Calagem e gessagem do solo como fundamento para BPUFs

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva
Departamento de Solos - UFSM
Programa de Pós-Graduação Ciência do Solo - UFSM

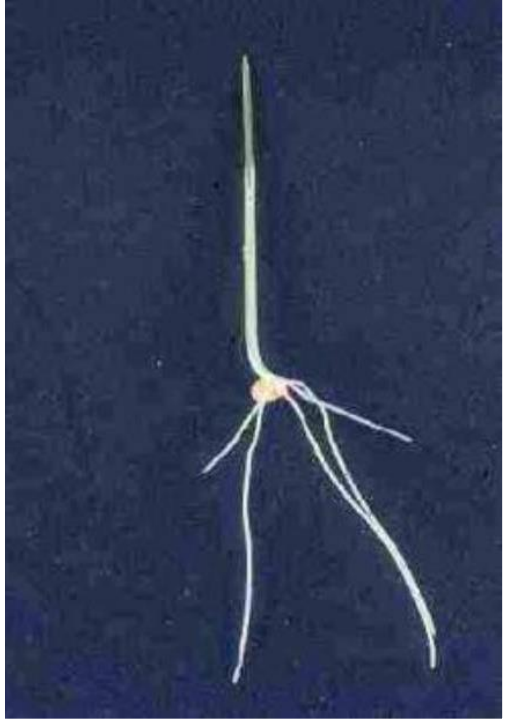
INTERNACIONAL 2013

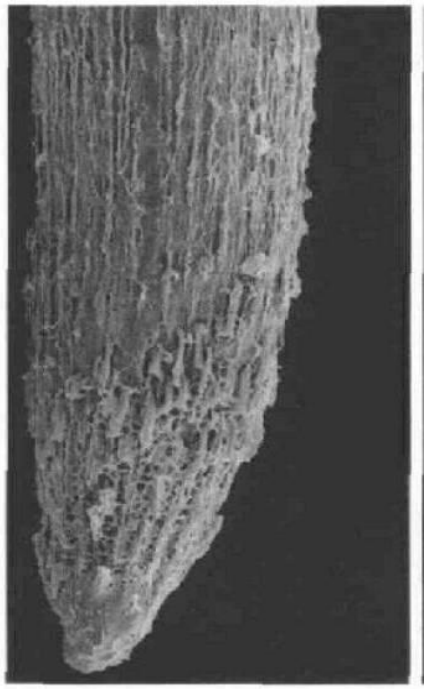
Campeão Gaúcho

S.C. INTERNACIONAL 1909

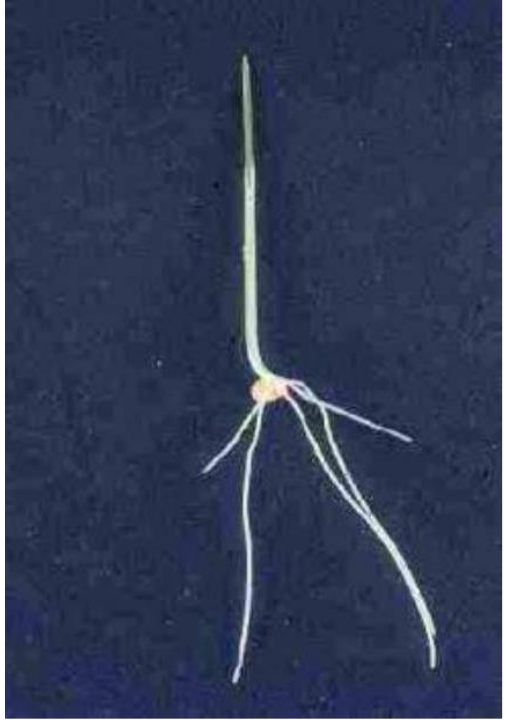
Raízes: a porta de entrada dos nutrientes

Fonte: VIEIRA, F.C.B. (UNIPAMPA)

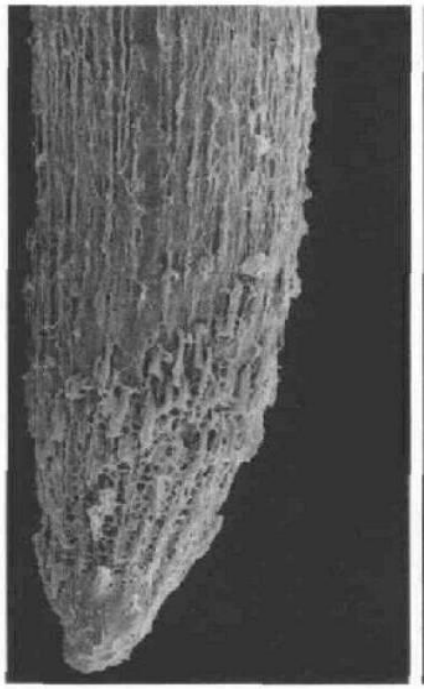




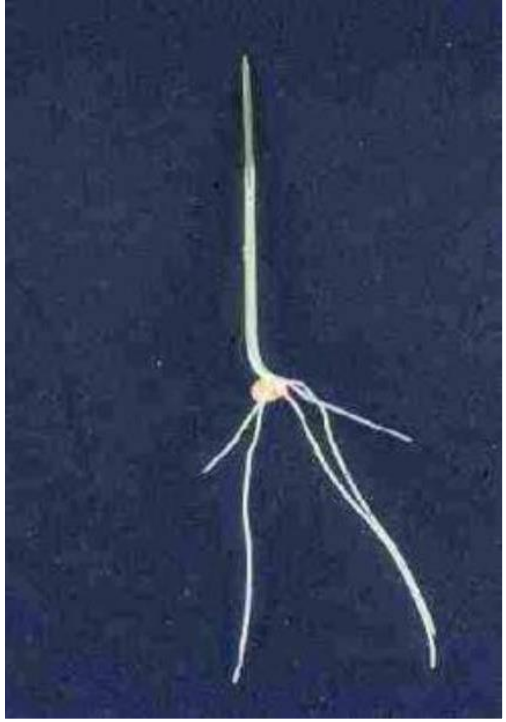
Delhaize & Ryan (1995).



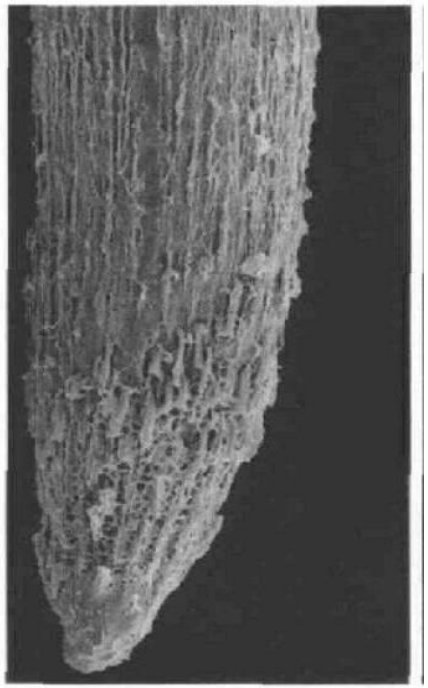
+ Al^{+3} =

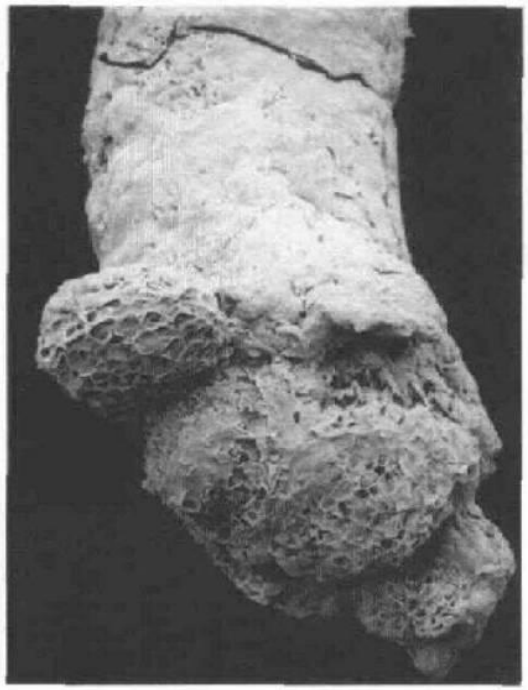


Delhaize & Ryan (1995).



+ Al^{+3} =





Delhaize & Ryan (1995).

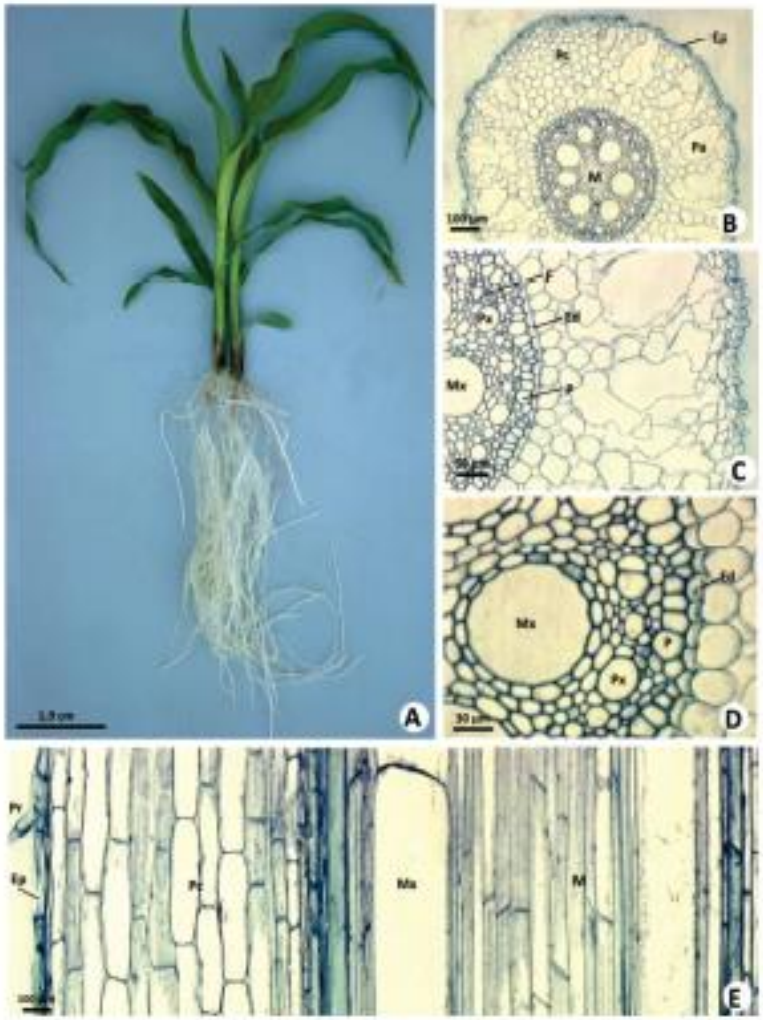


Figure 2. a) Corn plant grown in nutrient solution without Al addition. b, c, d) Transversal sections of a corn root. d) Endodermis detail with "U" thickening. e) Longitudinal section of a corn root with root hair. Ed, endodermis; Ep, epidermis; F, phloem; M, pith; Mx, metaxylem; P, pericycle; Pa, aeriferous parenchyma; Pc, cortical parenchyma; Pr, root hair; and Px, protoxylem.

+ Al^{+3} =

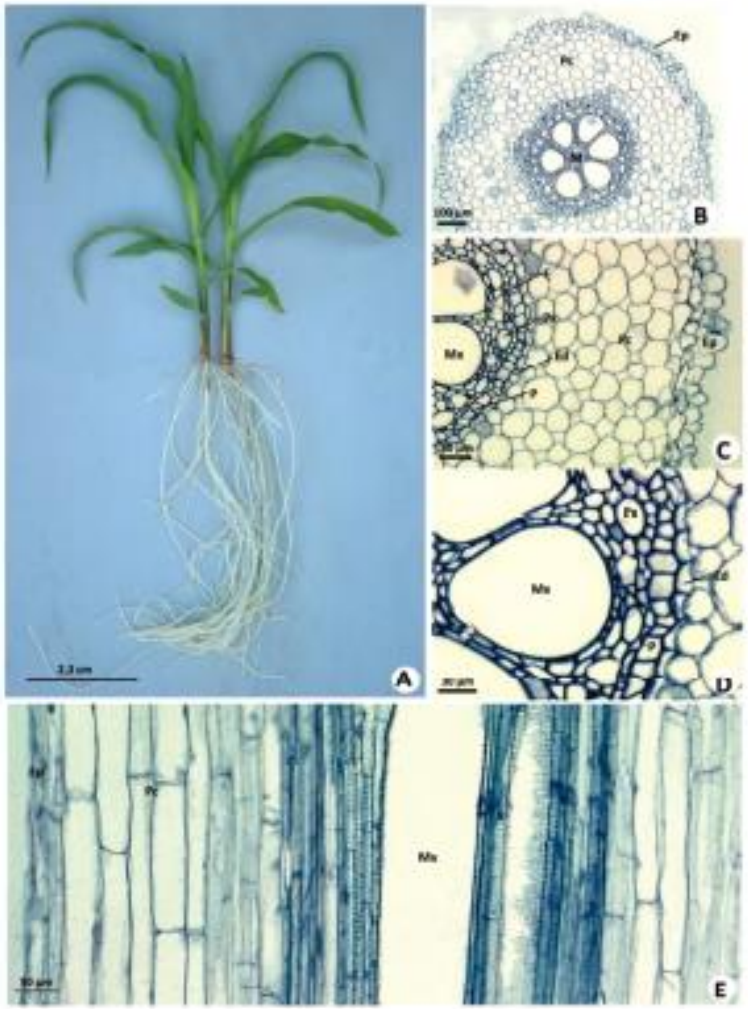


Figure 4. a) Corn plant grown in nutrient solution containing 75 µmol L^{-1} Al. b, c and d) Transversal section of the root. d) Detail of the endodermis with "U" thickening. e) Longitudinal section of the root. Ed, endodermis; Ep, epidermis; F, phloem; M, pith; Mx, metaxylem; P, pericycle; Pc, cortical parenchyma; and Px, protoxylem.

Batista et al. (2013).

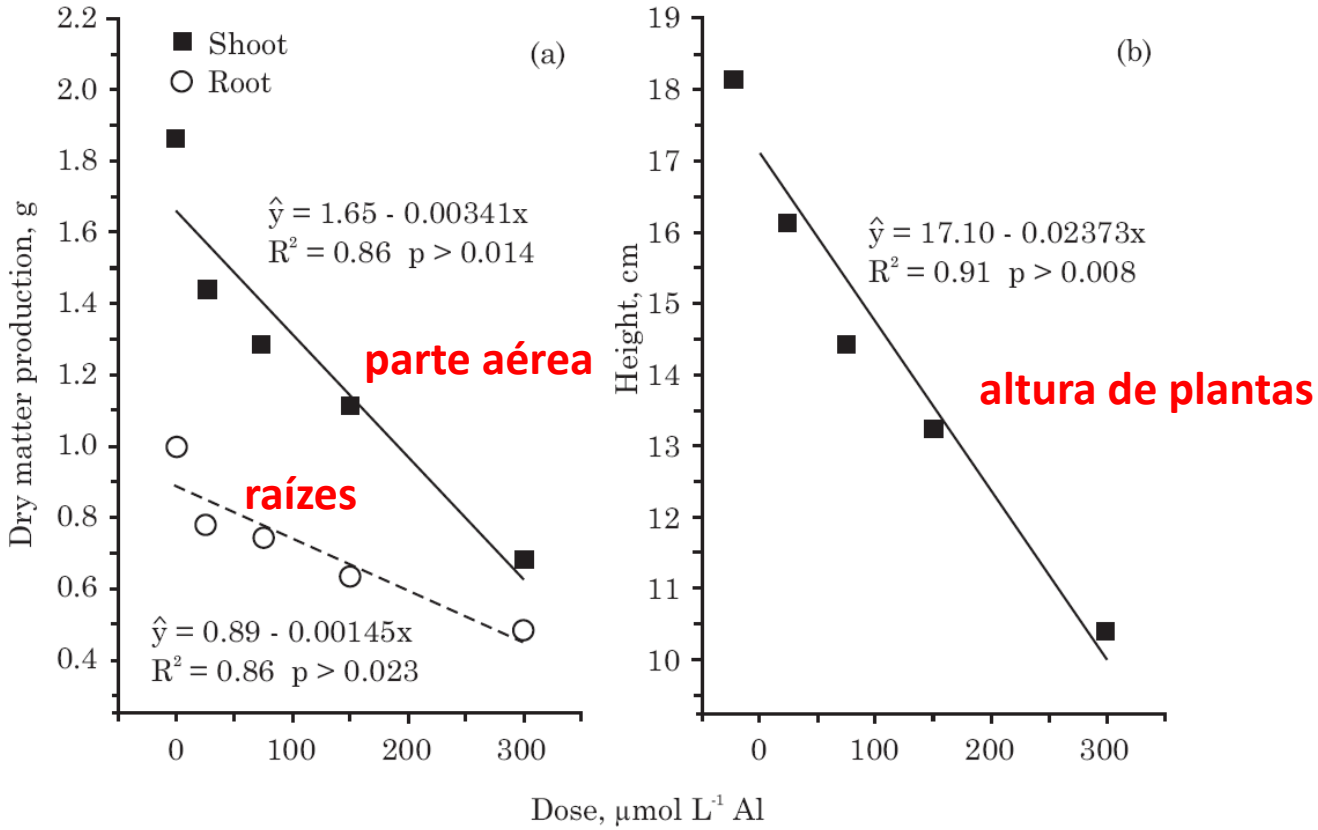
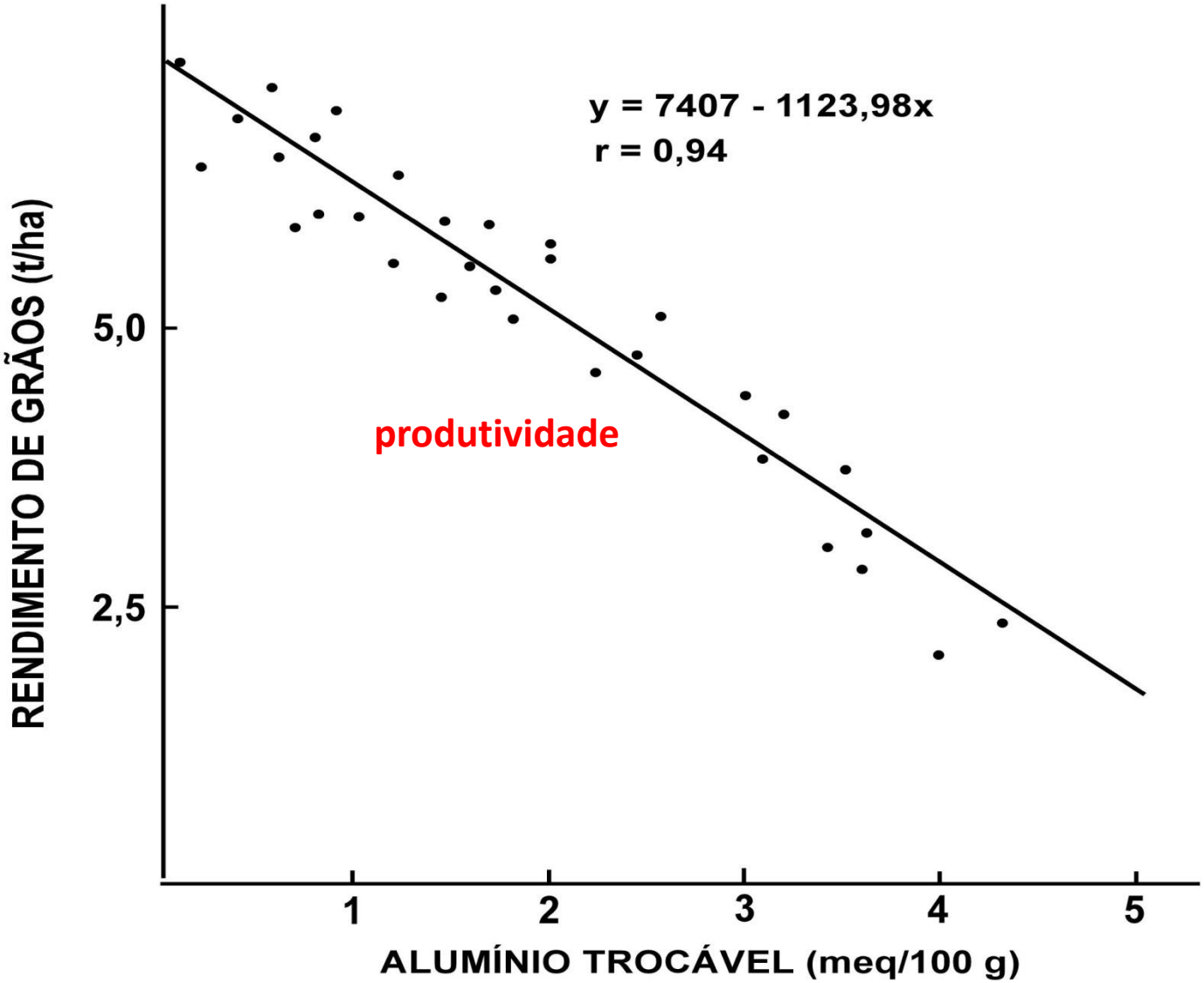
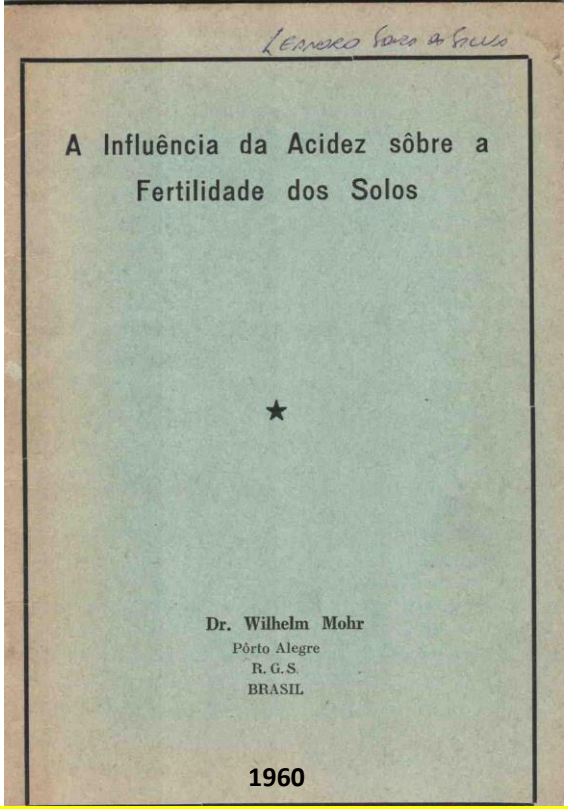


Figure 1. a) Shoot and root dry matter production and b) height of corn plants exposed to different Al concentrations during the experimental period of 21 days.

Batista et al. (2013).



Relação entre o alumínio trocável no solo e o rendimento de grãos de milho em Latossolo Vermelho aluminoférrico típico (5º ano). EPAGRI – Chapecó 1981.



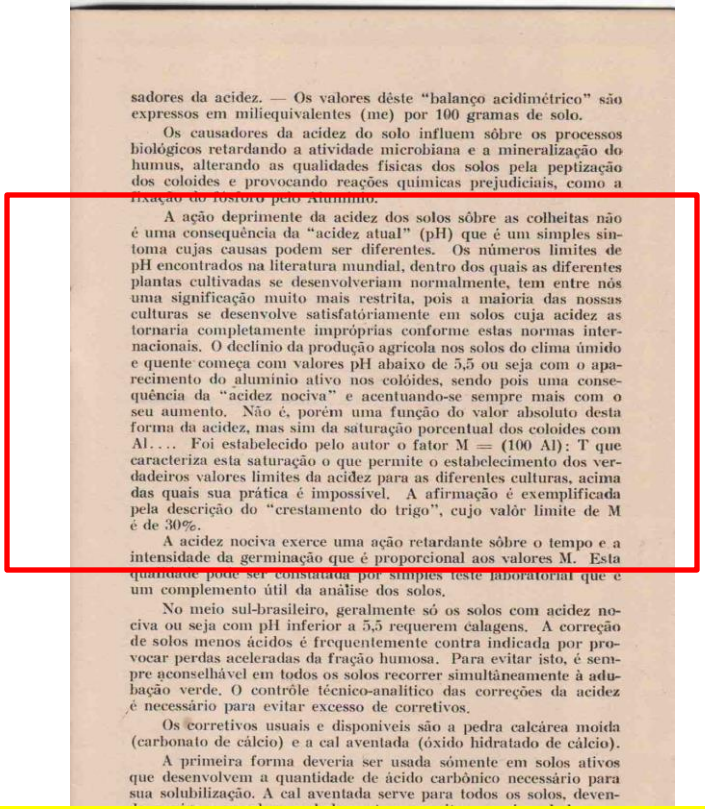
Lenero Souza de Souza

A Influência da Acidez sôbre a Fertilidade dos Solos

★

Dr. Wilhelm Mohr
Pôrto Alegre
R. G. S.
BRASIL

1960



sadores da acidez. — Os valores dêste "balanço acidimétrico" são expressos em miliequivalentes (me) por 100 gramas de solo.

Os causadores da acidez do solo influem sôbre os processos biológicos retardando a atividade microbiana e a mineralização do humus, alterando as qualidades físicas dos solos pela peptização dos coloides e provocando reações químicas prejudiciais, como a fixação do fósforo pelo Alumínio.

A ação deprimente da acidez dos solos sôbre as colheitas não é uma consequência da "acidez atual" (pH) que é um simples sintoma cujas causas podem ser diferentes. Os números limites de pH encontrados na literatura mundial, dentro dos quais as diferentes plantas cultivadas se desenvolveriam normalmente, tem entre nós uma significação muito mais restrita, pois a maioria das nossas culturas se desenvolve satisfatòriamente em solos cuja acidez as tornaria completamente impróprias conforme estas normas internacionais. O declínio da produção agrícola nos solos do clima úmido e quente começa com valores pH abaixo de 5,5 ou seja com o aparecimento do alumínio ativo nos colóides, sendo pois uma consequência da "acidez nociva" e acentuando-se sempre mais com o seu aumento. Não é, porém uma função do valor absoluto desta forma da acidez, mas sim da saturação porcentual dos coloides com Al.... Foi estabelecido pelo autor o fator M = (100 Al): T que caracteriza esta saturação o que permite o estabelecimento dos verdadeiros valores limites da acidez para as diferentes culturas, acima das quais sua prática é impossível. A afirmação é exemplificada pela descrição do "crestamento do trigo", cujo valôr limite de M é de 30%.

A acidez nociva exerce uma ação retardante sôbre o tempo e a intensidade da germinação que é proporcional aos valores M. Esta quantidade pode ser constatada por simples teste laboratorial que é um complemento útil da análise dos solos.

No meio sul-brasileiro, geralmente só os solos com acidez nociva ou seja com pH inferior a 5,5 requerem calagens. A correção de solos menos ácidos é frequentemente contra indicada por provocar perdas aceleradas da fração humosa. Para evitar isto, é sempre aconselhável em todos os solos recorrer simultâneamente à adubação verde. O contrôle técnico-analítico das correções da acidez é necessário para evitar excesso de corretivos.

Os corretivos usuais e disponíveis são a pedra calcárea moída (carbonato de cálcio) e a cal aventada (óxido hidratado de cálcio).

A primeira forma deveria ser usada sòmente em solos ativos que desenvolvem a quantidade de ácido carbônico necessário para sua solubilização. A cal aventada serve para todos os solos, deven-

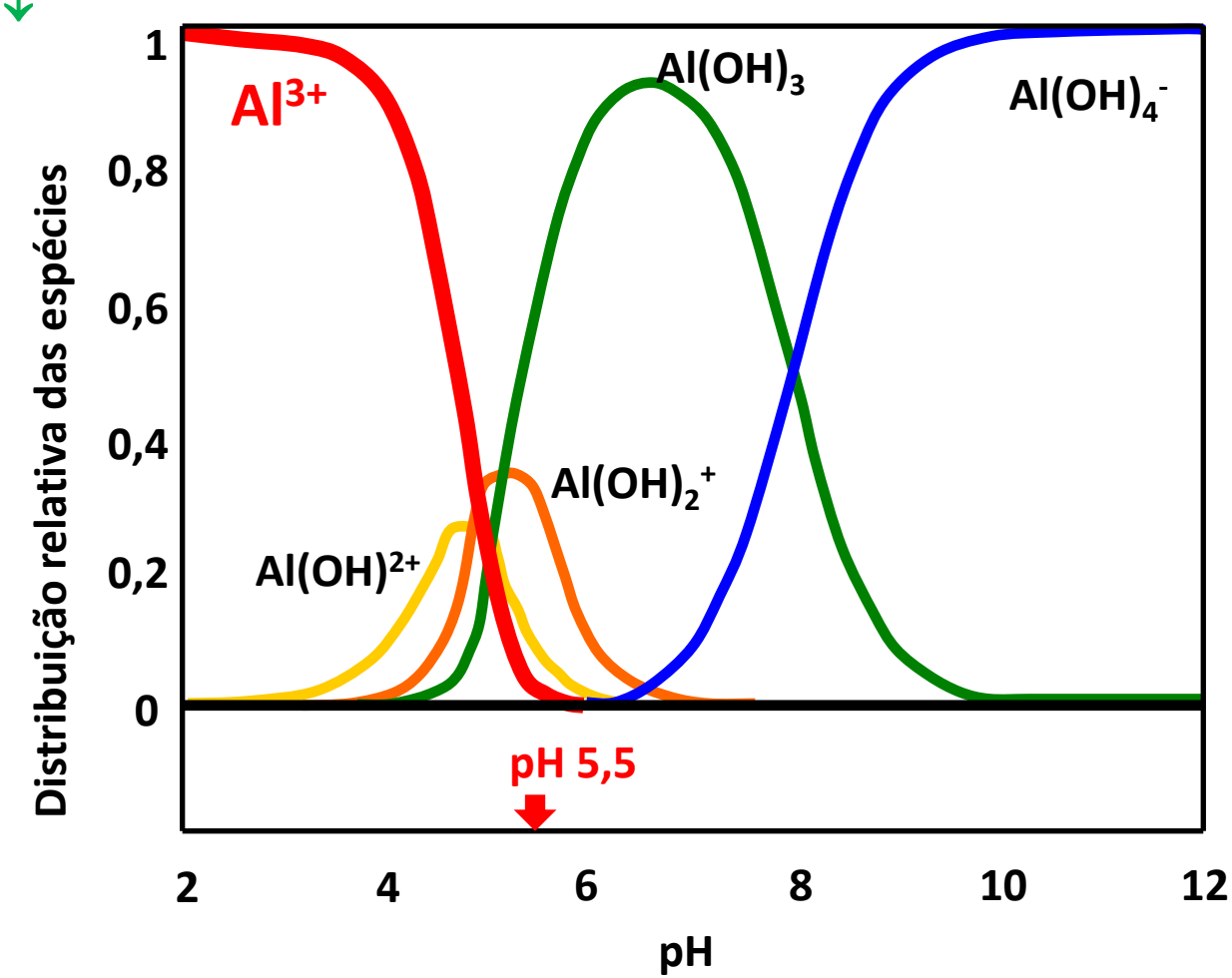
"A ação deprimente da acidez dos solos sobre as colheitas **NÃO** é uma consequência da acidez atual (**pH**) ... o declínio da produção agrícola no solos do clima úmido e quente começa com valores de pH abaixo de 5,5, ou seja, com o aparecimento do **ALUMÍNIO** ativo nos colóides – *acidez nociva* – acentuando-se sempre mais com o seu aumento ... não é porém função de seu valor absoluto, mas da saturação dos potenciais dos colóides com Al – **saturação da CTC por alumínio**"

Como resolver o problema do Al^{+3} no solo??

$Al^{3+} + OH^- \Leftrightarrow AlOH^{2+}$

$AlOH^{2+} + OH^- \Leftrightarrow Al(OH)_2^+$

$Al(OH)_2^+ + OH^- \Leftrightarrow Al(OH)_3 \downarrow$



Distribuição relativa de espécies monoméricas de Al em solução e pH.

✓ Reação do calcário no solo

- dissolução + dissociação do calcário:

$$\mathbf{CaCO_3(s)} + H_2O \leftrightarrow CaCO_3(aq) \leftrightarrow \mathbf{Ca^{+2}} + HCO_3^- + OH^-$$

- neutralização da acidez ativa:

$$HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow \mathbf{H_2O + CO_2}\uparrow$$

$$OH^- + H^+ \leftrightarrow H_2O$$

$\uparrow$ **pH**

- neutralização do alumínio:

$$\mathbf{Al^{+3} + 3OH^- \leftrightarrow Al(OH)_3}\downarrow$$

Solução: aplicar calcário!

Outras vantagens da calagem:

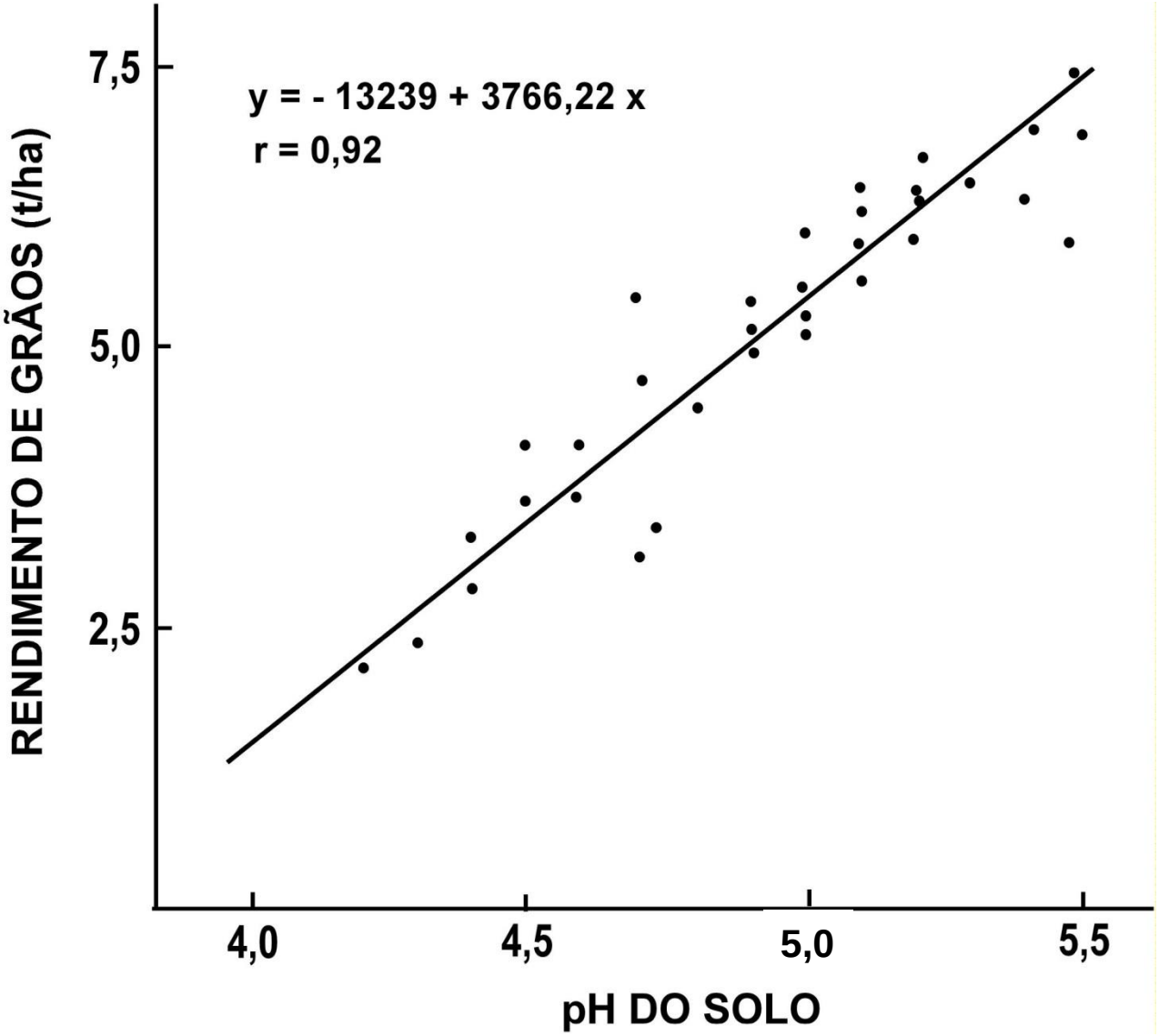
- fornecimento de Ca (e de Mg)

- aumenta a CTC do solo

- diminui a adsorção de P e de Mo no solo

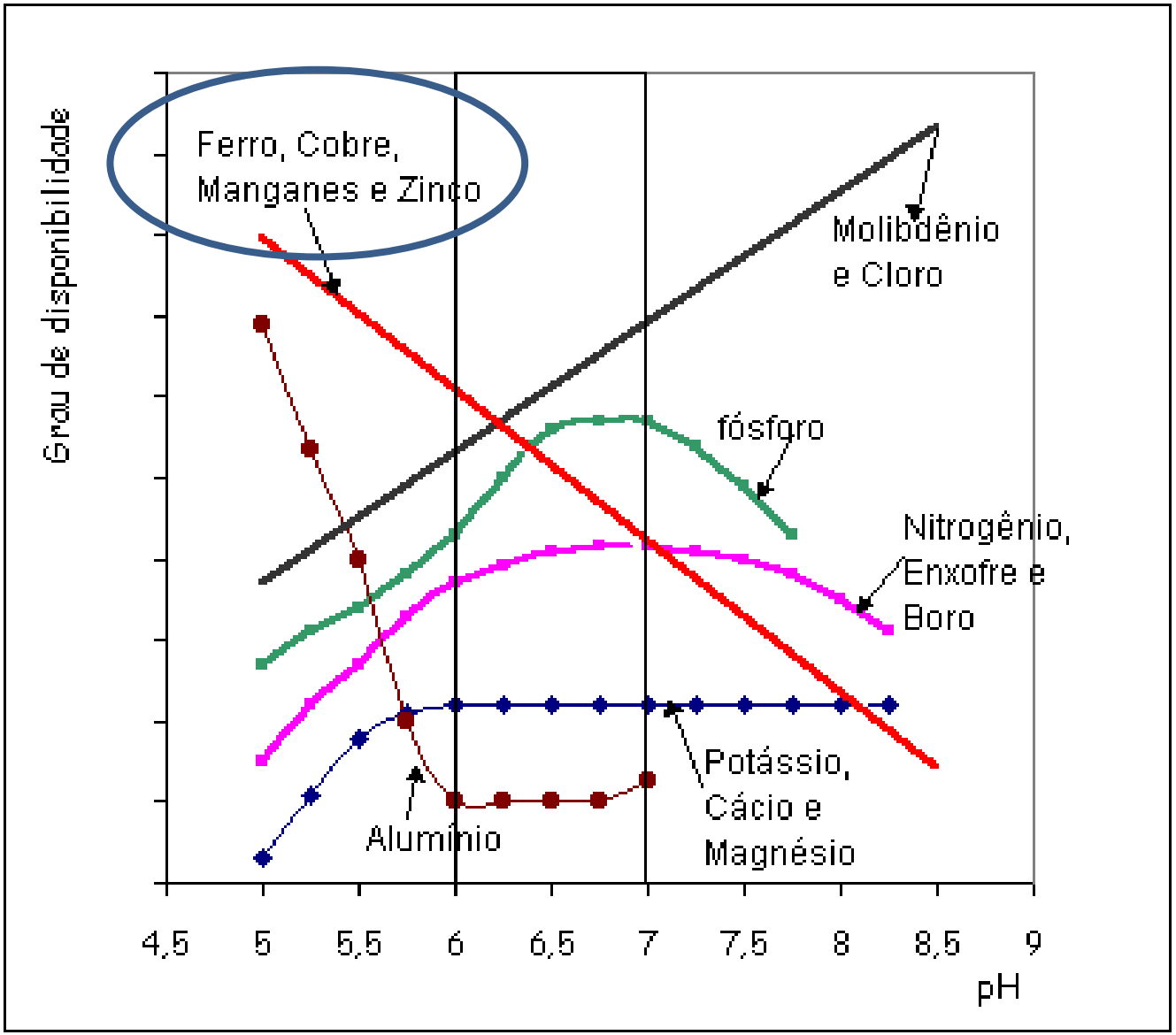
- ambiente mais favorável a atividade microbiana

- reduz a toxidez por Mn



Relação entre o pH do solo e o rendimento de grãos de milho em Latossolo Vermelho aluminoférrico típico 5º ano. EPAGRI – Chapecó 1981.

Mas se aplicar em excesso???



Quando e quanto calcário aplicar ??

Tomar decisões → critérios

SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO

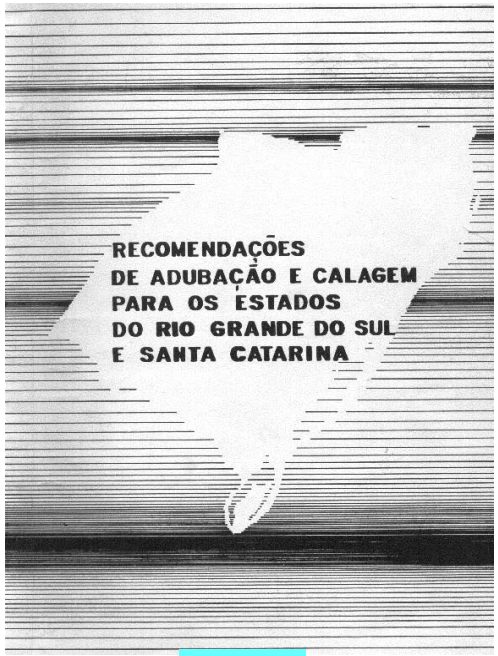
Década de 60

-Criação da ROLAS

- Sistemas de recomendação

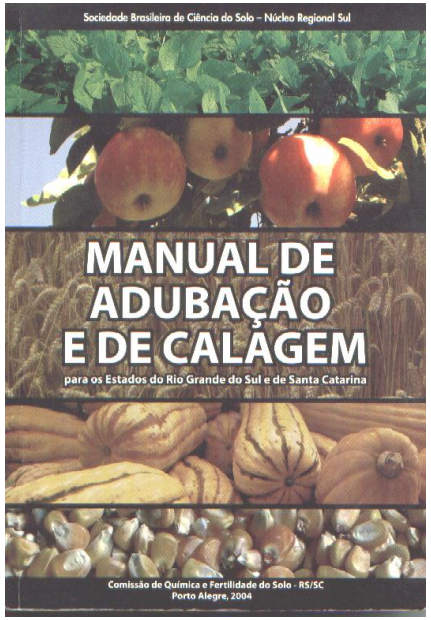
1976

1981



1987

1995



2004

No início....

- Critério para a decisão de aplicar calcário = pH em água

- Critério para decisão da quantidade de calcário a aplicar

depende da acidez potencial do solo

estimada pelo índice SMP – calibrações

Tabela 6.1. Classificação de espécies em relação ao pH do solo

pH de referência[1]	Culturas
pH 6,5	Alfafa, aspargo, piretro.
pH 6,0	Abacateiro, abóbora, alcachofra, alface, alho, almeirão ameixeira, amendoim, arroz de sequeiro, aveia, bananeira, batata-doce, beterraba, brócolo, cana-de-açúcar, camomila, canola, caquizeiro, cebola, cenoura, cevada, chicória, citros, consorciação de gramíneas e leguminosas de estação fria, couve-flor, crisântemo de corte, ervilha, estévia, feijão, figueira, fumo, girassol, hortelã, leguminosas forrageiras de estação fria, leguminosas forrageiras de estação quente, consorciação de gramíneas e leguminosas de estação quente, linho, macieira, maracujazeiro, melancia, melão, milho, moranga, morangueiro, nectarineira, nogueira-pecã, painço, pepino, pereira, pessegueiro, pimentão, quivizeiro, rabanete, repolho, roseira de corte, rúcula, soja, sorgo, tomate, tremoço, trigo, triticale, urucum, vetiver, videira.
pH 5,5	Abacaxizeiro, acácia negra, alfavaca, amoreira-preta, arroz irrigado no sistema de semeadura em solo seco, batata, bracatinga, calêndula, camomila, capim elefante, cardamomo, carqueja, coentro, curcuma, erva-doce, eucalipto, funcho, gramíneas forrageiras de estação fria, gramíneas forrageiras de estação quente, gengibre, manjericão, pinus, salsa.
-[2]	Capim-limão, citronela-de-Java, palma-rosa e chá
Sem correção da acidez[3]	Arroz irrigado no sistema pré-germinado ou com transplante de mudas, erva-mate, mandioca, mirtilo, pastagem natural, araucária.

maioria dos grãos

Recomendações de calagem (calcário com PRNT 100%) com base no índice SMP, para correção de acidez dos solos do RS e SC.

Índice SMP	pH em água a atingir		
	5,5	6,0	6,5
	t/ha		
≤ 4,4	15,0	21,0	29,0
4,5	12,5	17,3	24,0
4,6	10,9	15,1	20,0
4,7	9,6	13,3	17,5
4,8	8,5	11,9	15,7
4,9	7,7	10,7	14,2
5,0	6,6	9,9	13,3
5,1	6,0	9,1	12,3
5,2	5,3	8,3	11,3
5,3	4,8	7,5	10,4
5,4	4,2	6,8	9,5
5,5	3,7	6,1	8,6
5,6	3,2	5,4	7,8
5,7	2,8	4,8	7,0
5,8	2,3	4,2	6,3
5,9	2,0	3,7	5,6
6,0	1,6	3,2	4,9
6,1	1,3	2,7	4,3
6,2	1,0	2,2	3,7
6,3	0,8	1,8	3,1
6,4	0,6	1,4	2,6
6,5	0,4	1,1	2,1
6,6	0,2	0,8	1,6
6,7	0,0	0,5	1,2
6,8	0,0	0,3	0,8
6,9	0,0	0,2	0,5
7,0	0,0	0,0	0,2

Fonte: Tabela elaborada com base na análise conjunta dos dados obtidos por Murdock et al. (1969), por Kaminski (1974), por Ernani & Almeida (1986), por Anjos et al. (1987) e por Ciprandi et al. (1994).

Misturar o calcário com o solo:

- **favorece a reação de neutralização**
- **uniformiza a camada 0 a 20 cm**
- **dose equivalente a camada**

Problema!!! – Plantio Direto

Ajuste no sistema de recomendação:

- Critério de decisão

> MOS no solo sob plantio direto

> concentração de nutrientes na superfície

< erosão (> efeito residual do calcário)

- critérios adicionais: V%, Al%
- condição da área

- Estabelecimento da dose para uma menor camada corrigida.

Tabela 6.3 Critérios para indicação da necessidade e da quantidade de corretivos da acidez do solo para **culturas de grãos**.

Sistema de manejo	Condição da área	Amost. (cm)	Critérios de decisão	Quantidade de calcário	Método de aplicação
SPC	Qualquer condição	0 a 20	pH< 6,0(1)	1 SMP para pH água 6,0	Incorporado
SPD	Implantação a partir de lavoura ou campo natural quando o índice SMP for ≤ 5,0	0 a 20	pH< 6,0(1)	1 SMP para pH água 6,0	Incorporado
	Implantação a partir de campo natural quando o índice SMP for > 5,0 a 5,5	0 a 20	pH< 5,5 ou V< 65%(2)	1 SMP para pH água 5,5	Incorporado (3) ou Superficial (4)
	Implantação a aprtir de campo natural quando o índice SMP for >5,5	0 a 20	pH< 5,5 ou V<65%(2)	1 SMP para pH água 5,5	Superficial
	Sistema consolidado	0 a 10	pH< 5,5 ou V<65%(2)	$^1/_2$ SMP para pH água 5,5	Superficial (4)

(1) Não aplicar calcário quando a saturação por bases (V) for > 80%.

(2) Quando somente um dos critérios for atendido, não aplicar calcário se a saturação por Al for menor do que 10% e se o teor de P for "Muito alto".

(3) A opção de incorporar o calcário em campo natural deve ser feita com base nos demais fatores de produção locais. Se optar pela incorporação do calcário, aplicar a dose 1 SMP para $pH_{água}$ 6,0.

(4) No máximo 5 t/ha de calcário (PRNT 100%).

Fonte: Manual de Adubação RS/SC (2004)

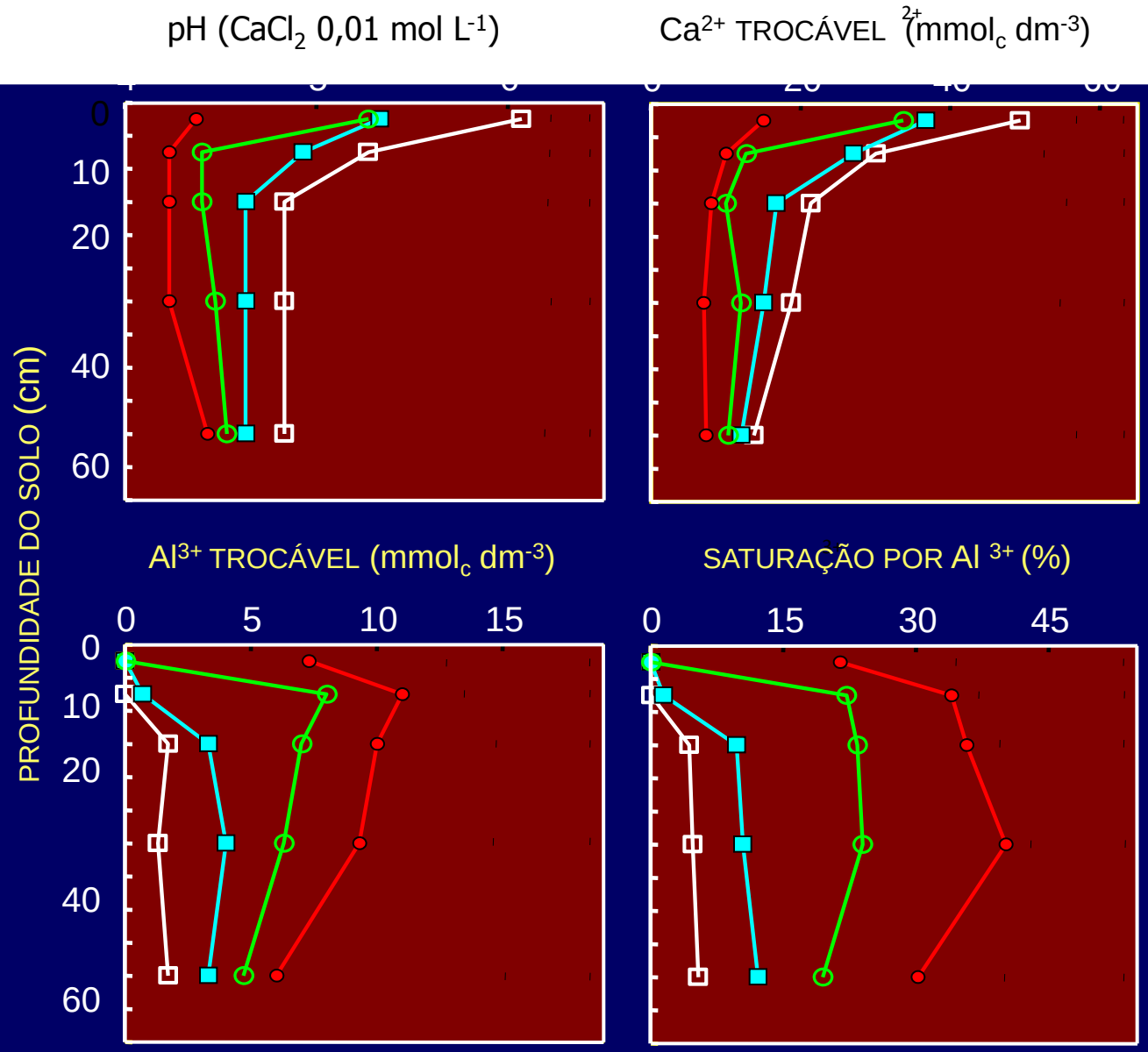
A aplicação superficial funciona?

Calcário é um produto de baixa solubilidade em água, mas...

- frente de alcalinidade (depende da dose e da acidez potencial do solo).

- migração física de partículas pelos poros do solo.

- mobilização parcial (semeadura), atividade biológica...



Descida:

20 cm/3 anos = 7,0 cm/ano

Calagem superficial - efeito em profundidade - PR

FONTE: Caires et al. (2008) – European Journal of Agronomy

CALAGEM SUPERFICIAL x EFEITO EM PROFUNDIDADE

Autor	Solo	Dose de calcário	Tempo da aplicação	pH	Al	Ca	Mg	V%	m%
		$t.ha^{-1}$	Anos	----------	----------	cm	----------	----------	----------
Cassol (1995)	PVD [1] (franco- argiloso)	3,7	5	2,5	2,5	2,5	2,5	-	2,5
Sá (1996)	LVD [2] (argiloso)	7,0	4	10	-	10	-	5	-
	LVD (arenoso)	4,1	2	10	-	5	30	20	-
Pöttker & B									-
Santos (199									-
Caires et al (									-
Caires et al (2004)	LVD (argilo-arenoso)	2,5-7,5	2,5	10	10	10	10		-
Kaminski et al (2005)	PVD (arenoso)	17	9	10	17,5	20	25	17,5	22,5
Holzschuh (2007)	PVD (arenoso)	6,1	1	5	5	5	5	5	5
	LVD (argiloso)	7,5	1	5	5	5	5	5	5
Média				7	8	9	15	10	9

Na média, a calagem superficial restringe seus efeitos até 10 cm de profundidade

[1] PVD: Argissolo Vermelho distrófico, [2] LVD: Latossolo Vermelhodistrófico,
[3] LVA Latossolo Vermelho alumínico

140 pontos de lavouras em sistema Plantio Direto no Planalto Gaúcho

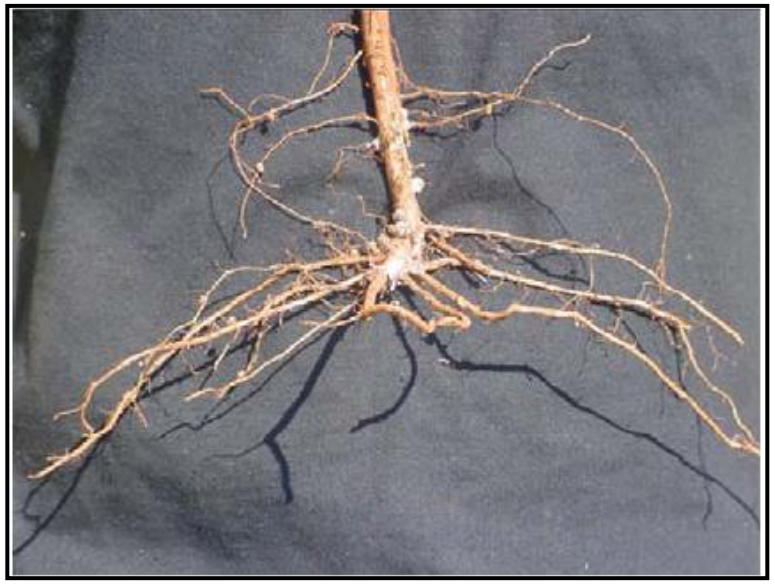


Figura. Sistema radicular da soja amostrado no município de Santa Bárbara do Sul, RS. Fonte: Martinazzo (2006)

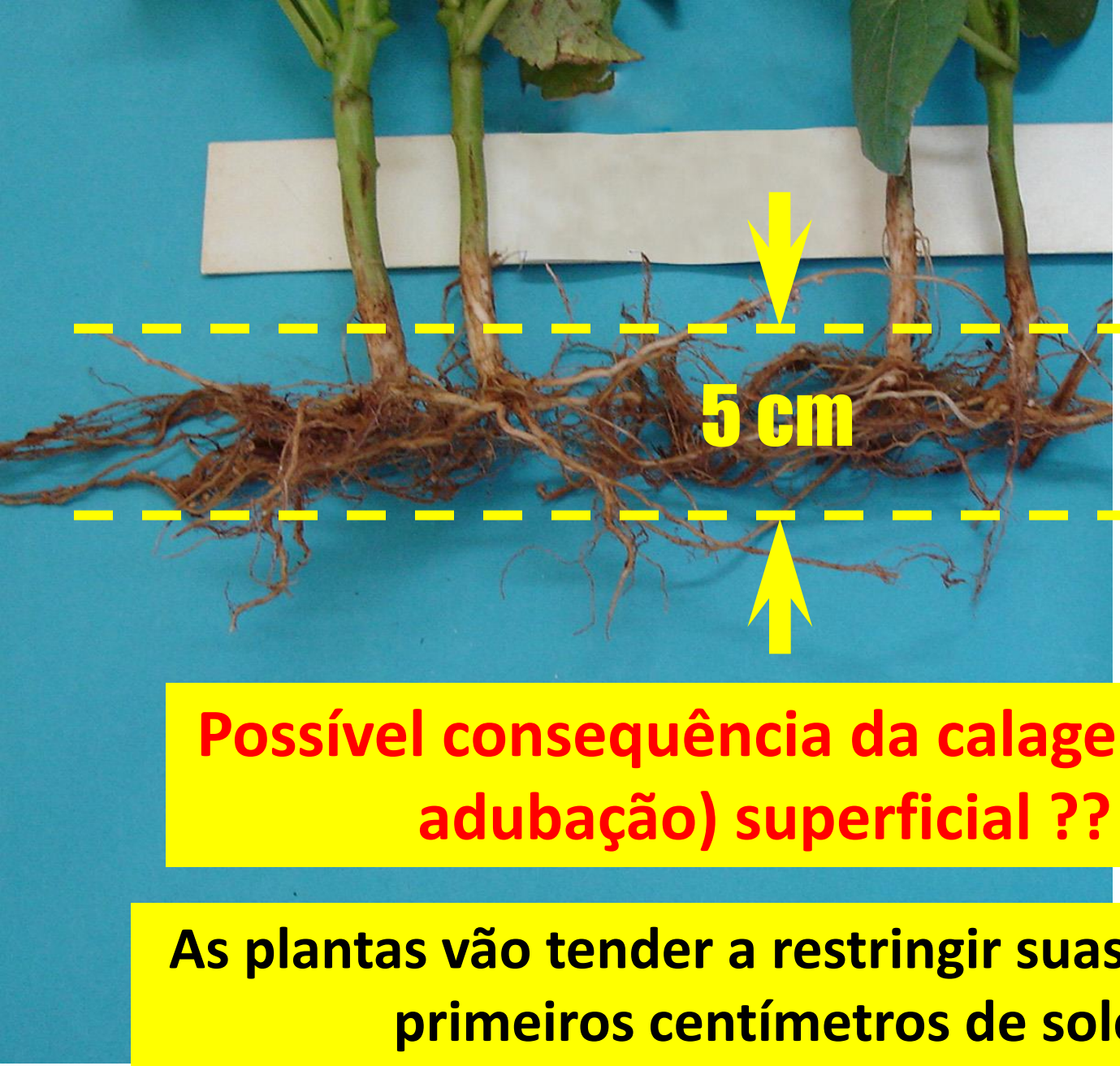
0 a 10 cm

- 44% com pH < 5,0
- 26% com V% < 65
- 69% P > teor crítico
- 91% K > teor crítico

10 a 20 cm

- 59% com pH < 5,0
- 50% com V% < 65
- 25% P >TC
- 51% K > TC

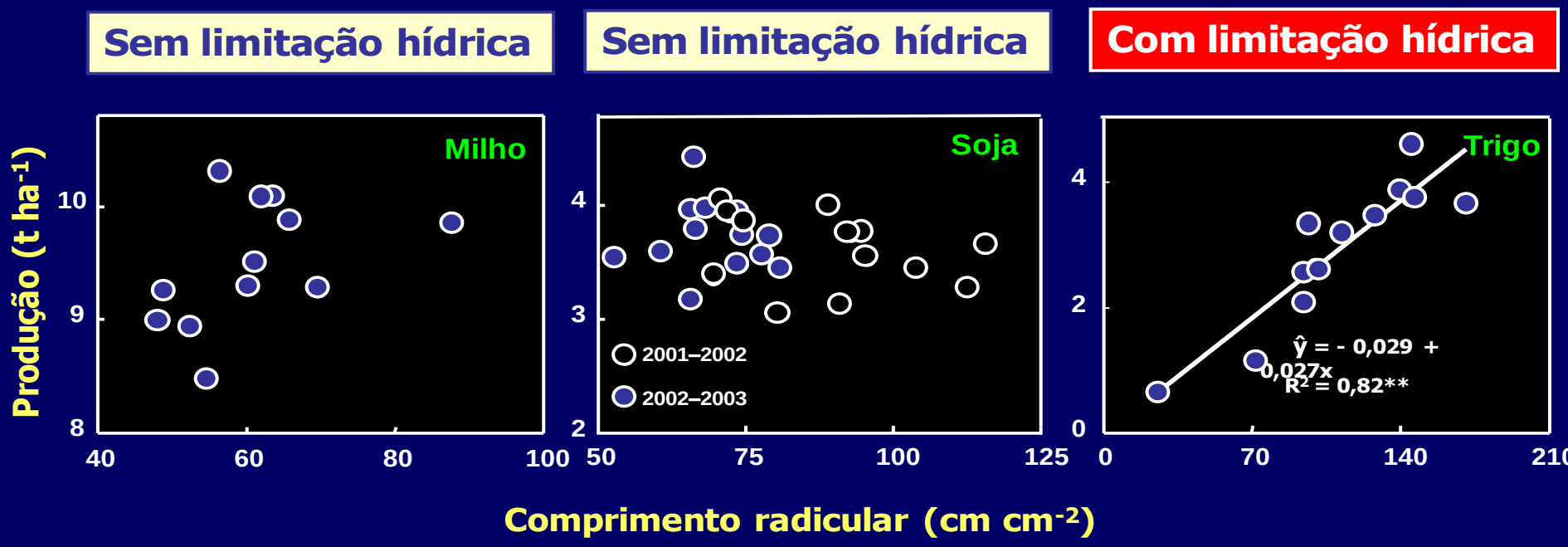
Fonte: Martinazzo (2006)



Possível consequência da calagem (e da adubação) superficial ??

As plantas vão tender a restringir suas raízes nos primeiros centímetros de solo.

Fonte: Denardin, J.E. (EMBRAPA)



Produção de milho, soja e trigo em sistema plantio direto influenciada pelo comprimento radicular por unidade de área superficial de solo até a profundidade de 60 cm. **: $P < 0,01$.

FONTE: Caires et al. (2008) – European Journal of Agronomy

Problema quando em limitação hídrica!!!

Slide de Anghinoni (2012).

Pg 31 Manual de Adubação e Calagem para RS e SC (2004)

A amostragem de 0 a 20 cm, com separação das frações de 0-10 e de 10-20 cm, constitui importante subsídio para fins de monitoramento, especialmente em lavouras de PD implantadas sem a correção da fertilidade do solo.

Existem alternativas para este cenário??

- incorporar calcário

- aplicar gesso

Gesso agrícola

$CaSO_4$

Resíduo da produção de ácido fosfórico

Fosfato natural
$Ca_{10}(PO_4)_6F_2$
+
H_2SO_4

$$\underbrace{Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4}_{\text{SFS}} + 2HF$$

$$H_3PO_4 + CaSO_4 + 2HF$$

$$+ \; Ca_{10}(PO_4)_6F_2 \rightarrow \overbrace{Ca(H_2PO_4)_2}^{\text{SFT}} + 2HF$$

Gesso agrícola (fosfogesso)

$CaSO_4$

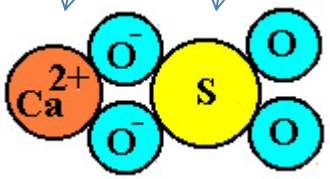
Ca:	24 a 28%	→ Calcário?
S:	14 a 17%	→ SFS, SA?
P_2O_5:	0,8 a 1,2% (CNA)	→ SFS, SFT, MAP, DAP?

Substância	Fórmula	K_{ps}
carbonato de cálcio	$CaCO_3$	$8,7 \times 10^{-9}$
sulfato de cálcio	$CaSO_4$	$1,9 \times 10^{-4}$

+ solúvel que o calcário

Aplicação de gesso agrícola ($CaSO_4.2H_2O$)

$$CaSO_4.2H_2O \rightarrow Ca^{2+} + SO_4^{-2}$$



par iônico

Íons Ca^{2+} e SO_4^{-2} podem ser lixiviados no solo para camadas subsuperficiais

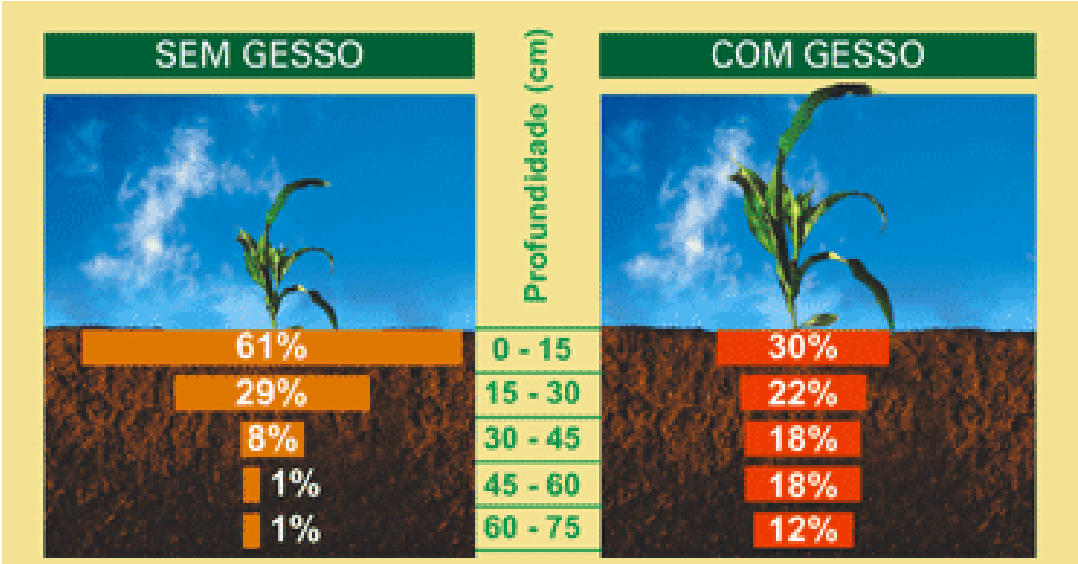
Com mais Ca, reduz a saturação por Al em profundidade!

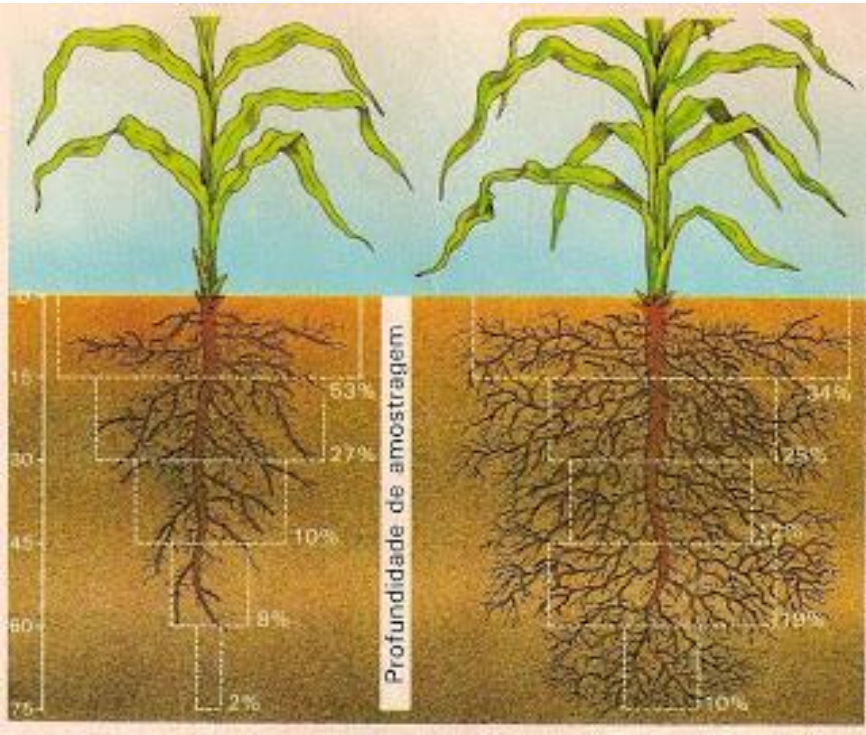
Al% = Al / CTC ef * 100

CTCef = Ca + Mg + K + Al

Riscos?

- Lixiviação de Mg (e de K)


SEM GESSO
Profundidade (cm)
COM GESSO
61%
29%
8%
1%
1%
0 - 15
15 - 30
30 - 45
45 - 60
60 - 75
30%
22%
18%
18%
12%


Profundidade de amostragem
15
30
45
60
75
53%
27%
10%
8%
2%
34%
25%
19%
10%

Funciona sempre?

Tabela 1. Produtividade da soja em sacas/ha^{-1} cultivada sobre diferentes doses de gesso agrícola em superfície (Jaboticaba, RS, 2011).

Dose de Gesso	Produtividade
kg ha^{-1}	kg ha^{-1}
0	4155,65^{ns}
500	4064,07
1000	4231,01
1500	3787,33
2000	4296,58
2500	4156,28
3000	4611,64
4500	4001,44
6000	4483,90
Média	4198,65
CV %	12,13

^{ns} Não significativo pelo Teste de F 5 % de probabilidade de erro.

Nossos solos:

↑ Teor de Ca

↑ CTC

↑ MOS (disponibilidade de S)

Anos sem restrição hídrica

Reduzem a probabilidade de resposta ao gesso

Flora et al. (2011)

Pg 92, Manual de Adubação e Calagem para o RS e SC

Os resultados de vários trabalhos de pesquisa conduzidos nos solos dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina indicam que a aplicação de gesso não aumenta o rendimento das culturas em situações onde não há deficiência de cálcio e/ou de enxofre, principalmente em solos calcariados (Ernani et al., 1992; Ernani, 1993).

A aplicação de gesso pode ser recomendada para culturas exigentes em cálcio, como, por exemplo, a macieira.

Foi observada, recentemente, resposta à aplicação de gesso em cultivos de milho e de soja em Campos Novos (SC) após seis anos da aplicação, devido à maior profundidade do sistema radicular das culturas, principalmente quando ocorreu verão com estiagem (Nuernberg et al., 2002).

Quando devo aplicar?

?

Quanto de gesso aplicar?

No cerrado (EMBRAPA, 2005):

Camada 20 a 40 cm e 40 a 60 cm (anuais)

- **Al > 20%**
- **Ca < 0,5 $cmol_c/dm^3$**

D.G. (kg/ha) = 50 x teor de argila (%)

O problema do crescimento das raízes é sempre Al em profundidade???

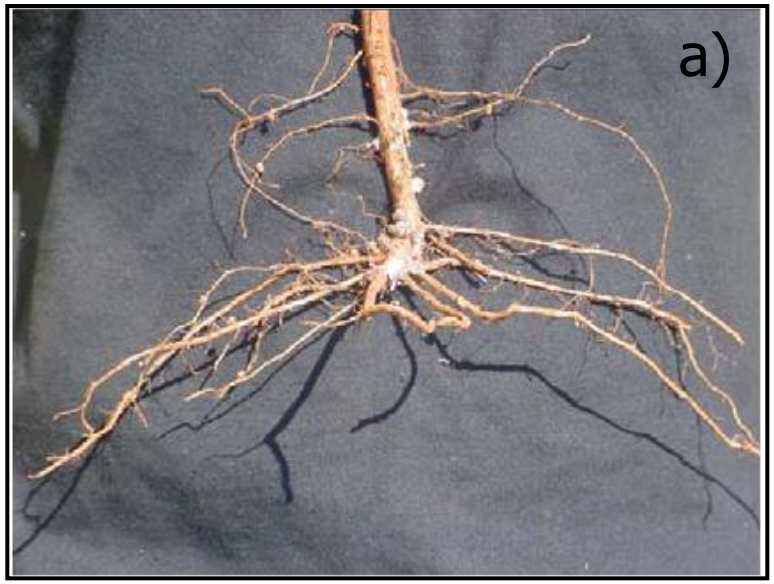


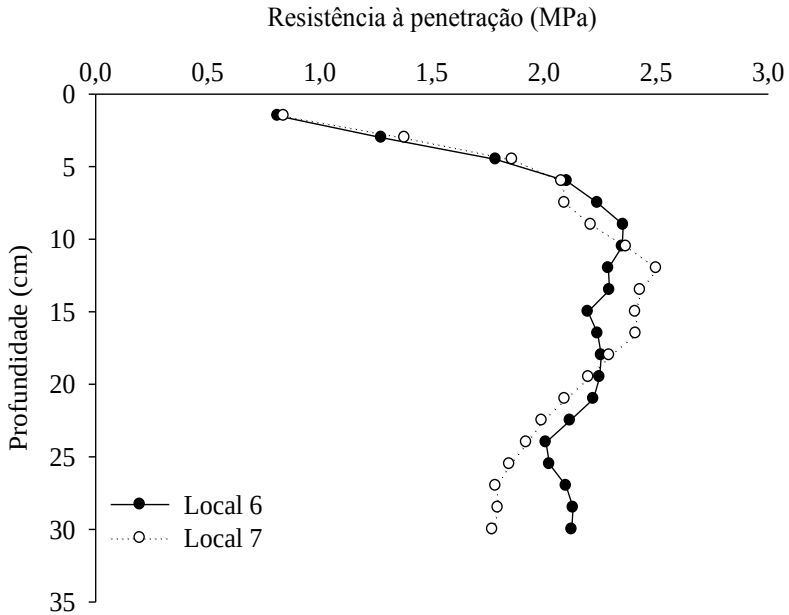
Figura. Sistema radicular da soja amostrado no município de Santa Bárbara do Sul, RS. Fonte: Martinazzo (2006)

0 a 10 cm

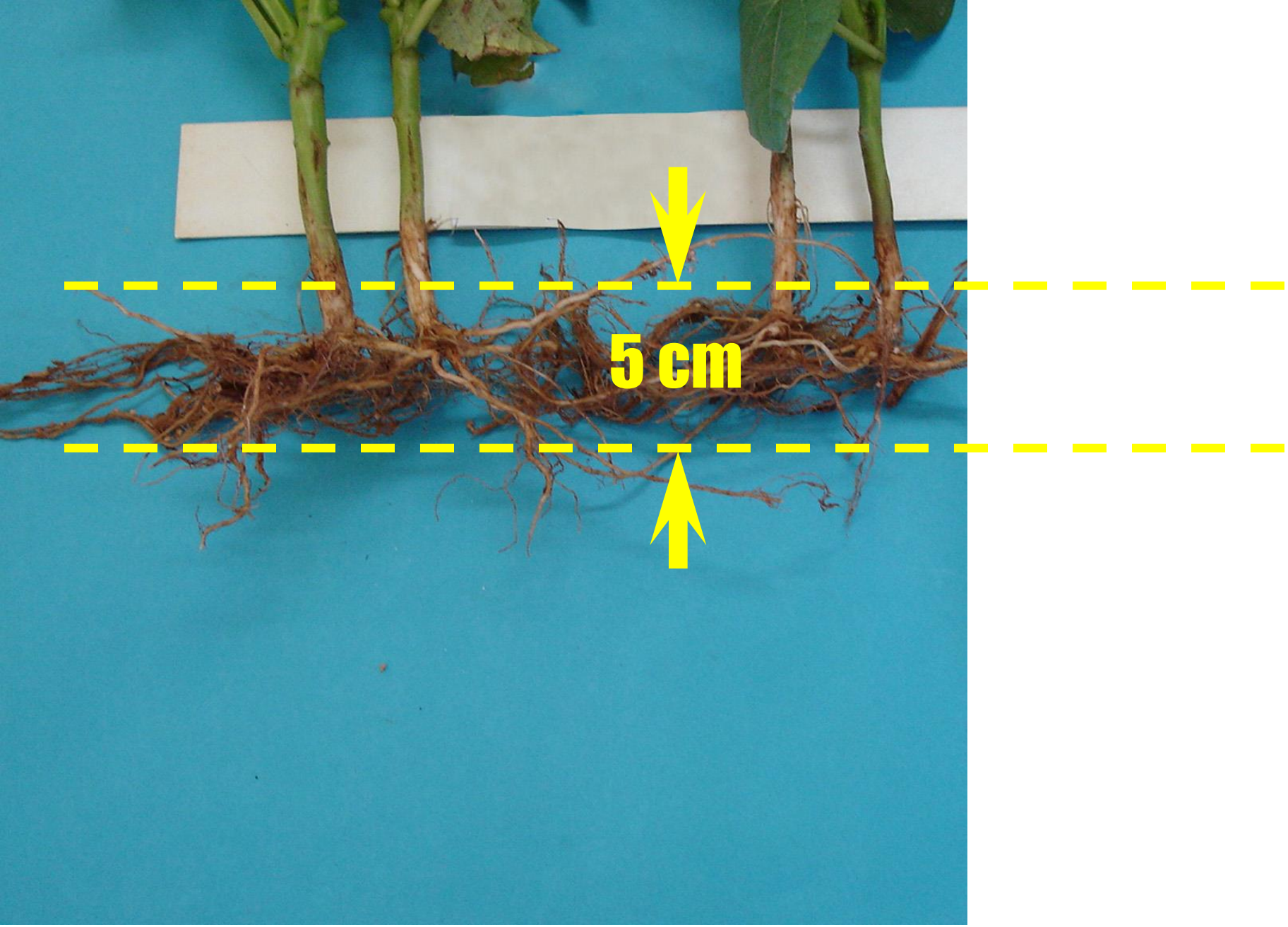
- 44% com pH < 5,0
- 26% com V% < 65
- 69% P > teor crítico
- 91% K > teor crítico
- Sem problemas RP

10 a 20 cm

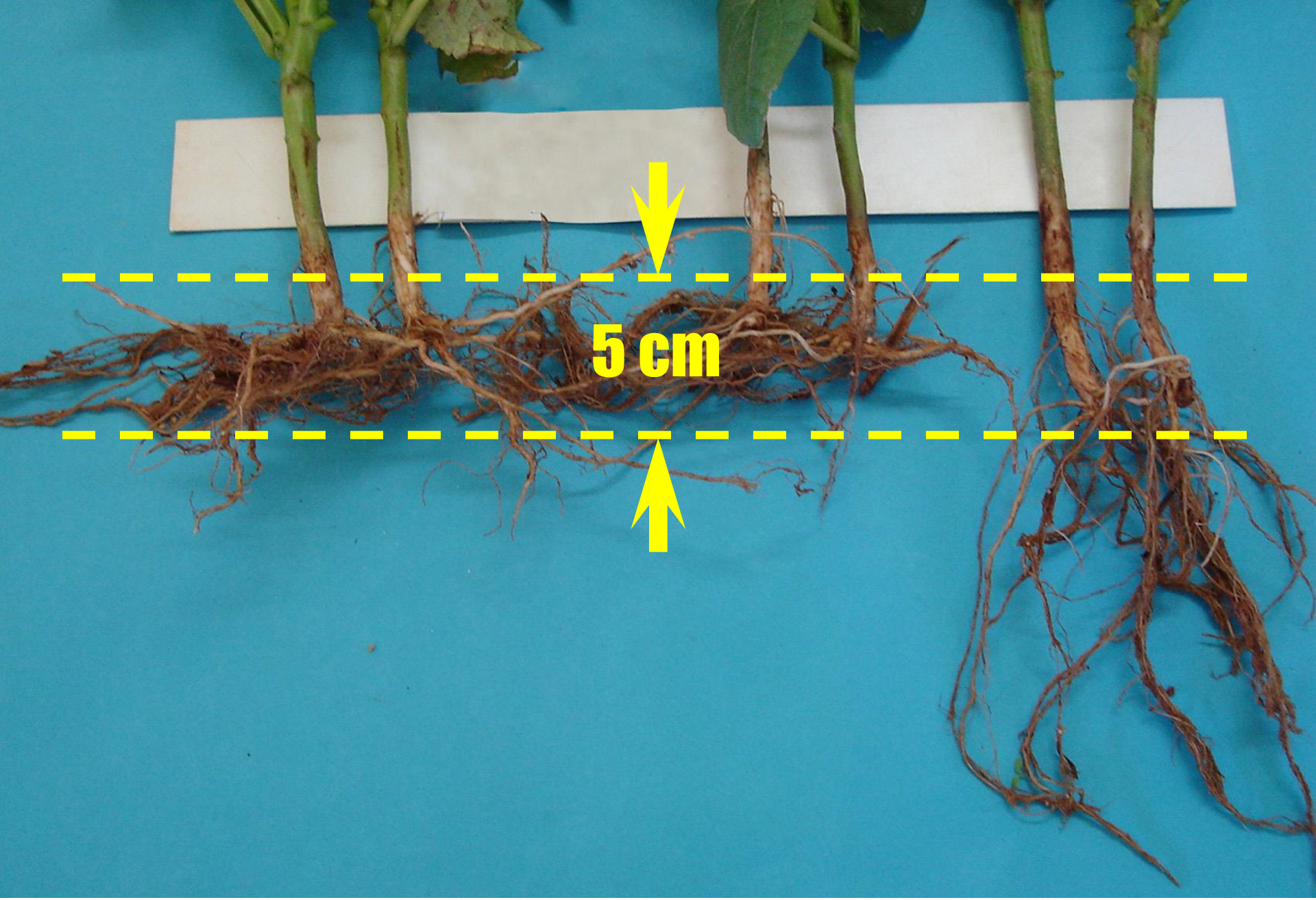
- 59% com pH < 5,0
- 50% com V% < 65
- 25% P >TC
- 51% K > TC
- COM problemas RP



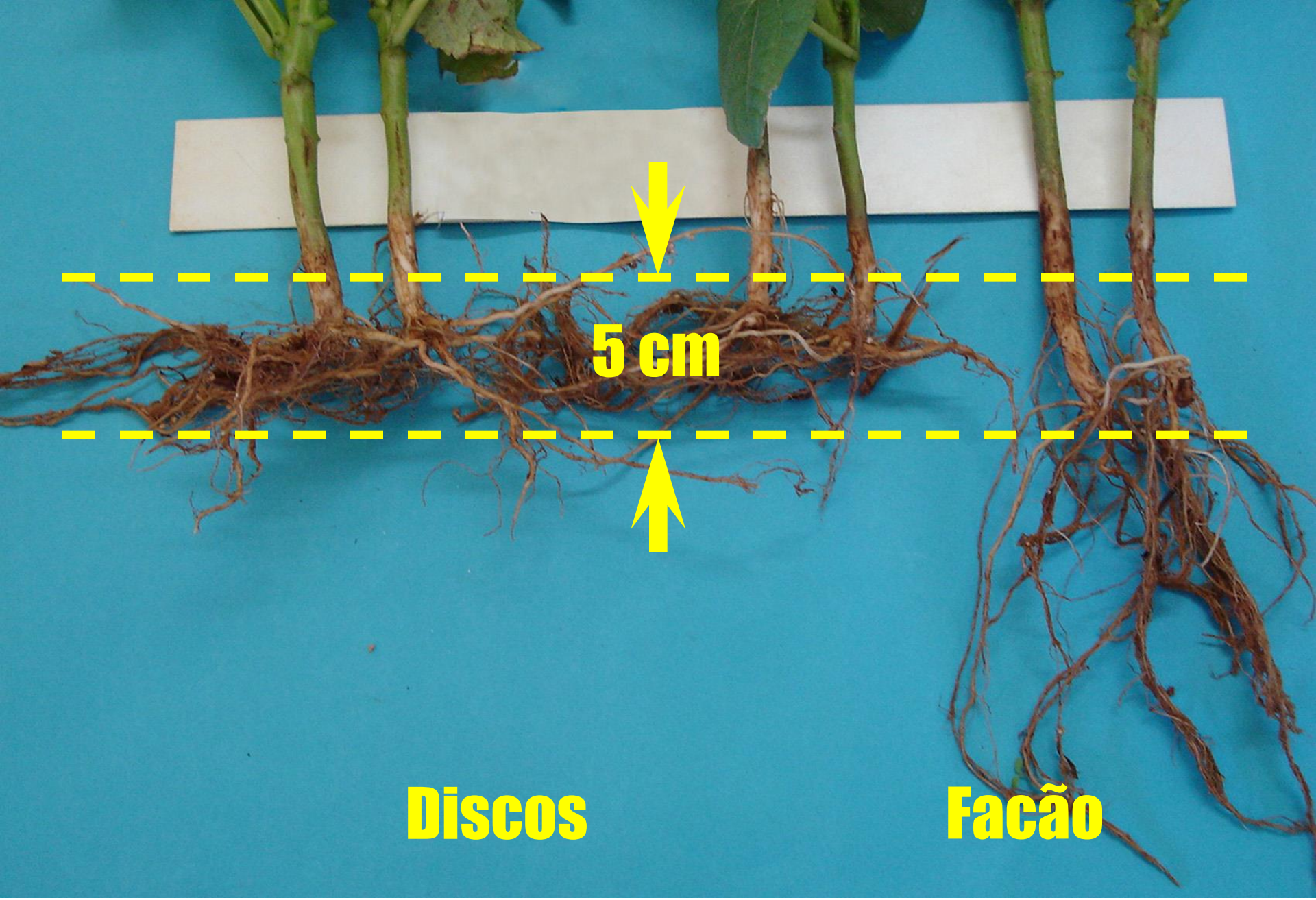
Fonte: Martinazzo (2006)



Fonte: Denardin, J.E. (EMBRAPA)



Fonte: Denardin, J.E. (EMBRAPA)



Fonte: Denardin, J.E. (EMBRAPA)

Considerações finais

A toxidez por Al^{+3} é a principal restrição ao crescimento radicular em solos ácidos.

A calagem, seguindo critérios técnicos, resolve o problema do Al tóxico.

A aplicação de calcário em superfície no Plantio Direto pode não ser eficiente para a correção de camadas subsuperficiais em algumas situações.

Acidez em camadas subsuperficiais pode ser prejudicial em safras com períodos de estiagem. A compactação subsuperficial potencializa o problema.

A gessagem <u>pode</u> ser uma alternativa para amenizar o problema de Al em profundidade em alguns casos.

Os benefícios da gessagem não substituem a necessidade de calcário e podem não ser eficientes para resolver o problema em determinadas situações.

Ainda precisamos de mais informações para estabelecer critérios adequados para aplicação de gesso no RS e SC.

Contato:
E-mail: leandrosolos@ufsm.br
Fone: (55) 3220-8108 r. 214

pc@lmasters.com.br