

Evolução de características químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico até o quinto ano após aplicação de resíduos da indústria de celulose

José Alfredo da Fonseca¹, Ana Lúcia Hanisch², Rogério Luiz Backes³ e Itamar Gislon⁴

Resumo – Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de uma mistura de lama de cal, dregs e grits (LCDG), oriunda de uma indústria de celulose, sobre o pH e os teores de P, Na, Ca, Mg, K e S no solo, foi implantado um experimento em um Latossolo Vermelho Distrófico típico no Planalto Norte de Santa Catarina. Os tratamentos foram compostos de sete doses de LCDG, de doses de calcário dolomítico (CD) e calcítico (CC) e de uma mistura de LCDG + CD necessárias para elevação do pH do solo a 6 na camada de até 20cm. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo aplicados os tratamentos nas parcelas principais e, um ano após, aplicados os mesmos tratamentos em subparcelas. A LCDG elevou o pH em água, os teores de Ca e a relação Ca/Mg do solo até o quinto ano, e os teores de Na e de P apenas no primeiro ano após a aplicação. Um ano após a aplicação, os teores de Na encontraram-se abaixo daqueles referidos como potenciais para dispersar argilas e salinizar o solo. Por um período de 5 anos, a LCDG apresentou resultados semelhantes àqueles dos demais corretivos em relação à capacidade de neutralizar a acidez do solo.

Termos para indexação: milho, lama de cal, dregs, grits, acidez do solo.

Dynamic of chemicals characteristics in a typical Distrofic Red Latosol until the fifth year of use of cellulose industry residues

Abstract – In order to evaluate the effects of the application of the mixture of lime mud, dregs and grits (LCDG), resultant from the cellulose industry process, on pH, P, Na, Ca, Mg, K and S in soil, an experiment was implemented on a typical Distrofic Red Latosol according to the Brazilian system of soil classification. The treatments were seven doses of LCDG, doses of dolomitic lime (CD) and calcitic lime (CC) and of a mixture of LCDG + CD needed to elevate the soil pH to 6 within a 20cm-deep layer. Treatments were arranged in randomized complete blocks, split-plots design with three replications. One year after the first application the treatments were reapplied as a split factor. The LCDG raised the pH in water, the levels of Ca, and the ratio soil Ca/Mg until the fifth year, and the levels of Na and P only in the first year after application. One year after the application, the contents of Na are below those mentioned as potential to disperse clays and make the soil salty. For a period of 5 years, the LCDG presented similar results to those of other correctives in relation to the ability to neutralize the acidity of the soil.

Index terms: corn, lime mud, dregs, grits, soil acidity.

Introdução

Os solos do Planalto Norte Catarinense caracterizam-se, em grande parte, pela elevada acidez e pela baixa disponibilidade de bases e de P nas condições originais, sendo necessários aportes de nutrientes e corretivos ao solo para elevar sua fertilidade (Wiethölter, 2000). A natureza caulínica/oxídica desses tipos de solo os transforma em mais um dreno do estoque original de P em função da adsorção específica desse

nutriente, principalmente em óxidos de ferro e de alumínio, podendo limitar o desenvolvimento de culturas anuais (Novais et al., 2007). Por outro lado, as rochas sedimentares, predominantes nessa região, apresentam teores de K ao redor de 30g/kg (Ernani et al., 2007), que podem ser considerados intermediários. Contudo, o uso intensivo do solo tende a exaurir rapidamente o estoque de K requerendo reposições. A disponibilidade do S no solo é condicionada pelo teor de

matéria orgânica do solo (MOS), pela mineralogia, pelo clima, pelos íons acompanhantes e pelo pH do solo, entre outros fatores, sendo comum a maior parte estar contida na MOS (Bissani & Tedesco, 1988). É de esperar, portanto, que a elevação no pH do solo, por favorecer a atividade biológica, aumente concomitantemente a disponibilidade de S, o que deve acontecer também pela mudança na proporção entre cargas negativas (que aumentam) e positivas (que diminuem) ►

Recebido em 20/4/2011. Aceito para publicação em 18/7/2012.

¹ Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri / Estação Experimental de Canoinhas, C.P. 216, 89460-000 Canoinhas, SC, fone: (47) 3624-1144, e-mail: fonseca@epagri.sc.gov.br.

² Engenheira-agrônoma, M.Sc., Epagri / Estação Experimental de Canoinhas, e-mail: analucia@epagri.sc.gov.br.

³ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), C.P. 791, 88034-970 Chapecó, SC, fone: (49) 3361-0633, e-mail: backes@epagri.sc.gov.br.

⁴ Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri / Escritório Municipal de Joinville, C.P. 37, 89201-970 Joinville, SC, fone: (47) 3433-8267, e-mail: itamargislon@epagri.sc.gov.br.

do solo. Por outro lado, o acréscimo de P e a presença de íons acompanhantes podem antepor-se a esse efeito (Alvarez et al., 2007).

Em geral, o alto custo dos insumos tem restringido seu uso adequado, repercutindo na produtividade e na lucratividade dos empreendimentos agrícolas. No entanto, a disponibilidade de insumos alternativos, principalmente quando disponíveis no âmbito regional com baixos custos, é uma potencialidade para a solução da questão técnica de produção, ao mesmo tempo que possibilita alocar resíduos potencialmente poluidores sem maiores interferências ambientais.

A mistura de lama de cal, *dregs* e *grits* (LCDG), derivada do processo de separação da celulose (CPRH, 1998), possui características químicas que lhe conferem capacidade teórica de neutralizar a acidez e aportar Ca, K, P e S ao solo. Estudos de incubação demonstraram a eficácia do *dregs* (Almeida et al., 2007), do *grits* (Tedesco & Zanotto, 1978) e da lama de cal (Lourenço, 1997) em elevar o pH e adicionar ao solo nutrientes, como o Ca, e alguns micronutrientes. No entanto, são observados nesses resíduos conteúdos significativos de Na, cujo efeito no solo precisa ser avaliado, dadas suas potencialidades de dispersar argila e salinizar o solo (Fassbender & Bornmisza, 1994; Albuquerque et al., 2002), sobretudo quando há reaplicações do resíduo, evento comum entre agricultores na região.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, por um período de 5 anos, os efeitos da LCDG e de sua reaplicação sobre características químicas do solo e obter referenciais para o uso racional do produto em sistema de produção de cereais.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área do Cedup Vidal Ramos, em Canoinhas, SC, num Latossolo Vermelho Distrófico típico que se encontrava

em pousio fazia quatro anos. Antes da instalação do experimento, o solo foi amostrado na camada de até 20cm e analisado conforme Tedesco et al. (1995), apresentando as seguintes características: 560g/kg de argila, 4,2 de pH_{H_2O} , 4,4 de I-SMP, 53g/kg de MOS, 2,2mg/L de P disponível/extraível, 250mg/L de K trocável, 4,5cmol/L de Al trocável, 1,9cmol/L de Ca trocável, 0,6cmol/L de Mg trocável, 0,03cmol/L de Na trocável, 15,1cmol/L de H + Al, 18,3cmol/L de CTC, 17% de saturação por bases (V), 24,6% de saturação por Al (m), 3,2 de relação Ca/Mg e 6,7mg/L de S.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com parcelas subdivididas e três repetições. Nas parcelas principais foram aplicados os tratamentos, constituídos de diferentes doses de uma mistura de lama de cal, *dregs* e *grits* (LCDG) e de calcário, quais sejam: 1) testemunha, sem aplicação de corretivo; 2) 1,9t/ha de LCDG; 3) 3,8t/ha de LCDG; 4) 7,6t/ha de LCDG;

5) 15,2t/ha de LCDG; 6) 22,5t/ha de LCDG; 7) 30,4t/ha de LCDG; 8) 22,2t/ha de calcário dolomítico; 9) 23,6t/ha de calcário calcítico; 10) 15,2t/ha de LCDG + 11,1t/ha de calcário dolomítico. As doses utilizadas nos tratamentos 7 a 10 foram definidas tendo como referencial a elevação do pH do solo a 6 na camada de até 20cm, conforme recomendação vigente na época (Sociedade..., 1995). No segundo ano, após a divisão das parcelas principais em duas subparcelas, foram aplicadas em uma delas as mesmas quantidades de cada tratamento, visando avaliar os efeitos da reaplicação dos produtos ou das doses. As características da LCDG e dos calcários utilizados, determinadas de acordo com metodologias descritas em Tedesco et al. (1995), encontram-se na Tabela 1.

Os tratamentos foram aplicados três meses antes do plantio e incorporados a 20cm de profundidade. Cada parcela possuía área de 21m² e área útil de 10m². O milho foi cultivado em sistema convencional, procedendo-se a uma

Tabela 1. Composição média da LCDG⁽¹⁾ e dos calcários utilizados

	LCDG	Calcário dolomítico	Calcário calcítico
Peneira ABNT nº 10 (2mm)	15,70	0,17	0,05
Peneira ABNT nº 20 (0,84mm)	14,00	3,58	0,08
Peneira ABNT nº 50 (0,297mm)	62,10	11,41	0,96
Fundo das peneiras	-	84,90	98,97
Valor de neutralização (%)	89,10	102,19	89,71
PRNT	62,20	94,42	88,91
CaO total (%) (m/m)	49,70	27,76	44,49
MgO total (%) (m/m)	0,80	19,68	4,30
Soma dos óxidos de Ca e Mg	50,50	47,44	48,79
Teor de água 105°C	26,00	-	-
pH	12,00	-	-
Densidade (kg/m ³)	900	-	-
P ₂ O ₅ (g/1000g)	0,39	-	-
K ₂ O total (g/1000g)	0,38	-	-
Na total (g/1000g)	20,00	-	-
Al (cmol _c /kg)	9,64	-	-

⁽¹⁾ LCDG: mistura de lama de cal + dregs + grits.

aração e uma gradagem antes da semeadura. Durante o inverno, a área foi mantida em pousio e, na semeadura, as adubações foram comuns a todos os tratamentos.

Anualmente, após a colheita do milho, foram coletadas amostras de solo na camada de até 20cm para avaliação dos efeitos dos corretivos e de sua reaplicação. Nessas amostras foram determinados pH_{H2O}, P e S extraíveis e Na, Ca, Mg e K trocáveis, utilizando-se metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Os resultados do primeiro ano foram analisados pela análise de variância para as doses de LCDG e, quando detectado efeito significativo para as doses pelo teste F, foi realizada análise de regressão para as variáveis estudadas em função das doses de LCDG. Para as análises do terceiro e quinto anos, devido à reaplicação, foi adotado o mesmo procedimento estatístico, considerando-se o delineamento de tratamentos experimental com parcelas subdivididas. Quando o teste F indicou a não significância da interação, as médias dos teores de P, Ca, K, S e Mg e da relação Ca:Mg na aplicação e reaplicação foram comparadas pelo teste t. Quando houve significância na interação, foram aplicadas análises de regressão para as características do solo em função das doses. O segundo segmento da análise estatística foi constituído por teste de comparação de médias entre a maior dose de LCDG e os demais tratamentos, utilizando teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

No primeiro ano após a aplicação dos tratamentos, foi observado efeito de regressão linear positiva entre o pH do solo e as doses de LCDG aplicadas (Figura 1a), obtendo-se o maior valor de pH com a aplicação de 30,4t/ha de LCDG. Esse resultado demonstra a alta reatividade da LCDG e sua rápida ação na neutralização da acidez do solo. O efeito da LCDG sobre o pH do solo foi

superior ao dos calcários, embora os valores de poder relativo de neutralização total (PRNT) dos calcários usados fossem superiores aos da LCDG. Isso demonstra que a natureza da LCDG, gerada por processo químico industrial, lhe confere maior solubilidade do que os calcários. Assim, embora a granulometria mensurada confira baixo valor à eficiência relativa da LCDG e, conseqüentemente, para seu PRNT, sua reatividade mostrou-se alta. Infere-se, portanto, que os valores da eficiência relativa e do PRNT da LCDG, por consequência, não correspondem aos efeitos observados neste trabalho, necessitando de outro método para a determinação dessas características que estimam o valor corretivo do resíduo.

Tedesco & Zanotto (1978), trabalhando com *grits* em vasos, observaram que as frações mais finas tiveram desempenho semelhante ao carbonato de cálcio, enquanto as mais grossas tiveram desempenho inferior a ele na elevação do pH do solo. Lourenço (1997), em experimento com lama de cal oriunda da indústria de celulose, aplicada na dose de 14t/ha e incubada por 60 dias, observou efeito sobre o pH do solo semelhante ao carbonato de cálcio, tanto em função das quantidades aplicadas quanto da velocidade de reação. Teixeira (2003), por sua vez, observou eficiência do *dregs* e do *grits* em elevar o pH do solo, sem, contudo, haver prejuízo aos demais atributos dos

solos testados.

A manutenção do pH do solo em 5,5 e 5,3 no terceiro e quinto anos respectivamente (Figuras 1b e 1c), para a dose de LCDG equivalente a 100% do I-SMP aplicada, indica bom efeito residual da LCDG comparativamente aos calcários, mesmo com sua solubilização mais rápida. Nessas mesmas figuras, observa-se que a reaplicação dos tratamentos manteve o pH próximo a 7

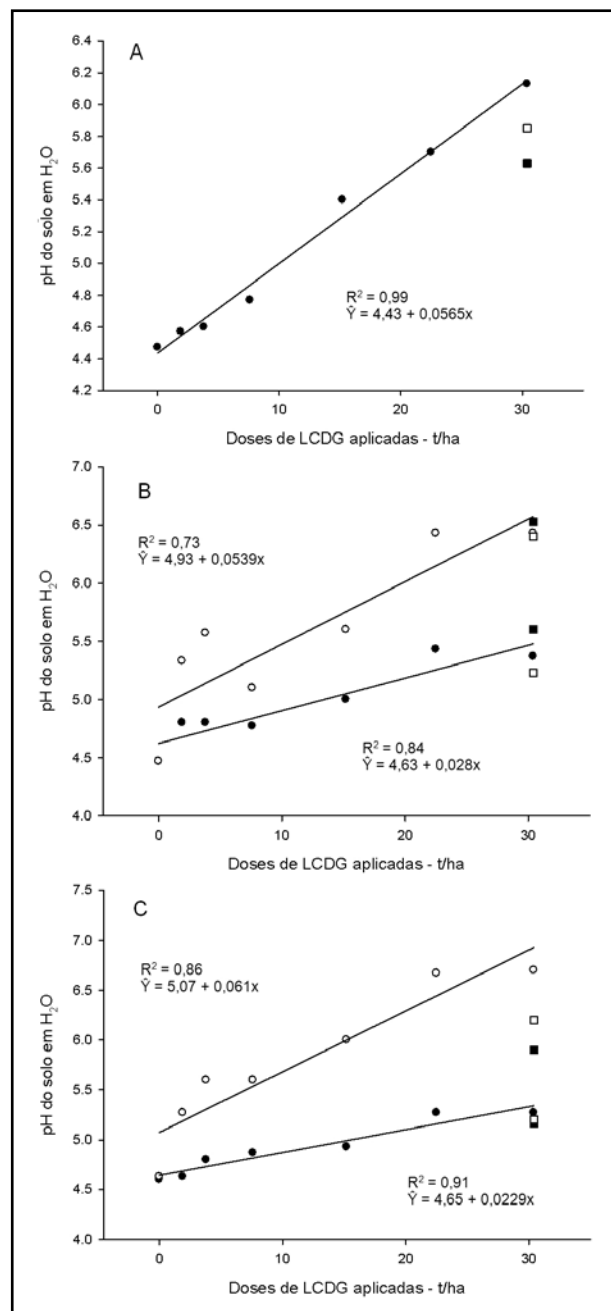


Figura 1. pH do solo após (A) 1, (B) 3 e (C) 5 anos da aplicação (●) e da reaplicação (○) de diferentes doses de LCDG. Teores de calcário dolomítico (■) e da mistura de LCDG + CD (□) apresentados apenas como referência

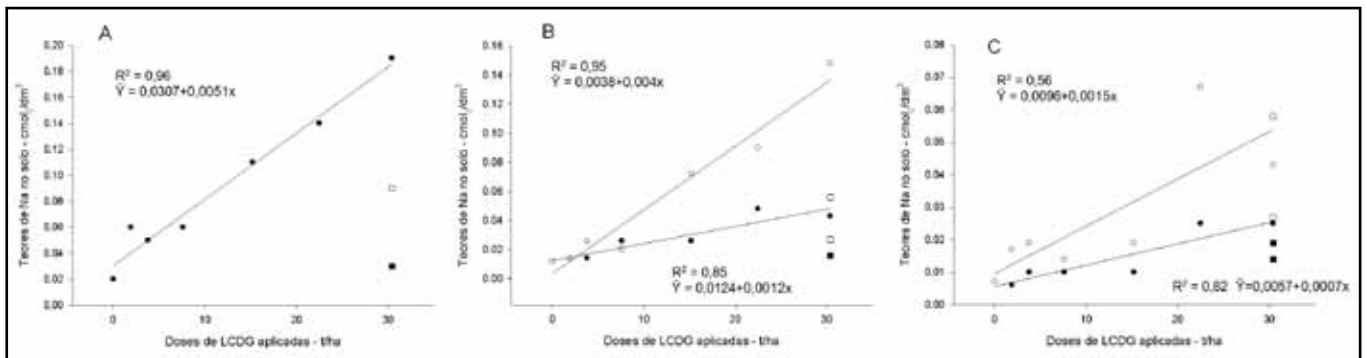


Figura 2. Teores de Na no solo após (A) 1, (B) 2 e (C) 3 anos da aplicação (●) e da reaplicação (○) de diferentes doses de LCDG. Teores de calcário dolomítico (■) e da mistura de LCDG + CD (□) apresentados apenas como referência

até o quinto ano, valor esse considerado muito alto.

Após a primeira safra, os teores de Na no solo em função das doses de LCDG foram mais bem descritos por uma equação linear crescente (Figura 2A). Esse comportamento está de acordo com o esperado no primeiro ano, tendo em vista os conteúdos de Na presentes nesse resíduo. Nos anos subsequentes, os teores diminuíram sensivelmente, atingindo valores próximos àqueles originais (Figuras 2B e 2C), mesmo com a reaplicação da LCDG. A lixiviação rápida do Na ocorre por não ser preferencial ao Ca na série liotrópica (Vitti & Domeniconi, 2010). Além disso, a presença do ânion sulfato na LCDG, que pode atuar como íon acompanhante, favorece a lixiviação do Na (Almeida et al., 2007).

Segundo Fassbender & Bornemisza (1994), para solos que têm como principais componentes óxidos de ferro ou alumínio e caulinita, são observados efeitos prejudiciais ao solo pela dispersão de argilas e prejuízo às plantas por efeito salino quando a saturação por Na é superior a 15% da CTC. Nas condições do presente trabalho, a saturação por Na na CTC do solo alcançou no máximo 0,74%, situando-se muito abaixo do nível referido como crítico. A mistura LCDG + CD apresentou comportamento intermediário entre a LCDG e os calcários, o que amplia as possibilidades de seu uso.

Na Figura 3A são mostrados os teores de Ca trocável após a primeira safra de milho, que aumentaram em função

das doses de LCDG aplicadas, sendo a dissolução condicionada pela saturação dos sítios de troca. Os tratamentos contendo CD e a mistura de LCDG+CD também apresentaram valores relacionados aos teores de Ca e Mg dos corretivos (Tabela 2). Essas informações são importantes para a adequação da quantidade de Ca e Mg aplicados visando a obtenção de diferentes razões entre esses nutrientes, fator de alta importância para o manejo da nutrição de plantas (Marschner, 1995).

Após a terceira e a quinta safra de milho observou-se, para o teor de Ca, efeito linear para o fator aplicação,

enquanto para o fator reaplicação o melhor ajuste foi o exponencial (Figuras 3A e 3C). É provável que as desorções e as exportações de Ca, além do tamponamento no ambiente solo com o passar dos anos, seja a causa da mudança de tendência do melhor ajuste para o fator aplicação. Já para o fator reaplicação, em que pese a possibilidade da ocorrência desses mesmos fatores, os níveis de saturação da CTC com Ca ainda se mantiveram altos. Os teores de Mg no solo refletiram os teores desse elemento existentes nas diferentes fontes ou doses, ou seja, altos teores só ocorreram no tratamento com

Tabela 2. Teores de P, K, S e Mg e relação Ca:Mg no solo 1 ano após a aplicação de doses de lama de cal + dregs + grits (LCDG), calcário calcítico (CC), calcário dolomítico (CD) e mistura de LCDG + CD

	P	K	S	Mg	Ca/Mg
	mg/L			cmol/L	-
LCDG 0	2,97	288	10,03	1,00	3,33
LCDG 1,9	7,07	279	11,10	1,13	3,60
LCDG 3,8	8,80	269	9,17	0,73	7,97
LCDG 7,6	9,60	215	9,57	0,93	8,97
LCDG 15,2	11,97	270	10,53	1,03	10,33
LCDG 22,5	14,00	252	9,17	1,10	9,93
LCDG 30,4	11,70	267	11,53	0,93	11,43
Dose	Q*	ns	ns	ns	E*
R ²	0,88	-	-	-	0,62
CD 1 SMP	13,07 ^{ns}	269 ^{ns}	10,70 ^{ns}	4,53 a	1,87 b
CC 1 SMP	8,07	257	9,90	1,63 bc	7,27ab
CD + LCDG	10,07	198	10,27	2,10 b	3,73 b
LCDG 30,4	11,70	267	11,53	0,93 c	11,43 a
CV %	52,85	23,06	21,68	15,63	36,63

Nota: Para doses, apresentada a curva de melhor ajuste (L = Linear simples; Q = Quadrática e E = exponencial) e o valor R². Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação.

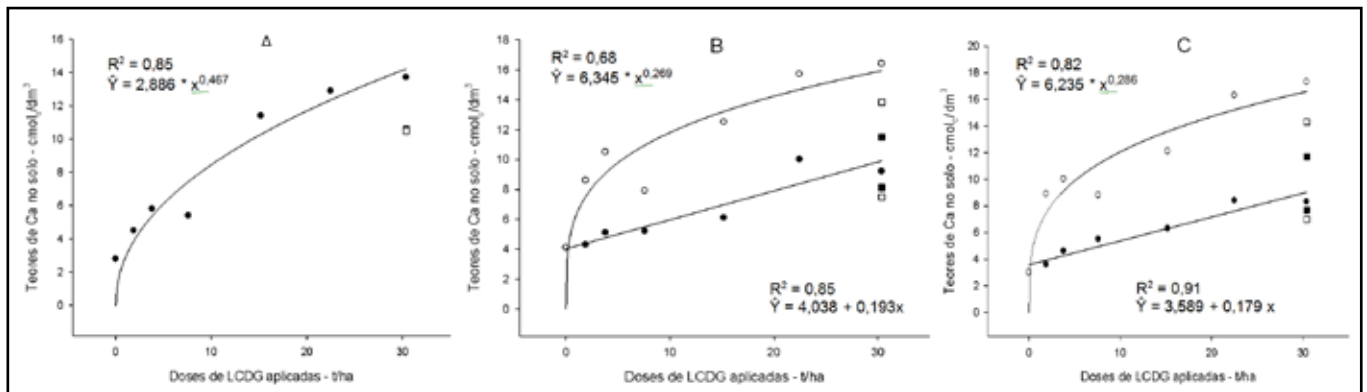


Figura 3. Teores de Ca no solo após (A) uma, (B) três e (C) cinco safras de milho em decorrência da aplicação (●) e da reaplicação (○) de diferentes doses de LCDG. Teores de calcário dolomítico (■) e da mistura de LCDG + CD (□) apresentados apenas como referência.

Tabela 4. Teores de P, K, S e Mg e relação Ca:Mg no solo 5 anos após a aplicação (A) e 4 anos após a reaplicação (R) de doses de lama de cal + dregs + grits (LCDG), calcário calcítico (CC), calcário dolomítico (CD) e mistura de LCDG + CD

	P		K			S			Mg			Ca:Mg			
	A	R	A	R	M ⁽²⁾	A	R	M	A	R	M	A	R	M	
LCDG 0	2,2	2,2	226	356		15	24		0,9	0,9		3,5	4,2		
LCDG 1,9	4,9	3,1	270	351		19	22		1,3	0,9		4,1	3,1		
LCDG 3,8	4,8	2,9	271	321		14	14		0,6	1,1		8,0	9,7		
LCDG 7,6	5,9	3,6	225	337		13	17		0,9	1,5		6,8	7,7		
LCDG 15,2	4,0	5,7	227	338		22	13		0,9	1,6		8,1	9,6		
LCDG 22,5	3,1	5,1	242	329		12	13		0,9	1,6		9,7	12,7		
LCDG 30,4	5,1	6,8	284	295		14	8,9		0,8	1,4		10,7	13,0		
Doses	ns	L*	ns	L*		ns	E*		ns	Q*		L*	L*		
R ²	-	0,88	-	0,54		-	0,70		-	0,94		0,74	0,71		
Média	4,2A	4,3A	249B	332A		15,7A	16A		0,9B	1,6A		7,3A	8,6A		
C.V.%	34,1		24,3			19,5			36,1			40,2			
	A	R	M ⁽²⁾	A	R	M	A	R	M	A	R	M	A	R	M
CD 1 SMP	6,2	3,8	5,0a	366	382	374a	10,1a	13,5a	-	3,6a	5,6a	-	2,2	2,1	2,1 c
CC 1 SMP	3,5	5,9	4,7a	269	352	311ab	13,3a	10,8a	-	1,1b	2,1c	-	8,3	7,7	8,0ab
CD+LCDG	5,4	5,2	5,3a	192	255	224b	10,2a	17,0a	-	1,6b	3,9b	-	4,4	3,7	4,1bc
LCDG 30,4	5,1	6,8	5,9a	284	295	289ab	14,3a	8,9a	-	0,8b	1,4c	-	10,7	13,0	11,8a
Média	5,0A	5,4A		278A	321A		11,9A	12,6A		1,8B	3,2A		6,4A	6,6A	
CV %	41,9	37,6		20,3	32,8		15,2	33,3		19,7	16,5		36,9	28,6	

Nota: Para doses, apresentada a curva de melhor ajuste (L = Linear, Q = Quadrática e E = exponencial) a 5% probabilidade (*) e o valor de R2. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste t no 1º segmento e pelo teste de Tukey a 5% no 2º.

⁽¹⁾ ns = não significativo. ⁽²⁾ M = média estimada; CV = coeficiente de variação: 1 da parcela e 2 da subparcela.

o CD. Após 5 anos, houve significância para a reaplicação e para a interação de fatores na LCDG (Tabela 4). Apesar do baixo teor desse elemento na LCDG, as altas doses aplicadas podem justificar os valores observados.

A relação Ca:Mg aumentou de acordo com o aumento das doses em todos os anos de avaliação (Tabelas 2, 3 e 4). Com reaplicação, nos tratamentos com as maiores doses de LCDG, a relação Ca:Mg atingiu valores de 14,83 e 13, respectivamente, após a terceira

e a quinta safra. Sousa & Rein (2009) sugerem que, no solo, essa relação deva situar-se entre 1:1 até no máximo 10:1, desde que o teor de magnésio no solo seja de, no mínimo, 0,5cmol/dm³. A aplicação do CD manteve a relação em um valor baixo, e a mistura da LCDG + CD permitiu um valor mais adequado para essa relação. Os resultados são coerentes, uma vez que, pela natureza da LCDG, a elevação da relação Ca:Mg era esperada. Porém, a importância da constatação está na orientação

para o rigor dos critérios em eventuais reaplicações.

Os teores de P, K e S no solo estão apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4. Apesar do aporte desses nutrientes pela aplicação da LCDG, verificou-se no primeiro ano significância apenas para o P, com os teores no solo apresentando relação direta com as doses aplicadas, exceto para a dose máxima, em que houve decréscimo, evidenciado pela função quadrática. A alta quantidade aplicada pode ter limitado a dissolução ▶

Tabela 3. Teores de P, K, S e Mg e relação Ca:Mg no solo 3 anos após a aplicação (A) e 2 anos após a reaplicação (R) de doses de lama de cal + dregs + grits (LCDG), calcário calcítico (CC), calcário dolomítico (CD) e mistura de LCDG + CD

	P		K		S		Mg		Ca/Mg						
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R					
LCDG 0	6,4	6,4	231	231	44	44	1,1	1,1	4,0	4,8					
LCDG 1,9	2,9	6,6	223	305	31	18	1,2	2,2	3,9	4,0					
LCDG 3,8	3,5	4,5	231	311	32	29	0,7	1,1	8,7	11,0					
LCDG 7,6	4,4	3,5	211	289	38	24	0,8	1,0	8,6	8,2					
LCDG 15,2	3,6	4,4	237	328	31	22	1,2	2,2	7,6	9,5					
LCDG 22,5	4,1	4,7	182	243	27	20	0,8	1,6	14,0	11,7					
LCDG 30,4	4,6	6,9	240	291	37	19	0,8	1,1	11,1	14,8					
Dose	ns(1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns					
R ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Média	4,2A	5,3A	218B	285A	34A	25A	0,9B	1,5A	8,3A	9,1A					
CV %	39,6		24,5		37,9		31,8		38,3						
	A	R	M ⁽¹⁾	A	R	M	A	R	M	A	R	M	A	R	M
CD 1 SMP	3,2	3,7	3,4b	194	280	237a	26	23	27a	4,1	4,6	4,3a	1,9	1,7	1,8c
CC 1 SMP	3,2	3,5	3,4b	218	282	250a	30	18	21a	1,1	1,5	1,3a	8,0	10,7	9,3b
CD+LCDG	3,1	4,4	3,7b	183	186	184a	40	38	24a	3,4	4,3	3,8a	3,3	3,0	3,2c
LCDG 30,4	5,0	5,7	5,4a	240	291	266a	37	19	27a	0,8	1,1	1,0a	11,1	14,0	12,6a
Média	3,6A	4,3A		209A	260A		27A	23A		2,4A	2,9A		6,1B	7,3A	
CV %	18,9	22,8		24,8	32,8		36,4	33,9		71,6	35,4		21,6	16,8	

Nota: Para doses, apresentada a curva de melhor ajuste (L = Linear; Q = Quadrática; e E = exponencial) a 5% de probabilidade (*) e o valor de R². Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste t no 1º segmento e pelo teste de Tukey a 5% no 2º. ns = não significativo; CV = coeficiente de variação: 1 da parcela e 2 da subparcela. (1)M = média estimada.

ou precipitado o P como fosfato de Ca. As quantidades de P₂O₅ e de K₂O aportadas com a maior dose de LCDG aplicada chegam a 88 e 55kg/ha respectivamente, e com a reaplicação dos tratamentos os valores duplicam. Essas quantidades são significativas e podem ser consideradas como uma qualidade adicional da LCDG.

Na avaliação realizada após a quinta safra de milho foi observada tendência de aumento do teor de P no solo em função do aumento das quantidades reaplicadas (Tabela 4). Considerando-se somente a aplicação, não houve tendência clara do comportamento do teor de P no solo. Dois aspectos podem estar envolvidos nesse resultado. O primeiro é a quantidade de P₂O₅ adicionada pela reaplicação, que, após 4 anos, pelo menor pH reinante e consequente maior dissolução da LCDG e eventuais fosfatos de Ca precipitados, libera P. O segundo é o próprio

ambiente criado pela elevação do pH, interferindo na dessorção do P (Souza et al., 2007). Aparentemente, o fator de maior influência nesse caso deve ter sido a quantidade aportada, visto que somente na reaplicação se constatou esse efeito. A maior dose de LCDG e as demais fontes apresentaram teores de P semelhantes.

As médias dos teores de K foram maiores com a reaplicação dos tratamentos, após a terceira e quinta safras (Tabelas 3 e 4), o que está em acordo com os efeitos esperados. Verificou-se, também, uma tendência de diminuição dos teores de K no solo em função do aumento das doses de LCDG reaplicadas. Entre as fontes, observaram-se diferenças entre os tratamentos apenas no quinto ano. Contudo, em todos os tratamentos os teores foram muito altos. Os altos teores existentes no solo antes da implantação do experimento dificultaram maiores

considerações.

Não houve significância entre nenhum dos fatores avaliados para o teor de S no solo em nenhum dos anos testados (Tabelas 2, 3 e 4). Apesar de a elevação do pH favorecer a mineralização da matéria orgânica do solo pela maior atividade biológica, o que disponibilizaria mais S, aparentemente, a geração de cargas negativas pela reaplicação da LCDG e o aporte de P por ela – que na sua forma aniônica concorre com o ânion sulfato por sítios de ligação aos colóides do solo – podem ter permitido a lixiviação do S para a subsuperfície (Vitti et al., 2006; Cantarella & Montezano, 2010), resultando na manutenção dos teores de S no solo em níveis semelhantes para todos os tratamentos.

Conclusões

- A aplicação ao solo das doses da

mistura de lama de cal, *dregs* e *grits*, equivalentes àquelas recomendadas para elevar o pH do solo a 6 na camada de até 20cm de profundidade, eleva o pH, o teor de Ca e a relação Ca:Mg do solo até o quinto ano após sua aplicação, e os de Na e de P apenas no primeiro ano.

- Os teores de Na do solo se mantêm em níveis abaixo daqueles tidos como potenciais para dispersar a argila ou salinizar o solo pela aplicação das quantidades da mistura de lama de cal, *dregs* e *grits* equivalentes àquelas recomendadas.

- Por um período de 5 anos, a mistura de lama de cal *dregs* e *grits* apresenta resultados semelhantes àquelas dos demais corretivos testados na neutralização da acidez do solo.

Agradecimentos

À Fapesc, pelo apoio financeiro para a condução do experimento.

Literatura citada

1. ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E.C. et al. Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.4, p.1065-1073, 2002.
2. ALMEIDA, H.C.; SILVEIRA, C.B.; ERNANI P.R. et al. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (*dregs*). **Química Nova**, v.30, n.7, p.1669-1672, 2007.
3. ALVAREZ, V.H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C.H. et al. Enxofre. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.595-644.
5. BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. O enxofre no solo. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina, PR: Embrapa / Centro Nacional de Pesquisa em Soja; Iapar; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.11-27.
6. CANTARELA, H.; MONTEZANO, Z.F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIM, V.; STIPP, S. (Eds.) **Boas práticas para uso de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v.2, p.5-46.
7. CPRH. **Roteiro complementar de licenciamento e fiscalização: indústria de papel e celulose**. Recife, PE: Companhia Pernambucana do Meio Ambiente, 1998. 95p.
8. ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.571-594.
9. FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. 2.ed. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1994. 420p.
10. LOURENÇO, R.S. Curvas de neutralização de solo com lama de cal, comparada com CaCO₃ p.a. e calcário. **Boletim da Pesquisa Florestal**, n.35, p.30-48, 1997.
11. MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
12. NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.471-550.
13. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC, 1995. 224p.
14. SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.205-274.
15. SOUSA, D.M.G.; REIN, T.A. Manejo da fertilidade do solo para culturas anuais: experiências do cerrado. **Informações Agronômicas**, n.126, p.1-7, 2009.
16. TEDESCO, M.J.; ZANOTTO, D.L. Utilização de resíduo alcalino da Indústria de celulose na correção da acidez do solo. **Agronomia Sulriograndense**, v.14, n.2, p.329-336, 1978.
17. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 174p.
18. TEIXEIRA, J.R. **Utilização de resíduos sólidos alcalinos de indústria de celulose na correção da acidez do solo**. 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003.
19. VITTI, G.C.; DOMENICONI, C.F. Dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta visando boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIM, V.; STIPP, S. (Eds.). **Boas práticas para uso de fertilizantes**. Piracicaba, SP: IPNI, 2010. v.1, p.145-199.
20. VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p.299-325.
21. WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**. Passo fundo: Embrapa Trigo, 2000. 104p. ■