



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA

EDUARDO ENCARNAÇÃO SCHEIDEGGER LOPES

**APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO EM SOLOS ARENOSOS:
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E QUALIDADE DA PASTAGEM *UROCHLOA*
BRIZANTHA cv. PIATÃ**

EDUARDO ENCARNAÇÃO SCHEIDEGGER LOPES

**APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO EM SOLOS ARENOSOS:
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E QUALIDADE DA PASTAGEM *UROCHLOA*
BRIZANTHA cv. PIATÃ**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre – Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Carlos Sérgio Tiritan
Co-orientadora: Marilice Zundt Astolphi

633.2
L864a

Lopes, Eduardo Encarnação Scheidegger.
Aplicação superficial de calcário e gesso em solos arenosos: atributos químicos do solo e qualidade da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã / Eduardo Encarnação Scheidegger Lopes. – Presidente Prudente, 2020.
57f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2020.

Bibliografia.

Orientador: Carlos Sérgio Tiritan

1. Pastagem. 2. Correção de acidez. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO EM SOLOS ARENOSOS: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E QUALIDADE DA PASTAGEM *UROCHLOA BRIZANTA* cv PIATÃ"

AUTOR(A): EDUARDO ENCARNAÇÃO SCHEIDEGGER LOPES

ORIENTADOR(A): CARLOS SÉRGIO TIRITAN

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA.

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:

Dra. Andréia Luciane Moreira



APTA - Agência Paulista Tecnologia Agronegócios / Presidente Prudente (SP)

Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan



UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Prof. Dr. Fabio Fernando de Araújo



UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Data da realização: Presidente Prudente, 05 de março de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente à Deus por permitir que esta jornada pudesse ser concluída com êxito.

À minha esposa Marianna e meu filho Gustavo pelo carinho, paciência e incentivo para seguir sempre em frente.

Aos meus pais Sidney e Mara que me educaram e me ensinaram a persistir e nunca desistir.

Aos meus irmãos Sidney Júnior e Fernanda companheiros sempre presentes em minha vida.

E aos amigos Stela e Fabrício pelos bons conselhos que me encorajaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao professor orientador Carlos Sérgio Tiritan e a co-orientadora Marilice Zundt Astolphi pelas importantes contribuições para realização deste trabalho.

Aos produtores rurais José Donato, Célia Ferreira Donato e Rafael Donato pelo envolvimento, empenho e cuidado na condução do experimento em vossa propriedade – Sítio JC.

Ao colega Antonio Edson Teixeira Júnior que colaborou na implantação do experimento e nas coletas de amostras.

Aos professores Fábio Fernando de Araújo e Vânia Maria Ramos pelas sugestões e correções nas bancas de acompanhamento.

Aos colaboradores da Unoeste dos laboratórios de solos, tecido vegetal e de nutrição animal pelas análises das amostras.

À Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo – ITESP pela minha inclusão como servidor no Programa de Incentivo à Educação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (Brasil) CAPES – Código de Financiamento 001.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

RESUMO

Aplicação superficial de calcário e gesso em solos arenosos: Atributos químicos do solo e qualidade da pastagem *U. brizantha* cv. Piatã

O presente trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos, no solo e na planta, da aplicação superficial de calcário e gesso em pastagem de capim *U. brizantha* cv. Piatã. O experimento foi conduzido no Sítio JC no município de Mirante do Paranapanema, com delineamento experimental em blocos casualizados no esquema fatorial 2x4, sendo 2 doses de calcário (0 e 1408 kg ha⁻¹) e 4 doses de gesso (0, 500, 1000 e 2000 kg ha⁻¹) com 4 repetições totalizando 32 parcelas. O calcário e o gesso foram aplicados em 18 de dezembro de 2017 e foram realizados 6 cortes do capim e 2 amostragens de solo ao longo do experimento. Foram avaliados os atributos químicos do solo, os teores de macronutrientes no tecido vegetal, a composição bromatológica (PB, NDT, FDN, FDA, Celulose, Hemicelulose e Lignina) e a produtividade da pastagem. A interação de calcário com gesso elevou o teor de K e S no solo na subsuperfície e aumentou o teor foliar de Ca e S na pastagem. O calcário elevou o Ca, S, pH, saturação de base (V%) e reduziu H+Al na camada superficial do solo, aumentou o teor foliar de Mg, elevou a produtividade e o valor nutricional da pastagem. Já o gesso aumentou o teor de S, K e reduziu o Mg no solo, e elevou o teor de S no tecido e a produtividade da pastagem.

Palavras-chave: correção de acidez, fertilidade, produtividade e valor nutricional do capim.

ABSTRACT

Surface application of lime and gypsum on sandy soils: Chemical attributes of the soil and quality of *U. brizantha* cv. Piatã grass

The current study had as objectives to evaluate the effects on the soil and the plant of *U. brizantha* cv. Piatã grass after lime and gypsum surface application. The experiment was carried at Sítio JC in Mirante do Paranapanema – SP with randomized block design in a 2x4 factorial scheme, with 2 limestone doses (0 and 1.408 Kg ha⁻¹) and 4 gypsum doses (0, 500, 1.000 and 2.000 Kg ha⁻¹) with 4 replications totaling 32 plots. Limestone and gypsum were applied on December 18, 2017 and 6 grass cuts and 2 soil samplings were carried out throughout the experiment. The chemical attributes of the soil, the content of macronutrients in the plant tissue, the chemical composition (PB, NDT, NDF, ADF, Cellulose, Hemicellulose and Lignin) and pasture productivity were evaluated. The interaction of limestone with gypsum increased the content of K and S in the soil in the subsurface and increased the leaf content of Ca and S in the pasture. Limestone increased Ca, S, pH, V% and reduced H + Al in the topsoil, increased the Mg leaf content, increased productivity and nutritional value of pasture. Gypsum increased the S, K content and reduced the Mg in the soil, and increased the S content in the leaf tissue and the productivity of the pasture

Keywords: correction of acidity, fertility, productivity and nutritional value of pasture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Precipitação e temperatura máxima e mínima no período experimental.....	23
Figura 2 -	Disposição dos tratamentos na área experimental.....	25
Figura 3 -	Teores de Potássio no solo em função da interação de calcário com gesso (A 10-20 cm); Teor de Potássio em função das doses de gesso (B 20-40 cm).....	31
Figura 4 -	Teores de Enxofre no solo em função das doses de gesso (A de 0-10 cm e B de 10-20 cm) e da interação de calcário com gesso (C de 20-40 cm).....	32
Figura 5 -	Teores de Magnésio no solo em função das doses de gesso (A 0-10 e B 20-40 cm).....	33
Figura 6 -	Teor de H+Al na interação do gesso na presença do calcário (A 0-10 cm). Saturação de bases (V%) na interação do gesso na ausência do calcário (B 20-40 cm).....	34
Figura 7 -	Teores de Enxofre no solo em função das doses de gesso (A de 10-20 cm e B de 20-40 cm).....	38
Figura 8 -	Teores de cálcio no tecido em função da interação de calcário com gesso (A - 1º corte e B - 6º corte) e em função das doses de gesso (C 5º corte).....	42
Figura 9 -	Teores de enxofre no tecido em função das doses de gesso (A, B, C e D) e em função da interação de calcário com gesso (E)...	43
Figura 10 -	Teores de magnésio e fósforo no tecido em função das doses de gesso.....	44
Figura 11 -	Produtividade do capim em 20/03/18 (A) e 25/04/19 (B).....	50
Figura 12 -	Produtividade acumulada do capim em todo período experimental.....	52
Figura 13 -	Resposta da pastagem por Kg de produto aplicado.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultado da análise química da área do experimento.....	24
Tabela 2 -	Resultado da análise física da área do experimento.....	24
Tabela 3 -	Atributos químicos do solo na camada 0-10 cm em Ago/2018....	30
Tabela 4 -	Atributos químicos do solo na camada 10-20 cm em Ago/2018..	30
Tabela 5 -	Atributos químicos do solo na camada 20-40 cm em Ago/2018..	31
Tabela 6 -	Atributos químicos do solo na camada 0-10 cm em Abril/2019...	36
Tabela 7 -	Atributos químicos do solo na camada 10-20 cm em Abril/2019	36
Tabela 8 -	Atributos químicos do solo na camada 20-40 cm em Abril/2019	37
Tabela 9 -	Atributos químicos do solo na camada 40-60 cm em Abril/2019	37
Tabela 10 -	Teores de nutrientes (g Kg^{-1}) na pastagem no 1º corte em 24/01/18.....	39
Tabela 11 -	Teores de nutrientes (g Kg^{-1}) na pastagem no 2º corte em 20/03/2018.....	39
Tabela 12 -	Teores de nutrientes (g Kg^{-1}) na pastagem no 3º corte em 26/06/18.....	40
Tabela 13 -	Teores de nutrientes (g Kg^{-1}) na pastagem no 4º corte em 30/10/18.....	40
Tabela 14 -	Teores de nutrientes (g Kg^{-1}) na pastagem no 5º corte em 21/02/19.....	41
Tabela 15 -	Teores de nutrientes (g Kg^{-1}) na pastagem no 6º corte em 25/04/19.....	41
Tabela 16 -	Composição bromatológica do capim no 1º corte em 24/01/2018	46
Tabela 17 -	Composição bromatológica do capim no 2º corte em 20/03/2018	46
Tabela 18 -	Composição bromatológica do capim no 3º corte em 26/06/2018	47
Tabela 19 -	Composição bromatológica do capim no 4º corte em 31/10/2018	47
Tabela 20 -	Composição bromatológica do capim no 5º corte em 21/02/2019	48
Tabela 21 -	Composição bromatológica do capim no 6º corte em 25/04/2019	48
Tabela 22 -	Produtividade da pastagem em Kg MS ha^{-1} nos cortes 1º a 6º....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	JUSTIFICATIVA.....	14
2.1	Objetivos.....	15
2.1.1	Objetivo geral.....	15
2.1.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1	Efeitos nos atributos químicos do solo pela aplicação superficial de calcário e gesso.....	16
3.2	Teores de nutrientes no tecido vegetal e interferência na produtividade pela aplicação superficial de calcário e gesso.....	19
3.3	Composição bromatológica de pastagem pela aplicação de calcário e gesso.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1	Características do local.....	23
4.2	Tratamentos e delineamento experimental.....	24
4.3	Condução do experimento.....	26
4.4	Avaliações.....	27
4.4.1	Atributos químicos do solo.....	27
4.4.2	Avaliação do teor de macronutrientes na parte aérea.....	27
4.4.3	Avaliação da composição bromatológica.....	27
4.4.4	Produtividade do capim U. brizantha cv Piatã	28
4.5	Análise dos dados.....	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1.1	Atributos químicos do solo após aplicação superficial de calcário e gesso na 1ª amostragem de solo.....	29
5.1.2	Atributos químicos do solo após aplicação superficial de calcário e gesso na 2ª amostragem de solo.....	34
5.2	Teores de macronutrientes no tecido da parte aérea da pastagem.	38
5.3	Avaliação da composição bromatológica da pastagem.....	45
5.4	Avaliação da produtividade da pastagem de U. Brizanta cv. Piatã..	49
6	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem papel relevante no cenário do agronegócio nacional e internacional, gerando emprego (cerca de 6,8 milhões de empregos diretos e indiretos), renda e alavancando diversos setores dessa importante cadeia produtiva, constituindo-se como atividade de grande contribuição para o Produto Interno Bruto - PIB do Brasil.

A atividade é explorada em todas as regiões do país, por diversas categorias de produtores rurais, desde agricultores familiares, até grandes pecuaristas. Entretanto, a vinculação da pecuária com o desmatamento, baixos índices de produtividade e com aumento da quantidade de áreas degradadas por mau uso, provocam impactos negativos à pecuária brasileira.

O gênero *Urochloa* é composto por quase uma centena de espécies, dentre elas destaque para a *Urochloa brizantha*, no mercado há mais de 30 anos. A *urochloa* é de origem africana e foi introduzida no Brasil nos anos 60 pela região da Amazônia e, em seguida, expandiu-se para todas as regiões tropicais e subtropicais do Brasil. É menos exigente em termos de fertilidade e, por isso, se adapta melhor aos diferentes solos, além de possuir um sistema radicular bastante eficiente.

Por outro lado, mais recentemente, com o aumento na disponibilidade de tecnologias para a formação, manejo e recuperação de pastagens, aliado às pressões ambientais e de mercado, observa-se uma mudança de atitude na produção animal a pasto no Brasil. Segundo Dias-Filho (2014), a recuperação de pastagens degradadas continuará a ter papel decisivo nesse processo de modernização, tornando possível o aumento da produção, sem a expansão das áreas de pastagem.

Macedo *et al.* (2013) afirmam que a proporção de pastagens em condições ótimas ou adequadas não deve ser superior a 20% e que mais de 70% das pastagens são cultivadas com *Urochloa*, o que permite inferir que no Brasil são cultivados mais de 80 milhões de hectares com pastagens desse gênero. Dentre estas, 90% da área é ocupada por duas espécies: *U. brizantha* e *U. decumbens*.

A recuperação de pastagens degradadas é economicamente viável, desde que as técnicas sejam aplicadas corretamente e que seja precedida por um diagnóstico correto. Zimmer *et al.* (2012) ressalta que, em muitas situações, estas

práticas são necessárias, já que a produtividade encontra-se em níveis insignificantes e a degradação ambiental pode ser irreversível.

A pecuária brasileira vem sendo desenvolvida, na maioria das vezes, em regiões com menor vocação agrícola, que geralmente são formadas por solos ácidos, de baixa fertilidade natural e com maior risco de erosão, acentuando assim o processo de degradação do solo.

Desta forma, a melhoria da qualidade e produtividade das pastagens, seja pela recuperação ou pela renovação das mesmas, torna-se importante ferramenta para incrementar a produção de carne e leite em regiões com solos arenosos e de baixa fertilidade natural, fixando o produtor no campo e melhorando os indicadores socioeconômicos e ambientais destas localidades.

Entretanto, para aumentar a produtividade e a qualidade da forrageira de forma sustentável, torna-se indispensável à adoção de tecnologias apropriadas. Sendo assim, a aplicação superficial de calcário e gesso, associado à reposição de outros nutrientes e respeitando as características edafoclimáticas da região, pode ser uma importante alternativa para aumentar a produção de forragens destinadas à produção animal e que ainda necessita de estudos mais aprofundados para os solos arenosos.

2 JUSTIFICATIVA

A pecuária brasileira tem diversos desafios, mas por outro lado, trata-se de atividade com grande potencial para expandir seus índices de produtividade, uma vez que grande parte das pastagens está com reduzido potencial produtivo. Desta forma, as intervenções que permitam ampliar a capacidade de suporte destas áreas irão gerar ganhos significativos para o setor. Sendo assim, o aprofundamento de estudos e pesquisas desenvolvidas para regiões com condições particulares de solos arenosos e de baixa fertilidade natural tornam-se importantes fontes de auxílio e desenvolvimento aos produtores rurais.

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo avaliar a interferência da aplicação superficial de calcário com diferentes doses de gesso nos atributos químicos do solo e na qualidade da pastagem de capim *Urochloa brizantha* cv. Piatã em condições de solos arenosos e de baixa fertilidade natural.

2.1.2 Objetivos específicos

Avaliar a interferência da aplicação superficial de calcário e gesso na fertilidade do solo;

Verificar a alteração dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na parte aérea do capim com a aplicação superficial do calcário e gesso;

Testar a interferência da aplicação superficial de calcário e gesso na composição bromatológica da pastagem;

Verificar se há interação entre a aplicação superficial de calcário e de gesso na produtividade da pastagem de capim *U. brizantha* cv. Piatã.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Efeitos nos atributos químicos do solo pela aplicação superficial de calcário e gesso

A calagem tornou-se a ferramenta mais difundida e utilizada como mecanismo de correção de acidez do solo, para disponibilizar nutrientes para a planta e para minimizar os efeitos dos elementos tóxicos existentes no solo. Porém, segundo Hernani *et al.* (1999) e Stone e Silveira (1999), a incorporação do calcário ao solo, através da mecanização como gradagens e arações pode alterar as características físicas do solo, diminuindo a porosidade, a distribuição de tamanho e a estabilidade dos agregados, além de destruir os canais resultantes do crescimento radicular e da atividade biológica, o que prejudica a infiltração de água, aumentando o escoamento superficial e facilitando a erosão.

Considerando que a aplicação superficial de calcário pode ter sua ação limitada às camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo, a aplicação superficial de gesso agrícola pode ser uma alternativa para aumentar a saturação por bases na camada sub-superficial e reduzir o efeito tóxico do alumínio, melhorando assim o ambiente radicular para o desenvolvimento das plantas. A combinação de calcário com gesso agrícola pode compensar o efeito reduzido do calcário no subsolo, nos primeiros anos de cultivo, sem necessidade de incorporação prévia (CAIRES *et al.*, 2003).

Segundo estudo de Soratto e Crusciol (2008a), a aplicação superficial de calcário, em sistema plantio direto recém-implantado em região com inverno seco, tem efeito sobre a correção da acidez e elevação dos teores de Ca e Mg do solo, principalmente nas camadas superficiais. A aplicação de gesso agrícola pode contribuir para que os efeitos alcancem as camadas do subsolo (0,20–0,60 m), podendo ser utilizado como produto complementar ao calcário, sendo uma alternativa interessante para a melhoria do ambiente radicular do subsolo enquanto o efeito corretivo do calcário ainda não atingiu essa camada. Entretanto, segundo estes autores, os maiores efeitos da aplicação superficial de calcário e gesso agrícola, tanto na correção da acidez quanto na elevação dos teores de cátions em profundidade, foram verificados aos 12 meses após a aplicação.

Em estudo conduzido por Caires *et al.* (2004). A calagem, após 46 meses, proporcionou aumento significativo no pH em CaCl_2 e nos teores de Ca e Mg trocáveis, bem como redução significativa nos teores de H + Al do solo, na camada de 0-0,05 m, principalmente quando o calcário foi aplicado na superfície, em dose total ou parcelada. Enquanto o calcário incorporado proporcionou maior reação nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, em comparação com a calagem superficial. Os efeitos benéficos da calagem na correção da acidez do subsolo foram pouco pronunciados e mais evidentes com a incorporação do calcário no solo.

Segundo Zandoná *et al.* (2015) quando o gesso foi aplicado associado ao calcário, o teor de Ca, na camada de 10-20 cm, ficou próximo a 5 cmol^{-1} , aproximadamente 25 % superior, quando comparado à área onde foi aplicado gesso sem calcário, indicando a translocação vertical do Ca para essa camada. Os teores de Mg no solo também aumentaram com a aplicação de gesso, nas camadas de 10-20 cm e 20-40 cm, no entanto, houve redução na camada de 0-10 cm. A aplicação de gesso, em nove meses, diminuiu o teor de Al^{3+} nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm, porém em pequenas quantidades, possivelmente em razão do curto período.

Caires *et al.* (2003), em estudo sobre a aplicação do calcário superficial ou incorporado, verificou que os aumentos no pH com a calagem foram maiores na camada superficial do solo (0-5 cm), independentemente do modo de aplicação, e decresceram com o aumento da profundidade do solo, principalmente quando o calcário foi aplicado na superfície. Os efeitos da calagem na superfície sobre o pH do solo foram significativos somente na profundidade de 0-5 cm, após 11 meses, e nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, após 23 meses, e de 20-40 cm, após 35 meses da aplicação do calcário. Segundo os autores, a aplicação de calcário dolomítico na superfície aumentou os teores de Ca e Mg trocáveis, notadamente na camada superficial do solo (0-5 cm), de forma mais lenta e contínua do que quando o calcário foi incorporado no solo.

Rampim *et al.* (2011) observaram que, de forma geral, o uso de gesso proporcionou aumento de Ca em todas as camadas, redução de Mg nas camadas superficiais e acréscimo de S em todas as camadas, arrastando cátions como K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} melhorando as condições subsuperficiais do solo. Todo o Mg lixiviado das camadas 0-0,10 e 0,10-0,20 m não ficou retido de 0,20-0,40 m, ocorrendo lixiviação além dessa camada. Com relação ao K, foi verificada lixiviação apenas

nas camadas de 0–0,10 m aos 12 meses e de 0,10–0,20 m aos seis meses. No entanto, não houve acúmulo do K lixiviado na camada de 0,20–0,40 m, o qual pode ter sido arrastado para profundidade além de 0,40 m.

A aplicação de doses de gesso não exerceu influência sobre a acidez nas camadas superficiais do solo, mas proporcionou elevação do pH (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹) no subsolo. Esse efeito foi observado nas camadas de solo de 20-40 cm (8 meses) e 40-60 cm (8, 20 e 32 meses). O gesso aumentou os teores de Ca trocável do solo nas cinco profundidades estudadas, independentemente dos tratamentos de calagem. Já para o magnésio, após oito meses da aplicação do gesso, houve redução do teor trocável nas camadas superficiais do solo e aumento nas concentrações do nutriente em camadas do subsolo (CAIRES *et al.*, 2003). Após 32 meses, o gesso continuou promovendo lixiviação de Mg em maiores profundidades. Os teores de sulfato no solo aumentaram nas cinco profundidades estudadas, com movimentação no solo proporcional às doses de gesso, dependendo do tempo da aplicação. Em relação ao fósforo, os autores verificaram que as doses de gesso aumentaram linearmente os teores na camada superficial do solo (0-5 cm), nos três anos de cultivo.

Avaliando a aplicação de calcário nos atributos químicos do solo e produtividade do milho em sucessão a pastagens degradadas, Tiritan *et al.* (2016) observaram que a aplicação da dose recomendada (5,4 ton ha⁻¹), independentemente do sistema de manejo, resultou em mudanças no pH; níveis trocáveis de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e saturação de bases, e reduziu o nível trocável de Al³⁺ e H + Al em todos os perfis avaliados (0-0,30 m). A metade da dose (2,7 ton ha⁻¹) foi suficiente para reduzir a acidez e aumentar os níveis de bases divalentes (Ca²⁺ e Mg²⁺), que resultaram em aumento nos valores de saturação de bases, porém a ação da menor dose de calcário foi limitada a uma profundidade de 0,20 m. Observaram ainda que a ação mais acentuada da calagem foi verificada após seis meses de estabelecimento de tratamentos.

3.2 Teores de nutrientes no tecido vegetal e interferência na produtividade pela aplicação superficial de calcário e gesso

Estudando a cultura do arroz, feijão e aveia preta, Soratto e Crusciol (2007), verificaram que na cultura da aveia-preta, cultivada no inverno de 2003, a aplicação de gesso proporcionou aumento nos teores de Ca e redução nos teores de Mg solúveis. Houve interação significativa entre calagem e gessagem para os teores de Ca solúvel. A aplicação de calcário promoveu aumento nos teores deste elemento apenas na ausência de gesso. Entretanto, na presença de gesso foram observados maiores teores de Ca solúvel, independentemente da dose de calcário utilizada.

Caires *et al.* (2003) em estudo com a cultura da soja, observaram que houve aumento linear nas concentrações de S (primeiro ano), N (segundo ano) e Ca (terceiro ano) no tecido foliar da soja com as doses de gesso aplicadas. Houve ainda aumento de P e redução de Mg nas folhas de soja, linear e consistente, nos três anos de cultivo, conforme as doses de gesso. Os autores descrevem que os incrementos nos teores foliares de P obtidos com as doses de gesso, nos três cultivos de soja, acompanharam os ganhos na disponibilidade do nutriente na camada superficial (0-5 cm) do solo, enquanto a redução do Mg mostra claramente, segundo eles, que a lixiviação de Mg trocável no solo proporcionada pelo gesso prejudica a absorção do nutriente pela cultura.

Soratto e Crusciol (2008b) publicaram estudo sobre a produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia preta, no qual observaram que a aplicação de calcário em superfície não afetou a produção de matéria seca na parte aérea da cultura em nenhum dos anos de cultivo. Por outro lado, a aplicação de gesso proporcionou maior produção de matéria seca no primeiro ano de cultivo, com acréscimo de 705 kg ha⁻¹, o que representa um aumento de 15,6% em relação ao tratamento sem aplicação.

Em relação aos teores de nutrientes no tecido, Soratto e Crusciol (2008b) observaram efeito da interação calagem e gesso para o P e K, onde o tratamento com gesso sem aplicação de corretivo promoveu maior teor de P e reduziu o teor de K na parte aérea da aveia-preta. De forma isolada, constataram que a aplicação de gesso aumentou o teor de N e de S e reduziu o Mg, enquanto o calcário aumentou o teor de S no segundo ano de cultivo.

Avaliando os efeitos da aplicação superficial do gesso em capim Tanzânia, Custódio *et al.* (2005) observaram que houve um acréscimo na produtividade com o aumento da dose de gesso até 3,01 ton/ha, sendo as dosagens responsáveis pela maior produção de matéria seca e crescimento da planta (3,01 e 2,37 ton/ha respectivamente) confirmando a importância do gesso no desenvolvimento e crescimento do capim tanzânia. Em relação ao teor de N, P e K no tecido foliar os autores observaram redução dos teores dos nutrientes com aumento da dose de gesso aplicada. Quanto ao Ca, houve uma redução do teor na dose de 1,94 ton/ha, e para o Mg o teor foliar máximo ocorreu quando se aplicou a dose de 0,026 t/ha de gesso.

Costa *et al.* (2016) observaram na aveia preta que apenas o número de panículas por metro quadrado foi influenciado pela calagem, este componente impactou positivamente a produtividade de grãos, com a maior produtividade (1.480 kg ha⁻¹), 61% maior que a do controle, obtida com a dose estimada de 3.555 kg ha⁻¹ de calcário.

Entretanto, em um estudo conduzido por Silva *et al.* (2015) a aplicação de calcário assim como a de gesso não influenciou a produção de matéria seca e concentrações de macro e micronutrientes da parte aérea da mistura aveia e azevém. Os autores justificam que a ausência de efeito sobre a produção de matéria seca com a adição de gesso pode estar relacionada com a disponibilidade hídrica, já que durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foram registrados 1186 mm de chuvas. Com relação às concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea, os autores atribuíram que a ausência de efeito ocorreu provavelmente devido aos teores suficientes desses nutrientes no solo.

Costa *et al.* (2015), estudando o rendimento e composição química do capim *Andropogon*, obtiveram os maiores rendimentos de MS com a aplicação de 1.200 (23,06 t/ha) ou 900 kg/ha de calcário (21,11 t/ha), doses estas que proporcionaram incrementos de 151 e 130%, respectivamente, em relação ao rendimento fornecido pela testemunha.

3.3 Composição bromatológica de pastagem pela aplicação de calcário e gesso

Pesquisas realizadas indicam que a aplicação de calcário e gesso pode influenciar a disponibilidade de nutrientes no solo e a absorção destes pelas plantas, assim como é possível, também, promover alterações no valor nutricional e na digestibilidade de forrageiras (CAIRES *et al.*, 2004; SORATTO; CRUSCIOL, 2008b; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Em estudo sobre métodos de estabelecimento de Braquiária e Estilosantes e doses de calcário, fósforo e gesso, Mesquita *et al.* (2002) observaram que as concentrações de PB na MS da braquiária aumentaram em resposta as doses de gesso. Os autores relataram que os acréscimos de S na MS podem ter contribuído para elevar o teor proteico da gramínea. Observaram também que houve redução das concentrações de FDN na gramínea no primeiro ano. Já, em relação ao calcário, não houve influência significativa de doses nas concentrações de FDN, FDA, Lignina e DIVMS na pastagem.

Experimento realizado por Santana *et al.* (2010), cujo objetivo era avaliar a produção e composição bromatológica do capim Mombaça submetidos a diferentes fontes e doses de corretivos, os resultados obtidos foram significativos para produção de matéria seca do capim com o uso de calcário em doses mais elevadas (1,5 e 2 vezes a dose recomendada). No entanto, as doses de corretivos utilizados não interferiram nos parâmetros bromatológicos analisados (teores de FDN, FDA e Proteína Bruta) do capim.

Velásquez *et al.* (2010) avaliando a composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* das forrageiras capim-tanzânia, capim-marandu e capim-tifton 85, em duas épocas do ano (janeiro-março e abril-junho) e em três idades de rebrota (28, 35 e 42 dias), observaram que no período de janeiro-março, o capim-marandu destacou-se pelos maiores valores de proteína bruta entre as espécies avaliadas, independentemente da idade de corte. No entanto, no período de abril-junho, os menores valores de proteína bruta foram obtidos no capim-tanzânia aos 28 dias de rebrota e no capim-marandu aos 35 e 42 dias de rebrota.

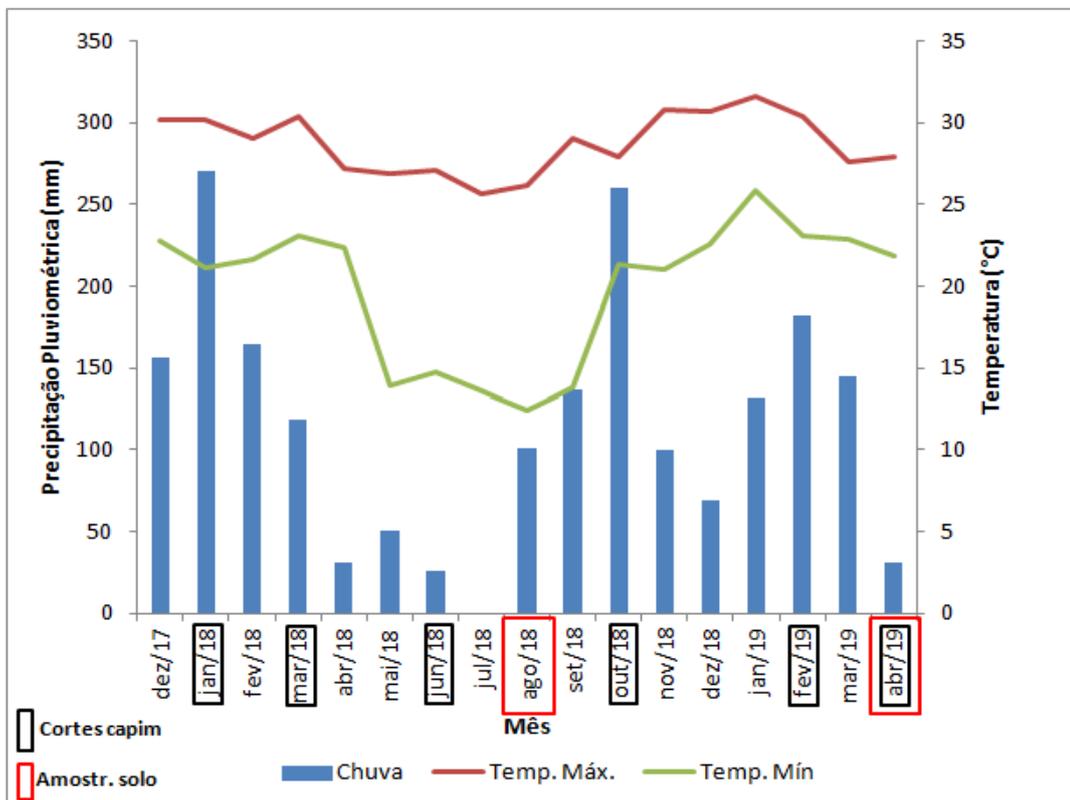
Santana *et al.* (2010b), estudando a produção e qualidade do capim braquiária em solos corrigidos com calcário e escória silicatada, observaram que os teores de FDN e FDA não foram afetados pelos tipos de corretivos exceto no terceiro corte, em que a aplicação de calcário proporcionou maior teor de FDN em relação à escória silicatada. Os autores afirmam que a utilização de calcário, além de corrigir a acidez do solo, fornece cálcio às plantas, o que pode fortalecer a estrutura da parede celular, tornando-a mais resistente à degradação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características do local

O experimento foi conduzido em pastagem de U. brizantha cv. Piatã implantada em 2015 na Propriedade Rural Sítio JC, no município de Mirante do Paranapanema – SP. A localização da área está definida pelas coordenadas geográficas: 22° 29' 29" Latitude Sul e 52° 1' 18" Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 306 metros, em um solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), com relevo suave ondulado e teor de argila de 135 g Kg⁻¹ na camada de 0-10 cm, 150 g Kg⁻¹ na camada de 10-20 cm e 155 g Kg⁻¹ na camada de 20-40 cm. O clima de Mirante do Paranapanema-SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical de monção (Am), com temperaturas médias anuais em torno de 22,8°C e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a março e outro de baixa precipitação pluvial de abril a setembro. Os dados de precipitação e de temperatura obtidos durante o experimento estão demonstrados na Figura 1.

Figura 1. Precipitação, temperatura máxima e mínima e coletas no experimento.



No mês de outubro de 2017, antes da implantação do experimento, foi realizada análise química e física do solo nas profundidades 0-10 cm; 10-20 cm e de 20-40 cm. Os valores obtidos estão demonstrados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resultado da análise química da área do experimento

Camada	pH	M.O (g dm ⁻³)	P ----mg dm ⁻³ -----	S-So ₄ ²⁻ -----	Al ³⁺ -----mmol dm ⁻³ -----	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
0-10 cm	5,8	18,6	11	2,4	0	13,2	0,4	13	9,3	22,7	36	63,3
10-20 cm	5,4	13,1	3,6	2,2	0	14,8	0,3	9,4	6,4	16,1	31	52,1
20-40 cm	5,3	11,3	2,8	2,2	0	16,2	0,6	7,4	4,8	12,8	29	44,1

Tabela 2. Resultado da análise física da área do experimento

Camada	Areia Total g Kg ⁻¹	Silte g Kg ⁻¹	Argila g Kg ⁻¹	Classe textural
0-10 cm	815	51	135	Arenosa
10-20 cm	785	65	150	Média arenosa
20-40 cm	756	89	155	Média arenosa

4.2 Tratamentos e delineamento experimental

A partir da análise química foi determinada a quantidade de calcário necessária para elevar a saturação de bases a 80% para as duas profundidades analisadas totalizando 1.408 kg ha⁻¹ com PRNT 100% que foi ajustado para 1.656 kg ha⁻¹ do calcário com PRNT 85% para ser aplicado na área. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 2x4, sendo 2 tratamentos referentes ao calcário com doses 0 e 1.408 kg há⁻¹ e 4 tratamentos referentes ao gesso agrícola (baseado no teor de argila obtido na análise granulométrica) com doses de 0; 500; 1.000 e 2.000 kg ha⁻¹ com 4 repetições totalizando 32 parcelas cada uma medindo 40 m² (5 x 8m). As variáveis analisadas

foram submetidas ao programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e Análise de Regressão.

Figura 2. Disposição dos tratamentos na área experimental



T1 = SEM CALC + 0 GESSO

T5 = COM CALC + 0 GESSO

T2 = SEM CALC + 500 KG GESSO

T6 = COM CALC + 500 KG GESSO

T3 = SEM CALC + 1000 KG GESSO

T7 = COM CALC + 1000 KG GESSO

T4 = SEM CALC + 2000 KG GESSO

T8 = COM CALC + 2000 KG GESSO

4.3 Condução do experimento

A aplicação superficial de calcário e gesso nas parcelas ocorreu em 18/12/2017. Posteriormente, no dia 20/12/2017 e após cada corte do capim foi aplicado em toda a área do experimento de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia tendo como base a extração média do elemento pela pastagem.

Foram realizados seis cortes do capim ao longo da pesquisa nas datas: 24/01/18 – 20/03/18 – 26/06/18 – 30/10/18 – 21/02/19 – 25/04/19. As amostragens do capim foram realizadas em 1 m² de cada parcela, utilizando-se quadro de tubo de PVC de 25 mm medindo 1x1, lançado de forma aleatória, sendo o capim contido dentro do quadro, cortado a altura de 20 cm do solo (simulando pastejo) para verificação do peso do material fresco em 1 m² de pastagem. Desse material fresco coletado foram retiradas amostras que variaram entre 100 e 150 gramas que foram acondicionadas em sacos de papel identificadas e enviadas ao laboratório, onde foram lavadas e em seguida foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar, com temperaturas de 58 a 65°C por 72 horas. Após retirar da estufa, foram realizadas pesagens das amostras para determinação do teor de matéria seca e assim calcular a produtividade da pastagem. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm para realização de análise bromatológica (Proteína Bruta, Nutrientes Digestíveis Totais, Fibra em Detergente Ácido, Fibra em Detergente Neutro, Celulose, Hemicelulose e Lignina) e de teores de macronutrientes no tecido vegetal (N, P, K, Ca, Mg e S).

As duas amostragens de solo foram realizadas com 8 e 16 meses após o início do experimento, respectivamente. Foi utilizado trado tipo Sonda em aço inoxidável com auxílio de marreta. Foram coletadas 4 subamostras por parcela experimental nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm na primeira amostragem e de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm na segunda amostragem. As amostras de solo coletadas em cada camada foram acondicionadas em caixas de papelão, identificadas e encaminhadas ao laboratório para realização de análise química.

Após cada coleta do capim a área experimental foi submetida ao pastejo de bovinos no período de 2 dias para rebaixamento do capim. Posteriormente era realizada roçada em toda a área com o objetivo de uniformizar a altura da pastagem em 20 cm. Em seguida foi efetuada em toda área a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de

nitrogênio na forma de ureia e vedada para uma coleta posterior. Desta forma, foram realizados seis cortes no capim e duas amostragens de solo durante todo o período experimental para avaliação das variáveis objetos dessa pesquisa.

4.4 Avaliações

4.4.1. Atributos químicos do solo

Em 24/08/2018 (oito meses após início do experimento) foi efetuada na área experimental a primeira amostragem de solo nas 32 parcelas nas camadas 0-10; 10-20 e 20-40 cm e enviadas ao laboratório para realização de análise química pela metodologia descrita por Raij *et al.* (2001). Em 30/04/2019, após 8 meses de intervalo da primeira coleta, foi realizada a segunda amostragem de solo nas camadas já descritas e também na camada 40-60 cm para avaliar possível movimentação dos elementos para as camadas mais profundas.

4.4.2 Avaliação do teor de macronutrientes na parte aérea do capim U. brizantha cv Piatã

As amostras de capim previamente coletadas e enviadas ao laboratório foram submetidas à análise de tecido vegetal (parte aérea do capim) nas quais foram determinados os teores dos macronutrientes: Nitrogênio; Fósforo; Potássio; Cálcio; Magnésio e Enxofre pela metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

4.4.3 Avaliação da composição bromatológica do capim U. brizantha cv Piatã

As amostras coletadas em cada parcela foram enviadas ao laboratório de Nutrição Animal para determinação de seus valores nutricionais. A composição bromatológica foi determinada de acordo com a metodologia de Silva e Queiroz (2002) para os parâmetros de: Proteína Bruta; Nutrientes Digestíveis totais; Fibra em Detergente Ácido; Fibra em Detergente Neutro; Celulose; Hemicelulose e Lignina.

4.4.4 Produtividade do capim U. brizantha cv Piatã

Foram realizadas 6 coletas periódicas de capim nas 32 parcelas do experimento e logo após a coleta e pesagem do capim em 1 m² determinou-se o teor de matéria seca a fim de quantificar a produtividade de forragem em Kg MS ha⁻¹ de cada tratamento.

4.5. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à Análise de Variância e os valores médios comparados através do teste Tukey ($p < 0,05$) e Análise de Regressão, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1.1 Atributos químicos do solo após aplicação superficial de calcário e gesso na 1ª amostragem de solo

As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam os resultados dos atributos químicos do solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm respectivamente, e são referentes à primeira amostragem ocorrida em agosto de 2018, no intervalo de 8 meses após o início do experimento.

Observou-se que a calagem promoveu efeito apenas na camada superficial (Tabela 3), elevando o teor de Ca, pH e saturação de bases e reduzindo o H+Al, indicando que seu efeito ficou limitado à camada 0-10 cm mesmo oito meses após aplicação. Efeito semelhante do calcário foi verificado por Caires *et al.* (2004) na camada 0-5 cm com aplicação superficial. Entretanto, Tiritan *et al.* (2016) constataram que, independentemente do sistema de aplicação do calcário (incorporado ou não), houve efeito no aumento do pH, níveis trocáveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , e saturação de bases, e redução do Al^{3+} e H+Al em todos os perfis avaliados (0-30 cm) quando foi aplicado a dose recomendada ($5,4 \text{ Mg ha}^{-1}$). Destaca-se que nas condições de solo e clima estudadas, o calcário por ter baixa solubilidade, não promoveu efeitos além da camada superficial.

Houve interação do calcário com doses de gesso promovendo aumento linear do teor de K na camada 10-20 cm (Figura 3 A) e obteve-se também elevação do teor do elemento na camada 20-40 cm (Figura 3 B) em função das doses crescentes de gesso aplicadas. Rampim *et al.* (2011) observaram que aplicação de gesso promoveu acréscimo de S em todas as camadas, arrastando cátions como K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} e melhorando as condições subsuperficiais.

Tabela 3. Atributos químicos do solo na camada 0-10 cm em Ago/2018

Calcário	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄ ²⁻	pH	H+Al	V%
Sem	33,71 a	1,76 a	27,90 b	9,37 a	3,62 a	5,86 b	11,83 a	76,34 b
Com	29,32 a	1,61 a	36,29 a	10,21 a	3,64 a	6,07 a	11,37 b	80,18 a
F	0,51 ^{ns}	0,54 ^{ns}	8,88**	0,57 ^{ns}	0,00 ^{ns}	14,73**	4,95*	7,19*
Gesso (kg ha ⁻¹)								
0	36,15	1,59	34,46	11,69	2,75	5,96	11,42	79,86
500	34,35	1,57	30,30	10,09	3,85	5,97	11,47	77,65
1000	23,40	1,50	31,97	10,20	3,50	5,91	11,80	78,44
2000	32,15	2,06	31,64	7,19	4,41	6,00	11,70	77,09
F	0,84 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2,91*	6,01**	0,44 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,70 ^{ns}
F int	1,20 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,58 ^{ns}	3,73*	0,48 ^{ns}
CV (%)	55,19	34,20	24,80	31,86	22,12	2,63	5,07	5,18

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 4. Atributos químicos do solo na camada 10-20 cm em Ago/2018

Calcário	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄ ²⁻	pH	H+Al	V%
Sem	8,19 a	0,97 a	21,29 a	6,32 a	3,15 a	5,59 a	13,04 a	68,47 a
Com	6,45 a	0,95 a	23,66 a	6,39 a	3,35 a	5,66 a	13,32 a	69,02 a
F	0,87 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,17 ^{ns}	2,12 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)								
0	7,76	0,84	20,39	6,71	2,45	5,62	13,11	67,81
500	6,71	0,89	21,24	6,22	3,17	5,62	12,91	68,52
1000	6,24	0,94	24,96	6,56	3,05	5,69	12,91	70,67
2000	8,56	1,17	23,32	5,92	4,32	5,57	13,79	67,99
F	0,32 ^{ns}	7,55**	0,92 ^{ns}	1,13 ^{ns}	18,03**	0,95 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,63 ^{ns}
F int	0,64 ^{ns}	6,14**	0,42 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,83 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,52 ^{ns}
CV (%)	71,89	16,03	27,15	14,74	16,06	2,37	6,79	6,85

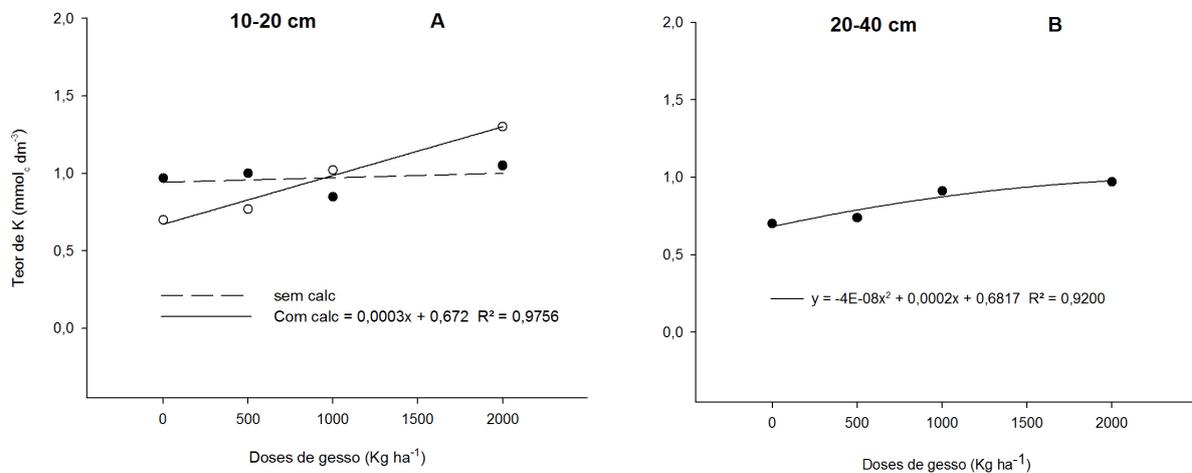
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 5. Atributos químicos do solo na camada 20-40 cm em Ago/2018

Calcário	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄ ²⁻	pH	H+Al	V%
Sem	3,00 a	0,86 a	16,64 a	6,09 a	3,41 a	5,54 a	13,47 a	62,64 a
Com	2,92 a	0,80 a	16,80 a	6,39 a	3,86 a	5,54 a	14,10 a	63,59 a
F	0,03 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,10 ^{ns}	3,07 ^{ns}	0,00 ^{ns}	5,58 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)								
0	2,69	0,70	16,09	6,55	3,12	5,12	14,10	62,29
500	3,36	0,74	17,54	6,94	3,42	5,89	13,37	65,20
1000	2,52	0,91	16,22	5,91	3,50	5,55	13,64	62,77
2000	3,27	0,97	17,05	5,56	4,50	5,52	14,04	62,19
F	0,91 ^{ns}	3,02*	0,64 ^{ns}	4,88**	5,41**	0,33 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,63 ^{ns}
F int	0,81 ^{ns}	1,67 ^{ns}	3,06 ^{ns}	1,84 ^{ns}	3,65*	2,75 ^{ns}	1,05 ^{ns}	4,28*
CV (%)	41,81	26,10	14,57	12,69	19,98	2,93	5,43	4,96

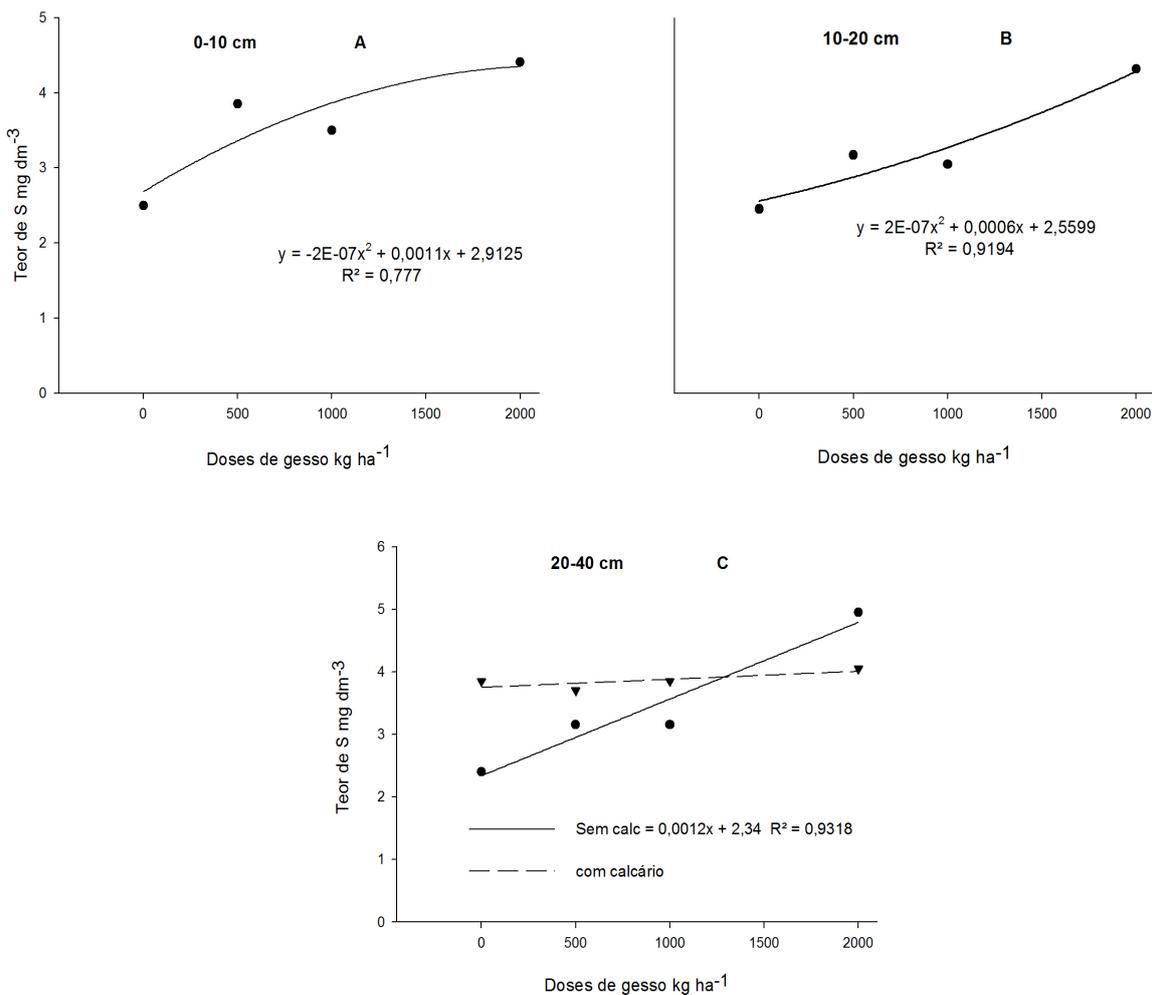
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Figura 3. Teores de Potássio no solo em função da interação de calcário com gesso (A 10-20 cm) e Teor de Potássio em função das doses de gesso (B 20-40 cm).



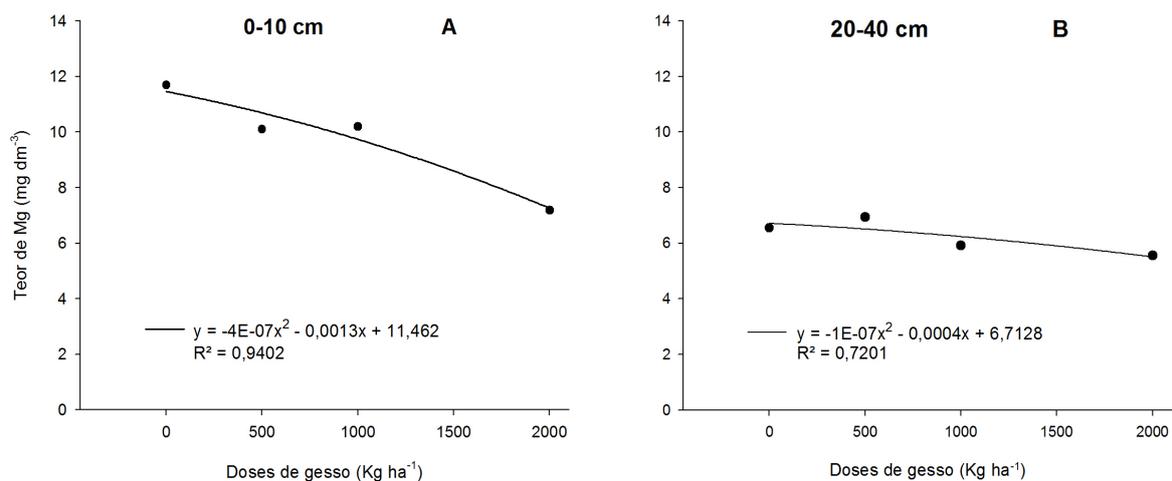
As crescentes doses de gesso elevaram de forma quadrática o teor de $S-SO_4^{2-}$ nas camadas 0-10 e 10-20 cm (Figura 4 A e B respectivamente), enquanto na profundidade de 20-40 cm houve resposta significativa para interação do gesso na ausência de calcário, apresentando aumento linear do teor do elemento (Figura 4 C), fato que se justifica pela pouca movimentação do calcário no perfil de solo, desta forma, não apresentando efeito nesta camada. Caires *et al.* (2003) notaram que ocorreu movimentação de sulfato no solo proporcional às doses de gesso, dependendo do tempo de aplicação, no qual o maior acúmulo de $S-SO_4^{2-}$ no solo ocorreu na camada superficial (0-5 cm) 8 meses após a aplicação.

Figura 4. Teores de Enxofre no solo em função das doses de gesso (A 0-10 cm e B 10-20 cm) e da interação de calcário com gesso (C 20-40 cm).



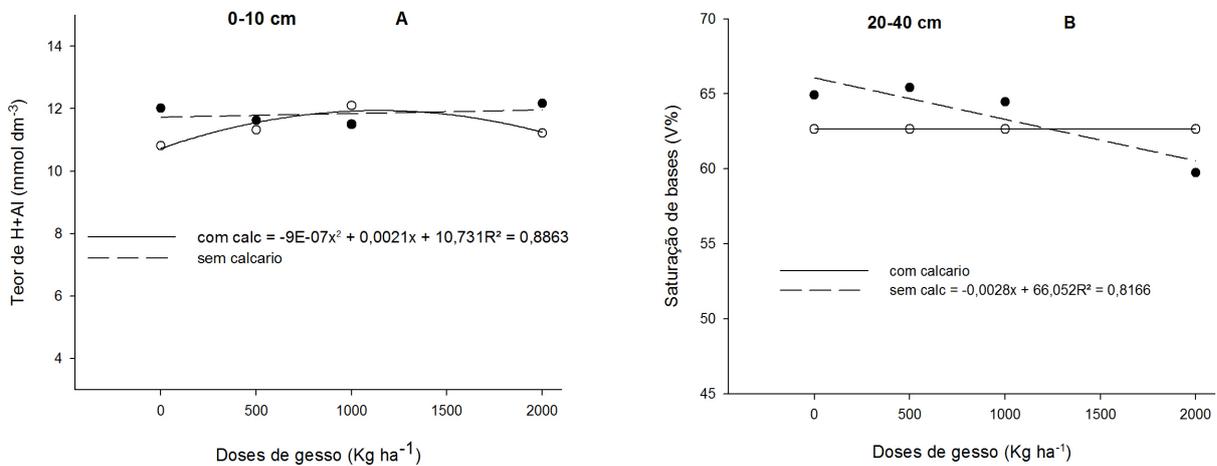
A aplicação do gesso promoveu a redução do teor Mg trocável do solo nas camadas 0-10 e 20-40 cm (Figuras 5 A e B). Essa redução observada foi muito expressiva na camada superficial, na qual o tratamento com dose máxima de gesso apresentou teor de Mg 38,5 % inferior que o tratamento sem gesso. Tal fato indica que pode ter ocorrido a movimentação deste elemento para camadas mais profundas pela formação do par iônico $MgSO_4$ que possui fácil mobilidade através do perfil do solo. Caires *et al.* (2003) constataram que houve redução do elemento nas camadas superficiais com aplicação de gesso. A lixiviação de Mg pela aplicação de gesso também foi observada por outros autores (CAIRES *et al.*, 2004; RAMPIM *et al.*, 2011; NAVA *et al.*, 2012).

Figura 5. Teores de Magnésio no solo em função das doses de gesso (A 0-10 e B 20-40 cm).



Na primeira amostragem de solo observou-se também a interação do gesso na presença do calcário para o teor de H+Al na camada 0-10 cm (Figura 6 A) apresentando uma linha com tendência polinomial. Já na camada 20-40 cm (Figura 6 B) observou-se interação para a saturação de bases (V%) que foi reduzida em função do aumento das doses do gesso na ausência do calcário. O efeito obtido para estes atributos demonstra claramente que a calagem superficial promoveu alterações apenas na camada 0-10 cm, independentemente de estar associado ou não ao gesso.

Figura 6. Teor de H+Al na interação do gesso na presença do calcário (A 0-10 cm). Saturação de bases (V%) na interação do gesso na ausência do calcário (B 20-40 cm).



5.1.2 Atributos químicos do solo após aplicação superficial de calcário e gesso na segunda amostragem de solo

Os resultados dos atributos químicos do solo nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm referentes à segunda amostragem estão demonstrados nas Tabelas 6, 7, 8 e 9 respectivamente.

Nesta amostragem de solo não se obteve resposta significativa para a interação de calcário com gesso em nenhuma das camadas avaliadas. Desta forma os efeitos do calcário e do gesso foram discutidos separadamente.

Na camada 0-10 cm (Tabela 6) observou-se efeito apenas para o calcário, que promoveu ($p > 0,01$) elevação do pH, saturação de bases V%), teores de Ca e S-SO₄²⁻, e redução do H+Al. Este resultado encontrado é semelhante ao obtido na 1ª amostragem de solo e indica maior efeito do calcário na camada superficial mesmo após 16 meses da aplicação, uma vez que este possui baixa solubilidade e assim pouca mobilidade através do perfil do solo.

Segundo Miyazawa *et al.* (2002), a neutralização da acidez na subsuperfície ocorre apenas pela movimentação de ânions (OH⁻ e HCO₃⁻) por fluxo de massa para as camadas mais profundas do solo, porém as reações destes com cátions ácidos

(H^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} e Mn^{2+}) interrompem as reações de alcalinização. Caires *et al.* (2003) encontraram maior reação do calcário com aumento do pH ($CaCl_2$) até a profundidade de 40 cm aos 35 meses após a calagem.

Na camada 10-20 e 20-40 cm (Tabelas 7 e 8, respectivamente), o teor de $S-SO_4^{2-}$ foi influenciado pelos tratamentos experimentais. Desta forma, o calcário promoveu elevação do teor do elemento nas duas profundidades. Enquanto as crescentes doses de gesso apresentaram resposta semelhante nestas camadas com elevação do teor do elemento com linha de tendência polinomial (Figuras 7 A e B).

Ressalta-se que os teores de $S-SO_4^{2-}$ observados nestas profundidades na primeira amostragem foram mais elevados que os da segunda, indicando movimentação deste elemento para camadas mais profundas. Na dose máxima de gesso (2.000 kg ha^{-1}) o teor do elemento obtido na segunda amostragem foi 79% inferior ao observado na primeira amostragem na camada 10-20 cm (Tabelas 4 e 7). Esses resultados se assemelham aos obtidos por Rampim *et al.* (2011), que observaram que a concentração de SO_4^{2-} nas camadas de solo aos 6 meses foi maior do que aos 12 meses após aplicação de gesso.

Em relação ao K observou-se também que o teor do elemento observado na segunda amostragem foi 192% inferior ao da primeira na camada 10-20 cm (Tabelas 4 e 7). Já na camada 20-40 cm a redução do teor do elemento foi de 305% (Tabelas 5 e 8). Esses resultados podem estar relacionados ao fato das gramíneas extraírem muito deste elemento disponível no solo (PRIMAVESI *et al.*, 2006).

Na camada 20-40 cm (Tabela 8) os tratamentos sem calcário apresentaram maiores valores para K e saturação de bases e menores para $H+Al$. Por outro lado, na camada mais profunda (40-60 cm) os tratamentos com calagem e gessagem não apresentaram efeito significativo para qualquer dos atributos de solo avaliados.

Tabela 6. Atributos químicos do solo na camada 0-10 cm em Abril/2019

Calcário	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄ ²⁻	pH	H+Al	V%
Sem	20,47 a	0,83 a	16,13 b	8,79 a	1,96 b	5,73 b	12,79 a	66,69 b
Com	20,97 a	0,54 a	21,96 a	9,41 a	2,75 a	6,08 a	11,77 b	72,50 a
F	0,02 ^{ns}	2,69 ^{ns}	26,64**	0,79 ^{ns}	15,77**	41,68**	19,08**	21,70**
Gesso (kg ha ⁻¹)								
0	20,84	0,70	17,79	8,91	2,30	5,86	12,32	68,34
500	23,00	0,51	18,51	9,84	2,52	5,92	12,27	69,54
1000	17,26	0,61	19,20	8,79	2,17	5,96	12,17	69,84
2000	21,77	0,91	20,67	8,85	2,42	5,87	12,35	70,16
F	0,56 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,20 ^{ns}
F int	1,20 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,32 ^{ns}	2,53 ^{ns}	2,30 ^{ns}	2,59 ^{ns}	0,68 ^{ns}	2,57 ^{ns}
CV (%)	45,10	73,95	17,09	21,58	23,80	2,60	5,40	5,07

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 7. Atributos químicos do solo na camada 10-20 cm em Abril/2019

Calcário	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄ ²⁻	pH	H+Al	V%
Sem	7,79 a	0,32 a	14,44 a	5,79 a	2,11 b	5,61 a	13,70 a	59,87 a
Com	7,21 a	0,27 a	13,90 a	6,69 a	2,76 a	5,70 a	13,94 a	59,42 a
F	0,22 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,68 ^{ns}	11,72**	1,85 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)								
0	7,31	0,27	13,91	6,01	2,22	5,61	13,69	59,19
500	8,51	0,27	14,57	6,01	2,72	5,71	13,62	60,22
1000	6,69	0,24	13,90	6,71	2,02	5,71	13,65	60,12
2000	7,49	0,40	14,30	6,21	2,77	5,59	14,32	59,05
F	0,37 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,36 ^{ns}	3,81*	1,05 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}
F int	0,38 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,74 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,46 ^{ns}
CV (%)	46,71	83,77	21,02	24,92	22,03	3,21	6,86	9,55

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 8. Atributos químicos do solo na camada 20-40 cm em Abril/2019

Calcário	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄ ²⁻	pH	H+Al	V%
Sem	4,78 a	0,22 a	12,35 a	6,21 a	2,21 b	5,60 a	13,67 b	57,68 a
Com	4,94 a	0,13 b	11,26 a	5,73 a	2,94 a	5,57 a	14,67 a	53,42 b
F	0,03 ^{ns}	4,40*	2,69 ^{ns}	0,93 ^{ns}	8,75**	0,17 ^{ns}	4,85*	4,53*
Gesso (kg ha ⁻¹)								
0	3,91	0,14	11,31	5,27	2,37	5,51	14,40	53,40
500	6,59	0,12	11,54	6,65	2,47	5,59	14,07	56,00
1000	4,49	0,20	12,47	6,04	2,20	5,67	13,90	57,09
2000	4,46	0,24	11,90	5,92	3,25	5,59	14,31	55,71
F	1,43 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,28 ^{ns}	3,59*	0,75 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,60 ^{ns}
F int	0,45 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,63 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,10 ^{ns}
CV (%)	57,36	67,44	15,89	23,59	26,92	3,87	9,00	10,19

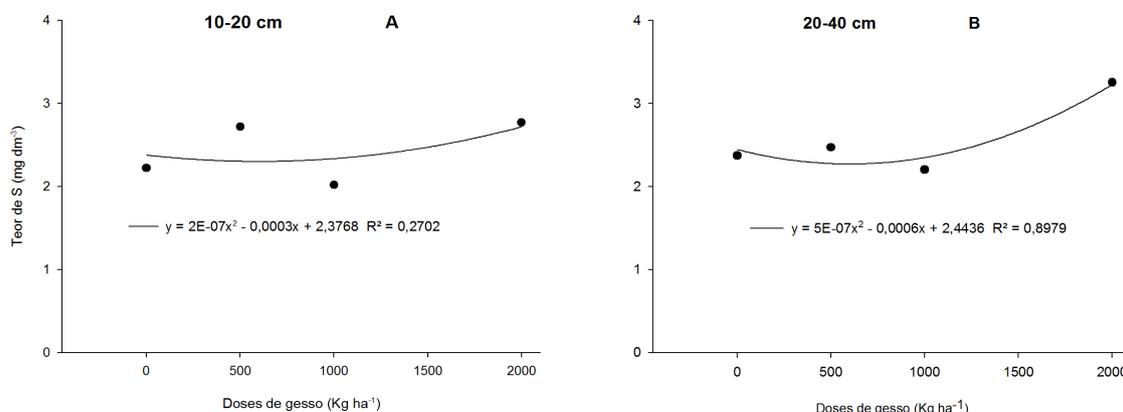
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 9. Atributos químicos do solo na camada 40-60 cm em Abril/2019

Calcário	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄ ²⁻	pH	H+Al	V%
Sem	3,64 a	0,21 a	10,50 a	5,96 a	2,63 a	5,41 a	15,37 a	51,54 a
Com	3,20 a	0,13 a	8,13 b	5,52 a	3,53 a	5,26 a	17,33	44,16 a
F	1,08 ^{ns}	1,60 ^{ns}	6,23*	0,50 ^{ns}	3,67 ^{ns}	0,94 ^{ns}	2,67 ^{ns}	3,52 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)								
0	3,37	0,12	9,44	5,66	2,85	5,16	17,69	46,04
500	3,27	0,22	8,59	5,94	2,82	5,34	16,60	46,64
1000	3,47	0,22	10,16	6,12	2,74	5,49	14,97	51,65
2000	3,57	0,10	9,07	5,24	3,91	5,35	16,15	47,09
F	0,09 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,43 ^{ns}
F int	0,37 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,19 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,57 ^{ns}	1,35 ^{ns}
CV (%)	34,77	99,22	28,82	30,86	43,10	7,88	20,70	23,25

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Figura 7. Teores de Enxofre no solo em função das doses de gesso (A 10-20 cm e B 20-40 cm)



5.2 Teores de macronutrientes no tecido da parte aérea da pastagem

Os resultados referentes aos teores de macronutrientes na parte aérea da pastagem do primeiro ao sexto corte estão demonstrados nas Tabelas 10, 11, 12, 13, 14 e 15 respectivamente.

Em relação aos tratamentos experimentais ocorreu interação entre calagem e gessagem no primeiro e no sexto corte, influenciando o teor de cálcio no primeiro corte e de cálcio e enxofre no sexto corte. As doses de gesso alteraram os teores de enxofre no tecido nos cortes 1, 2, 3 e 4, e também os teores de magnésio nos cortes 5 e 6, de cálcio no corte 5 e fósforo no corte 6. Já o calcário, promoveu efeito significativo nos teores de fósforo e magnésio no quarto corte, e fósforo, cálcio, magnésio e enxofre no quinto, e afetou o teor de potássio no sexto corte.

Ressalta-se, em relação ao calcário, a expressiva diferença no teor de cálcio no quinto corte onde se obteve um teor do elemento 102 % superior no tratamento com calcário para o sem calcário. Isto demonstra a importância do calcário como fonte de cálcio e magnésio.

Tabela 10. Teores de nutrientes (g Kg⁻¹) na pastagem no 1º corte em 24/01/18

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S
Sem	10,48 a	2,53 a	13,46 a	1,84 b	4,24 a	1,32 a
Com	10,18 a	2,55 a	13,74 a	2,98 a	4,41 a	1,34 a
F	0,72 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	50,64**	0,15 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)						
0	10,09	2,55	13,81	1,84	4,70	1,04
500	10,47	2,59	15,46	2,82	4,32	1,24
1000	10,20	2,42	13,67	2,20	4,07	1,37
2000	10,56	2,58	11,46	2,79	4,20	1,67
F	0,40 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,31 ^{ns}	8,96**	0,35 ^{ns}	19,01**
F int	2,19 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,90 ^{ns}	16,45**	1,80 ^{ns}	0,41 ^{ns}
CV (%)	9,69	11,89	29,82	18,74	29,66	13,05

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 11. Teores de nutrientes (g Kg⁻¹) na pastagem no 2º corte em 20/03/2018

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S
Sem	10,07 a	2,70 a	11,79 a	2,99 a	4,56 a	1,01 a
Com	9,84 a	2,62 a	11,30 a	3,01 a	4,01 a	1,02 a
F	0,67 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)						
0	9,89	2,80	10,75	3,34	4,81	0,90
500	10,12	2,66	12,14	2,81	4,39	0,96
1000	10,30	2,54	12,61	2,81	3,84	1,04
2000	9,50	2,65	10,69	3,04	4,10	1,17
F	1,50 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,62 ^{ns}	5,69**
F int	1,73 ^{ns}	0,59 ^{ns}	2,12 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,87 ^{ns}
CV (%)	8,04	11,64	24,25	20,53	34,96	13,78

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 12. Teores de nutrientes (g Kg⁻¹) na pastagem no 3º corte em 26/06/18

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S
Sem	9,62 a	2,12 a	10,79 a	4,91 a	6,26 a	1,37 a
Com	8,75 a	2,14 a	9,37 a	5,27 a	5,62 a	1,37 a
F	1,41 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)						
0	9,19	2,09	10,27	4,90	5,85	1,26
500	8,64	2,12	10,36	4,81	6,16	1,31
1000	9,74	2,01	10,02	5,04	5,61	1,37
2000	9,17	2,30	9,65	5,62	6,15	1,52
F	0,38 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,24 ^{ns}	6,43**
F int	1,12 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,39 ^{ns}
CV (%)	22,52	15,95	29,89	21,14	25,75	9,28

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 13. Teores de nutrientes (g Kg⁻¹) na pastagem no 4º corte em 30/10/18

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S
Sem	7,84 a	1,99 a	13,57 a	3,42 a	7,26 a	0,84 a
Com	7,15 a	1,72 b	16,16 a	3,54 a	5,63 b	0,79 a
F	3,19 ^{ns}	4,84*	4,09 ^{ns}	0,25 ^{ns}	5,17*	1,28 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)						
0	7,81	1,98	14,40	3,31	6,49	0,75
500	7,37	1,74	14,99	3,54	6,15	0,74
1000	7,21	1,90	14,72	3,40	6,49	0,84
2000	7,59	1,79	15,35	3,69	6,66	0,92
F	0,45 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,09 ^{ns}	3,90*
F int	1,48 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,34 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,80 ^{ns}
CV (%)	14,65	18,35	24,29	19,41	31,49	15,37

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 14. Teores de nutrientes (g Kg⁻¹) na pastagem no 5º corte em 21/02/19

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S
Sem	10,20 a	2,54 a	13,92 a	2,72 b	3,76 b	0,93 a
Com	9,51 a	2,28 b	13,81 a	5,49 a	5,57 a	0,85 b
F	2,55 ^{ns}	4,58*	0,01 ^{ns}	44,01**	6,62*	9,94**
Gesso (kg ha ⁻¹)						
0	10,17	2,50	13,21	3,50	4,34	0,90
500	10,06	2,32	14,82	3,66	3,30	0,87
1000	9,57	2,42	14,84	5,45	6,49	0,86
2000	9,6	2,41	12,59	3,82	4,44	0,92
F	0,51 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,76 ^{ns}	4,69*	3,53*	1,56 ^{ns}
F int	1,92 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,56 ^{ns}
CV (%)	12,47	14,38	26,80	28,72	42,85	8,18

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

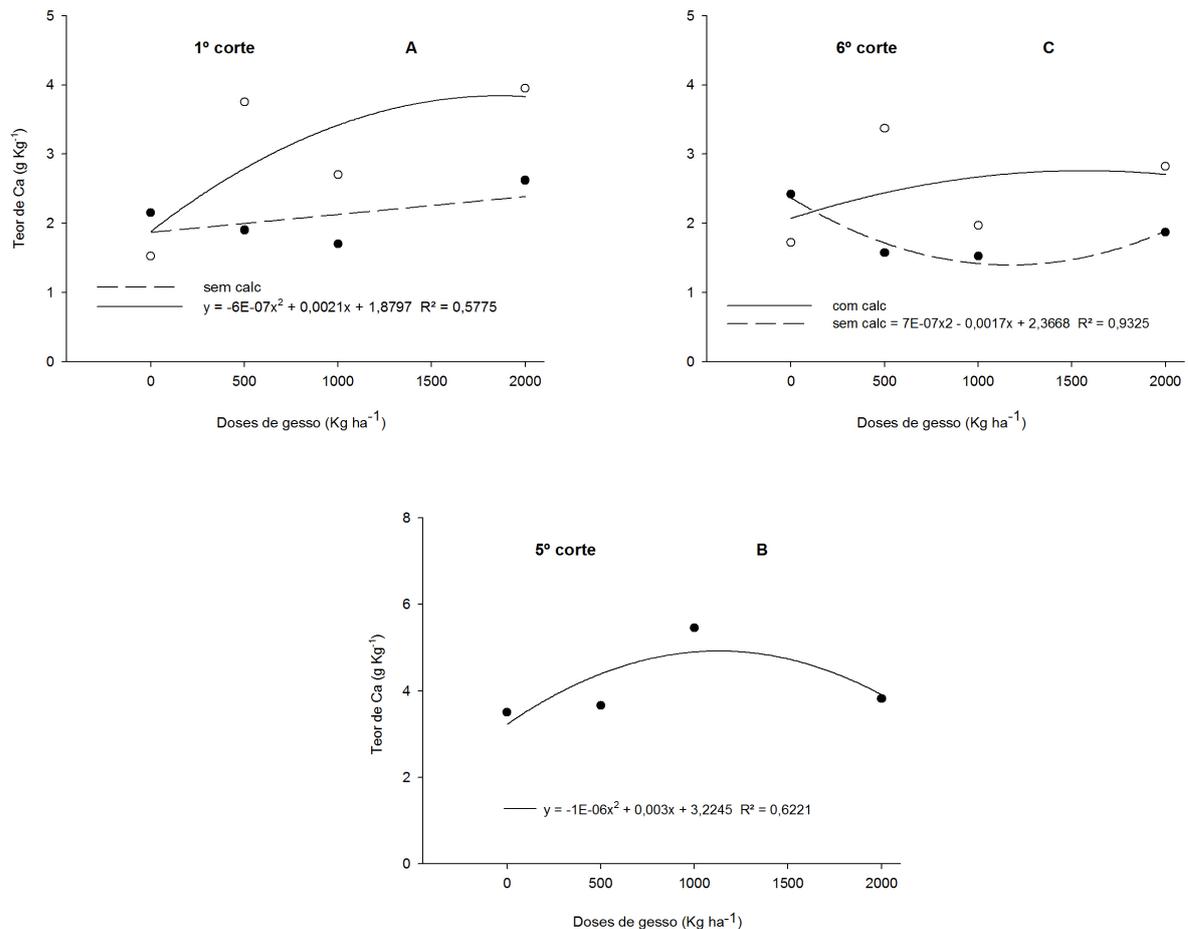
Tabela 15. Teores de nutrientes (g Kg⁻¹) na pastagem no 6º corte em 25/04/19

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S
Sem	8,79 a	2,22 a	13,13 b	1,85 b	4,73 a	0,74 b
Com	9,06 a	2,13 a	16,42 a	2,47 a	4,40 a	0,81 a
F	0,33 ^{ns}	1,07 ^{ns}	6,27*	5,86*	0,69 ^{ns}	8,02*
Gesso (kg ha ⁻¹)						
0	9,29	2,35	12,85	2,07	5,59	0,72
500	8,55	2,21	14,90	2,47	4,40	0,79
1000	9,00	1,97	16,84	1,75	3,50	0,77
2000	8,86	2,19	14,51	2,35	4,77	0,82
F	0,45 ^{ns}	3,15*	1,56 ^{ns}	1,55 ^{ns}	4,74*	2,89 ^{ns}
F int	1,56 ^{ns}	1,80 ^{ns}	2,77 ^{ns}	4,09*	0,78 ^{ns}	6,60**
CV (%)	14,52	11,39	25,13	33,97	24,64	8,83

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

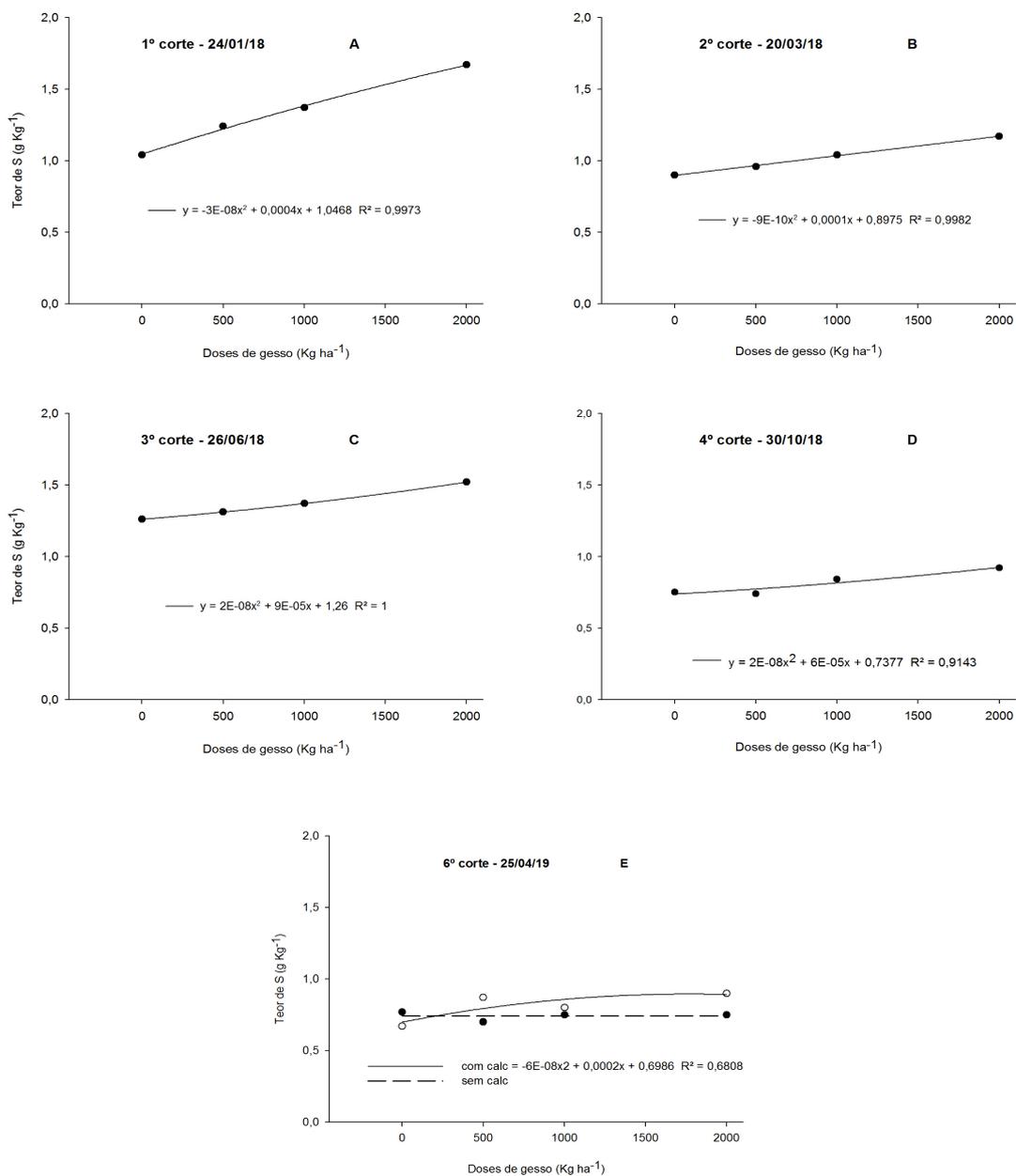
Em relação ao teor de cálcio no tecido, obteve-se resultado significativo ($p < 0,01$) no primeiro corte para interação do gesso na presença do calcário com elevação de 160% da do teor do nutriente comparando a dose mínima e máxima de gesso (Figura 8 A). Já no sexto corte ocorreu redução do teor do elemento para os tratamentos com gesso na ausência de calcário (Figura 8 B). O gesso apresentou uma resposta polinomial para o teor de Ca no tecido da pastagem, sendo a dose de 1.000 Kg ha^{-1} responsável pelo maior valor desse elemento (Figura 8 C). Essas respostas observadas podem estar relacionadas ao fato do calcário e do gesso serem importantes fontes deste nutriente. Soratto e Crusciol (2007) observaram aumento teor de Ca no tecido de Aveia preta pela interação da calagem com gessagem.

Figura 8. Teores de cálcio no tecido em função da interação de calcário com gesso (A - 1º corte e B - 6º corte) e em função das doses de gesso (C 5º corte).



Para o teor de enxofre, os resultados obtidos demonstram que nos cortes 1, 2, 3 e 4 os teores deste elemento no tecido foram influenciados apenas pelas crescentes doses de gesso (Figuras 9 A, B, C e D), que promoveram elevação do teor S no tecido. Enquanto no sexto corte ocorreu interação do gesso na presença do calcário com discreta elevação do teor de S no tecido (Figura 9 E).

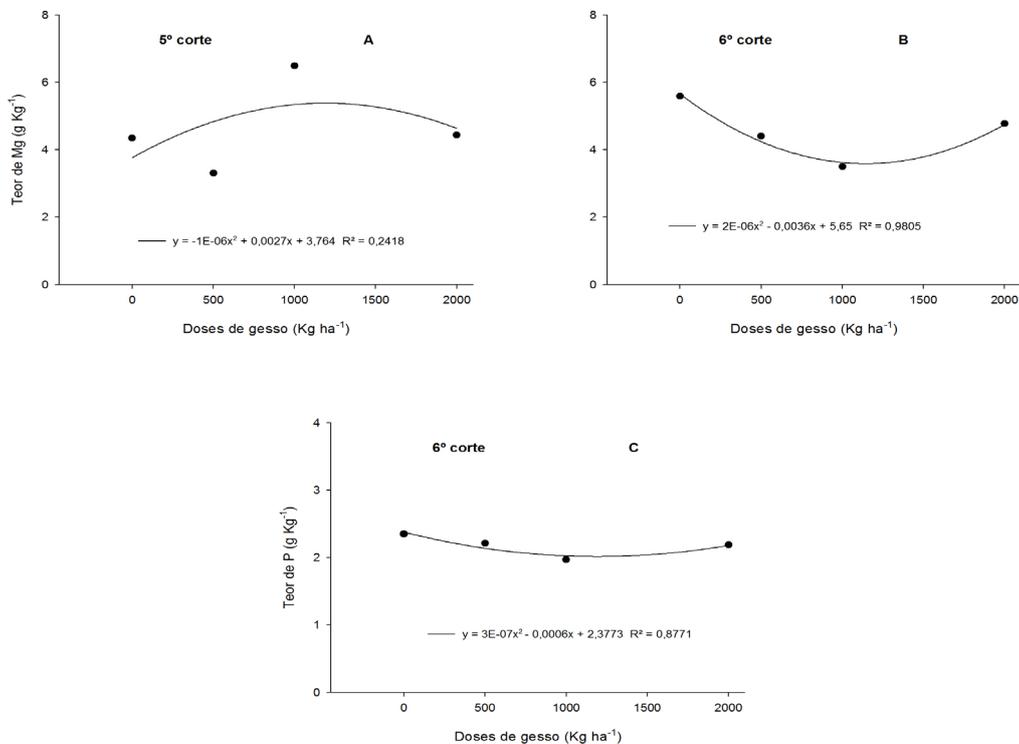
Figura 9. Teores de enxofre no tecido em função das doses de gesso (A, B, C e D) e em função da interação de calcário com gesso (E).



Observou-se no primeiro corte que o tratamento com maior dose de gesso resultou num teor de S no tecido 61% maior em relação ao de dose zero. Esses resultados obtidos indicam uma maior absorção desse elemento disponível no solo através da aplicação do gesso, principalmente no primeiro corte devido a maior disponibilidade de enxofre no solo. Em estudo, Soratto e Crusciol (2008b) observaram que a aplicação de gesso afetou os teores de S, aumentando-os na folha bandeira da aveia-preta nos dois anos de cultivo.

O gesso apresentou uma resposta polinomial para os teores de magnésio e fósforo no tecido da pastagem nos cortes 5 e 6 (Figura 10 A, B e C). A redução do teor de Mg no tecido da pastagem obtido na maior dose de gesso aplicada (corte 5), indica que a lixiviação de Mg trocável no solo provocada pela aplicação do gesso prejudica a absorção do nutriente pela planta. Resultado semelhante foi obtido por Caires *et al.* (2003) estudando os teores de nutrientes de folhas de soja.

Figura 10. Teores de magnésio e fósforo no tecido em função das doses de gesso



5.3 Avaliação da Composição Bromatológica da pastagem

Os resultados das análises bromatológicas do capim do primeiro ao sexto corte estão apresentados nas Tabelas 16, 17, 18, 19, 20 e 21 respectivamente. Em todos os cortes da pastagem realizados no experimento não foram observados efeitos da interação do calcário com gesso e nem para o gesso para nenhum dos parâmetros bromatológicos analisados. Resultados diferentes foram obtidos por Mesquita *et al.* (2002), que verificaram que as concentrações de proteína bruta (PB) na MS da braquiária, em todas as colheitas do 1º ano e na 2ª colheita do 2º ano, aumentaram em resposta às doses de gesso. Já em relação ao calcário, foram obtidos resultados significativos para alguns parâmetros no primeiro, segundo, terceiro e quinto corte.

No primeiro corte da pastagem (Tabela 16), observou-se que o calcário elevou de forma significativa o percentual de FDA e Celulose e diminuiu o NDT e a Hemicelulose. Já no segundo corte (Tabela 17) o calcário promoveu redução da Lignina que é a fração não degradável da parede celular o que indica melhora na qualidade da forragem. No terceiro corte (Tabela 18) o calcário apresentou efeito significativo diminuindo o percentual de FDN da pastagem.

Os resultados obtidos no quarto e sexto cortes (Tabelas 19 e 21) mostram que não houve resultado significativo para nenhum dos parâmetros bromatológicos objetos deste estudo.

Entretanto, os resultados obtidos no quinto corte (Tabela 20), demonstram que o calcário aumentou significativamente o percentual de NDT (valor energético) quando comparado ao tratamento sem calcário, e diminuiu as porcentagens de FDN, FDA e da Lignina (fração não degradável da parede celular), consequentemente melhorando a qualidade do capim pesquisado. Por outro lado, Santana *et al.* (2010) observaram que os teores de FDN e FDA do capim Mombaça não apresentaram efeito significativo em função dos tipos e doses dos corretivos analisados (calcário e escória silicatada).

Tabela 16. Composição bromatológica do capim no 1º corte em 24/01/2018

Calcário	PB	NDT	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG
Sem	7,36 a	56,31 a	82,00 a	41,83 b	38,27 b	40,17 a	3,56 a
Com	7,23 a	53,49 b	81,24 a	45,45 a	41,45 a	35,79 b	4,00 a
F	0,42 ^{ns}	6,63*	0,61 ^{ns}	6,63*	6,90*	6,00*	1,52 ^{ns}
Gesso (kg há⁻¹)							
0	7,01	55,53	81,41	42,84	39,24	38,57	3,60
500	7,48	55,05	82,84	43,45	39,69	39,39	3,76
1000	7,27	53,26	81,04	45,75	41,74	35,28	4,01
2000	7,43	55,78	81,18	42,52	38,76	38,66	3,77
F	1,14 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,73 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,22 ^{ns}
F int	0,79 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,41 ^{ns}
CV (%)	7,73	5,65	3,36	9,11	8,6	13,31	26,59

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

TABELA 17. Composição bromatológica do capim no 2º corte em 20/03/2018

Calcário	PB	NDT	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG
Sem	6,91 a	60,05 a	82,67 a	37,03 a	34,57 a	45,64 a	2,46 a
Com	7,36 a	62,81 a	83,39 a	33,49 a	31,69 a	49,91 a	1,81 b
F	1,37 ^{ns}	1,79 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,35 ^{ns}	2,84 ^{ns}	10,54**
Gesso (kg há⁻¹)							
0	7,02	62,34	83,38	34,10	31,90	49,28	2,19
500	7,33	63,28	82,71	32,88	31,02	49,83	1,87
1000	7,14	60,21	82,27	36,83	34,80	45,44	2,04
2000	7,06	59,90	83,77	37,23	34,79	46,54	2,43
F	0,13 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,43 ^{ns}
F int	0,41 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,88 ^{ns}
CV (%)	15,10	2,19	20,25	9,05	21,19	14,97	26,73

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 18. Composição bromatológica do capim no 3º corte em 26/06/2018

Calcário	PB	NDT	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG
Sem	8,53 a	57,76 a	78,12 a	39,97 a	35,66 a	38,15 a	4,31 a
Com	7,76 a	58,36 a	75,78 b	39,21 a	34,70 a	36,57 a	4,51 a
F	7,81 ^{ns}	1,08 ^{ns}	8,35**	1,07 ^{ns}	2,15 ^{ns}	3,88 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Gesso (kg há ⁻¹)							
0	8,22	57,59	77,65	40,19	36,02	37,46	4,17
500	7,70	59,26	76,48	38,04	34,05	38,43	3,99
1000	8,56	56,81	77,13	41,19	36,25	35,93	4,95
2000	8,10	58,58	76,54	38,92	34,40	37,61	4,53
F	1,66 ^{ns}	3,52 ^{ns}	0,46 ^{ns}	3,52 ^{ns}	2,93 ^{ns}	1,70 ^{ns}	2,07 ^{ns}
F int	0,61 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,59 ^{ns}
CV (%)	9,53	2,80	2,98	5,28	5,25	6,06	18,81

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 19. Composição bromatológica do capim no 4º corte em 31/10/2018

Calcário	PB	NDT	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG
Sem	5,89 a	55,09 a	79,89 a	43,40 a	38,54 a	36,49 a	4,86 a
Com	5,36 a	54,80 a	79,78 a	43,77 a	38,63 a	36,01 a	5,14 a
F	2,79 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Gesso (kg há ⁻¹)							
0	5,77	54,59	80,15	44,04	39,10	36,11	4,93
500	5,90	55,99	79,40	42,25	37,52	37,15	4,73
1000	5,25	54,91	79,80	43,63	38,80	36,17	4,84
2000	5,59	54,31	79,98	44,41	38,90	35,58	5,51
F	0,81 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,86 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,53 ^{ns}
F int	1,12 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,07 ^{ns}
CV (%)	15,96	2,77	1,69	4,48	5,22	5,37	27,04

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 20. Composição bromatológica do capim no 5º corte em 21/02/2019

Calcário	PB	NDT	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG
Sem	7,13 a	57,51 b	80,92 a	40,29 a	34,76 a	40,62 a	5,53 a
Com	6,54 a	60,45 a	78,47 b	36,52 b	32,50 a	41,79 a	4,02 b
F	3,69 ^{ns}	7,46*	16,55**	7,46*	3,32 ^{ns}	0,59 ^{ns}	10,58**
Gesso (kg há ⁻¹)							
0	7,07	58,20	70,68	39,40	34,33	40,27	5,07
500	6,99	59,52	78,99	37,71	33,61	40,95	4,10
1000	6,64	59,17	79,86	38,17	33,15	41,69	5,02
2000	6,64	59,04	80,24	38,33	33,43	41,91	4,90
F	0,57 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,95 ^{ns}
F int	2,01 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,67 ^{ns}
CV (%)	12,55	5,16	2,13	10,18	10,46	10,45	27,49

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Tabela 21. Composição bromatológica do capim no 6º corte em 25/04/2019

Calcário	PB	NDT	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG
Sem	5,88 a	54,97 a	78,26 a	43,56 a	38,60 a	34,71 a	4,96 a
Com	6,07 a	55,26 a	78,07 a	43,18 a	38,02 a	34,89 a	5,16 a
F	0,34 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Gesso (kg/há ⁻¹)							
0	6,22	55,60	77,60	42,74	38,05	34,86	4,69
500	5,89	54,23	79,24	44,51	39,18	34,74	5,32
1000	6,06	55,35	76,97	43,07	37,97	33,90	5,10
2000	5,91	55,28	78,84	43,15	38,03	35,69	5,12
F	0,54 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,37 ^{ns}
F int	1,56 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,25 ^{ns}	2,29 ^{ns}
CV (%)	14,64	3,68	4,89	6,00	7,20	10,19	24,40

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

De acordo com Marschner (1995) o cálcio, diferentemente dos demais macronutrientes, concentra-se na parede celular se ligando a diversos compostos constituintes da mesma podendo contribuir para a síntese e deposição de carboidratos estruturais, alterando assim as concentrações de fibra na planta. Ressalta-se que neste corte do capim obteve-se aumento significativo ($p < 0,01$) do teor foliar de cálcio em função do calcário (102 % maior que o tratamento sem calcário) conforme Tabela 14. Desta forma, o maior teor de cálcio disponível no solo, proporcionado pelos tratamentos com calcário aumentou o teor foliar do elemento e assim pode ter contribuído para diminuir os teores de fibra e lignina na pastagem e para aumentar seu valor energético.

5.4 Avaliação da produtividade da pastagem de *U. brizantha* cv. Piatã

Os valores de produtividade da pastagem obtidos nos cortes 1 a 6 do capim estão apresentados na Tabela 22. Observou-se que não houve interação significativa do calcário com o gesso para esta variável analisada. O calcário promoveu aumento significativo ($p < 0,05$) da produtividade da pastagem no primeiro corte ocorrido em 24/01/2018.

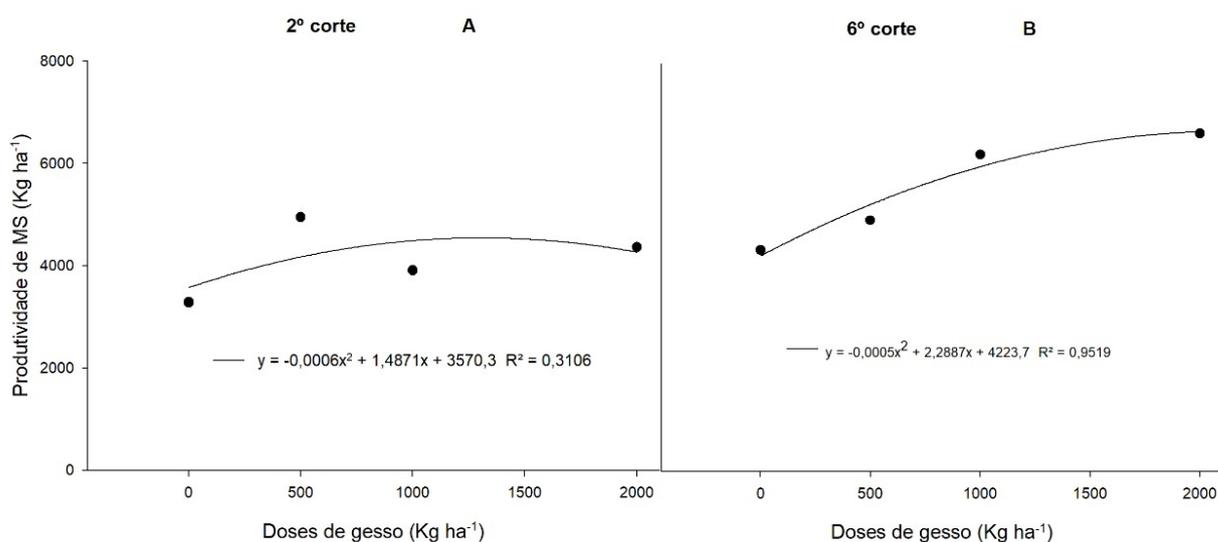
Já o gesso apresentou uma resposta no segundo corte com a maior produtividade na dose de 500 Kg ha⁻¹ (Figura 11 A) e no sexto corte obteve-se resposta significativa aumentando a produtividade do capim onde o tratamento com dose máxima produziu 53% mais que o de dose zero (Figura 11 B). Esta maior produtividade pode estar relacionada com o aumento do sistema radicular em profundidade permitindo a planta explorar uma maior área de solo maximizando a absorção de água e nutrientes.

Soratto e Crusciol (2008b) não encontraram resposta em relação a aplicação de calcário para produtividade da aveia preta. Por outro lado, observaram que a aplicação de gesso proporcionou maior produção de matéria seca no primeiro ano de cultivo, com acréscimo de 705 kg ha⁻¹, o que representa um aumento de 15,6% em relação ao tratamento sem aplicação. Segundo estes autores, os resultados podem estar relacionados com o aumento dos teores de Ca no perfil do solo e de S-SO₄²⁻, de maneira especial, nas camadas mais profundas.

Tabela 22. Produtividade da pastagem em Kg MS ha⁻¹ nos cortes 1 a 6

Calcário	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6
Sem	2803	4180	2987	7916	4014	5227
Com	3843	4068	2587	8572	4499	5821
F	4,87*	0,08 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,79 ^{ns}	1,45 ^{ns}
Gesso (kg ha ⁻¹)						
0	3666	3281	2709	7957	3954	4340
500	3330	4943	2575	8326	4137	4924
1000	3417	3909	2576	8034	4296	6210
2000	2878	4362	3288	8658	4616	6622
F	0,49 ^{ns}	3,24*	1,51 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,53 ^{ns}	4,69*
F int	1,66 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,26 ^{ns}
CV (%)	40,13	26,79	28,07	22,9	24,14	25,30

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).
^{ns} = não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste Tukey e Análise de Regressão.

Figura 11. Produtividade do capim em 20/03/18 (A) e 25/04/19 (B)

A produtividade acumulada da pastagem durante o período experimental está demonstrada na Figura 12 e apresenta o resultado obtido em relação aos tratamentos de calcário e gesso. Observou-se que a maior produtividade acumulada foi obtida com o gesso na dose de 2.000 kg ha⁻¹. Por outro lado, a Figura 13

apresenta o incremento da produtividade do capim por Kg de produto aplicado (calcário e gesso), e assim observou-se que a aplicação de gesso na dose de 500 Kg ha⁻¹ apresentou a melhor eficiência com incremento de 4,66 Kg MS por Kg de gesso aplicado. Comparando com os demais tratamentos de 1.000 e 2.000 Kg ha⁻¹ de gesso a resposta da dose de 500 kg ha⁻¹ teve incremento de produtividade de matéria seca superior da ordem de 84% e 106% respectivamente.

Malavolta (1989) relacionou as principais características do enxofre: é um nutriente essencial para a formação de todas as proteínas; ajuda a manter a cor verde das plantas; promove a nodulação das leguminosas; estimula a formação de sementes e o crescimento vigoroso das plantas; é essencial na formação da clorofila; é importante na transformação do nitrogênio não-protéico (NNP) em proteína; aumenta a resistência da planta ao frio. A deficiência de enxofre causa diminuição da síntese de proteínas e açúcares e queda na produção de matéria seca das plantas forrageiras.

Desta forma é possível afirmar que a dose de 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola seria mais apropriada para as condições solo e clima onde foram estudadas, pois mostrou maior eficiência em relação às demais além de apresentar menor custo de aquisição e aplicação no solo.

Figura 12. Produtividade acumulada do capim em todo período experimental.

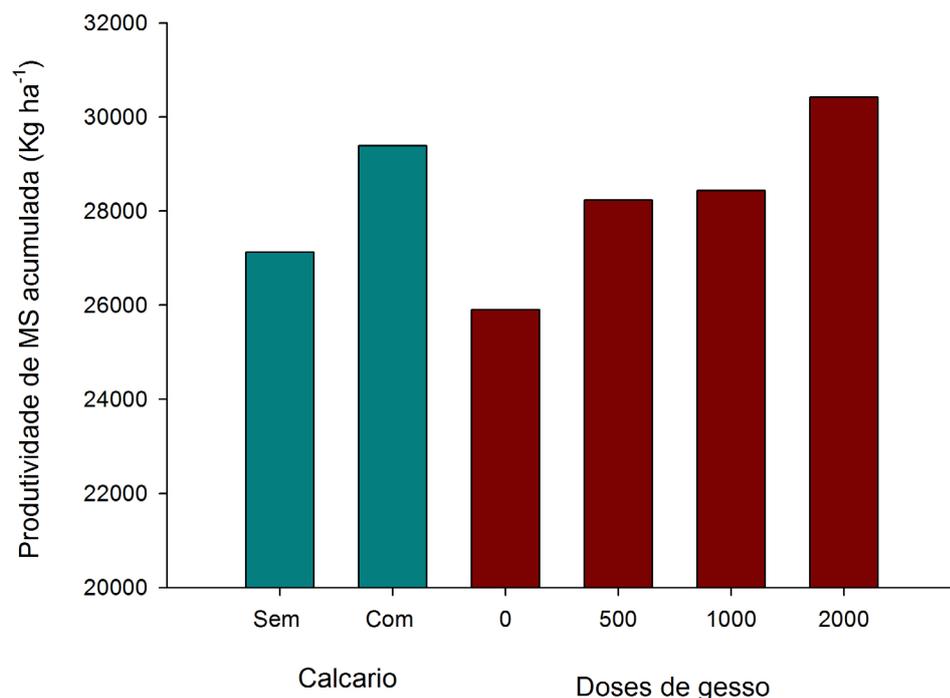
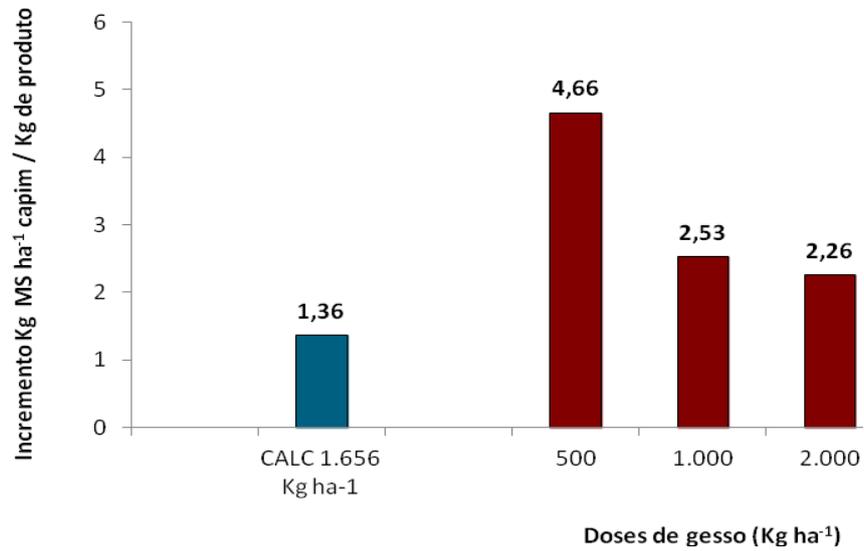


Figura 13. Incremento da produtividade da pastagem (Kg MS ha⁻¹) por Kg de calcário e gesso aplicado.



6 CONCLUSÕES

- O calcário, após 16 meses, eleva o Ca, S-SO₄²⁻, pH, V% e reduz H+Al na camada superficial do solo. O gesso eleva o teor de S-SO₄²⁻ e K, e reduz o Mg após 8 meses e eleva apenas o teor de S-SO₄²⁻ na subsuperfície após 16 meses. Já a interação de calcário com gesso eleva o K e S-SO₄²⁻ apenas na subsuperfície.

- A interação de calcário com gesso aumenta o teor foliar de Ca e S na pastagem, enquanto o calcário aumenta o teor de Mg e o gesso o teor de S.

- O gesso, associado ou não ao calcário, não altera a composição bromatológica da pastagem. Já o calcário melhorou a qualidade do capim pesquisado em alguns cortes elevando o NDT e reduzindo FDN, FDA e Lignina.

- A produtividade da pastagem não se altera pela interação de calcário com o gesso. O calcário aumentou a produtividade no primeiro e o gesso no segundo e sexto corte do capim. Sendo a dose de gesso de 500 Kg ha⁻¹ a que gerou maior incremento de matéria seca.

REFERÊNCIAS

- CAIRES, E. F. *et al.* 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. *et al.* Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, 2004.
- COSTA, C. H. M. *et al.* Residual effects of superficial liming on tropical soil under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1633-1642, 2016.
- COSTA, N. L. *et al.* Rendimento de forragem e composição química de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina sob níveis de calagem. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO LEITE, 13.; WORKSHOP DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 13.; SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE DA ATIVIDADE LEITEIRA, 14., 2015, Porto Alegre. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2015., 2015.
- CUSTÓDIO, D. P. *et al.* Avaliação do gesso no desenvolvimento e produção do capim-tanzânia. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 27-34, 2005.
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**. 2014.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 399 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 145-154, 1999.
- MACEDO, M. C. M. *et al.* Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA-TEC-FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto, SP. **Anais [...]**. Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 158-181., 2013.
- MALAVOLTA, E. **Gesso agrícola: seu uso na adubação e correção do solo**. São Paulo, 1989. 31p.
- MALAVOLTA, E. *et al.* **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 1997. v. 2, p.115-230.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.

MESQUITA, E. E. *et al.* Efeitos de métodos de estabelecimento de braquiária e estilosantes e de doses de calcário, fósforo e gesso sobre alguns componentes nutricionais da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2186-2196, 2002.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 251-256, 2002.

NAVA, G. *et al.* Soil composition and nutritional status of apple as affected by long-term application of gypsum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 215-222, 2012.

OLIVEIRA, D. A. *et al.* Valor nutritivo do capim-braquiária no primeiro ano de recuperação com aplicações de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 716-726, 2010.

PAULETTI, V. *et al.* Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014.

PRIMAVESI, A. C. *et al.* Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

VAN RAIJ, B. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. IAC, 2001.

RAMPIM, L. *et al.* Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, 2011.

SANTANA, G. S. *et al.* Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 241-246, 2010a.

SANTANA, G. S. *et al.* Atributos químicos, produção e qualidade do capim braquiária em solos corrigidos com calcário e escória silicatada. **Revista Ceres**, p. 377-382, 2010b.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. p. 235.

SILVA, M. R. **Aplicação superficial de calcário e gesso em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2016.

SILVA, M. R. *et al.* Acumulação de nutrientes e produção forrageira de aveia e azevém em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 346-356, 2015.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 81-90, 2007.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em Sistema de plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 8, p. 675-688, 2008a.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Revista Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 928-935, 2008b.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

TIRITAN, C. S. *et al.* Tillage system and lime application in a tropical region: Soil chemical fertility and corn yield in succession to degraded pastures. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 437-447, 2016.

VELÁSQUEZ, P. A. T. *et al.* Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1206-1213, 2010.

ZANDONÁ, R. R. *et al.* Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, 2015.

ZIMMER, A. H. *et al.* Degradação, recuperação e renovação de pastagens. **Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E)**. 2012.