



IPNI - International Plant Nutrition Institute

Uso do gesso na agricultura

Bernardo van Raij

**Pesquisador voluntário do IAC e
consultor**





IPNI - International Plant Nutrition Institute

**Simpósio sobre
Informações Recentes para
Otimização da Produção Agrícola
Piracicaba, 15-16 de março de 2007**





IPNI - International Plant Nutrition Institute

O uso do gesso em solos ácidos tem a ver com a questão:

O manejo do subsolo apresenta possibilidades de aumento da produtividade?





Calagem x Gessagem

- **As práticas são competitivas ou complementares?**
- **As duas técnicas são complexas e não é fácil identificar sempre qual fator prevalece.**
- **Mas há fatores mais importantes.**

A calagem tem efeitos múltiplos e aplica-se a todos os solos ácidos

- **Eleva o pH do solo**
- **Neutraliza alumínio e manganês (tóxicos)**
- **Supre Ca e Mg**
- **Aumenta a disponibilidade de P e Mo**
- **Melhora agregação e estrutura do solo**
- **Favorece a mineralização**
- **Não afeta facilmente o subsolo**
- **Diminui a disponibilidade de B, Fe, Cu, Mn, Zn**

A gessagem tem efeitos específicos em solos ácidos e não aplica-se a qualquer solo

- **Reduz efeito tóxico de alumínio no subsolo**
- **Supre Ca e S**
- **Melhora agregação e estrutura do solo**
- **Penetra facilmente no solo**
- **Pode suprir micronutrientes Zn, Cu e B**
- **Raramente eleva o pH do solo**
- **Em geral não reduz o alumínio**
- **Promove lixiviação de K e Mg**

1. Gessagem como melhorador de solos ácidos

1 – É algo que funciona só em determinados solos, principalmente em direção ao Brasil Central.

2 – Efeitos esperados são moderados, mas de longa duração.



Impedimentos ao desenvolvimento radicular no subsolo

- 1 – Aeração deficiente.**
- 2 – Impedimentos mecânicos.**
- 3 – Acidez.**

2. Barreira química no subsolo



Definição para São Paulo:

$$\text{Ca}^{2+} < 4 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$$

**Saturação de Al
(m) > 40%**

Efeito de superfosfato triplo e superfosfato simples (gesso) – demonstração de existência de barreira química (Ritchey et al, 1980).

Profundidade - cm	Saturação pr Al		Presença de raízes		Teor de água	
	ST	SS	ST	SS	ST	SS
	%		Sim ou não		%	
0-15	1	14	sim	Sim	14	17
15-30	12	30	Sim	Sim	18	20
30-45	47	21	Sim	Sim	20	22
45-60	61	12	Sim	Sim	23	21
60-75	62	17.	Não	Sim	24	21
75-90	73	18	Não	Sim	24	23
90-105	90	22	Não	Sim	25	23
105-120	74	8	não	sim	25	24

3. Calcário e gesso: diferentes reações no solo



Reação de neutralização



Não há reação. Somente dissolução e dissociação.

A – representa fase sólida, fixa

Informações sobre calcário e gesso, para adição de 1 t/ha por 20 cm de solo

Variável	CaCO₃	CaSO₄·2H₂O
Ca – g/kg ou kg/t	400	294
Ca – mg/dm ³ no solo (20 cm)	200	147
Ca – mmol _c /dm ³ no solo	10	7,4
PN - % de CaCO ₃	100	0
S – g/kg ou t/ha	0	18,6
S – mmol _c /dm ³ no solo	0	7,4
Solúvel em água	Não	Sim

4. Calagem: o seu papel na correção do solo mudou?

Função da calagem: reduzir acidez para melhorar o desenvolvimento radicular.

O efeito da calagem, em princípio, é localizado, pelo fato da reação de neutralização não deixar ânions livres, que poderiam movimentar com Ca ou Mg.

Resposta do milho à calagem em duas profundidades

(Gonzales-Erico, 1979)

Doses de calcário	Primeiro cultivo	Segundo cultivo	Terceiro cultivo	Média	Índice relativo
t/ha	----- kg/ha -----				
Profundidade 0 – 15 cm					
0	2115	4569	880	2521	62
1	3423	5281	1474	3397	84
2	3531	5689	1863	3694	91
4	4004	5903	2265	4057	100
8	3723	5960	2052	3912	96
Profundidade 0 – 30 cm					
1	4019	5684	2086	3930	97
2	4341	5858	2573	4257	105
4	4797	6682	3058	4846	119
8	4792	7266	3601	5220	129
dms 0,05	573	551	756		

O efeito da calagem pode atingir o subsolo?

Pode, por razões indiretas, a principal sendo o deslocamento do Ca^{2+} e Mg^{2+} com nitrato e absorção de NO_3^- no subsolo, o que deixa um resíduo alcalino de excesso de bases.

Importante no plantio convencional, em que o revolvimento do solo produz mineralização da matéria orgânica e liberação de N mineral.

E no plantio direto?

Espera-se um efeito muito menor da calagem em profundidade, já que não há mais tanta liberação de nitrato.

Além disso, as aplicações de calcário tem sido muito menores, por não haver resposta à calagem, já que as doses são pequenas, e as condições de reação (aplicação superficial, sem incorporação) são desfavoráveis.

Onde entra o gesso?

O gesso pode aliviar a acidez em profundidade, reduzindo a saturação por alumínio e elevando os teores de cálcio.


Os efeitos são maiores em solos que adsorvem SO_4^{2-} .



Vamos comparar dois solos

Primeiro o horizonte superficial. Não parecem solos águais?

Solo	Horizonte	pH em água	V, %
3 PVp	A_p	5,0	41
39 LE	A₁	5,1	42



Comparando com o horizonte B percebe-se as diferenças

Solo	Horizonte	V, %	pH em água	Al ³⁺ , mmol ₂ /100 g
2 PVp	A _p	41	5,0	12
	B ₂₂	15	4,6	63
39 LE	A ₁	42	5,1	6
	B ₂₁	19	5,7	3

5. Cargas elétricas explicam a "adsorção" de gesso

Se o solo não tiver cargas positivas, o sulfato não é retido e lixivia através do perfil, arrastando bases.

É o que ocorre em solos de clima temperado.

Isto explica a preferência do uso do gesso em solos que podem apresentar cargas positivas, em geral nas regiões tropicais ou subtropicais com clima úmido.

Características químicas e mineralógicas de solos usados em estudos de cargas elétricas

Solo	Legenda	MO g/kg	Mineralogia, g/kg de solo		
			F ₂ O ₃	Gibbsita	Caulinita
Acrohumox-Ap	LH	32,9	40	30	250
Acrohumox-B ₂		0,48	60	60	370
Acrorthox-Ap	LR	4,33	190	370	90
Acrorthox-B ₂		1,14	180	330	110
Tropudalf-Ap	TE	4,03	160	80	330
Topudalf-B ₂		1,66	170	100	430

Retenção de Mg^{2+} e SO_4^{2-} em solos a pH 4,8, em solução 1 mol_c/L de $MgSO_4$

Solo	Carga elétrica, mmol _c /kg	
	Negativa	Positiva
Acrohumox-Ap	38,1	1,2
Acrohumox-B ₂	15,8	20,2
Acrorthox-Ap	33,4	3,8
Acrorthox-B ₂	3,6	30,1
Tropudalf-Ap	94,3	2,9
Topudalf-B ₂	55,3	15,5
Chenango NY	69,4	1,2

Tabela anterior, limite de gesso retido.

Solo	Equivalente em gesso retido, t/ha x 20 cm de gesso (Mg = Ca)	
	"Ca ²⁺ "	SO ₄ ²⁻
Acrohumox-Ap	7,6	0,2
Acrohumox-B₂	3,2	20,2
Acrorthox-Ap	6,7	0,8
Acrorthox-B₂	0,7	30,1
Tropudalf-Ap	18,9	0,6
Topudalf-B₂	11,1	15,5
Chenango NY	13,9	0,2

Influência do pH e da solução de equilíbrio de MgSO_4 na adsorção de Mg^{2+} e de SO_4^{2-}

Solo	Concentração de MgSO_4 , mol_c/kg	pH	$\text{mmol}_c / \text{dm}^3$	
			" Ca^{2+} "	SO_4^{2-}
Acrothox-B ₂	0,01	6,0	18	28
		5,0	7	38
	0,001	6,0	13	21
		5,0	6	30
Tropudalf-B ₂	0,01	6,0	87	16
		5,0	67	27
	0,001	6,0	73	8
		5,0	50	17

Solubilidade do gesso (2,5 g/L) = 0,014 mol_c/L

O que está em jogo?

- 1 – Materiais eletronegativos: matéria orgânica, caulinita.**
- 2 – Materiais eletropositivos: óxidos de ferro e alumínio.**
- 3 – No segundo caso, retenção simultânea de cátions e ânions, ou “adsorção” de sal.**

The background features several large, overlapping, hand-drawn style swirls in light green, light purple, and light blue. Scattered throughout are numerous small, yellow, triangular shapes pointing in various directions, resembling confetti or decorative elements.

6. Gesso em solos: relações com alumínio

Limites críticos de Al por diferentes critérios para café em diferentes solos (Pavan, 1982)

	Solos usados no estudo					
	1	2	3	4	5	6
Al ³⁺ trocável, mmol _c /kg	7,0	13,0	3,0	10,0	1,9	10,6
Saturação por Al, %	12	25	15	20	3	15
Conc. Al total, µmol/L	14,8	15,0	44,0	14,8	18,4	18,6
Conc Al ³⁺ , µmol/L	8,4	7,9	12,7	8,3	7,0	10,1
Atividade Al ³⁺ , µmol/L	4,4	3,8	4,1	4,3	4,2	4,6

Espécies químicas de alumínio e crescimento de raízes do cafeeiro (Pavan, 1983)

Espécie de Al	Solo 1		Solo 2	
	CaSO ₄	CaCl ₂	CaSO ₄	CaCl ₂
Espécies de alumínio				
Al total, µmol/L	604	564	255	214
Al ³⁺ , µmol/L	223	550	93	200
AlOH ²⁺ , µmol/L	-	14	7	14
AlSO ₄ ⁺ , µmol/L	338	-	155	
AlCl ²⁺ , µmol/L	-	-	-	-
Desenvolvimento de raízes				
Peso de raízes, g/pl.	78	32	142	80

Efeito de diferentes corretivos e modos de aplicação em colunas submetidas à irrigação em mudas de cafeeiro (Chaves et al., 1987).

	Peso de mat. seca, g/pl.		Volume radicular mL/pl.	Área foliar, cm ² /planta
	Raízes	Parte aérea		
Testemunha	0,24 d	0,77 d	1,15 d	133 c
CaCO ₃ sup.	1,73 c	7.66 c	7,50 c	1082 b
CaCO ₃ 0-30 cm	6,67 a	20,24 b	31,70 b	2639 a
CaCO ₃ 0-60 cm	7,96 a	26,69 a	45,00 a	2900 a
CaSO ₄ sup.+ lixiv.	7,23 a	19,22 b	33,52 b	2476 a

7. Quanto gesso aplicar?

$$\text{NG} = 6 \times \text{argila}$$

Resultados em kg/ha de gesso

O teor de argila é dado em g/kg

Ex. Solo com 750 g/kg de argila:

$$\text{NG} = 750 \times 6 = 4.500 \text{ kg/ha}$$

7. Água profunda: uma nova possibilidade para aumentar a produtividade?

Há evidências de que a profundidade do sistema radicular das plantas pode ser um fator importante para resistência a períodos de stress hídrico.

A absorção de nitrato do subsolos é um cololário da absorção de mais água.

A photograph of a cornfield with rows of green plants growing in reddish-brown soil. The plants are in various stages of growth, with some showing developing ears. The text is overlaid on the center of the image.

Sistema radicular raso, pela barreira química do subsolo, conduz a falta de água em veranicos

Cortezia J. A. Quaggio, IAC



Raízes profundas garantem a absorção de nitrato do subsolo

Cortezia J. A. Quaggio, IAC

A literatura registra muitos casos de absorção de água do subsolo a profundidades consideráveis.

.Wild (1988)

Trigo de inverno , em período seco, raízes a mais de 1 m de profundidade, 3% das raízes absorveram 20% da água usada.

CSIRO (2005), Austrália

Absorção de água pelo trigo na profundidade de 130-170 cm, aumentou produção de trigo em 67 kg/ha de trigo por milímetro de água, ou cerca de 1 t/ha para 15 mm da água absorvida.

Resultados experimentais com milho em latossolo vermelho escuro álico de Tatuí (Raij et al. 1998) – Solo 1

Calc- Gesso, t/ha	Profun- didade	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	V	m
		mmol _c /dm ³		%	
0 - 0	0-20	19	4	23	39
0 - 8		21	4	16	35
12 - 0		41	1	64	3
12 - 8		41	2	63	3
0 - 0	20-40	7	10	10	62
0 - 8		10	11	11	60
12 - 0		8	13	13	56
12 - 8		8	10	10	59

Resultados experimentais com milho em latossolo vermelho escuro álico de Tatuí (Raij et al. 1998) – Solo 2

Calc-Gesso, t/ha	Profun- didade	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	V	m
		mmol _c /dm ³		%	
0 - 0	40-60	10	11	12	58
0 - 8		13	16	14	49
12 - 0		11	13	15	50
12 - 8		14	15	18	41
0 - 0	60-80	6	6	8	61
0 - 8		10	14	13	52
12 - 0		7	7	11	62
12 - 8		11	16	14	54

■ Resultados experimentais com milho em latossolo vermelho escuro álico de Tatuí (Raij et al. 1998) – Produção média anual

Calc-Gesso, t/ha	Produção média anual (4 anos) de produção de milho e aumentos de produção – kg/ha			
	Cultivar tolerante a Al		Cultivar sensível a Al	
0 - 0	4.300	0	4229	0
0 - 8	4362	+62	5116	+887
12 - 0	5331	+1031	5536	+1307
12 - 8	5695	+1395	6042	+1813

Resultados experimentais com cana em latossolo vermelho escuro álico de Lençóis Paulista (Morelli et al., 1992) - Solo 1

Calc-Gesso, t/ha	Profun- didade cm	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	V	m
		mmol _c /dm ³		%	
0 - 0	0-25	3,5	0,8	9	68
0 - 6		7,0	2,4	17	47
6 - 0		13,0	0,3	52	7
6 - 6		23,4	2,8	59	2

Resultados experimentais com cana em latossolo vermelho escuro álico de Lençóis Paulista (Morelli et al., 1992) – Solo 2

Calc-Gesso, t/ha	Profun- didade - cm	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	V	m
		mmol _c /dm ³		%	
0 - 0	25-50	2,0	0,9	8	77
0 - 6		4,9	2,6	11	59
6 - 0		4,4	0,8	23	38
6 - 6		9,5	2,9	32	23

Resultados experimentais com cana em latossolo vermelho escuro álico de Lençóis Paulista (Morelli et al., 1992) – Solo 3

Calc-Gesso, t/ha	Profun- didade - cm	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	V	m
		mmol _c /dm ³		%	
0 - 0	75-100	0,8	0,7	6	84
0 - 6		4,3	4,1	15	57
6 - 0		2,0	0,4	12	70
6 - 6		5,2	4,7	22	45

Resultados experimentais com cana em latossolo vermelho escuro álico de Lençóis Paulista (Morelli et al., 1992)

Calcário, t/ha	Produção média anual de cana (de 4 anos) , para gesso, em t/ha			
	0	2	4	6
0	99 +0	106	111	112 +13
2	110	114	117	114
4	113	121	118	118
6	110 +11	117	114	118 +19

■ Necessidades de calagem e gesso de seis áreas de cana (Penatti & Forti (1993))

Solo	PRNT do calcário, % CaCO ₃	Necessidade, t/ha		Dose ótima, t/ha		Custo dos corretivos, t/ha de cana	Aumento de produção em 4 anos, t/ha de cana
		Calcário	Gesso	Calcário	Gesso		
LVEa	63	2,5	1,0	4	2	12	76
LVA-9	77	5,3	1,4	10	6	32	72
LR-2	73	4,1	0	0	0	0	12
LVA-11	69	1,6	0	3	4	14	44
LVA-9	61	1,6	1,1	1,8	4,8	13	120
LVE-13	52	9,8	3,5	10	10	40	76

Experimento calcário x gesso para café em São Sebastião do Paraíso (MG) (Guimarães, 1988)

Produção em sacas/ha

Gesso, kg/ha	Calcário. kg/ha				Média com gesso
	0	750	1.500	3.000	
0	20,6	28,2	25,7	30,7	26,3
1.290	36,3	35,9	39,8	43,0	39,0
2.580	39,0	37,8	43,0	40,0	39,9
Média com calcário	32,3	34,0	36,2	37,9	

Experimento calcário x gesso para café em São Sebastião do Paraíso (MG) (Guimarães, 1988)

Produção em sacas/há.

Gesso, kg/ha	Calcário. kg/ha			
	0	750	1.500	3.000
0	20,6 + 0			30,7 +10,1
1.290				43,0 +22,4
2.580	39,0 +18,4		43,0 +22,4	

Soja Ribeirão Preto – Solo com excesso de acidez no subsolo de Latossolo Ácrico argiloso (Raij et al., 1994). - 1

Cal-Gesso t/ha	Profun- didade cm	Ca²⁺⁺	SO₄²⁻	V	m
		mmol_c/dm³		%	
0,9 - 0,4	0-20	2	16	18	70
0,9 - 6,4		12	11	35	35
8,1 - 0,4		15	11	52	14
8,1 - 6,4		25	12	57	6

Soja Ribeirão Preto – Solo com excesso de acidez no subsolo de Latossolo Ácrico argiloso (Raij et al., 1994). 2

Cal-Gesso t/ha	Profundi- dade cm	Ca ²⁺⁺	SO ₄ ²⁻	V	m
		mmol _c /dm ³		%	
0,9 - 0,4	20-40	6	30	11	36
0,9 - 6,4		15	26	19	18
8,1 - 0,4		10	30	16	24
8,1 - 6,4		15	29	15	15

Soja Ribeirão Preto – Solo com excesso de acidez no subsolo de latossolo ácrico argiloso (Raij et al., 1994). 3

Cal-Gesso t/ha	Profun- didade cm	Ca ²⁺⁺	SO ₄ ²⁻	V	m
		mmol _c /dm ³		%	
0,9 - 0,4	60-80	6	9	14	27
0,9 - 6,4		16	15	32	6
8,1 - 0,4		9	13	22	16
8,1 - 6,4		17	20	37	5

Soja Ribeirão Preto – Solo com excesso de acidez no subsolo de latossolo ácrico argiloso (Raij et al., 1994). Produção.

Calcá- rio, t/ha	Produções de soja (kg/ha) em função de t/ha de gesso (valores calculados)				
	0,4	1,6	3,6	6,4	10,0
0,9	1.941	2.036	2.162	2.271	2.296
2,5	2,169	2.260	2.380	2.480	2.394
4,9	2.444	2.530	2.640	2.726	2.723
8,1	2.686	2.763	2.861	2.930	2.903
12,1	2.786	2.854	2.935	2.982	2.926

Soja Ribeirão Preto – Solo com excesso de acidez no subsolo de Latossolo Ácrico argiloso (Raij et al., 1994)..Aumentos de produção.

Calcário, t/ha	Produções de soja (kg/ha) em função de t/ha de gesso				
	0,4	1,6	3,6	6,4	10,0
0,9	+0			+330	
2,5					
4,9					
8,1	+745			+989	
12,1					

Soja Ribeirão Preto – Solo com excesso de acidez no subsolo de Latossolo Ácrico argiloso (Raij et al., 1994). – Função de resposta

Fatorial 5 x 5

Superfície de resposta – essencial para cálculos econômicos:

$$.Y = 1.761 + 167,3 C - 7 C^2 + 90,8 G - 5G^2 - 2 CG$$

Soja Ribeirão Preto – Solo com excesso de acidez no subsolo de Latossolo Ácrico argiloso (Raij et al., 1994). Cálculos econômicos.

Retirando funções de 2º grau:

$$Y = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

Dose mais econômica ou dose ótima:

$$(a_1 - c/v) [2(-a_2)]$$

Pode-se calcular melhores combinações de calcário e gesso, bem como retornos financeiros

■ Doses recomendadas versus doses ótimas para diversas culturas. V da superfície; argila, Ca e m do subsolo (diversos autores) - 1

Cultura	V, %	Argila g/kg	Ca, mmol _c / dm ³	m, %	Calcário, t/ha		Gesso, t/ha	
					Recom.	Prod. máx.	Recom	Prod. máx.
Milho	36	(500)	7	62	3,8	12	3,0	8
Cana	15	160	1,2	59	1,6	6	1,0	6
Cana	15	160	1,2	76	1,6	4	1,0	2
Cana	3	230	0,5	87	4,1	4	1,4	5
Cana	19	760	9,1	40	3,0	3	4,6	6
Cana	33	140	6,3	18	1,1	1,5	0,8	6

■ Doses recomendadas versus doses ótimas para diversas culturas. V da superfície; argila, Ca e m do subsolo (diversos autores) - 2

Cultura	V, %	Argila g/kg	Ca, mmol _c / dm ³	m, %	Calcário, t/ha		Gesso, t/ha	
					Recom.	Prod. máx.	Recom	Prod. máx.
Cana	31	190	0,5	79	0,9	1,8	1,1	4,8
Cana	5	590	1,9	81	5,1	10	3,5	10
Soja	33	(500)	11	25	1,6	9	3,0	6
Soja	11	(700)	2	55	4,6	8,1	4,2	6,4
Algodão	32	(700)	3	17	2,5	3	3,0	6,0

Conclusões

1 - O gesso é um insumo que, aplicado em solos responsivos, permite aumentos moderados de produção por muitos anos, levando a situações economicamente vantajosas.

Conclusões

2 – As recomendações atuais de aplicação de gesso subestimam as aplicações necessárias para produções máximas econômicas. O estabelecimento de doses não leva em conta a profundidade do solo a ser atingida pelo gesso e nem a retenção do sal pelo solo.

Conclusões

3. Há necessidade de experimentos com calcário e gesso que permitam estabelecer relações entre quantidades aplicadas dos insumos e produções, para o estabelecimento de doses ótimas e retornos econômicos.

A wide-angle photograph of a lush green field, likely a soybean field, with rows of plants stretching into the distance. A white sign on a black post is visible in the middle ground, partially obscured by the text. The sign contains some illegible text, possibly related to agricultural research or a company name. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

Obrigado pela atenção