

# **CALAGEM NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

**IBANOR ANGHINONI**

**DEPARTAMENTO DE SOLOS  
FACULDADE DE AGRONOMIA/UFRGS**

# RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM

## DEFINIÇÃO DA DOSE

### → Índices de tomada de decisão

- pH
- Al trocável
- Saturação por bases

### → Índices de recomendação da dose:

- Índice SMP
- Al x fator
- Fórmula = saturação por bases a atingir

**(SOLO-CULTURA)**

# **RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM** cont.

## **MANEJO DA CALAGEM**

- **Fontes**
- **Modos**
- **Épocas**
- **Profundidade**

**(CORRETIVO-SOLO-CULTURA)**

# CALAGEM x SISTEMAS DE MANEJO

Sistema	Fase	Recomendação	
		Dose	Manejo
<b>Convencional</b>	<b>Instalação</b>	<b>Consolidada</b>	<b>Consolidada</b>
	<b>Reaplicação</b>	<b>Consolidada</b>	<b>Consolidada</b>
<b>Plantio Direto</b>	<b>Instalação</b>	<b>Consolidada</b>	<b>Consolidada</b>
	<b>Lavoura</b>		
	<b>C. natural</b>	<b>?</b>	<b>?</b>
	<b>Reaplicação</b>	<b>?</b>	<b>?</b>
<b>Lavoura</b>			
<b>C. natural</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	

**?? Recomendações - Alterações:**

**No solo**

**Na resposta das culturas**

# PERFORMANCE DAS CULTURAS LAVOURAS

<b>Autor</b>	<b>Região</b>	<b>SPD</b>	<b>Cultura</b>	<b>Rendimento</b>
		<b>Anos</b>		<b>t.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Sá (1996)</b>	<b>Campos Gerais-PR (40)<sup>1</sup></b>	<b>&gt; 5</b>	<b>Soja</b>	<b>3,11</b>
			<b>Milho</b>	<b>7,28</b>
<b>Salet (1996)</b>	<b>Planalto-RS (15)<sup>1</sup></b>	<b>&gt; 8</b>	<b>Soja</b>	<b>2,90</b>
			<b>Milho</b>	<b>6,20</b>
			<b>Trigo</b>	<b>2,80</b>

**<sup>1</sup>Número de lavouras.**

# PERFORMANCE DAS CULTURAS EXPERIMENTOS

Solo	SPD	Acidez	Culturas <sup>1</sup>	Rend. t.ha <sup>-1</sup>
	Anos			
LVD argiloso	7	pH (H <sub>2</sub> O) 4,7	Soja	2,42
		Al 2,31	Trigo	1,77
		NC 10,7	Milho	4,31
LVA argiloso	10	pH (H <sub>2</sub> O) 4,6	Soja	2,81
		Al 1,88	Trigo	1,77
		NC 7,2	Milho	6,46

**Pottker & Ben (1997)**

Al = cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>; NC = t.ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>Média de duas colheitas.

# PERFORMANCE DAS CULTURAS EXPERIMENTOS

Solo	SPD	Acidez	Culturas <sup>1</sup>	Rend.
	Anos			t.ha <sup>-1</sup>
LVA argiloso	10	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 4,1	Soja	2,94
		Al 1,25	Trigo	1,86
		NC 7,1	Milho	8,20
LVA arenoso	-	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 4,1	Soja	2,81
		Al 0,63	Trigo	2,17
		NC 4,1	Milho	6,46

**Sá (1996)**

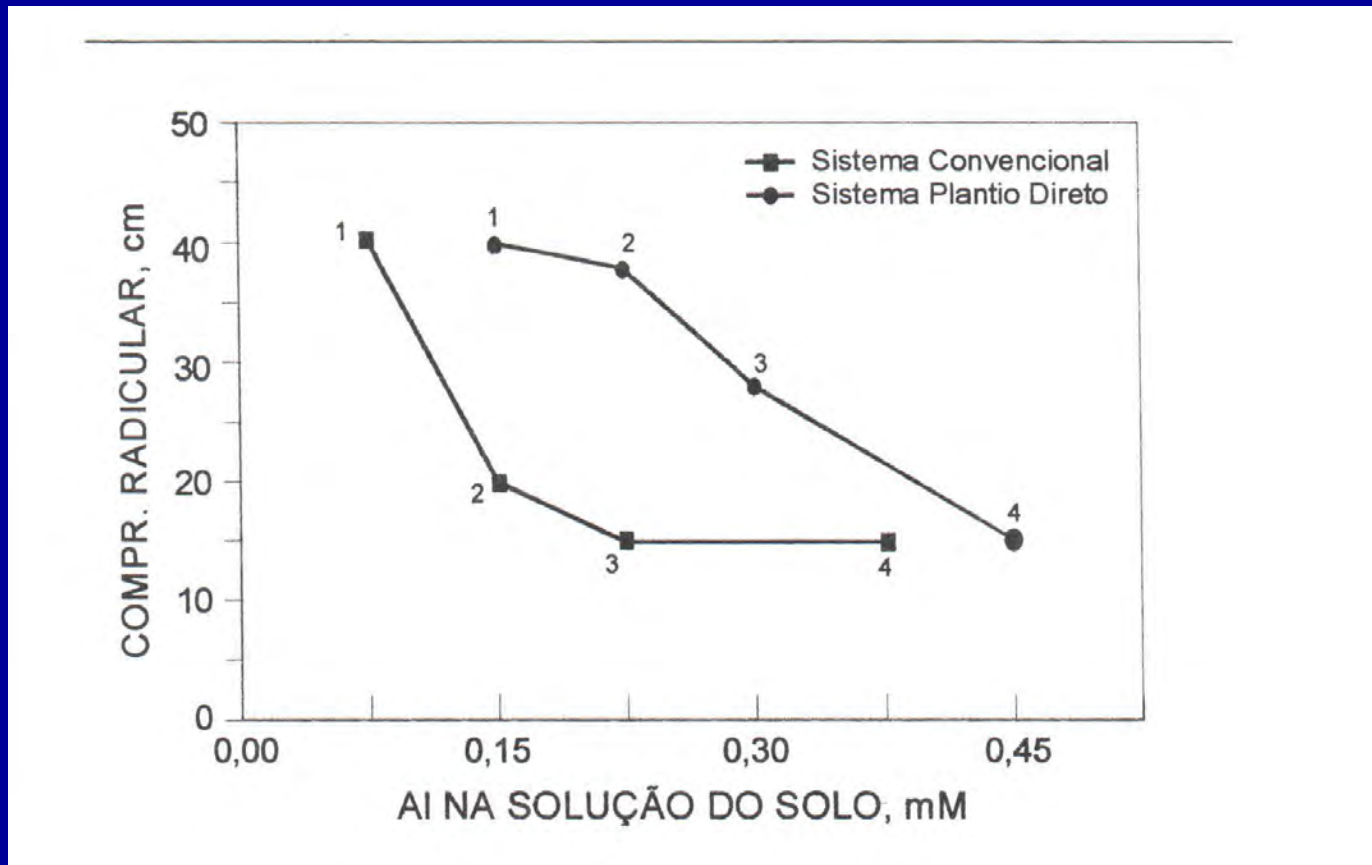
Al = cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>; NC = t.ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>Média de duas colheitas e quatro cultivares.

# TOXIDEZ DE ALUMÍNIO NO SPD

BIO-ENSAIO: SOJA – Solução do solo

## COMPRIMENTO RADICULAR x MANEJO





# ALUMÍNIO NA SOLUÇÃO

## ESPÉCIES E ATIVIDADE (Soil solution) x MANEJO DO SOLO

Espécie Atividade	Manejo do solo	
	Convencional	Plantio direto
	----- % -----	
$Al^{3+}$	4,0	2,5
$AlOH^{2+}$	1,6	1,6
$Al(OH)_2^+$	42	25
$Al(OH)_3$	1,3	0,7
$Al(OH)^{4+}$	< 0,1	< 0,1
$AlSO_4^-$	0,6	0,2
$AlH_2PO_4^{2+}$	< 0,1	< 0,1
Al-ligante org.	49	70
Atividade do Al	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-6}$

SALET et al. (1999)

# ÍNDICES DE TOMADA DE DECISÃO

## Questionáveis

### SITUAÇÕES:

- pH BAIXO ( $< 5,5$ ) E AI TROCÁVEL ALTO ( $> 1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ )
- pH BAIXO E AI TROCÁVEL BAIXO

# TOXIDEZ DE ALUMÍNIO

**pH BAIXO E ALUMÍNIO TROCÁVEL ALTO**

**COMPLEXAÇÃO DE ALUMÍNIO NA SOLUÇÃO DO SOLO**

**Ligantes orgânicos simples**

**Ácidos fúlvicos**

## COMPLEXAÇÃO DE Al-ÁCIDOS FÚLVICOS

Solo	Época	Manejo do solo			
		Convencional		Plantio direto	
		UF	MD	UF	MD
		----- % -----			
LVA	1	13	15	46	56
		25	74	68	92
LVd	1	34	28	61	63
Média		24	39	58	70

UF = Ultrafiltração; MD = Membrana de diálise

**(SALET, 1998)**

# TOXIDEZ DE ALUMÍNIO

pH BAIXO E ALUMÍNIO TROCÁVEL BAIXO

COMPLEXAÇÃO DE ALUMÍNIO NA SUPERFÍCIE

Adsorção específica / complexos de esfera interna

## ALUMÍNIO DESLOCADO COM KCl 1 N

Manejo	Solo			
	LVA (8 anos)		LVd (11 anos)	
	pH	Al	pH	Al
	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>		cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	
Plantio direto	5,0	0,44	4,9	1,80
Convencional	5,0	0,92	5,0	2,10

**EVIDÊNCIA:** Diminuição do Al trocável (KCl 1 mol.dm<sup>-3</sup>) com o aumento da matéria orgânica em solo (PE) com mesmo pH, decorrente de diferentes sistemas de culturas após 15 anos no SPD (**R<sup>2</sup> = 0,86**). **(SALET, 1998)**

**COMPROVAÇÃO:** extração após queima da M.O. uso de extrator mais forte (CuCl<sub>2</sub>)

# **MODO DE APLICAÇÃO**

**CALAGEM SUPERFICIAL (sem incorporação)  
PRÁTICA CORRENTE - RECOMENDAÇÃO:**

**REAPLICAÇÃO - em lavouras consolidadas no SPD  
INSTALAÇÃO E REAPLICAÇÃO – em campo natural**

## **JUSTIFICATIVA**

**Manutenção de características físicas**

- ➔ favoráveis para conservação do solo**
- ➔ “construídas” no tempo**

# CALAGEM SUPERFICIAL

## RESPOSTAS DAS CULTURAS LAVOURAS

Solo	SPD	Características de acidez (0-20 cm)		
		pH H <sub>2</sub> O	Al/CTCe	NC (SMP, pH 6,0)
	Anos		%	t.ha <sup>-1</sup>
LVA	10	4,6	18	7,2
LVd	7	4,7	44	10,7

**Pottker & Ben (2000)**

# RENDIMENTO ACUMULADO

## Soja-trigo-milho-aveia-soja

Solo	Sem calc.	Calcário superficial - SMP					Calc. inc. 1/1 SMP
		1/16	1/8	1/4	1/2	1/1	
		----- t.ha <sup>-1</sup> -----					
LVA	15,8	17,4	17,6	17,6	17,9	17,9	17,6
LVd	12,5	13,9	13,7	13,8	14,3	14,7	14,9
Média	14,1	15,6	15,7	15,7	16,1	16,3	16,3

**Pottker & Ben (2000)**

**SEM CALCÁRIO = BONS RENDIMENTOS**

**CALAGEM SUPERFICIAL:**

- Resposta pequena (até 1/2 smp)
- Doses baixas ( $\leq$  1/4 smp) = perda do efeito residual – 4ª cultura

# CALAGEM SUPERFICIAL

## RESPOSTA DAS CULTURAS – RS

### **RUEDELL (1995)**

**Solo: LE (argiloso) – C. ALTA**

**pH = 5,2; Al/CTCe = 4,6%**

**SPD = 8 anos**

**Culturas: milho–trigo–soja**

**RESPOSTA: inexistente para doses de até 5 t.ha<sup>-1</sup>**

### **ANGHINONI et al. (2000)**

**Solo: PE (franco-argiloso) – ELDORADO DO SUL**

**pH = 4,8; Al/CTCe = 9-11%**

**SPD = 12 anos – com reaplicação de calcário a cada 4 anos**

**Cultura: milho**

**MESMO RENDIMENTO:**

- Preparo convencional 12 anos
- Plantio direto: 12 anos sem revolvimento
  - 8 anos sem revolvimento
  - revolvimento a cada 4 anos



# CALAGEM SUPERFICIAL

## RESPOSTAS DAS CULTURAS - PR (CAIRES, 2000)

Cultura	Solo		Rend. médico	Dose	Aumento médico	Fonte
	pH	Al				
		cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	----- t.ha <sup>-1</sup> -----		%	
Soja	4,1	0,85	1,8	5,5	42	Oliveira & Pavan (1996)
	4,1	1,22	2,8	2,0	20	Sá (1999)
	4,5	0,60	2,8	4,0	9	Caires et al. (2000)
Milho	4,1	1,22	8,2	2,0	9	Sá (1999)
	4,5	0,60	9,5	4,0	4	Caires et al. (2000)
Trigo	4,1	1,22	1,9	2,0	4	Sá (1999)
	4,5	0,60	1,4	4,0	34	Caires et al. (2000)

**SEM CALCÁRIO – RENDIMENTO VARIÁVEL**  
**RESPOSTA - VARIÁVEL**

# CALAGEM SUPERFICIAL

## RESPOSTAS DAS CULTURAS CAMPO NATURAL

Solo	Características da acidez (0-20 cm)		
	pH H <sub>2</sub> O	Al troc. cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	NC (SMP pH 6,0) t.ha <sup>-1</sup>
LVA	4,6	2,45	8,8
LVd	4,2	2,50	8,0

**Pottker & Ben (2000)**

# RENDIMENTO ACUMULADO

Soja - trigo - soja - trigo - soja

Solo	Sem calc.	Calcário superficial - SPD				Calc. incorp.
		1/8	1/4	1/2	1/1	
----- t.ha <sup>-1</sup> -----						
LVd	8,2	9,8	10,5	11,3	11,2	11,8
LVd	10,6	13,2	13,8	14,1	14,3	14,7
Média	9,4	11,5	12,1	12,7	12,8	13,2

**Pottker & Ben (2000)**

**SEM CALCÁRIO = Rendimento médio**

**CALAGEM SUPERFICIAL:**

- Resposta até 1/2 SMP
- Rendimento pouco abaixo do que no calcário incorporado

# **CALAGEM SUPERFICIAL X ALTERAÇÕES NA SUBSUPERFÍCIE**

**OCORREM RAPIDAMENTE**

**DIVERSOS MECANISMOS**

**FRENTE DE ACIDIFICAÇÃO**

**X**

**FRENTE DE ALCALINIZAÇÃO**

# CALAGEM SUPERFICIAL x EFEITO EM PROFUNDIDADE

Autor	Solo	Dose de calcário	Tempo da aplicação	pH H <sub>2</sub> O	Al troc.	Ca troc.	Mg troc.	Saturação Al/CTC por bases	
		t.ha <sup>-1</sup>	Anos		----- cm -----				
Cassol (1995)	PVD <sup>1</sup> (franco-argiloso)	3,7	5	2,5	2,5	2,5	2,5	-	2,5
Sá (1996)	LVD <sup>2</sup> (argiloso)	7,0	4	10	-	10	-	5	-
	LVD (arenoso)	4,1	2	10	-	5	30	20	-
	Cambissolo	4,7	0,75	10	-	-	-	10	10
Pöttker & Ben (1998)	LVA <sup>3</sup> (argiloso)	1,8 - 7,2	3	-	5 - 10	10	10	-	-
	LVD (argiloso)	0,7 - 10,7	3	-	10	-	-	-	-
Santos (1977)	PVD (arenoso)	1,2 - 3,6	1,5	7,5	7,5	7,5	12,5	-	-
Petrere (1997)	LVD (média)	2-6	3,5	15	17,5	17,5	22,5	-	12,5
<b>Média</b>			<b>2,8</b>	<b>7,5</b>	<b>9,0</b>	<b>8,7</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>8,3</b>

**<sup>1</sup> PVD: Argissolo Vermelho distrófico, <sup>2</sup> LVD: Latossolo Vermelho distrófico, <sup>3</sup> LVA Latossolo Vermelho alumínico**

# **INTERAÇÕES CALCÁRIO-FÓSFORO** **x** **TOXIDEZ DE ALUMÍNIO**

- RELAÇÃO DE SUBSTITUIÇÃO: observada no sistema convencional na década de 70 -Vidor & Freire; Voll et al.**
- RESPOSTA DAS CULTURAS: solos ácidos e def. em P**
- ELEVAÇÃO DOS TEORES DE P DISPONÍVEL NO SOLO**
- GRADIENTE DE CONCENTRAÇÃO DE P NO SPD**
- ELEVADA AFINIDADE ENTRE ALUMÍNIO E FÓSFORO**

# CALAGEM - FÓSFORO

## RESPOSTA DAS CULTURAS - RS/SC (SISTEMA CONVENCIONAL)

Cultura	Ensaio	Resposta		
		> a fósforo	similar	> a calagem
Soja	16	9	4	3
Trigo	14	8	4	2
Total	30	17	8	5

Adaptada por Anghinoni & Salet (2000)

# EVOLUÇÃO DO FÓSFORO (Mehlich-1) NO RS

Classe	Levantamento			
	1969 <sup>1</sup> (27.814) <sup>5</sup>	1981 <sup>2</sup> (41.226) <sup>5</sup>	1988 <sup>3</sup> (58.528) <sup>5</sup>	2000 <sup>4</sup> (168.200) <sup>5</sup>
	----- % -----			
Muito baixa	80,1	36,4	31,7	29,4
Baixa	13,2	26,4	26,9	29,1
Média	2,8	13,6	14,4	20,8
Suficiente	3,9	7,5	8,1	14,5
Alta	0	16,1	18,9	6,2

<sup>1</sup> Porto (1970), <sup>2</sup> Tedesco et al. (1984), <sup>3</sup> Drescher et al. (1995),

<sup>4</sup> Reinheimer et al. (2000) <sup>5</sup> Número de amostras



# AFINIDADE ALUMÍNIO-FÓSFORO

Formação de  $\text{AlPO}_4$  no SPD

Fósforo na camada de 0-2,5 cm

Solo	Tempo SPD	Fósforo		
		Mehlich-1 ----- mg.L <sup>-1</sup>	Resina -----	Solução mmol.L <sup>-1</sup>
LVdf	18	68	66	0,06
LVd	14	173	88	0,15
PVd	12	163	68	0,27

# FÓSFORO NA SOLUÇÃO

(MINTEQA2)

Al = 0,15 mmol.L<sup>-1</sup>      pH = 5,0

Sistema	COS	P = 0,06 mmol.L <sup>-1</sup>		P = 0,27 mmol.L <sup>-1</sup>	
		Al-lig. org.	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-1</sup>	Al-lig. org.	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-1</sup>
	mmol.L <sup>-1</sup>	----- % -----		-----	
SPD	2,1	98,2	97,4	98,1	97,4
SC	1,2	96,2	97,1	96,2	97,1
Simul.	0	0	96,6	0	96,6

Al = 0 e COS = 0 mmol.L<sup>-1</sup>; pH = 5,0; H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> = 96,5%

# CALAGEM SUPERFICIAL

## RECOMENDAÇÕES RS/SC

**COMISSÃO (1995):** Dose: 1-2 t.ha<sup>-1</sup>  
Intervalo: 2 anos

**COMISSÃO (1997):** Amostragem: 0-10 cm  
Dose: ¼ a ½ SMP pH 6,0  
Intervalo: 3 anos

**COMISSÃO (2000):** Amostragem: 0-10 cm

Condição	Índice	Dose	Intervalo
Lavoura	pH água < 5,5 Sat. bases < 60%	½ SMP pH 5,5	4-5
Campo natural	pH água < 6,0 Sat. bases < 60%	½ SMP pH 6,0	3-4

**Recomendação: máxima: 5 t.ha<sup>-1</sup> ; mínima: 2 t.ha<sup>-1</sup>**

# CALAGEM SUPERFICIAL

## RECOMENDAÇÕES PARANÁ

**SÁ (1993):** em função da textura do solo

Textura	Dose	Intervalo
	t.ha <sup>-1</sup>	anos
Arenosa	1-1,5	2
Média	1,5-2	2
Argilosa	2-2,5	2

**CAIRES (2000):** Amostragem 0-20 cm  
elevar a saturação por bases até 65%

Todavia, a calagem superficial somente deve ser recomendada para solo com pH (CaCl<sub>2</sub>) inferior a 5,6 ou saturação por bases inferior a 65%, na camada de 0-5 cm.