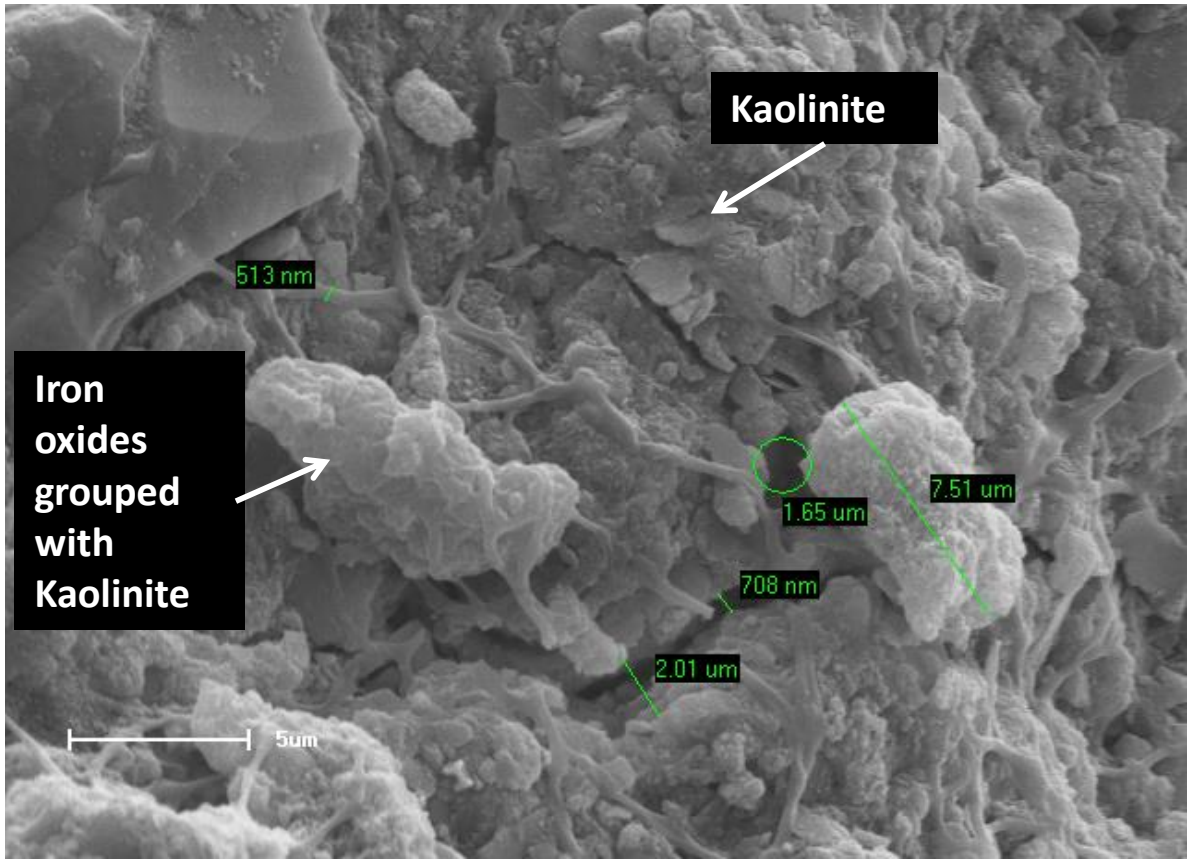
Fonte: Sá and Lal, 2009. Soil and Tillage Research, 103 (2009) 46–56



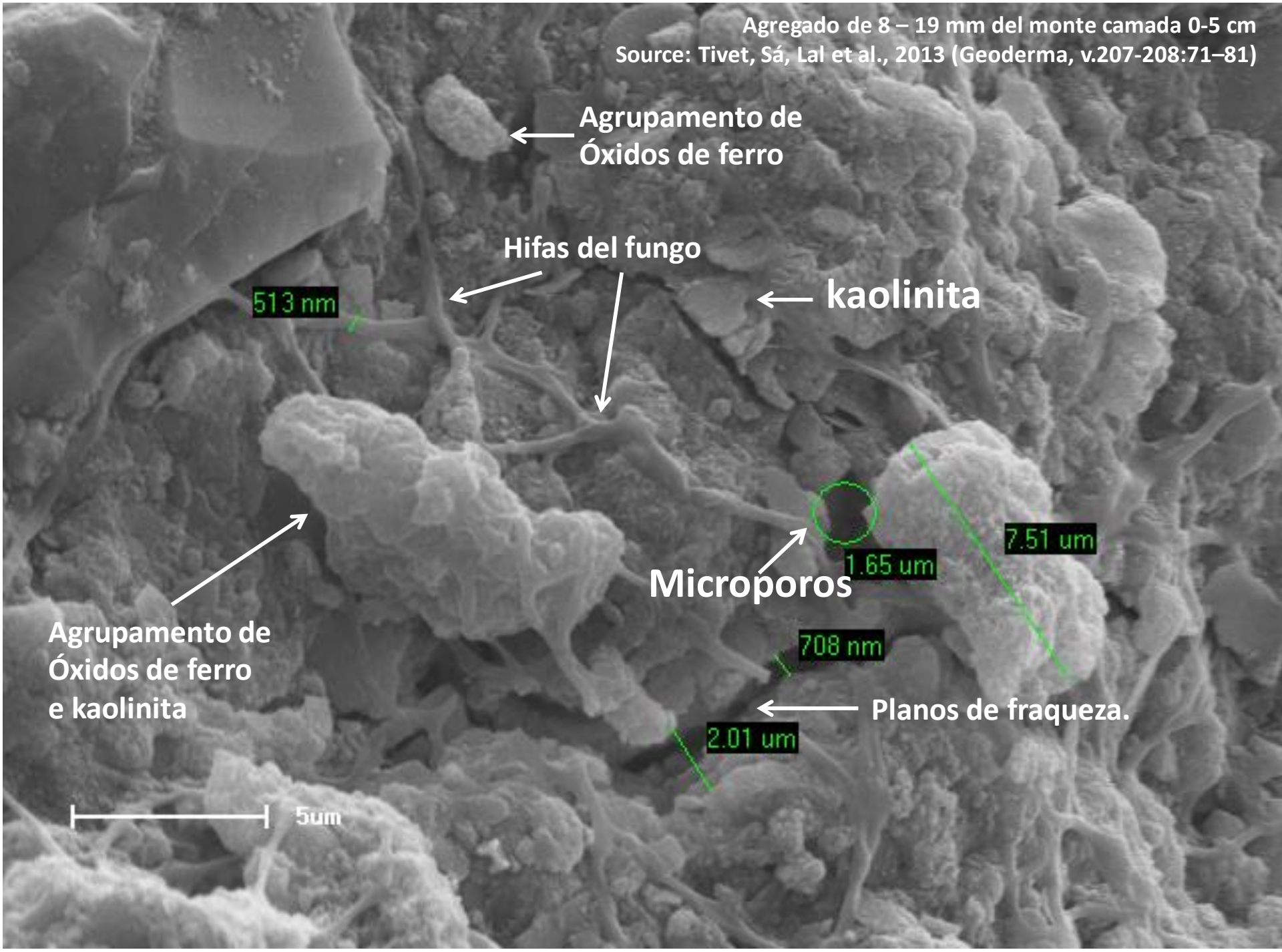




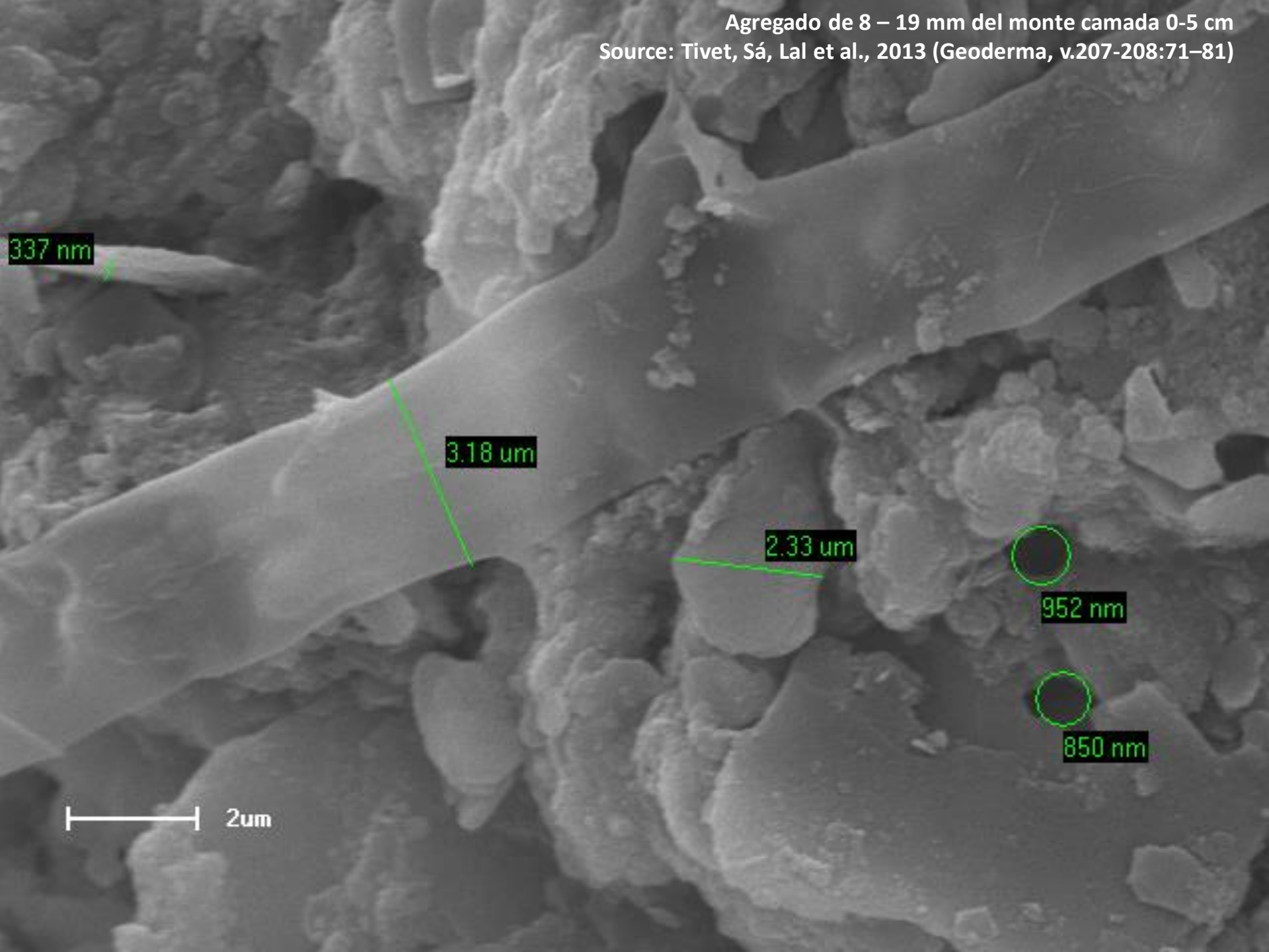
The microbial community, specially fungi, enhance and embrace dispersed particles creating the small microaggregates to build macroaggregates



Source: Tivet, Sá, Lal et al., 2013. Geoderma, v.207-208:71–81


Agregado de 8 – 19 mm del monte camada 0-5 cm
Source: Tivet, Sá, Lal et al., 2013 (Geoderma, v.207-208:71–81)
Agrupamento de Óxidos de ferro
Hifas del fungo
kaolinita
513 nm
7.51 um
1.65 um
Microporos
Agrupamento de Óxidos de ferro e kaolinita
708 nm
Planos de fraqueza.
2.01 um
5um

Agregado de 8 – 19 mm del monte camada 0-5 cm
Source: Tivet, Sá, Lal et al., 2013 (Geoderma, v.207-208:71–81)

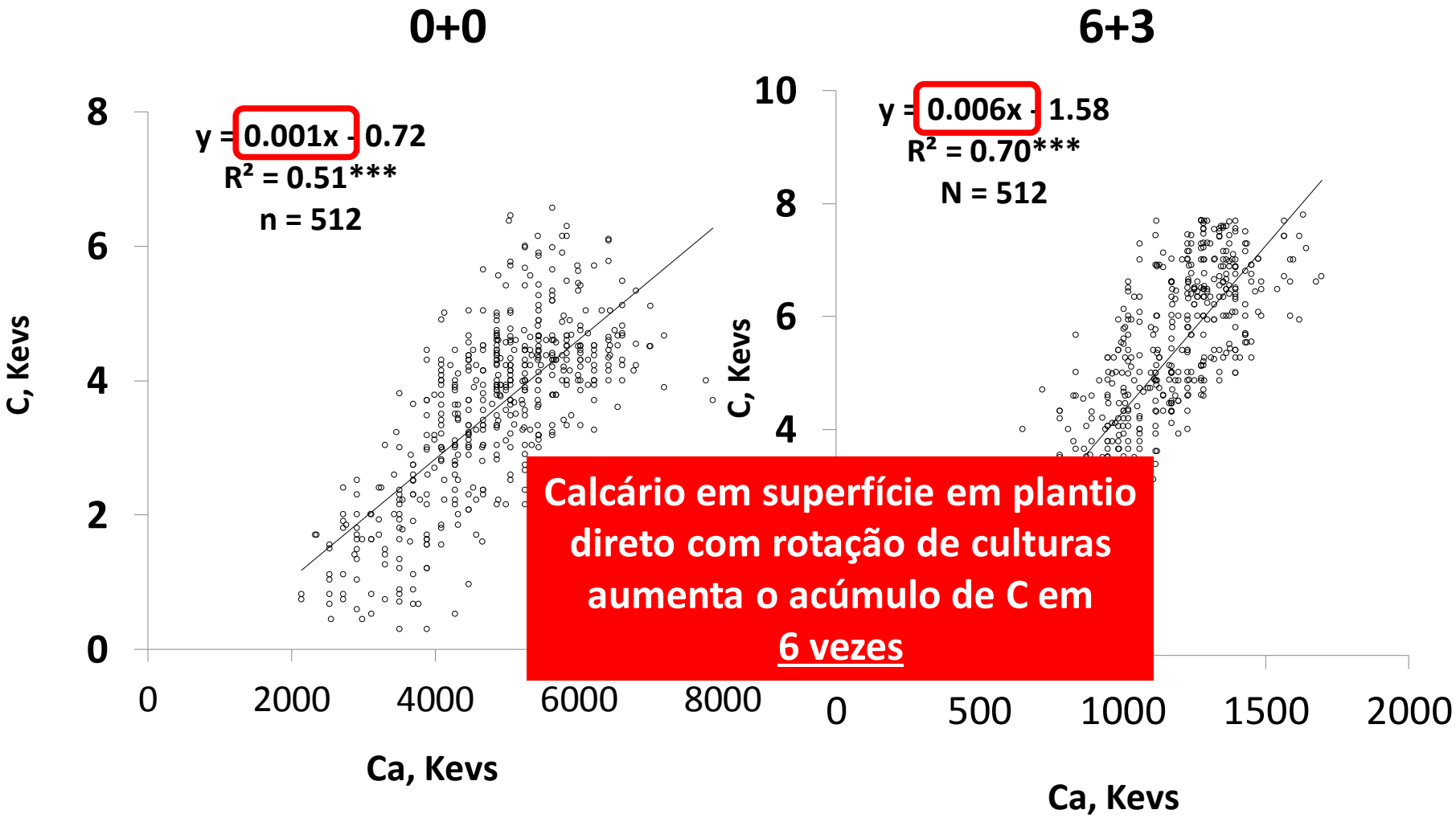


Além da cobertura do solo o que podemos fazer para melhorar ainda mais a retenção de C no solo?

Correlação	Doses de Calcário (Mg ha^{-1})				
	0+0	6+0	0+3	6+3	Média
Ca x C	0,72	0,89	0,92	0,94	0,87
Mg x C	0,74	0,92	0,95	0,68	0,82
K x C	0,61	0,75	0,91	0,52	0,70
Fe x C	-0,04	0,37	-0,47	0,16	0,00
Al x C	-0,12	0,76	0,92	0,15	0,43

Briedis, Sá, Caires, et al., 2012. Geoderma, v.170:80-88

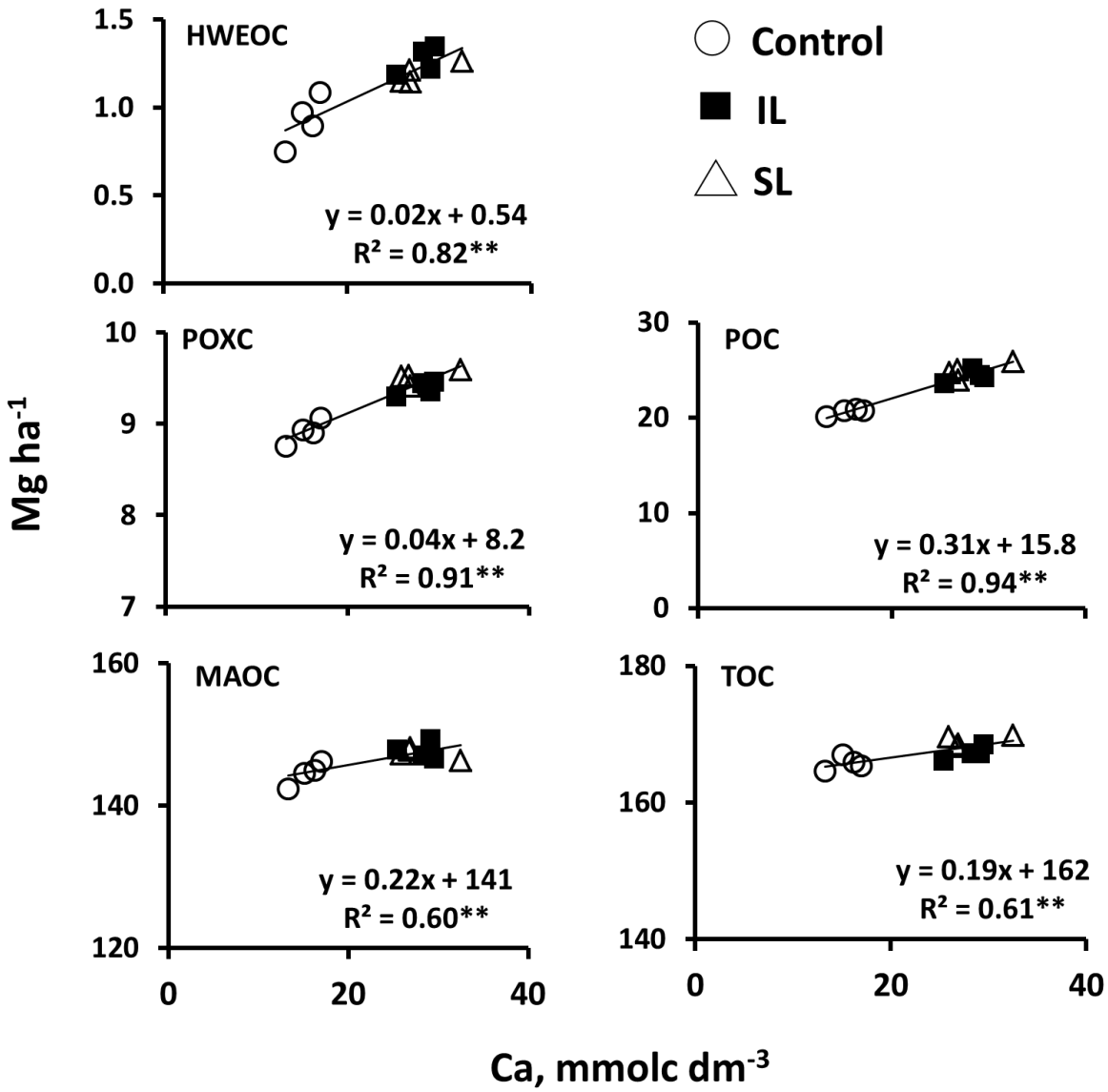
Ca acting as cation bridge in an Oxisol with surface liming application in a long-term no-till lime experiment



Calcário em superfície em plantio direto com rotação de culturas aumenta o acúmulo de C em <u>6 vezes</u>

Briedis, Sá, Caires, et al., 2012. Geoderma, v.170:80-88

Contribuição do Ca^{2+} no aumento dos compartimentos de C em plantio direto

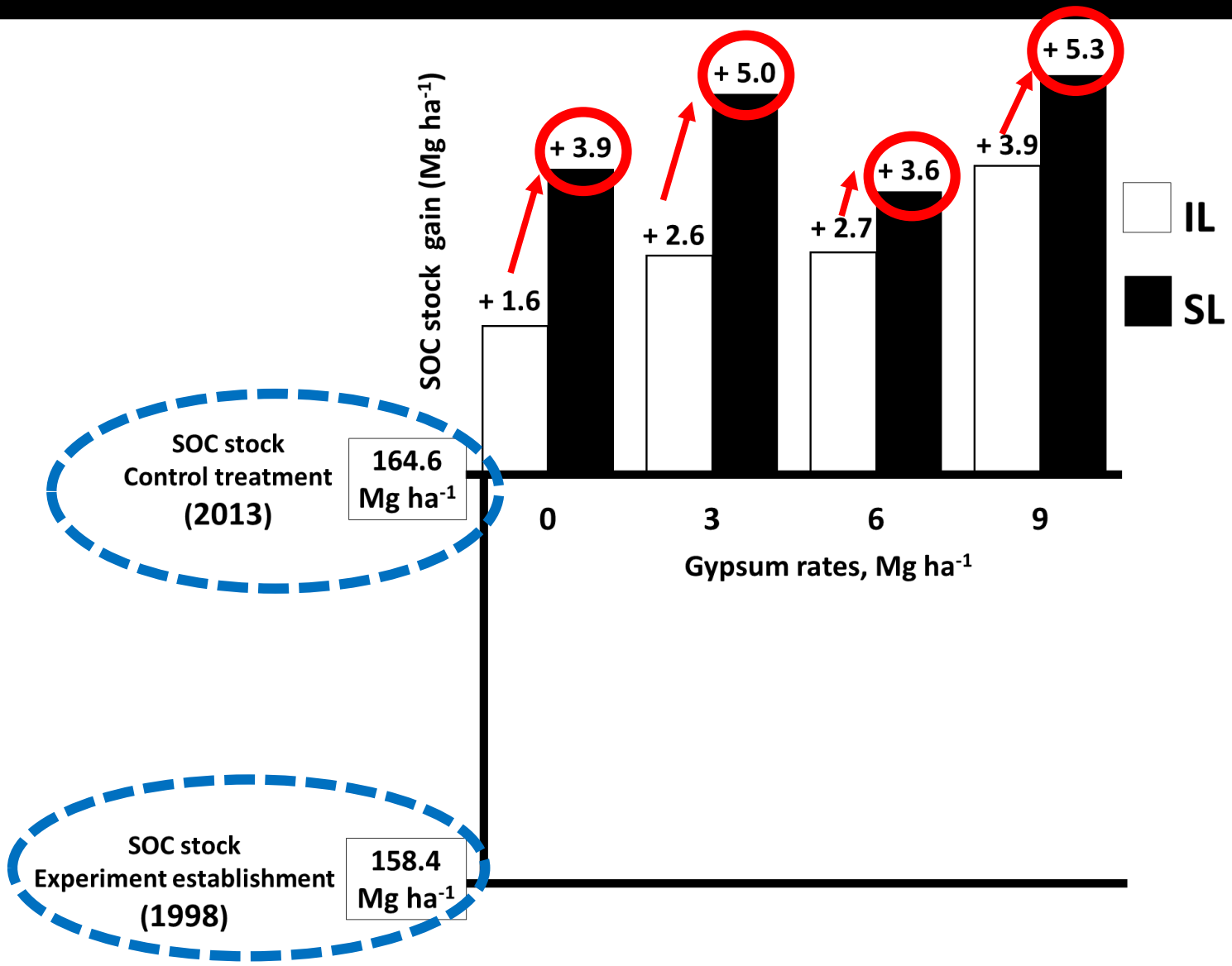


Calagem

Gessagem

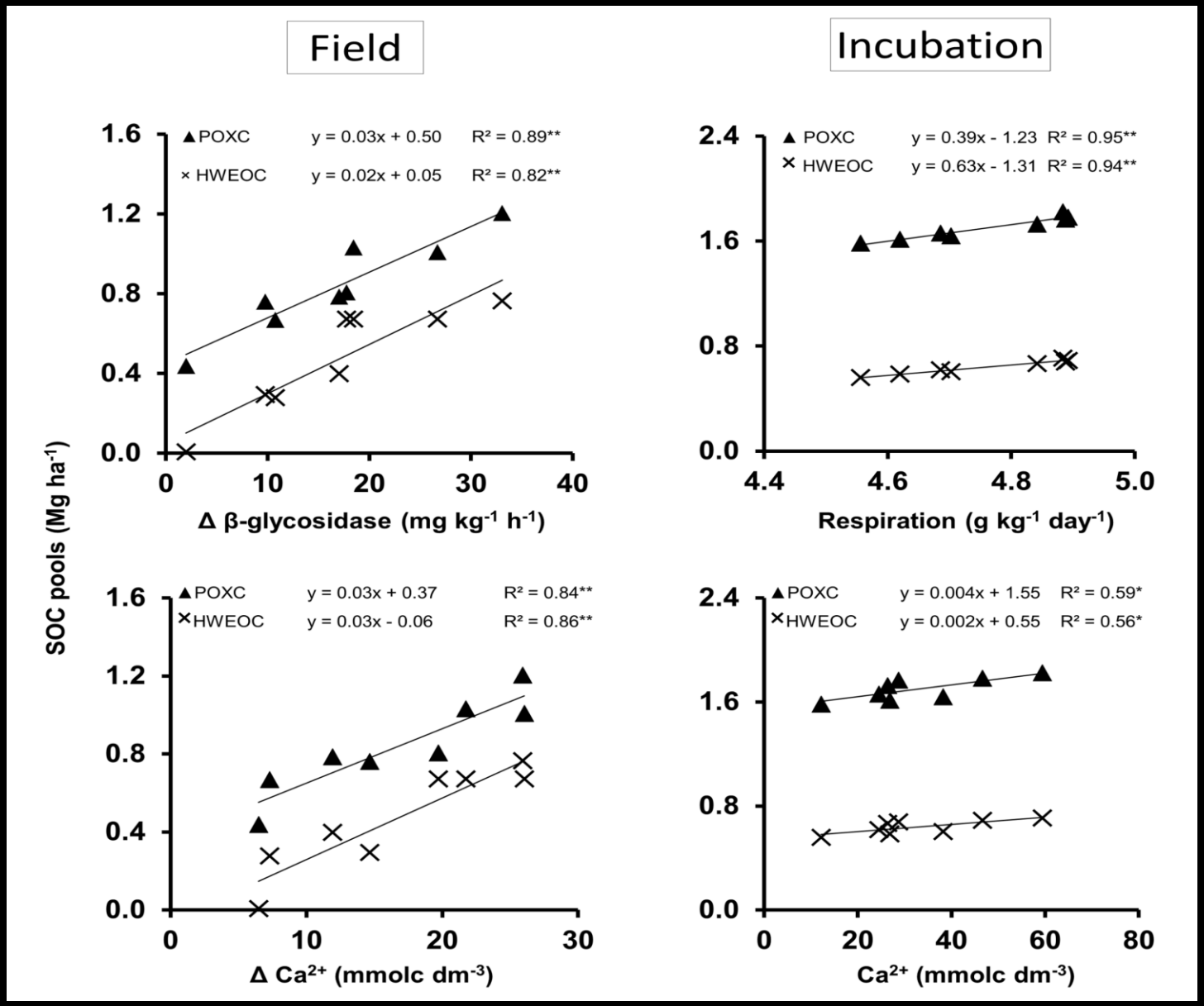
Fonte: Inagaki, Sá et al., Agric. Ecos. Envir., 2016

Ganho de C devido ao uso do calcário Incorporado (IL) e em superfície (SL) em resposta a doses de gesso em plantio direto de longa duração (15 anos).



Fonte: Inagaki, Sá, Caires, et al., 2016. Agric. Ecos. Environment, 231:156-165

Relações entre o Ca e os compartimentos lábeis do C e a atividade biológica do solo



Fonte: Inagaki, Sá et al., 2017. Science of the Total Environment, 600:523–532

Carbon balance in the labile fraction of soil organic matter (> 53µm) for 0-10 cm layer affected by crop sequence during one year assessment

Crop sequence	Dry biomass Input	C Input	C Decomposed	C Humified	C Lost	Δ SOC Sequestered [b]
	---------- Mg ha^{-1}	----------		---------- %	----------	Mg ha^{-1}
M/Bo-B	8.96	3.66	1.93	47.3	52.7	0.91
M/Vh-B	7.27	2.93	2.12	41.1	58.9	0.87
M/Rd-B	9.48	3.70	2.66	10.3	89.7	0.27
S/Bo-M	15.13	6.41	2.35	28.0	72.1	0.66
S/Vh-M	12.15	5.06	2.61	30.2	69.9	0.79
S/Rd-M	13.85	5.66	2.60	30.5	69.5	0.79
B/Bo-S	10.69	4.34	1.80	33.8	66.2	0.61
B/Vh-S	10.51	4.23	2.20	33.7	66.3	0.74
B/Rd-S	10.48	4.21	2.31	27.5	72.5	0.63
Average	**10.95**	**4.47**	**2.29**	**31.3**	**68.7**	**0.70**

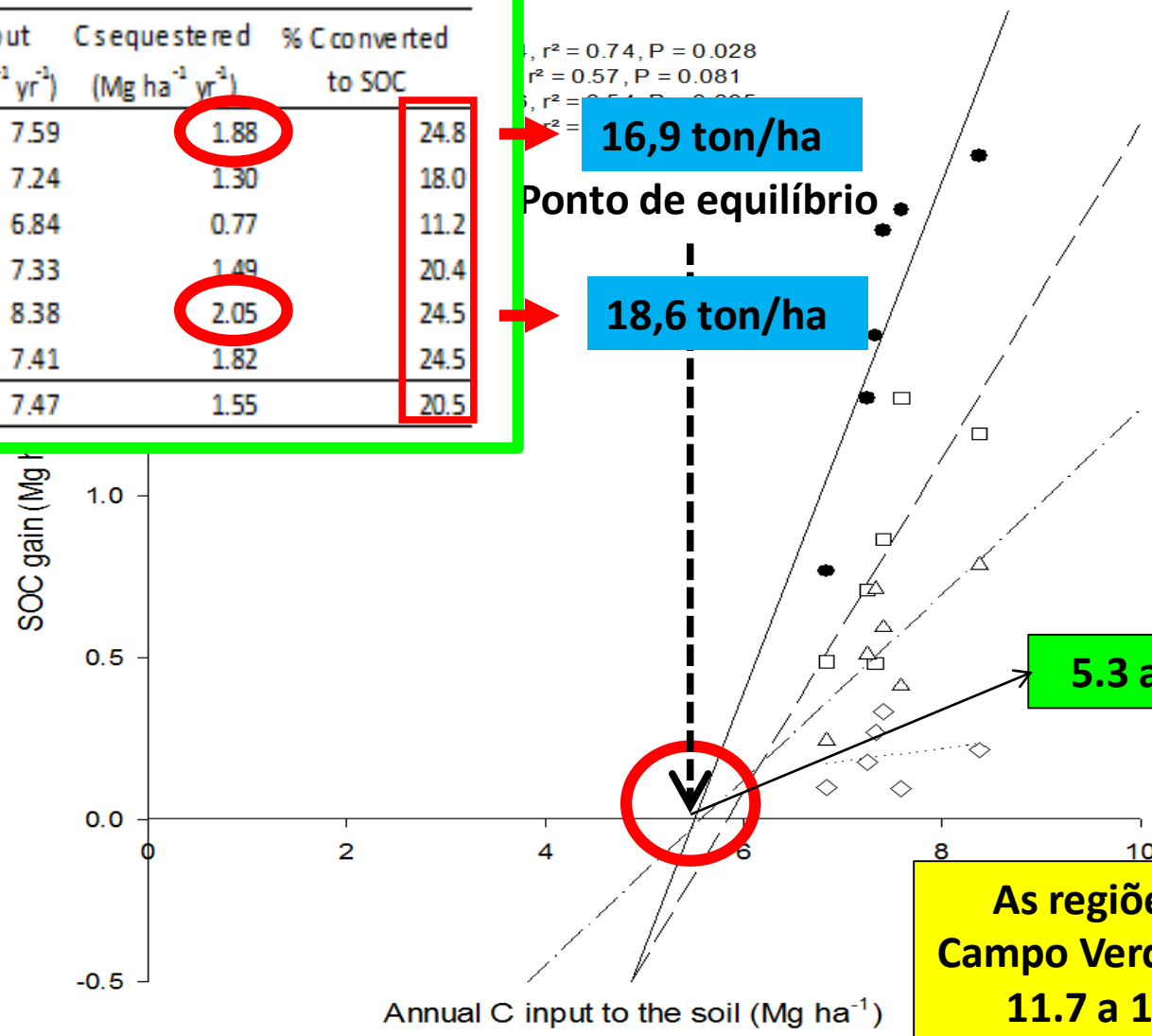
Canalli, Sá et al., 2017, Field Crops Research (Under review)

Zona ativa de decomposição
Zona ativa de agregação
Formação de zona de agregação em camadas

Quantidade mínima de palhada para tornar o balanço de C no solo positivo

Lucas do Rio verde, Sinop e Campo Verde - MT

NT systems	C input ($Mg\ ha^{-1}\ yr^{-1}$)	C sequestered ($Mg\ ha^{-1}\ yr^{-1}$)	% C converted to SOC
NT1	7.59	1.88	24.8
NT2	7.24	1.30	18.0
NT3	6.84	0.77	11.2
NT4	7.33	1.49	20.4
NT5	8.38	2.05	24.5
NT6	7.41	1.82	24.5
Mean	7.47	1.55	20.5



16,9 ton/ha

Ponto de equilíbrio

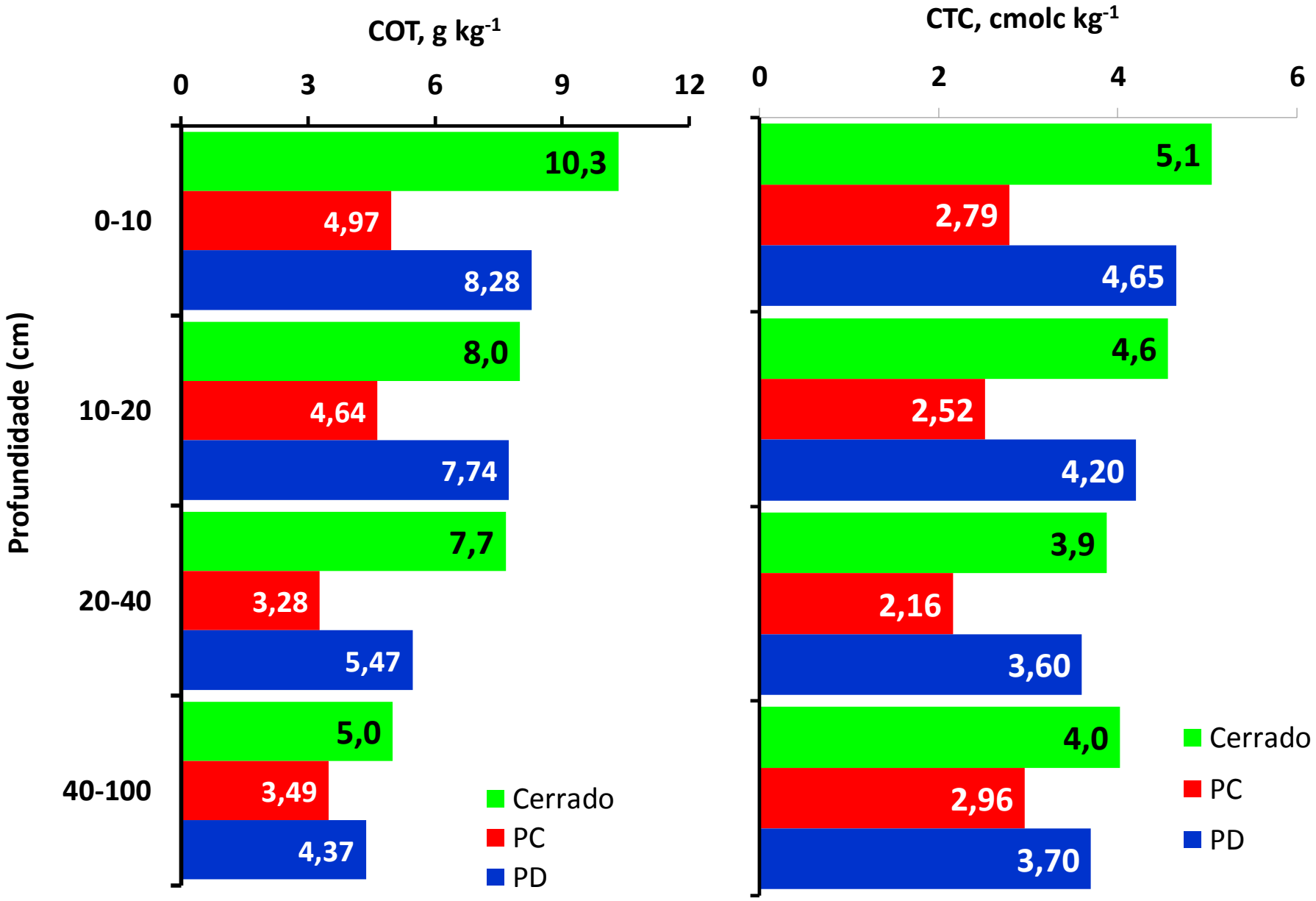
18,6 ton/ha

5.3 a 6 ton de C / ha

As regiões LRV, Sinop e Campo Verde, necessitam de 11.7 a 13.3 ton/ha de palhada para manter o equilíbrio

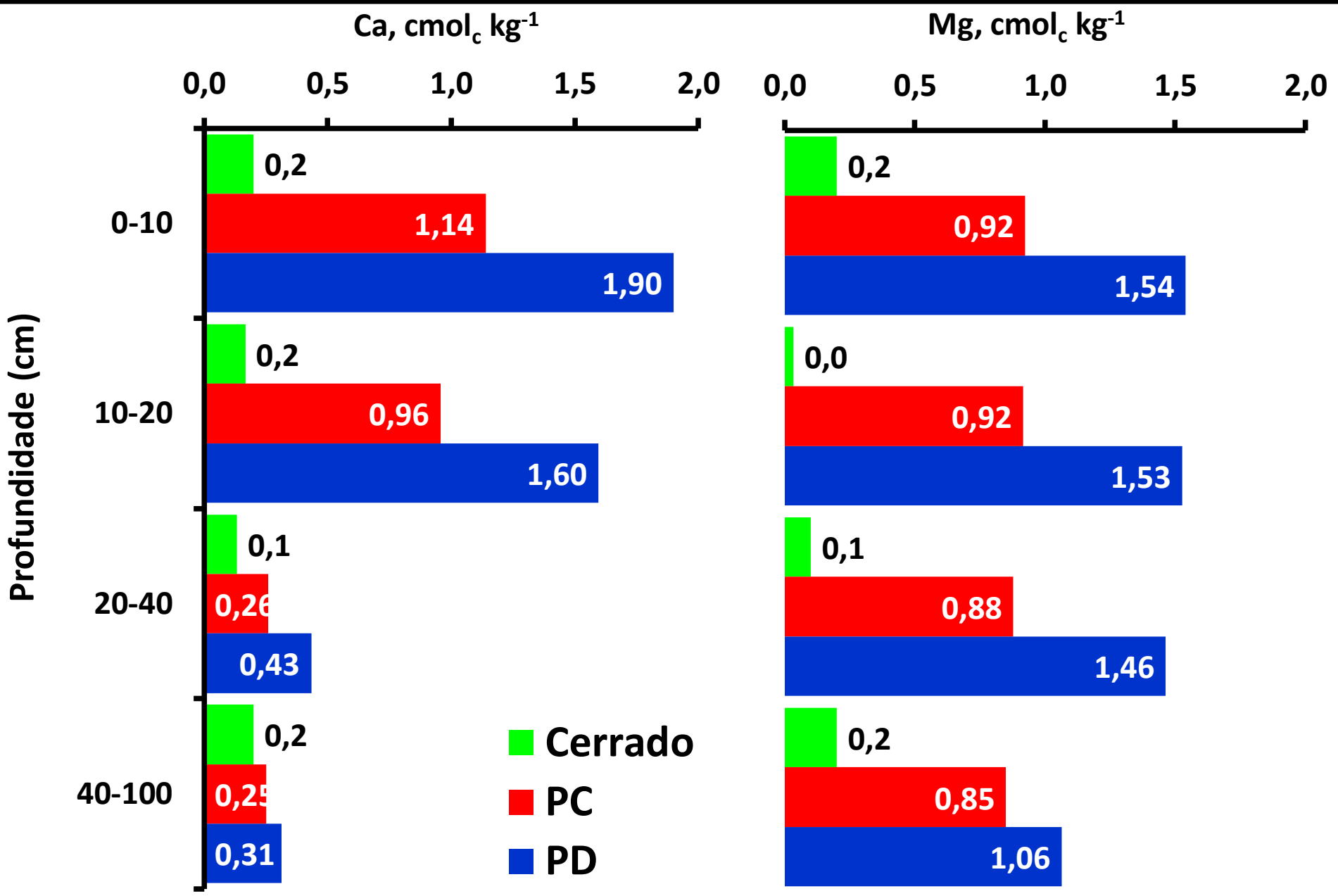
Fonte: Sá et al., 2015. Land Degradation and Development, 26:531-643

Conteúdo de C e CTC – Neossolo quartzarenico – LEM, BA



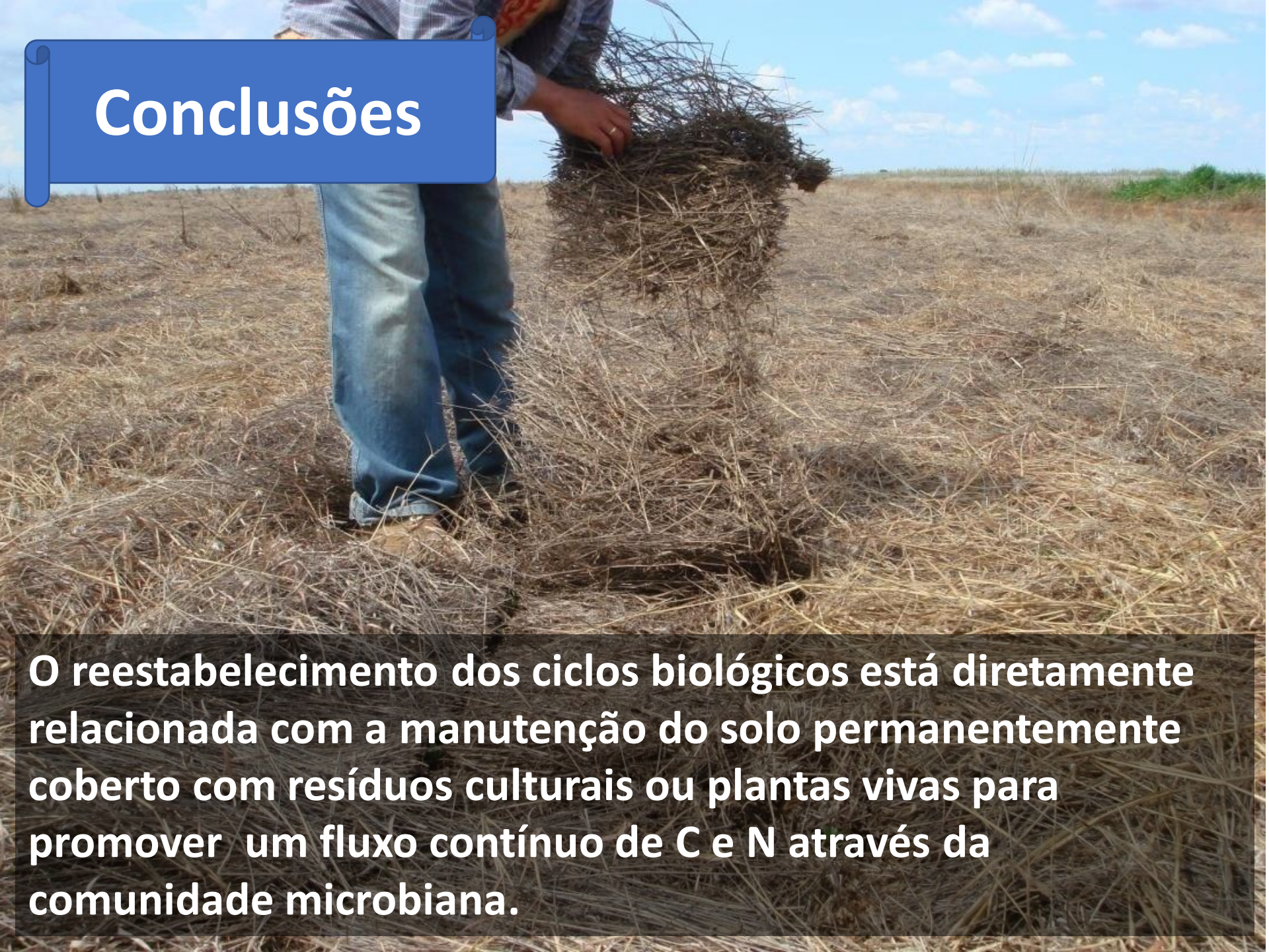
Sá et al., 2017 (em preparação)

Conteúdo de Ca e Mg – Neossolo quartzarenico – LEM, BA



Conclusões

A manejo do solo está associado a capacidade de reestabelecer uma nova estrutura que permita a redistribuição do C e N nos diversos reservatórios promovendo a ativação dos ciclos biológicos que atuarão como componente chave na estabilidade dos sistemas de produção.



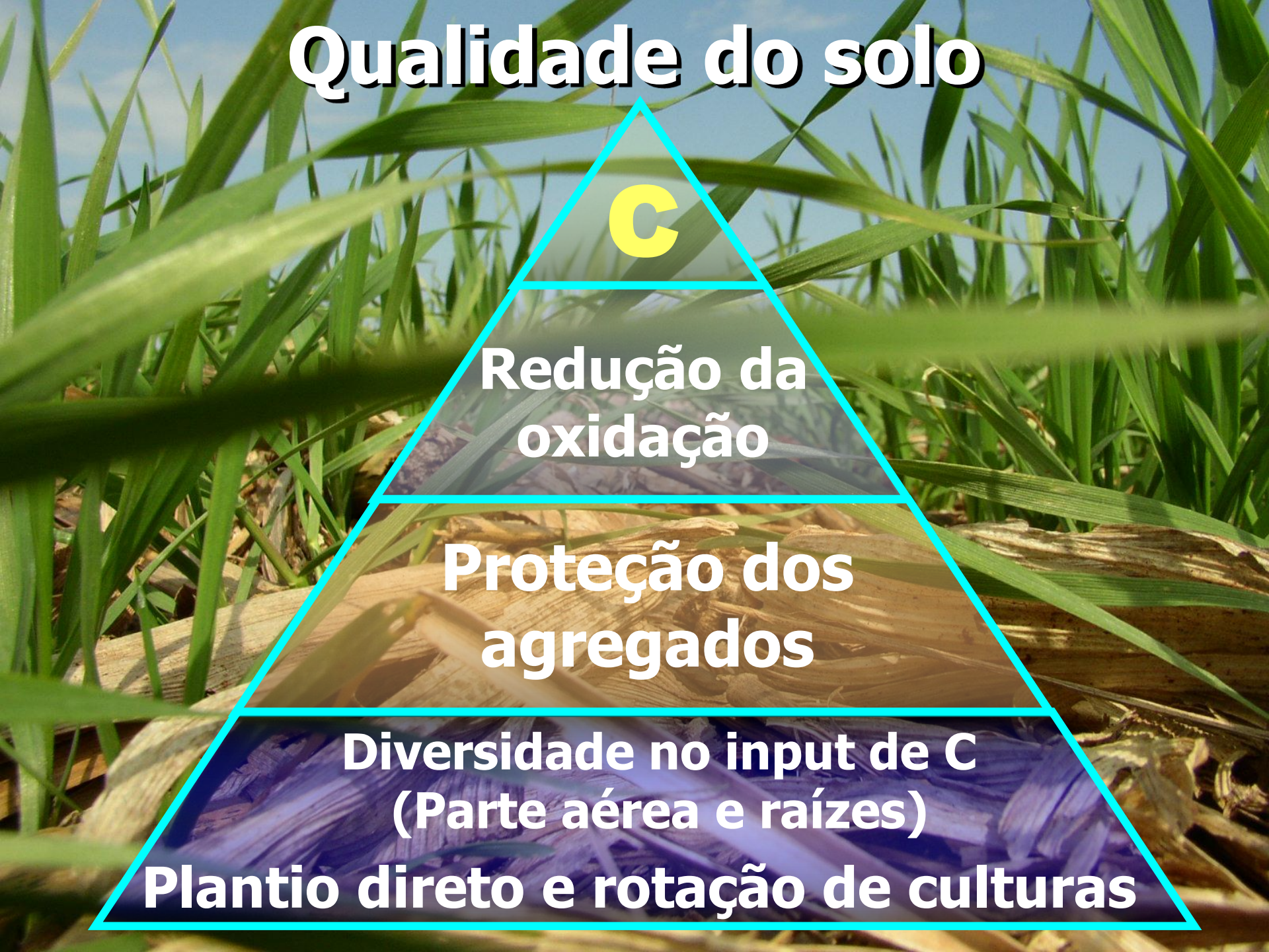
Conclusões

O reestabelecimento dos ciclos biológicos está diretamente relacionada com a manutenção do solo permanentemente coberto com resíduos culturais ou plantas vivas para promover um fluxo contínuo de C e N através da comunidade microbiana.

Conclusões

O ponto chave do sucesso dos sistemas conservacionistas de produção está no manejo da matéria orgânica do solo.

Qualidade do solo



Equipe do LABMOS