

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIAGO WEBER LAND

**EFEITO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO NAS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA
E DO MILHO**

PALOTINA - PR

2017

TIAGO WEBER LAND

**EFEITO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO NAS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA
E DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrônoma da Universidade Federal do
Paraná – Setor Palotina, como requisito à
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Augusto Pivetta.

PALOTINA - PR
JULHO DE 2017

TERMO DE APROVAÇÃO

TIAGO WEBER LAND

EFEITO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA E DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná como requisito à obtenção do título de obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Laercio Augusto Pivetta
Orientador – Departamento de Agronomia de Universidade Federal do
Paraná – Setor Palotina.

Prof. Dr. Augusto Vaghetti Luchese
Departamento de Agronomia da Universidade Federal do Paraná – Setor
Palotina.

Eduardo Vinicius S. Wammes
Engenheiro agrônomo da Emater - PR

Palotina, 23 de Julho 2017

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por nos conceder este momento, por todos momentos como universitário, e durante a vida toda, pois ele é o bem maior e que nos mostra o verdadeiro caminho a verdade e a vida.

Gostaria de agradecer a minha família, em especial minha mãe, que durante minha graduação foi Pai/Mãe e me apoiou nos momentos difíceis e principalmente batalhou em casa para manter me durante a graduação.

Agradecer a todo o corpo docente da UFPR, todos funcionários que auxiliam na nossa formação acadêmica que tem uma importância inimaginável.

Agradeço de forma imensa ao meu grande orientador Dr. Laércio Augusto Pivetta, que disponibilizou sua área para o experimento, pelo seu acompanhamento incansável durante esta orientação, levo este como um grande amigo e exemplo.

Ao Dr. Augusto Vaghetti Luchese pela oportunidade, auxílio e orientação nas análises de solo realizada no laboratório.

Agradeço pela grande ajuda no trabalho de campo os colegas Augusto Cesar Nardi, Tiago Augusto Langer Winckler, Rafael Juchem e Luciano Maldaner, Joelmir e Juliana Anzolin.

Aos meu excelentíssimos amigos que fiz durante a minha graduação e que com certeza vou levar para a vida, serão sempre guardadas as memórias dos bons momentos que se passaram na universidade.

E por fim, a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para minha formação.

RESUMO

O calcário e o gesso agrícola promovem melhorias das características químicas do solo, pois a acidez e os elementos tóxicos tem sido um grande limitador da produção brasileira. Objetivou-se avaliar a influência da aplicação do calcário e do gesso em superfície nos atributos químicos e na produção da soja e do milho. O experimento foi desenvolvido em Palotina - PR no ano de 2014 a 2015. O ensaio foi delineado em blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Foram combinadas quatro doses de calcário calcítico (0,0, 1,7, 3,4 e 6,8 t ha⁻¹) com duas doses de gesso (0 e 3 t ha⁻¹). Com apenas um ano após a aplicação em superfície o calcário promove melhorias nos parâmetros de acidez do solo até a camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade, linearmente em função das doses. Após um ano da aplicação superficial, o gesso eleva os teores de Ca e P do solo, apesar de não elevar o teor de S no solo, o que pode estar relacionado com o alto teor inicial e a lixiviação do sulfato. Apesar das melhorias no solo, considerando que o mesmo já apresenta boas condições de fertilidade, a calagem e a gessagem não promovem ganhos em produtividade na soja. Para o milho, a calagem eleva a produtividade independente da dose.

Palavras chave: acidez, perfil do solo, *Zea mays* L., *Glycine max* (L.).

ABSTRACT

Lime and gypsum improve the soil characteristics, because soil acidity and toxic elements have causing considerable reduction of brazilian crop yields. The aim of this work was to evaluate the lime and gypsum spreading on the soil chemical attributes and the soybean and maize yields. The trial was carried out in Palotina, Parana State, from 2014 to 2015. The trial was designed in randomized blocks, arranged in a 4x2 factorial scheme, with four replications. It were combined four rates of calcitic lime (0.0, 1.7, 3.4, and 6.8 t ha⁻¹) with two rates of gypsum (0 and 3 t ha⁻¹). With only one year from superficial spraying, the lime promotes improvements in soil acidity parameters up to 0.2-0.4 m layer, linearly as affected by rates. After one year from spraying, the gypsum increases soil Ca and P content, despite of does not affect the S content, what can be related with its high initial content and loss by leaching. Despite of soil improvements, since it already has good chemical conditions, the lime and gypsum do not increase soybean grain yield. To maize, lime increases the grain yield, independently of rate.

Keywords: acidity, soil profile, *Zea mays* L.; *Glycine max* (L.);

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - PH DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.	6
FIGURA 2 - ACIDEZ POTENCIAL DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.	8
FIGURA 3 - TEOR DE CALCIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.	8
FIGURA 4 - TEOR DE MAGNESIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE, NAS CAMADAS DE 0,0-0,1 M (A), 0,1-0,2 M (B) E 0,2-0,4 M (C).	9
FIGURA 5 - CTC DO SOLO DAS CAMADAS 0,0-0,1 E 0,1-0,2 M, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.	10
FIGURA 6 - CTC DO SOLO DA CAMADA 0,2-0,4 M, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.	10
FIGURA 7 - SATURAÇÃO DE BASES DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.	12
TABELA 1 - PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO.	7
TABELA 2 - PRODUTIVIDADE DA SOJA SAFRA 2015/2016 E DO MILHO SEGUNDA SAFRA 2016.	13
TABELA 3 - PRODUTIVIDADE DO MILHO E DA U. RUZIZIENSIS EM SEGUNDA SAFRA 2016 EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO.	13

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. METODOLOGIA.....	4
4. RESULTADOS	6
4.1 ANÁLISE DE SOLO	6
4.2 PRODUTIVIDADE	6
5. DISCUSSÃO	14
5.1 ANÁLISE DE SOLO	14
5.2 PRODUTIVIDADE	16
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	18

1. INTRODUÇÃO

No mundo quase um terço dos solos são ácidos, salva se apenas as regiões polares (FAGERIA e BALIGAR, 1997). A acidez do solo limita a produção agrícola, pelo seu pH inferior a 5,5 e também a decorrência da toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases (COLEMAN e THOMAS, 1967). Na existência de um solo ácido, as raízes da maior parte das plantas cultivadas não se desenvolvem corretamente, tudo isso devido à grande concentração e excesso de Al e/ou deficiência de Ca (PAVAN et al., 1982; RITCHEY et al., 1982).

Para a elevação do pH, a calagem é a prática mais eficaz e eficiente, ela também eleva os teores de Ca e saturação por base e reduz Al e Mn trocáveis no solo. Além disso o aumento do pH altera a disponibilidade de nutrientes, causando aumentos de N, P, K, Ca e Mg (LUTZ JR. et al., 1972). A reação do calcário, entretanto, é geralmente limitada ao local de sua aplicação no solo. A calagem não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais através do perfil do solo, a lixiviação até o subsolo pode ser feita com o gesso agrícola.

O gesso agrícola é um subproduto da fabricação do ácido fosfórico. Ao contrário do que sucede quando se aplica calcário na superfície do solo, o gesso desce para as camadas mais profundas. Desloca o alumínio das partículas do solo transformando-o num composto não tóxico e enriquece em cálcio tais camadas, tendo como consequência maior crescimento das raízes em profundidade, maior resistência à seca, melhor aproveitamento da fertilidade do solo ou do adubo aplicado, maior produção (MALAVOLTA, 1989).

Pavan (1984) concluiu que o gesso agrícola é uma ótima ferramenta para elevar os teores de cálcio e diminuir a saturação de alumínio no subsolo, a camada onde o calcário não chega, isso se dá pela característica dele ser mais solúvel e mais móvel do que o calcário, após o gesso ser aplicado, ele desce para as camadas mais profundas e deixa Ca e S nas cargas negativas do solo.

O calcário e o gesso têm reações diferentes no solo. O carbonato de cálcio é um sal básico e, como tal, reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização. Portanto, o carbonato de cálcio neutraliza a acidez do solo pela formação do sal, ficando as cargas negativas expostas contrabalanceadas pelo Ca^{+2} . O importante no caso é o papel do íon carbonato de receptor de íons de hidrogênio,

que perdem seu caráter ácido ao serem incorporados em moléculas de água. Por outro lado, o gesso como sal neutro, não tem ação sobre a acidez. O ânion sulfato permanece como tal e não atua como “receptor de prótons”. Assim, o gesso não neutraliza a acidez. Dessa forma, sua reação na camada superficial do solo é tão somente a de troca de cátions (RAIJ, 2007).

Em trabalhos, Silva (1997) concluiu que o efeito inicial da calagem sobre a acidez permaneceu restrito à superfície do solo, enquanto o da gessagem se aprofundou até a camada de 20-40 cm, então quando faz se o uso conjunto o gesso se destaca lixiviando essa correção para uma camada do subsolo que o calcário em isoladamente muito para fazer efeito devidos à baixa mobilidade. Raij (2008) diz que o calcário agrícola corrige a acidez do subsolo, porém, devido à menor solubilidade em relação ao gesso, exige melhor incorporação e tempo.

Como o gesso não corrige a acidez e nem eleva o pH do solo, ele não substitui o calcário na correção de pH. Segundo Zambolim, (2001) a associação de gesso calcário podem ocorrer em maiores profundidades também, ainda segundo o mesmo autor, há um consenso que a melhor época para aplicação do gesso é sempre após a aplicação do calcário, desde que tenha transcorrido tempo suficiente para uma completa reação deste. Também mantem o pH do solo e contribui para maior adsorção do enxofre e com isso uma menor lixiviação.

As altas doses de calcário ou supercalagem, feita com quantidades elevadas de corretivo aplicados ou por repetições de aplicação anual somente na superfície, levam a situação em que se tem altos teores e grande atividade dos cátions Ca e Mg, que tem origem da dissolução do calcário, com isso espera se a dificuldade da absorção do K, principalmente quando se tem plantas jovens com sistema radicular superficial. Essas altas doses também levam a um efeito de alcalinização da camada superficial, com isso havendo indisponibilização de micronutrientes específicos como Zn, Cu, Mn (CASTRO, 1989).

De acordo com Silva et al (1997) as altas doses de calcário quando utilizadas, mesmo não sendo recomendada é menos prejudicial para a cultura do que propriamente não realizá-la. Deve se tomar cuidado com a supercalagem no excesso de Ca e Mg, sendo prejudicial esse excesso principalmente para o K, que deverá ser utilizado em maior quantidade. Verifica-se nos casos do CESB - Comitê Estratégico Soja Brasil (2017) que os produtores adotam altas doses ou curtos períodos de aplicação de calcário para altas produtividades.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito na produção de soja e milho devido a aplicação de calcário agrícola e gesso para melhoria de condição do solo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito dos tratamentos na produtividade da soja e do milho. Determinar as alterações das propriedades químicas do solo devido as aplicações de calcário e gesso. Caracterizar o movimento dos nutrientes na camada do solo em função da aplicação de calcário e gesso.

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no município de Palotina, PR. O município está localizado a oeste do Paraná, nas coordenadas (24°12' S, 54° 50' 30" W, 310 m de altitude (IBGE, 2012). O clima da região é caracterizado como subtropical: a média temperatura do ar no mês mais frio é menor que 18°C e dos meses mais quentes é superior aos 22°C, verões quentes e geadas poucos frequentes, a precipitação anual está entre 1600 e 2000 mm, com tendência de maior concentração de chuva no verão. (CAVIGLIONE ET AL., 2001).

A área vem sendo utilizada em sistema de semeadura sem revolvimento há 15 anos em sucessão de culturas com soja no verão e trigo/milho no inverno, o solo da área é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2006).

Realizou-se uma análise de solo antes da realização dos tratamentos, a análise química e física realizada de 0-20 cm e de 20-40 cm para um levantamento da qualidade nutricional desse solo. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso em fatorial 4 x 2. Cada bloco possui 7 metros de comprimento por 4,5 m de largura, resultando numa área de 31,5 m².

A propriedade possui um sistema de plantio direto consolidado, com uma boa conservação de solo. A primeira cultura cultivada após a implantação do experimento foi a Soja Brasmax Potencia RR e posteriormente a sua colheita o milho AG9030 PRO, os manejos utilizados nas culturas foram padrões como será citado a seguir.

A soja Brasmax Potencia RR foi plantada no dia 15 setembro de 2015, com espaçamento de 0,5 m e população de 280 mil plantas ha⁻¹. Foi utilizado 0,14 t ha⁻¹ de MicroEssentials (08-40-00) aplicado na linha, 0,15 t ha⁻¹ de cloreto de potássio (00-00-60) aplicado a lanço 30 dias antes do plantio.

O milho AG 9030 foi plantado em 12 de abril de 2016, com espaçamento de 0,5 m e população de 60 mil plantas ha⁻¹. Utilizou-se 0,2 t ha⁻¹ do formulado 10-15-15 aplicado na linha, adubação de cobertura foi utilizado 0,1 t ha⁻¹ de Super N (00-00-45) aplicado no estágio V6 (sexta folha). A braquiária implantada em consorcio foi semeada juntamente com o milho, numa dose de 10 kg/há de uma semente com VC 40%.

A distribuição do calcário e do gesso foi realizada a lanço em cobertura, cerca de 30 dias antes da semeadura da soja safra 2013/14. Para a calagem foi utilizado o calcário calcítico com PRNT de 65%, feito pela combinação de 4 doses de calcário,

sendo estas 0,0; 1,7; 3,4 e 6,8 t ha⁻¹. E para o gesso a dose foi de 3 t ha⁻¹, com ou sem gesso.

Foi avaliado a produção das culturas em sucessão, tanto soja quanto milho, avaliação e análise de solo (pH, H+Al, Al, Ca, Mg, K, S, P) e movimentação de nutrientes na camada do solo. A coleta das amostras de solo foram realizadas após a dessecação da braquiária pelo trado tipo Sonda. Realizou se análise de 0,0-0,1 m – 0,1-0,2 m – 0,2-0,4 m.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pela análise de regressão, para doses de calcário, e teste F, para a gessagem, ambos a 5 % de probabilidade.

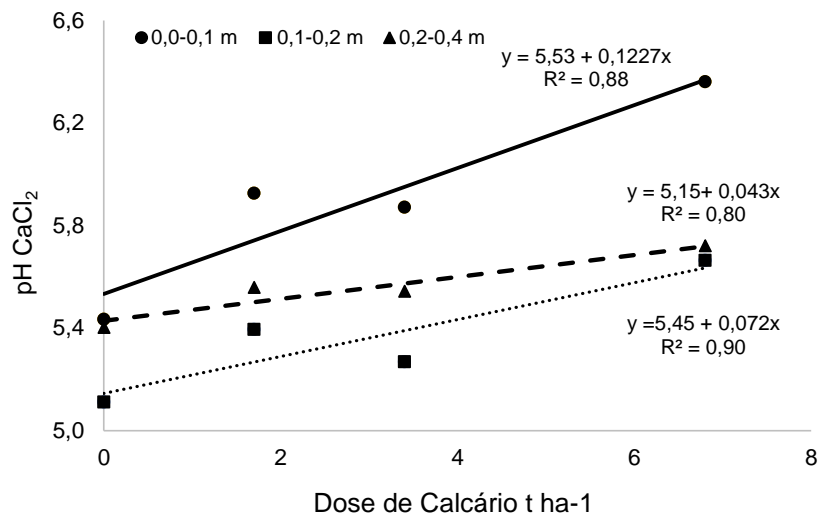
4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DE SOLO

O solo na área que foi conduzido o experimento antes da aplicação de calcário e gesso apresentava níveis de fertilidade interpretados como médios ou altos, inclusive na sub-superfície. Um dos fatores que alterou resultados do trabalho foi a ausência de Al no solo, devido a sua fertilidade já construída.

Verificou-se que após um ano da aplicação do calcário houve aumento linear dos valores de pH em todas as camadas (Figura 1). Contudo esse efeito foi mais pronunciado na camada superficial, demonstrado pelo maior coeficiente angular da reta. O gesso, como esperado, não afetou o pH em nenhuma camada do solo (Tabela 1).

FIGURA 1. PH DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.



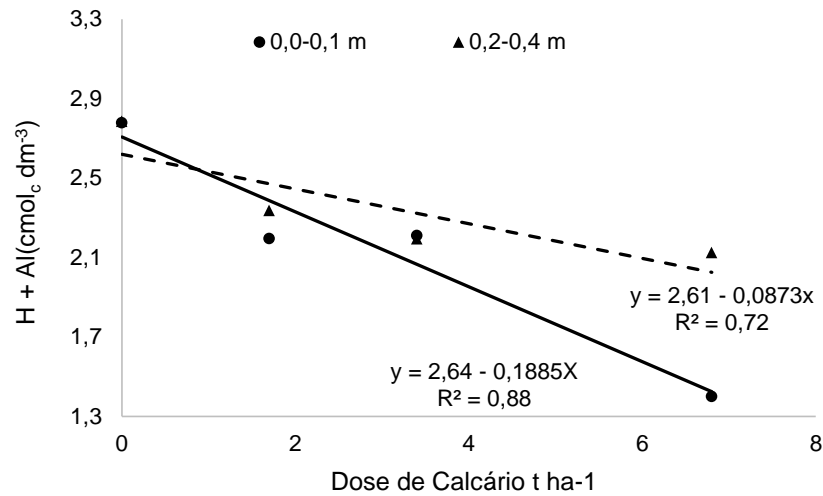
Verificou-se redução linear da acidez potencial com a calagem nas camadas 0,0-0,1 m e 0,2-0,4 m (Figura 2). Da mesma forma que para o pH, a utilização de gesso não diminuiu a acidez potencial em nenhuma camada do solo.

TABELA 1 - PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO.

	pH	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V	P	S
	CaCl ₂	-----	-----	cmolc dm ⁻³	-----	-----	%	-- mg dm ⁻³	--
0,0-0,1 m									
Gesso (t ha⁻¹)									
0	5,92	2,21	0,27	6,48	1,89	10,85	79,49	22,32 b	12,60
3	5,88	2,23	0,27	6,91	2,33	11,72	80,50	33,62 a	13,08
Calcário (t ha⁻¹)									
0	5,44	2,78	0,25	5,91	1,88	10,81	74,20	30,11	11,92
1,7	5,93	2,20	0,25	6,80	1,89	11,13	80,10	25,80	14,42
3,4	5,87	2,21	0,28	6,36	2,23	11,07	80,11	32,06	11,96
6,8	6,36	1,40	0,30	7,69	2,45	12,13	85,57	23,91	13,06
CV%	10,63	34,54	24,37	20,05	31,17	12,82	8,83	59,41	22,57
0,1-0,2 m									
Gesso (t ha⁻¹)									
0	5,28	2,78	0,16	5,11 b	2,06	10,10	67,90	5,01 b	18,03
3	5,44	2,45	0,18	5,69 a	2,13	10,46	63,30	13,07 a	16,51
Calcário (t ha⁻¹)									
0	5,11	2,70	0,15	5,14	1,70	9,68	72,07	13,43	18,02
1,7	5,40	2,53	0,18	5,70	1,93	10,34	75,28	6,15	16,51
3,4	5,27	2,85	0,16	4,96	2,45	10,41	72,65	9,12	19,96
6,8	5,67	2,39	0,19	5,80	2,31	10,69	77,41	7,46	14,60
CV%	8,78	23,59	34,58	15,95	25,21	9,05	7,77	86,96	41,33
0,2-0,4 m									
Gesso (t ha⁻¹)									
0	5,56	2,38	0,07	5,25	1,81	9,54	75,04	1,87 b	19,09
3	5,55	2,33	0,08	5,43	2,31	10,19	76,91	3,67 a	23,88
Calcário (t ha⁻¹)									
0	5,40	2,79	0,11	5,11	1,84	9,84	71,82	2,92	23,19
1,7	5,56	2,34	0,11	5,11	2,19	9,75	75,98	2,32	22,23
3,4	5,54	2,19	0,10	5,31	2,04	9,64	77,07	2,48	25,16
6,8	5,72	2,12	0,13	5,80	2,18	10,23	79,01	3,35	15,36
CV%	5,5	18,85	50,52	10,28	24,96	8,02	5,21	91,54	41,02

Médias de gesso seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

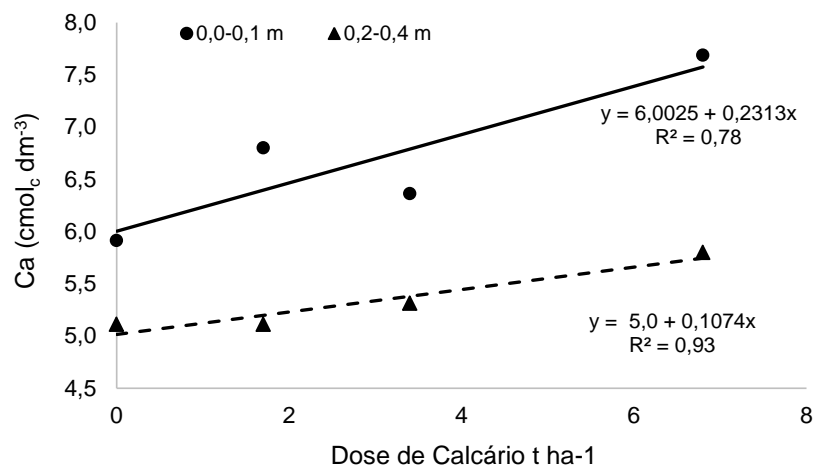
FIGURA 2 - ACIDEZ POTENCIAL DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO EM SUPERFÍCIE.



As aplicações de calcário e do gesso não afetaram a disponibilidade de potássio em nenhuma das camadas avaliadas (Tabela 1).

Para o cálcio, a aplicação de calcário proporcionou aumento linear significativo nas camadas de 0,0 – 0,1 m e de 0,2-0,4 m (Figura 3), seguindo o mesmo padrão observado na acidez potencial. O uso do gesso aumentou o teor do cálcio na camada 0,1-0,2 m (P=0,067).

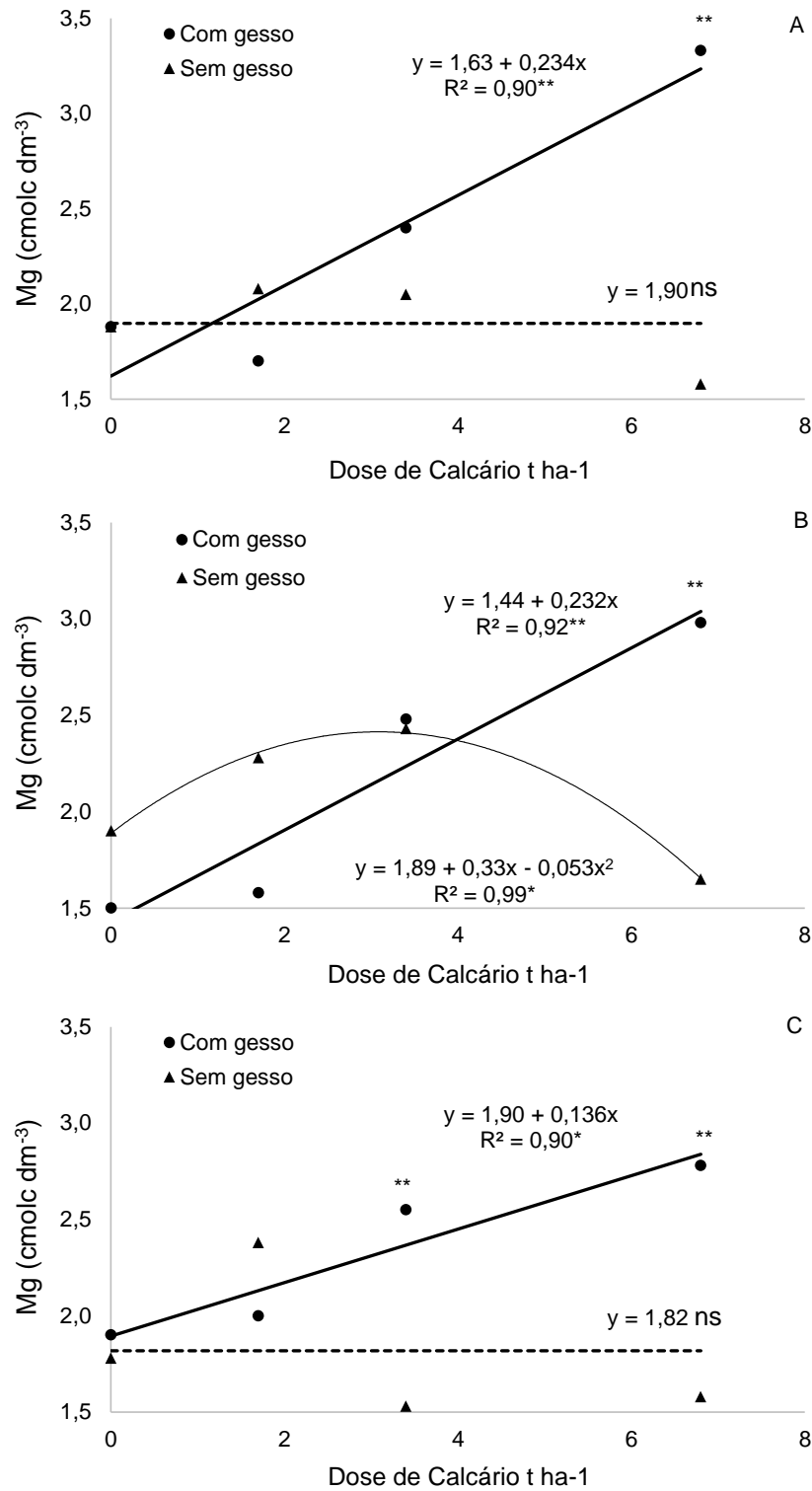
FIGURA 3. TEOR DE CALCIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO EM SUPERFÍCIE.



Para o magnésio houve interação significativa do calcário e gesso em todas as camadas do solo (Figura 4). O comportamento foi similar em todas as camadas, com aumento linear do Mg com a aplicação do calcário conjuntamente com o gesso. Na ausência do gesso, à exceção da camada 0,1 a 0,2 m (Figura 4b), o calcário não

afetou os teores de Mg. O uso do gesso promoveu aumento da disponibilidade de Mg apenas na maior dose de calcário, à exceção da camada 0,2 a 0,4 m, onde o efeito do gesso ocorreu também na dose de 3,4 t ha⁻¹ de calcário.

FIGURA 4 - TEOR DE MAGNÉSIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE, NAS CAMADAS DE 0,0-0,1 M (A), 0,1-0,2 M (B) E 0,2-0,4 M (C).



A CTC apresentou aumento linear com a aplicação do calcário na camada 0,0-0,2 m (Figura 5). Na camada 0,2-0,4 m houve interação significativa do calcário com o gesso (Figura 6). Na ausência de gesso o calcário não apresentou efeito e na presença de gesso o calcário apresentou aumento linear.

FIGURA 5 - CTC DO SOLO DAS CAMADAS 0,0-0,1 E 0,1-0,2 M, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.

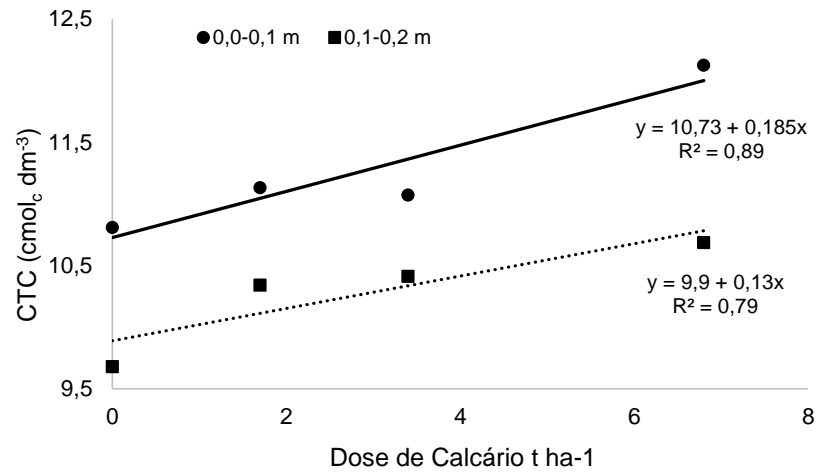
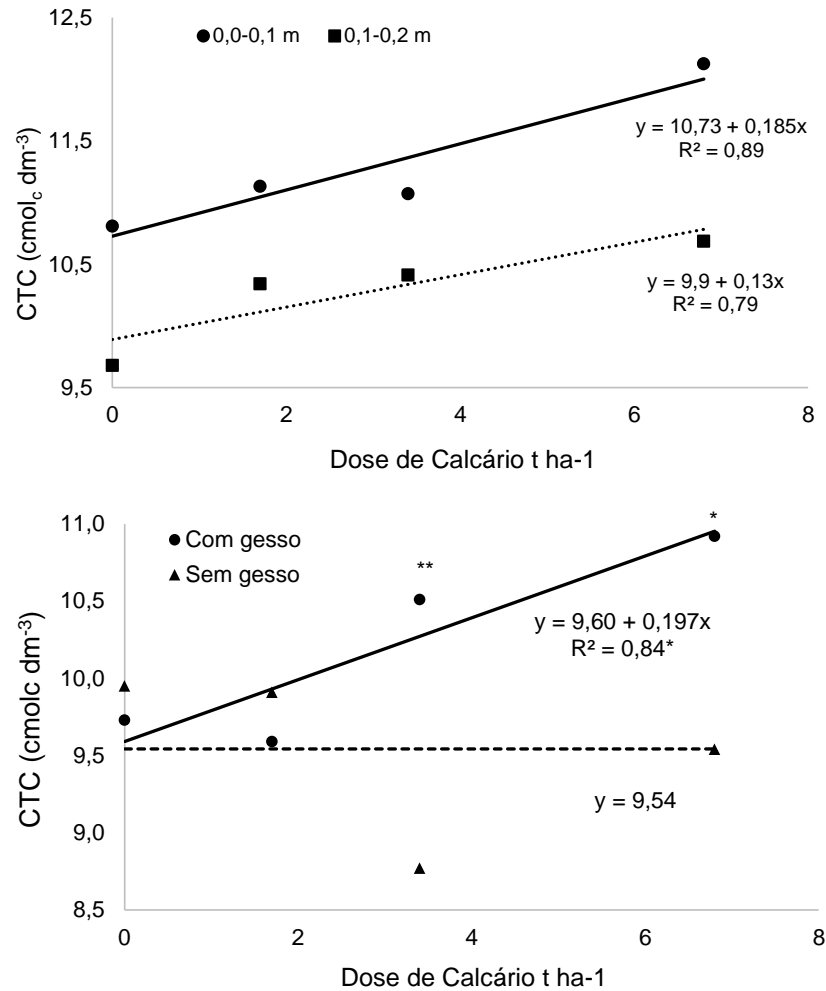
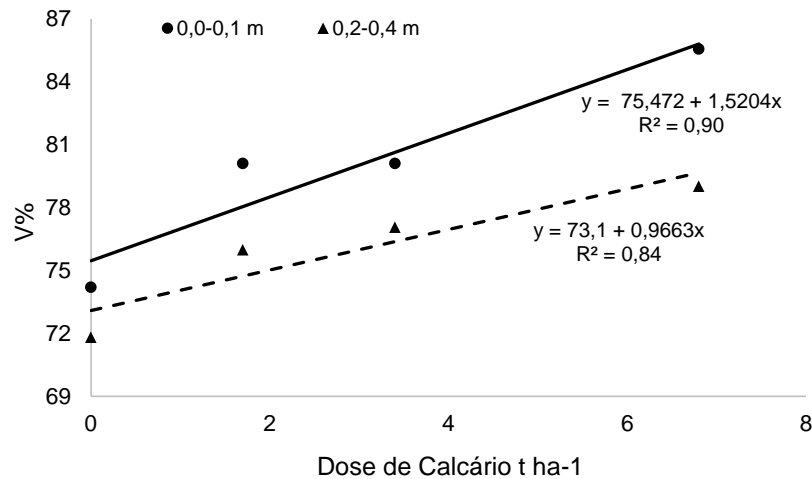


FIGURA 6 - CTC DO SOLO DA CAMADA 0,2-0,4 M, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.



A saturação por bases apresentou o mesmo comportamento da acidez potencial e do teor de Ca, com aumento linear com o calcário nas camadas 0,0-0,1 e 0,2-0,4 m e ausência de efeito na camada intermediária (Figura 7).

FIGURA 7 - SATURAÇÃO DE BASES DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUPERFÍCIE.



A disponibilidade de P não foi afetada pela calagem, mas aumentou significativamente com o uso do gesso, em todas as camadas avaliadas (Tabela 1). Apesar do aporte de S com o gesso, o mesmo não foi afetado por nenhum dos tratamentos (Tabela 1).

4.2 PRODUTIVIDADE

Não houve efeito da calagem e gessagem na produtividade da soja (Tabela 2). A produtividade do milho não foi afetada pela aplicação do gesso e pelas doses de calcário, contudo, ao se realizar um contraste comparando a ausência de calagem com a média das três doses de calcário (Tabela 3), observou-se maior produtividade quando o milho recebeu calagem, ou seja, independente de dose. A *U. ruziziensis* não foi afetada pela calagem e gessagem (Tabela 3).

TABELA 2 - PRODUTIVIDADE DA SOJA SAFRA 2015/2016 E DO MILHO SEGUNDA SAFRA 2016.

	Soja	Milho
Gesso (t ha⁻¹)		
0	3819	4468
3	3811	4511
Calcário (t ha⁻¹)		
0	3819	4124
1,7	4180	4592
3,4	3854	4640
6,8	3720	4601

TABELA 3 - PRODUTIVIDADE DO MILHO E DA *U. RUZIZIENSIS* EM SEGUNDA SAFRA 2016 EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO.

		Tratamentos							
Calcário (t ha ⁻¹)	0	0	1,77	1,77	3,54	3,54	7,08	7,08	
Gesso (t ha ⁻¹)	0	3	0	3	0	3	0	3	
		Produtividade (kg ha ⁻¹)							
Milho (grãos)	3882	4366	4869	4316	4464	4815	4658	4544	
<i>U. ruzizensis</i> (palha)	2232	2272	1584	2008	2152	2228	2213	1736	
		Contrastes							
C1	-3	-3	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
C2	-1	+1	0	0	0	0	0	0	
C3	0	0	-1	+1	-1	+1	-1	+1	
C4	0	0	-1	-1	+1	+1	0	0	
C5	0	0	0	0	-1	-1	+1	+1	
		Contrastes		Milho		<i>U. ruzizensis</i>			
				Pr > F		Pr > F			
		C1		0,047		0,277			
		C2		0,239		0,924			
		C3		0,654		0,976			
		C4		0,869		0,190			
		C5		0,893		0,468			

5. DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DE SOLO

A melhoria dos parâmetros da acidez do solo, como o aumento do pH, Ca e saturação de bases e redução da acidez potencial, eram esperados com a aplicação do calcário. Contudo, salienta-se que esse efeito ocorreu até a camada de 0,2-0,4 m, o que não era esperado em virtude do tempo ocorrido entre a aplicação e a avaliação. Soratto e Crusciol (2008a) observaram aumento do cálcio em profundidade (até 0,6 m) após 18 meses da aplicação do calcário juntamente com gesso, contudo o aumento no pH ocorreu apenas até 0,1 m. Esse efeito em profundidade pode ter ocorrido devido ao seu deslocamento pelos canais formados por raízes mortas ou galerias de organismos do solo (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; AMARAL et al., 2004). Isso ocorre devido à ausência de revolvimento do solo pelo plantio direto, favorecendo a continuidade dos poros, mesmo que a macroporosidade possa ser menor em comparação com o sistema convencional. Costa (2015) observou redução dos teores de $Al^{3+}+H^{+}$ na profundidade de 0,6 m em um Latossolo Vermelho distroférico, após dois anos da aplicação do calcário.

Com relação ao cálcio, muitos trabalhos não demonstram esse aumento dos teores em maiores profundidades com apenas 12 meses após a aplicação. Tanto o calcário quanto o gesso são fontes de cálcio e os dois produtos incrementaram o teor no solo. Soratto e Crusciol (2008c) verificaram que o calcário incrementou teores de cálcio até 0,6 m de profundidade após 18 meses da aplicação. Contudo, esperava-se que o gesso potencializasse a movimentação do Ca em profundidade devido à sua maior velocidade de dissociação, o que não foi observado.

A explicação mais plausível para a dinâmica do pH e Ca e Mg até a profundidade de 0,2 – 0,4m seria a atuação dos ânions orgânicos e a descida das partículas mais finas do calcário por bioporos. Durante a decomposição da massa vegetal na superfície do solo, há produção de ânions orgânicos que formam complexos com o cálcio da camada superficial e esse complexo é quem leva o cátion para a camada profunda, aumentando o teor de Ca no perfil do solo (HAYNES e MOKOLOBATE, 2001). Também pode ser atribuído que o solo apresentasse uma boa continuidade de poros, principalmente devido à área ser conduzida sem revolvimento a mais de 10 anos, contando com a decomposição do sistema radicular das culturas

anteriores, assim as partículas de cálcio podem ter sido transportadas juntamente com a água corrigindo o solo em sub-superfície (AMARAL et al., 2001).

O aumento do magnésio pode ser atribuído a alguns fatores: o primeiro é de que o calcário aplicado no solo continha 2,1% de Mg, então na dose máxima de calcário distribuiu-se no solo 140 kg ha⁻¹ de Mg; o segundo fator é o grande incremento de Ca no sistema observado nas maiores doses do calcário e na presença da gessagem, pois Ca e Mg tem forte interação, competindo pelos sítios de adsorção, portanto o Mg pode ter sido deslocado dos coloides do solo ou apenas ter sua força de ligação diminuída. Segundo Zandoná (2015), o aumento dos teores de Mg trocável em profundidade pode ser devido ao fato do Mg ter uma retenção menor no complexo de troca, possibilitando assim maior movimentação no perfil. A lixiviação de Mg tem sido frequentemente observada nas aplicações de gesso (CAIRES et al., 1998; 1999; 2003; 2004). Soratto e Crusciol (2008a; 2008c) relataram aumento de Mg na sub superfície utilizando aplicação superficial de gesso. Com isso em alguns casos recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico quando utilizado gesso a fim de mitigar a grande lixiviação de Mg.

Os teores de K trocável não foram influenciados. Embora existam trabalhos que frisam a perda de K pelo uso de gesso em determinados solos (SOUSA e RITCHEY, 1986), Contudo estudos de Caires et. al., (1998;2002) não foi observado lixiviação significativa do K trocável em sistema de plantio direto.

Não houve efeito da calagem em relação ao fósforo, por mais que o calcário tenha elevado o pH do solo, o que aumentaria sua disponibilidade. O aumento no teor de P com o gesso (tabela 1) pode ter ocorrido devido ao sulfato competir com o fosfato pelos sítios de adsorção, com isso reduzindo a fixação do P aos coloides do solo e aumentando seus teores (CARVALHO, 2014).

Resultados semelhantes em resposta do P à gessagem foram encontradas por Rampim et. al. (2013) onde a aplicação de gesso Latossolo Vermelho eutrófico de textura muito argilosa eleva o teor de P disponível a partir da dose de 2,33 t ha⁻¹. Vital et al (2005) verificou que de forma que a elevação das doses de gesso e conseqüentemente a concentração de sulfato no solo, ocorre a maior dessorção do fósforo, o gesso, disponível em grande parte do mundo como subproduto da indústria de ácido fosfórico contém pequenas concentrações de fósforo (P).

Para o S não houve efeito significativo da gessagem, mesmo o gesso agrícola tendo 15% de S na forma de sulfato (S-SO₄⁻²). Porém, esse sulfato pode ter sido

lixiviado para abaixo de 0,4 m. A lixiviação é a principal forma do SO_4^{-2} do solo, e as perdas por emissão de gases ou exportação são insignificantes quando comparadas a lixiviação. Essa lixiviação ocorre quando o sulfato de cálcio é hidrolisado e o SO_4^{-2} remanescente se associa com os cátions acompanhantes Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ e descem para maiores profundidades.

Nogueira e Melo (2003), estudando a dinâmica e o residual do enxofre no solo verificaram que após a aplicação de gesso o sulfato lixiviou para camadas mais profundas que 0,4m após o primeiro ano de aplicação. O sulfato de cálcio lixiviou pares iônicos à profundidade de 0,85 m após os 16 meses de aplicação (RAMOS, 2012) e de 0,4 - 0,6 m após 18 meses para Quaggio et al., (1993).

5.2 PRODUTIVIDADE

A ausência de resultado da calagem e da gessagem na cultura da soja é verificado em alguns trabalhos quando refere se a aplicação de calcário em superfície. Essa ausência de resposta a aplicação de calcário pode ser devido a qualidade inicial do solo, solo que não apresentava Al (Al^{3+} e AlOH^{2+}) e contava com uma saturação por bases elevada. Essa ausência de resposta pode ser verificada por CAIRES et al., (1998); PÖTTKER e BEN, (1998); MOREIRA et al., (2001).

Não houve resposta significativa na produção da soja pela aplicação do gesso agrícola, porém, é importante destacar que a quantidade inicial de Al toxico era baixa, e a saturação de Ca era considerada adequada, Rampim (2011) e Neis et al (2010) cita a ausência de resposta a diferentes doses de gesso na soja.

Sendo assim, é compreensível a ausência de resposta na produção do milho ao gesso aplicado independentemente da dose, resultado também verificado por Tsujigushi et. al (2013). Já se tratando da calagem o milho obteve uma resposta considerável ($P < 0,05$), independentemente da dose utilizada do corretivo, tendo se obtido um ganho de 12% de rendimento comparado a testemunha sem o calcário. Ressalta se que o solo em que houve o tratamento não apresentava teores tóxicos de Al e tinha teores de Ca e Mg trocáveis suficientes para o desenvolvimento da cultura do milho. Esses resultados vão de encontro com estudos que mostram que o milho responde as doses de calcário até maiores do que a necessária. (CAIRES et al., 2004; RAIJ et al., 1983; QUAGGIO et al., 1985).

A produtividade esperada do milho era de 6 t ha^{-1} , porém a baixa produtividade do milho ocorreu devido ao acamamento causado por fortes ventos que ocorreram entre o estágio R1-R2. Assim dificultando a colheita devido a braquiária estar com um porte maior na hora da colheita do milho. O acamamento muitas vezes afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e a translocação de assimilados para o grão, e quanto mais cedo ocorre no estágio da cultura maior será a perda no rendimento e menor será a qualidade de grão (ZANATTA e OERLECKE, 1991).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com apenas um ano após a aplicação em superfície, o calcário promove melhorias nos parâmetros de acidez do solo até a camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade, linearmente em função das doses.

Após um ano da aplicação superficial, o gesso eleva os teores de Ca e P do solo, apesar de não elevar o teor de S no solo, o que pode estar relacionado com o alto teor inicial e a lixiviação do sulfato.

Apesar das melhorias no solo, considerando que o mesmo já apresenta boas condições de fertilidade, a calagem e a gessagem não promovem ganhos em produtividade na soja. Para o milho, a calagem eleva a produtividade independente da dose.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. e DESCHAMPS, F.C. **Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:115-123, 2004.
- AMARAL, S.A. et al. **Movimentação vertical do calcário da superfície do solo no sistema plantio direto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28. 2001, Londrina. Anais. Londrina: SBCS, 2001. p.114
- CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. e FIGUEIREDO, A. **Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo.** R. Bras. Ci. Solo, 22:27-34, 1998.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A. e MADRUGA, E.F. **Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 23:315-327, 1999.
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BARTH, G. e GARBUIO, F.J. **Lime and gypsum application on the wheat crop.** Sci. Agric., 59:357-364, 2002.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. **Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p. 275-286, 2003
- CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. **Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v28, p.125-136, 2004.
- CARVALHO, B. G. **Interação entre fósforo, silício e enxofre em um latossolo e biodisponibilização de fósforo de fontes de baixa solubilidade por processos de compostagem.** 57f. Dissertação (Pós graduação em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa. Rio Paranaíba. Minas Gerais. 2014.
- CASALE, H. - **Uso do gesso agrícola na correção da acidez em profundidade.** Anuário do Fórum Paulista de Fruticultura, p. 95-113, 1985. Piracicaba (SP).
- CASTRO, A. F. e MENEGHELLI, N. A. **"As relações $K^{+}/(Ca^{+} Mg^{+})^{1/2}$ e $K^{+}/(Ca^{+} Mg^{+})$ no Solo e as Respostas a Adubação Potássica"**. Pesq. Agrop. ras. 24(6):751-760.,1989.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H. OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR, 2000, Disponível em: <<http://iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em:20 de abril 2017

CESB - **COMITE ESTRATÉGICO SOJA BRASIL**. 2017. Desafio Produtividade de Soja, safra 2015/2016. Disponível em: <<http://www.cesbrasil.org.br/publicacoes/?subcat=cases-campeoes>>. Acesso em 10 junho 2017.

COLEMAN, N.T. e THOMAS, G.W. **The basic chemistry of soil acidity**. In: PEARSON, R.W. e ADAMS, F., eds. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.

COSTA, C. H. M. **Efeito Residual da Aplicação Superficial de Calcário e Gesso nas Culturas de Soja, Aveia-Preta e Sorgo Granífero**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, 88 p, 2011.

COSTA, C. H. M. **Calagem superficial e aplicação de gesso em sistema plantio direto de longa duração: efeitos no solo e na sucessão milho/crambe/feijão-caupi**. 109 f. Tese (Doutor em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

FAGERIA, N. K. e BALIGAR, V.C. **Response of common bean, upland rice, corn,wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisol**. Journal of Plant Nutrition, NewYork, v.20, n.10, p.1279-1289, 1997.

HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. **Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 59, n. 1, p. 47-63, 2001.

LUTZ Jr., J.A.; GENTER, C.F. e HAWKINS, G.W. **Effect of soil pH on element concentration and uptake by maize: I. P, K, Ca, Mg and Na**. Agron. J., 64:581-583, 1972.

MALAVOLTA, E.; GUILHERME, M.R. e LIEM, T.H. – **Associações fosfogesso-calcário: princípio e aplicações**. Anais do I Seminário sobre o Uso do Fosfogesso na Agricultura, Brasília, 11-12/06/1985, p. 117-196. EMBRAPA (DDT), - Brasília (DF).

MALAVOLTA, E. **Gesso agrícola: seu uso na adubação e correção do solo**. São Paulo, 1989. 31p.

MOREIRA, S.G.; KIEHL, J.C.; PROCHNOW, L.I. e PAULETTI, V. **Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja**. R. Bras. Ci. Solo, 25:71-81, 2001.

NEIS, L., PAULINO, H. B., SOUZA, E. D. D., REIS, E. F. D., e PINTO, F. A. U. **Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás**. Revista Brasileira de ciência do Solo, 2010.

NOGUEIRA, A.R.A.; MOZETO, A.A. **Interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.14, p.1-6, 1990

NOGUEIRA, M.A. e MELO, W.J. **Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em um solo tratado com gesso agrícola.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.27, n.4, 2003.

OLIVEIRA, E.L. e PAVAN, M.A. **Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production.** Soil Till. Res., 38:47-57, 1996.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. e PRATT, P.F. **Toxicity of aluminium to coffee in Ultisol and Oxisols amended with CaCO_3 and CaSO_4 .** Soil Sci. Soc. Am. J., 46:1201-1207, 1982.

PAVAN, M. A. **Aplicação de alguns conceitos básicos da química na disponibilidade dos íons Al^{3+} para as plantas.** Palestra apresentada no curso sobre 'Manejo Químico dos Solos'. SECITAP. FCAVJ/ UNESP, Jaboticabal. 1984. 34 p. (mimeografado).

PÖTTKER, D. e BEN, J.R. **Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto.** R. Bras. Cienc. Solo, v. 22; p:675-684, 1998.

RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P.; CANTARELLA, H. e SILVA, N.M. **Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem.** Bragantia, 42:149-156, 1983.

RAIJ, B. van. **Uso do Gesso na Agricultura. Informações Agronômicas,** Campinas, n. 117, 2007.

RAIJ, Bernardo Van. **Curso de Capacitação na Cultura de Café.** Mococa: CATI, 2008.

RAMOS, B. Z. **Especiação química da solução e mobilidade de bases e sulfato em Latossolo sob altas doses de gesso.** 2012. 96 p. Tese (Doutorado em Recursos Ambientais e Uso da Terra) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, Jucenei Fernando. **Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em Latossolo Vermelho submetido ao gesso, cultivado com trigo e soja.** Ci Agrár, v. 34, p. 1623-38, 2013.

RITCHEY, K.D.; SILVA, S.E. e COSTA, V.F. **Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols.** Soil Sci. 133:378- 382, 1982.

QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van e SAKAI, M. **Calagem para a sucessão batata-triticale-milho usando calcário com diferentes teores de magnésio.** Bragantia, 44:391-406, 1985.

QUAGGIO, J.A.; RAI, B. van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. **Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.28, n.3, p.375-383, 1993.

SILVA, N. M. da; RAIJ, B. van; CARVALHO, L. H. de; BATAGLIA, O. C.; KONDO, J. I.; **Efeitos Do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão.** *Bragantia*, Campinas, v.56, n.2, 1997.

SILVA, L. S.; **Calagem e gessagem do solo como fundamento para BPUFs.** IV Simpósio Regional IPNI Brasil - Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Santa Maria; 2007.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. **Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.675-688, 2008a.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. **Métodos de determinação de cálcio e magnésio trocáveis e estimativa do calcário residual em um latossolo submetido à aplicação de calcário e gesso em superfície.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.663-673, 2008c.

SOUSA, D. M. G., RITCHEY, K. D. **Correção da acidez subsuperficial: o uso de gesso no solo de cerrado.** In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1. Piracicaba, 1986. Anais... Campinas: Fundação CARGILL, 1986, p.91-113.

TSUJIGUSHI, B. P.; KURIHARA, C. H.; CARVALHO, L. A. **Calagem, gessagem e manejo da adubação em milho safrinha consorciado com *Brachiaria ruziensis*.** In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 12. 2013, Dourados. Estabilidade e produtividade: anais. Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. Editado por: Germani Concenço, Gessi Ceccon. 1 CD-ROM

VITAL, A. F. M.; SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, J. S. **Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso e fósforo.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.1, p.30-36, 2005.

ZAMBOLIM, Laércio. **Tecnologias de produção de café com qualidade.** Viçosa: UFV, 2001.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. **Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agrônômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 26, p. 1001-1016, 1991.

ZANDONÁ, R.R., BEUTLER, A.N., BURG, G.M., BARRETO, C.F., SCHMIDT, M.R. **Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja.** *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)* 45. 2015.