

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - UFMS
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LEILA BERNART

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA
ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA NA AVALIAÇÃO DOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE SOJA E
ALGODÃO**

CHAPADÃO DO SUL – MS
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - UFMS
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LEILA BERNART

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA
ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA NA AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE SOJA E ALGODÃO**

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Co- Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campus de Chapadão do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

CHAPADÃO DO SUL – MS
2018



Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Câmpus de Chapadão do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA NA AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE SOJA E ALGODÃO.

AUTOR: LEILA BERNART

ORIENTADOR: CASSIANO GARCIA ROQUE

COORIENTADOR: RENATO DE MELLO PRADO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Departamento de solos/ UFMS – Chapadão do Sul

Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos

Departamento de Nutrição de Plantas/ UFMS – Chapadão do Sul

Pesquisador Marcelo Valentini Arf

Sector de Agricultura de Precisão - Fundação Chapadão – Chapadão do Sul

Chapadão do Sul, 06 de Abril de 2018.

“Ninguém vence sozinho, nem no campo, nem na vida!”

Papa Francisco.

AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre me iluminar tornando a minha jornada mais fácil, por me conceder fé para que nunca deixasse de fazer o certo, me dando coragem para lutar e vencer mais um degrau.

Aos meus pais, Reinaldo Bernart e Juscely Rizzotto Bernart, que sem perder a esperança que o mundo podia ser melhor me deram a vida, me ensinaram a viver com dignidade, amor e com humildade, me deram afeto todo tempo mesmo distante de casa e trabalharam duros para que eu pudesse chegar até aqui, muitas vezes abrindo mão dos seus próprios sonhos para que eu realizasse o meu. As palavras que encontro para agradecer a minha vida inteira é que Deus abençoe vocês e que nada seria possível sem o grande amor que me deram.

À minha irmã Lilian Bernart, que em meio há tantos desencontros e orgulho bobo, é minha alma gêmea, aquela que vou amar por toda a minha vida. Obrigada por eu me espelhar em você.

Enfim, a toda minha família, que dedico meu esforço e essa grande conquista.

Ao meu companheiro Rafael Gonçalves Vilela, que é amigo, namorado, noivo e meu futuro esposo, pela dedicação e compreensão de toda essa fase, que por muitas vezes me explicava coisas simples que iluminavam a minha mente, obrigada por tudo.

Aos meus amigos de graduação, Karla Sibert Sapelli e Wagner Deckij Kachinski que ainda caminham comigo nesta luta, pelas palavras carinhosas quando eu queria desistir.

Ao meu orientador Cassiano, pela oportunidade de realizar este trabalho, meu respeito e admiração.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* Chapadão do Sul, pela oportunidade de realizar o curso de pós graduação a nível de mestrado.

A todos aqueles que de uma maneira ou outra, prestaram seu apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO GERAL	10
3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4 REVISÃO DE LITERATURA	10
4.1 Importância do sistema de semeadura direta	10
4.2 Efeitos das plantas de cobertura sobre as culturas	11
4.3 Propriedades do gesso agrícola	12
4.3 Gesso agrícola e seus efeitos nos atributos químicos do solo	15
4.4 Efeitos da gessagem na cultura da soja e do algodão	16
4.5 Propriedades do Calcário agrícola	18
4.6 Calcário agrícola e seus efeitos nos atributos químicos do solo	19
4.7 Efeitos da calagem nas culturas de soja e a do algodão	19
CAPÍTULO 1: APLICAÇÃO DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, COM INFLUENCIA DE PLANTAS DE COBERTURA.	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÕES	53
BIBLIOGRAFIA	54
CAPÍTULO 2: DESEMPENHO AGRONOMICO DO ALGODÃO E SOJA SEMEADA SOB DIFERENTES COBERTURAS E DOSES DE CALCÁRIO E GESSO	59
INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
CONCLUSÕES	69
BIBLIOGRAFIA	70

RESUMO

O manejo do solo com o uso de calcário e gesso agrícola pode influenciar o desenvolvimento e a produtividade da cultura do algodão e da soja. O uso de plantas de cobertura proporciona menor risco de degradação do solo, como o impacto das gotas de chuva, erosão do solo e garantem uma ciclagem de nutrientes na camada superficial do solo. Na maioria das espécies cultivadas o calcário em combinação com gesso agrícola tem características de corrigir o solo em sub-superfície, mantendo os nutrientes em disponibilidade. Este trabalho teve como objetivos: (i) verificar se o cultivo do algodão e da soja em sucessão a plantas de cobertura afeta o seu desempenho agrônômico; (ii) avaliar a influência de doses de calcário e gesso no desempenho agrônômico destas culturas. Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro com a cultura do algodão na safrinha e segundo com a cultura da soja na safra. O experimento foi conduzido sob três resíduos vegetais (*Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum* e área de pousio), combinados com as doses de calcário e gesso agrícola. O delineamento experimental foi conduzido em blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. Para a cultura do algodão, as variáveis avaliadas foram: altura de planta, população inicial e final, massa de trinta capulhos e produtividade. Foram avaliadas as seguintes variáveis na cultura da soja: altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, estande inicial de plantas, estande final de plantas, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Para a cultura do algodão, apenas o gesso influenciou as variáveis altura de plantas, população inicial e final e produtividade. As plantas de cobertura não influenciam o desempenho agrônômico do algodão e da soja. O aumento das doses de calcário promoveu aumento linear na produtividade do algodão e da soja. A aplicação da maior dose de gesso agrícola melhorou o desempenho agrônômico do algodão, porém influenciou apenas a altura de plantas da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos vegetais, *Glycine max*, *Gossipium hirsutum*, adubação verde, produtividade

ABSTRACT: Soil management with the use of lime and agricultural gypsum can influence the development and yield of cotton and soybean crops. The use of cover crops avoids soil degradation and ensures nutrient cycling on the soil surface. In most cultivated species, the application of lime and agricultural gypsum provides corrections in the sub-surface soil, keeping the nutrients available. This study aimed to (i) verify whether cotton and soybean cultivated in succession to cover crops affect its agronomic performance and (ii) evaluate the influence of lime and gypsum doses on the agronomic performance of these crops. Two experiments were performed. The first experiment consisted of cotton cultivated in the off-season, and the second, of soybean cultivated in the regular season. The experiment was carried out under three plant residues (*Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum*, and fallow area), combined with lime and gypsum doses. The experiment consisted of a completely randomized block design with four replications. The following variables were evaluated in the cotton crop: plant height, initial and final population, mass thirty bolls, and yield. The following variables were evaluated in the soybean crop: plant height, insertion of the first pod, initial plant stand, final plant stand, weight of one hundred grains, and grain yield. For the cotton crop, only the gypsum doses influenced the variables plant height, initial and final population, and yield. Cover crops did not influence the agronomic performance of cotton and soybeans. The increase of lime doses resulted in a linear increase in cotton and soybean yield. The highest gypsum dose improved the agronomic performance of cotton plants; however, it only influenced the height of soybean plants.

KEY WORDS: Plant residues, *Glycine max*, *Gossipium hirsutum*, green manure, yield

1 INTRODUÇÃO

Os Latossolos apresentam cerca de 46% dos solos do cerrado brasileiro. Sendo eles com características de baixa fertilidade natural, solos altamente intemperizados, com alta capacidade de fixação de fósforo e alta saturação de alumínio (Fageria e Baligar, 2008). O cerrado compreende a maior área de produção agrícola, sua alta capacidade se dá ao fato da topografia da região ser favorável com temperaturas e precipitação favoráveis ao desenvolvimento das culturas (Loss, 2011).

Nestes solos a toxicidade de alumínio pode constituir problemas como o baixo teor de cálcio, tanto em superfície quanto em subsuperfície, acarretando em problemas para a atividade agrícola. Nesses casos o sistema radicular das culturas não possui um adequado desenvolvimento, no cerrado brasileiro 90% das áreas apresentam teores de cálcio abaixo de $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e saturação de alumínio acima de 10%, esses problemas nos solos do cerrado são características de baixa absorção de nutrientes (Souza et al., 2001).

As quantidades adequadas de fertilizantes, calcário e gesso agrícola tornam os latossolos apropriados para as atividades agrícolas, juntamente com suas características vantajosas de solo profundo, bem drenado e com textura equilibrada ao longo do perfil de solo. Com esses fatores desvantajosos para a agricultura, a calagem é considerada o melhor método para a elevação de pH, aumento nos teores de cálcio, redução do alumínio trocável, levando para aumentos produtivos das culturas (Raij, 2011).

O grande receio do uso de calcário agrícola é a solubilidade do material, neste caso a ação do produto pode ficar restrita à área de aplicação, garantindo maior potencial nas áreas superficiais do solo (Rosolem, 2003).

Para essa desvantagem ser exaurida o uso da gessagem vem como método de compensação à aplicação do calcário. O gesso agrícola apresenta solubilidade superior à do calcário, sendo uma alternativa de manejo para melhoria do crescimento radicular, condicionando os nutrientes para a subsuperfície dos solos (Costa, 2011).

Para o bom desenvolvimento das culturas utilizando o método de calagem e gessagem, o sistema de semeadura direta pode contribuir para melhores produtividades, com a inserção de plantas de cobertura, garantindo melhores equilíbrios de nutrientes no perfil do solo, com ciclagem destes nutrientes e eliminação de intempéries.

Dessa forma, os estudos com residuais de calcário e gesso, associadas as plantas de coberturas são necessários para a identificação de manejos para a melhoria das condições do solo e atributos químicos, possibilitando sucesso nas áreas agricultáveis do cerrado.

Diante disso, surgem as hipóteses de que: (a) avaliar a influência de doses de calcário e gesso no desempenho agrônômico destas culturas; (b) avaliar as produtividades das culturas de soja e algodão no desempenho da aplicação de gesso e calcário associados com plantas de cobertura.

2 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se avaliar as respostas das culturas de soja e algodão e seu desempenho produtivo, em um sistema de semeadura direta, associada a plantas de coberturas e avaliação da análise química do solo.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito residual dos métodos de calagem e gessagem, com interferência das plantas de coberturas, no manejo das culturas de soja e algodão, visando o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas.

Avaliar o efeito residual dos métodos de gessagem e calagem, com interferência das plantas de cobertura, nos atributos químicos do solo, focando na absorção de nutrientes e melhorias para o sistema produtivo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 IMPORTÂNCIAS DO SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

Segundo dados da Embrapa (2018), mais de 32 milhões de hectares estão sendo manejados em sistema de semeadura direta no Brasil, chegando há aproximadamente 43% do total de áreas sob o cultivo agrícola, sendo conhecido como o sistema que eleva a produção da cultura da soja no país, determinando a qualidade dos solos. O sistema de semeadura direta, obteve seu grande conhecimento a partir de 1985, preconizando a qualidade, quantidade e a persistência de resíduos culturais na superfície do solo, amenizando processos como a erosão hídrica e a diminuição da fertilidade do solo, obtendo resultados satisfatórios em relação ao cultivo mínimo e o preparo convencional (Telles, et al., 2013).

Esse sistema permite uma produção em menores custos energéticos, garantindo melhoria na conservação do solo, e menor utilização das operações agrícolas, sem o revolvimento do solo ou a mobilização restrita do mesmo (Dang et al., 2015). Porém pesquisadores como Pittelkow et al., (2015), sugerem que o sistema de semeadura direta ainda necessite de estudos, avaliando que esse sistema resultou em queda de produção nas regiões tropicais.

Para que o manejo dentro do sistema de semeadura direta seja vantajoso, deve trabalhar com critérios e seguir seus pilares, porém as características da produção de grãos no cerrado não atende algumas condições e princípios, como adoção de sucessão de culturas, a qual gera uma compactação do solo, sendo de forma necessária a

realização do uso de implementos, devido as dificuldades de desenvolvimento das culturas e baixa produção, permanência das coberturas vegetais, e dificuldade de correção dos atributos químicos do solo, estabelecendo forma parcial do sistema utilizada pelos produtores (Scopel et al., 2013).

Para que o SSD seja eficaz, deve se utilizar o manejo correto pelo produtor, não deixando o solo descoberto, apropriado para intempéries.

4.2 EFEITOS DAS PLANTAS DE COBERTURA SOBRE AS CULTURAS

O uso das plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, juntamente quando associada à rotação de culturas, garantindo uma boa qualidade do solo, em áreas no qual o cultivo seja intensivo (Santos et al., 2014).

Para que ocorra a preconização do sistema de semeadura direta (SSD), o princípio básico é a obtenção de cobertura morta, garantindo restos vegetais no solo, garantindo um bom desenvolvimento e manutenção do sistema, para manter a superfície do solo coberta de forma contínua e garantir uma ciclagem dos nutrientes e uma absorção gradual dos mesmos para as culturas sucessoras. A qualidade das plantas de cobertura, são indicadas pela persistência da matéria seca, a mobilização dos elementos lixiviados ou pouco solúveis, sua liberação para a cultura sucessora (Leite et al., 2010). Ainda a qualidade está estritamente ligada a eficácia do sistema de semeadura direta, aumentando a matéria orgânica do solo, gerado pelo acúmulo de palhada na superfície do solo (Carvalho et al., 2014; Wutke et al.; 2014). As coberturas podem interferir na redução da lixiviação de nutrientes do solo e ainda aumentar o estoque e sequestro de carbono (Rosolem et al., 2013).

O desafio do cerrado brasileiro é a alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais, devido a características climáticas, sendo de altas temperaturas e umidade elevada, ocasionando uma degradação em menor tempo, diferentemente da região sul do Brasil, onde as temperaturas são mais amenas, fazendo com que os resíduos vegetais tenham uma taxa de decomposição mais lenta (Carvalho et al., 2015).

Em sistemas agrícolas são variadas as espécies utilizadas como plantas de coberturas, sendo tanto gramíneas como leguminosas, que apresentam comportamentos diferentes no solo. Algumas pesquisas indicam que plantas como *Urochloa ruziziensis* e *Pennisetum glaucum* obtém bons resíduos vegetais para produção de cobertura no solo,

e capacidade de absorver nutrientes de camadas mais profundas, consideradas com alta produção de matéria seca, proporcionando altos incrementos de produção nas culturas e aumento dos nutrientes do solo (Borges et al., 2015; Veronese et al., 2012).

As plantas forrageiras de maneira geral como é o caso da gramínea *Urochloa ruziziensis*, possui um crescimento radicular ativo, capacidade alta de produção de biomassa, permeabilidade do solo, agregação, reciclagem de nutrientes (Bettiol, et al., 2015), e alta relação C/N (Neponuceno, et al., 2012), com isso obtendo maior tempo de permanência no solo, possuindo assim um destaque no cerrado brasileiro.

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é adotado como uma planta de cobertura ao longo dos anos, principalmente nas regiões produtoras de grãos, caracterizadas por invernos secos, comprovando a melhoria de características, químicas, físicas e biológicas do solo (Boer et al., 2007). Esta cultura tem características de alta produção e boa permanência no solo após a dessecação, reduzindo perdas por lixiviação, alta capacidade de extração de nutrientes e com reciclagem de nutrientes como N e K (Crusciol et al., 2009).

Porém a permanência de cada espécie irá depender de algumas características, como grau de degradabilidade do carbono, razão C/N, lignina/N (Silva et al., 2014). A introdução desses resíduos vegetais deve ser estabelecido com plantas que contenham características favoráveis ao produtor, sua adaptação a região e contribuição para a qualidade do solo (Lemessa et al., 2015).

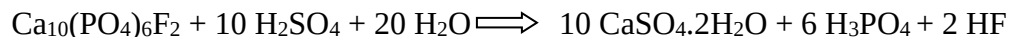
4.3 PROPRIEDADES DO GESSO AGRÍCOLA

Proveniente de processos industriais ou de depósitos sedimentares, o gesso agrícola pode ser encontrado na forma mineral ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ambos possuindo valores na agricultura (Freire, et al., 2007).

O sub-produto pode apresentar condições favoráveis na agricultura, sendo observado nas rochas gipsíferas, é o mais importante na classe dos sulfatos hidratados. No Brasil as principais reservas de gesso mineral podem ser encontradas nos estados do Maranhão (MA), Piauí (PI), Pernambuco (PE), sendo estados relevantes na produção deste mineral (Bezerra, 2010).

Obtido como subproduto da fabricação de fertilizantes fosfatados, o gesso agrícola é basicamente conhecido como sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Na reação as indústrias de fertilizantes, a utilização da rocha fosfática em contato com o

ácido sulfúrico, adicionado de água, produz o sulfato de cálcio (gesso agrícola) e ácido fluorídrico. Essa reação é representada pela seguinte equação:



A estimativa para cada tonelada de ácido fosfórico (H_3PO_4) produzido seja gerada cinco toneladas de gesso agrícola (Matos, 2011).

O grande uso do gesso agrícola no cenário mundial é a correção de solos sódicos. No Brasil a utilização é para solos ácidos, sendo o produto mais utilizado no condicionamento de solos e redução da sodicidade (Raij, 2008).

O principal fornecimento deste produto é o emprego de enxofre e cálcio no sistema de perfil de solo, podendo a reação compensar o efeito reduzido do calcário apenas na superfície, aprofundando o sistema radicial, atuando em subsuperfície sem a necessidade de incorporação (Caires et al., 2003).

A solubilidade do gesso agrícola é o fator de maior vantagem em relação ao calcário, não sendo altamente solúvel que obtenha rápida lixiviação, nem com baixa solubilidade que o material permaneça inerte no solo (Raij, 2008). A comparação da solubilidade entre os dois produtos apresenta cerca de 178 vezes maior solubilidade do gesso em relação ao calcário, apresentando maior flexibilidade em solos profundos. o pH é estreitamente importante na solubilidade do gesso, sendo inversamente proporcional, quando o pH se torna mais ácido a solubilidade do gesso tende a aumentar (Sfar Felfoul et al., 2002).

A composição química do gesso agrícola esta apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Análise química de macronutrientes do gesso agrícola.

Componente Químico	Gesso Agrícola
	Teor (g Kg ⁻¹)
CaO	317,1
SO ₃	448,9
P ₂ O ₅	5,6
Fe ₂ O ₃	3,5
Al ₂ O ₃	1,2
SiO ₂	9,2
TiO ₂	3,8
BaO	1,0
K ₂ O	-
MgO	0,1
Na ₂ O	0,6
F	5,7

Na tabela 2 encontra-se a composição do gesso agrícola devido a análise de micronutrientes.

Componente Químico	Gesso Agrícola
	g (ton ⁻¹)
Boro	3
Cobalto	2
Cobre	8
Ferro	670
Manganês	15
Molibdênio	16
Níquel	2
Zinco	9

O gesso agrícola não tem em sua composição propriedades para a correção de solos (Raij, 2008), sendo utilizado na complementaridade do calcário. Não sendo recomendada a substituição do calcário pelo gesso.

O que ainda causa grande restrição no uso é a água contida no gesso (10 a 22%), dificultando a aplicação e o custo de transporte (Raij, 2008).

Outro fator importante é que não existe um consenso no critério de cálculo nas doses de gesso, visto que podem ser calculadas, pelo teor de argila no solo, da necessidade de calagem e da determinação do fósforo remanescente (Carvalho, 2008).

4.4 GESSO AGRÍCOLA E SEUS EFEITOS NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Na agricultura uma das maiores alternativas para a melhoria dos atributos químicos do solo e aumento da produtividade são frequentemente buscadas. A melhoria da subsuperfície do solo com o uso de gesso agrícola é um fator que ganha espaço na pesquisa, melhorando o equilíbrio de nutrientes, a fertilidade do solo, favorecendo a absorção de água o crescimento e desenvolvimento das plantas (Blum, 2008).

Caires et al., (2001), em seus estudos demonstra que 64 meses após a aplicação superficial de gesso agrícola, 80% do cálcio trocável tinha sido absorvido pelas plantas, contudo, o aumento de cálcio no perfil do solo também foi verificado. A mobilidade do Ca, devido a utilização de gesso agrícola, se deve ao efeito do sulfato (SO_4^{2-}) anula a carga do Ca^{2+} , levando assim a formação de um par iônico entre os íons, evitando que o cálcio se ligue as cargas do solo, favorecendo a descida em camadas subsuperficiais (Nava et al., 2012).

Um fator que ocorre com a aplicação do gesso, é de que o aumento do cálcio no perfil do solo pode acompanhar a lixiviação de magnésio e potássio (Pauletti, et al., 2014). A aplicação superficial de gesso agrícola, ocasionou lixiviação de magnésio após 9 meses nas camadas 0,0 – 0,10 m, após 18 e 30 meses nas camadas 0,0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m. Após esse tempo na camada de 0,40 – 0,60 m proporcionou aumento de magnésio trocável (Maschietto, 2009).

A concentração de cálcio aumenta com a combinação da gessagem e da calagem no perfil do solo, o que favorece o deslocamento do Mg^{2+} , podendo formar par iônico com o sulfato (MgSO_4^0), sendo assim a escolha do calcário pode ser importante na tomada de decisão na lixiviação do Mg, escolhendo um calcário dolomítico (Zambrosi et al., 2007b).

A influência da gessagem pode afetar ainda a lixiviação de potássio (K), a aplicação de calcário pode reduzir a lixiviação desse nutriente, mas não elimina o efeito causado pelo gesso.

Além do fornecimento de cálcio e enxofre com a aplicação do gesso, altas doses do produto podem influenciar no incremento de fósforo no solo. A composição do gesso apresenta cerca de 6 g kg^{-1} de fósforo (Paolinelli et al., 1986).

O gesso não é considerado um produto de correção na acidez do solo, Pauletti et al., (2014), afirma que nas camadas superficiais o pH não foi influenciado. Porém vale ressaltar que pesquisadores como Raij, Caires em seus estudos demonstram que em pequena magnitude ocorre aumento de até 0,2 unidades (Caires et al., 2006).

A gessagem não alterou os teores de alumínio (Al^{3+}), em estudos realizados por Pauletti et al., (2014), porém deve-se atentar que as determinações foram realizadas aos 36 e 72 meses após a aplicação. Porém o mesmo autor em outro trabalho afirma que a redução do alumínio através da gessagem, devida à formação do par iônico (AlSO_4^+), aumento do pH da solução do solo e complexação do alumínio.

O gesso agrícola mesmo não eliminando o alumínio no solo ao se deslocar em profundidade, na solução do solo alguns fatores reduzem a atividade do elemento, considerando o aumento do cálcio e aumento do sulfato (Raij, 2008).

A matéria orgânica também é influenciada pela aplicação do gesso agrícola em sistema de semeadura direta, diminuindo a MOS, quando ocorre a técnica. Pode ser um fator devido sua ação no solo, aumentando os teores de cálcio e redução do alumínio, promovendo aprofundamento das raízes das plantas, promovendo melhor distribuição no perfil do solo, acelerando a mineralização e tornando mais profundo (Souza et al., 2012).

A aplicação de gesso agrícola em altas doses garante efeito residual em longo prazo, melhorando características químicas no perfil do solo.

4.5 EFEITOS DA GESSAGEM NA CULTURA DA SOJA E DO ALGODÃO

O sistema de semeadura direta adotado na grande parte das áreas do estado de Mato Grosso Sul, impede a aplicação de insumos nas camadas subsuperficiais devido ao não revolvimento do solo (Broch et al., 2008).

A aplicação em superfície pode melhorar a remoção de cátions para camadas mais profundas do perfil de solo, garantindo melhor efeito da aplicação no desenvolvimento das plantas.

Autores como Caires et al., (2008), afirmam em seus estudos que a aplicação de gesso agrícola garante aumento na produtividade da cultura da soja. Souza et al., (2010), obtiveram aumento na altura da soja com a aplicação de 2 t ha^{-1} de gesso

agrícola, devido a melhoria de exploração do sistema radicial. O número médio de vagens também apresentou diferença quando aplicado o insumo, com a dose de 2 t ha⁻¹ (114,25 vagens), com as doses 3 e 4 t ha⁻¹ (109,75 vagens), comparando com a dose 0 t ha⁻¹ (88,75 vagens), apresentando um incremento de 28,73%. (JOAO PAULO ASCARI).

A gessagem para a cultura da soja garante melhores condições de distribuição radicial, pelo fato de que o aumento de cálcio e a redução na saturação de alumínio favorecem essas características. Em épocas com pluviosidades adequadas, este aprofundamento pode não ser influenciado pelas aplicações de gesso.

A aplicação de gesso agrícola (CaSO₄.2H₂O) tem sido avaliada como alternativa para a melhoria da qualidade química do perfil do solo no SPD sem necessidade de interrupção do sistema, proporcionando o aprofundamento do sistema radicular e a maior eficiência na absorção de água e nutrientes do solo (Dalla Nora e Amado, 2013).

A produção de matéria seca do algodoeiro e a movimentação de nutrientes no solo, quando a relação entre CaSO₄/CaCO₃ houve aumento na movimentação de cálcio e de sulfato nas camadas subsuperficiais do solo, também ocorreu a lixiviação de magnésio. Ocorrendo assim baixos teores de cátions na superfície do solo Silva et al (1998).

Resultados foram observados nas condições da aplicação com e sem gesso agrícola, aumentos de 24 a 48 % na produtividade do algodão dos tratamentos em relação à testemunha sem a utilização do gesso agrícola. O menor percentual de ganho foi quando aplicado a menor dose, sendo esta de 0,2 t ha⁻¹. Ao desenvolvimento radicial da cultura do algodão, com a aplicação de gesso, houve o aprofundamento das raízes, comparado a aplicação de 3 t ha⁻¹ ao tratamento sem adição de gesso, essas características garantem maior absorção de água e nutrientes. Para as quantidades de nutrientes absorvidos contidos no caroço de algodão, a absorção de nutrientes foi de 56% comparado ao tratamento com ausência do insumo, devido que o algodão possui aumento nas suas raízes aprofundando o perfil do solo, evidenciando maiores absorção de nutrientes como Ca, Mg, K e S. Para as aplicações em maiores quantidades de gesso, o sistema do solo superficial fica mais úmido, garantindo maior absorção de P que possui baixa mobilidade no solo.

4.6 PROPRIEDADES DO CALCÁRIO AGRÍCOLA

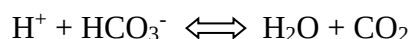
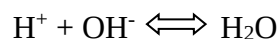
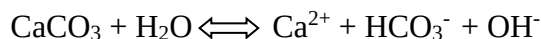
O potencial produtivo das espécies cultivadas pode ser limitado pela acidez dos solos tropicais nas regiões de expansão do sistema de semeadura direta (Prado et al., 2003), dando importância para a necessidade do uso de corretivos de acidez do solo.

Os calcários agrícolas são os produtos mais utilizados no sistema para a correção, sendo elas provenientes das rochas moídas a base de carbonatos, calcita (CaCO_3) e das dolomitas ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Assim os óxidos de cálcio e magnésio (CaO e MgO) na cal virgem, os carbonatos de cálcio e magnésio (CaCO_3 e MgCO_3) do calcário agrícola e os hidróxidos de cálcio e magnésio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ e $\text{Mg}(\text{OH})_2$) na cal apagada, são utilizados também na neutralização da acidez dos solos, esses produtos possuem uma reação básica utilizando como agente principal o carbonato (CO_3^{2-}), para complexar o alumínio, liberando Ca^{2+} e Mg^{2+} para a CTC do solo (Gianello, 2000).

O calcário possui na sua composição sais alcalinos ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), visando que o anion carbonato, presente na composição deste corretivo atua como “receptor de prótons”, convertendo em água e gás carbônico na medida que recebe íons H^+ (Raij, 2008). Deixando claro que o cálcio e o magnésio são nutrientes de plantas, não neutralizantes de solo, carbonatos, hidróxidos e silicatos solúveis são neutralizantes e corrigem a acidez.

A aplicação do calcário no solo garante que o anion CO_3^{2-} delimitado como uma base forte seja responsável pela hidrólise da água e formação do íon hidroxila (OH^-), este que por sua vez neutraliza a acidez ativa (H^+) do solo. Destacando que a base fraca o anion SO_4^{2-} não tem capacidade de hidrolisar a água e produzir hidroxilas.

O carbonato de cálcio é dissolvido em cálcio e bicarbonato representado na equação abaixo (Raij, 2011).



O resultado da água é devido a reação da hidroxila com o íon H^+ . O bicarbonato também reage com o H^+ , dando origem ao gás carbônico. A reação tende para a direita enquanto existirem os íons H^+ na solução do solo (Raij, 2011).

Segundo dados da Associação Brasileira de Calcário o consumo no ano de 2016 foi de 34,578 milhões de toneladas, sendo que não acompanha aumento do uso de fertilizantes, o que é altamente potencializado com a correção dos solos, não obtendo um equilíbrio em calcário e fertilizante (Junior, 2014).

A relação entre calcário e fertilizante deveria ser seguida 2,5 a 3,0 para 1,0. Seguindo que para cada tonelada de fertilizante aplicado seria necessários 2,5 a 3,0 toneladas de calcário, vendo que a agricultura atual apresenta cerca de 30 milhões de hectares em sistema de semeadura direta, essa relação poderia ser estreitada, porém, mesmo com estes parâmetros o Brasil não segue o crescente de fertilizantes.

Os fatores que ainda desfavorecem a aplicação do calcário seguem a mesma linha do gesso agrícola, o frete se torna caro, sendo determinado pela distancia da região produtora.

4.7 CALCÁRIO AGRÍCOLA E SEUS EFEITOS NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases é um fator limitante na produção agrícola, dificultando o desenvolvimento das raízes em solos ácidos e por consequência a deficiência do cálcio no perfil do solo.

O calcário agrícola é o principal produto para elevar o pH do solo , aumentando a saturação de bases, reduzindo Al e Mn trocáveis no solo. Embora a aplicação de calcário seja limitada no local de aplicação, tornando um processo lento na redução da acidez dos solos, dependendo da lixiviação dos nutrientes no perfil do solo.

O aumento da retenção de cátions causados da geração de cargas elétricas negativas com a elevação do pH do solo é uma ação que dificulta a reação do calcário na neutralização da acidez de subsuperfície. Os ânions também são consumidos nas reações com outros cátions ácidos (Al^{3+} , Mn^{2+} e Fe^{2+}), na camada de deposição do calcário (Caires et al., 2004).

O aumento de pH do solo pode ser acelerado devido a capacidade com que o carbonato, acompanhado por cálcio e magnésio, movimenta-se em subsuperfície para ativar a reação com a acidez do solo (Caires, et al., 2003).

4.8 EFEITOS DA CALAGEM NAS CULTURAS DE SOJA E ALGODÃO

A calagem tem sido largamente empregada nas áreas cultivadas com soja e algodão no cerrado brasileiro tendo como principal objetivo eliminar a acidez do solo,

assim como fornecimento de alguns nutrientes, como é o caso do cálcio, que por sua vez ira acarretar em um melhor desenvolvimento radicular, auxiliando assim a planta quando ocorrer veranicos (EMBRAPA, 2018).

Outros benefícios que a calagem, proporciona aumento da matéria orgânica, fazendo com que haja maior disponibilidade de nutrientes, melhorando a fixação biológica de nitrogênio, aumentar a disponibilidade de fósforo, assim como diminuir a disponibilidade de alumínio e manganês através a formação de hidróxidos, melhorando assim os níveis de fertilidade do solo, melhorando também as propriedades físicas (EMBRAPA, 2018).

Assim sabe que a calagem é a pratica ou método mais eficiente para aumentar o pH do solo, vários trabalhos enfatizam que com a aplicação de calcário o aumento da produtividade se torna expressivo (Arantes et al., 1993). Contudo sabe-se, que para uma boa atuação do calcário no desenvolvimento da cultura é de extrema importância como ele será utilizado e aplicado, sendo que a calagem mal aplicada ou em excesso pode ter efeito negativo, diminuindo assim a absorção de nutrientes (EMBRAPA, 2018).

Segundo dados de Boch et al. (2008), no sistema de plantio direto, o qual grande parte do cerrado é caracterizado, a aplicação de calcário muitas vezes é realizada em superfície, assim essa aplicação irá reagir somente na camada superficial, a qual é de 0 a 10 cm. Isso acarretaria que o sistema radicular obtivesse seu maior e melhor desenvolvimento nos primeiros 20 cm de solo, podendo ocorrer assim uma barreira física, causando uma redução na produtividade das culturas.

O principal local onde essa planta vai sentir com essa barreira física é no sistema radicular, fazendo com que aconteça um alongamento da raiz mais lento e também um engrossamento, permitindo com que a planta não tenha um boa ramificação, contudo esses problemas acabam afetando também a parte aérea. Sabe-se também que em regiões como o cerrado a ocorrência de veranicos comum, por isso, nas camadas mais superficiais como de 0-20 cm a água pode ser facilmente percolada ou deslocada por evapotranspiração, podendo assim ser uma fator restritivo na absorção de nutrientes, já que a absorção dos mesmos é realizada devido a solução do solo (Cardoso et al., 2014).

Os efeitos do calcário agrícola quando com o manejo realizado superficialmente, possuem uma reação limitada na área de aplicação. Alguns autores em seus resultados na cultura da soja garantem que a aplicação de calcário não incorporado aumenta o rendimento, na dose de 2 t ha⁻¹.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.de M. de; **Cultura da soja nos cerrados**. 1. ed. Piracicaba, SP: Potafos, 1993. 535 p
- BETTIOL, J. V. T., PEDRINHO, A., MERLOTI, L. F., BOSSOLANI, J. W., SÁ, M.E. de., Plantas de Cobertura, Utilizando Urochloa ruziziensis Solteira e em Consórcio com Leguminosas e seus Efeitos Sobre a Produtividade de Sementes do Feijoeiro. **Uniciências**. Londrina, PR, v.19, n. 1, p. 3-10, jul. 2015.
- BLUM, J., CAIRES. E. F., AYUB, R.A., FONSECA, A., SOZIM, M., FAUATE, M. Soil chemical attributes and grape yield as affected by gypsum application in Southern Brazil. *Communications in Soil and Plant Analysis*. V. 42, p. 1434-1443, 2008.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A. & PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 42:1269-1276, 2007.
- BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; MARLENE CRISTINA ALVES, M. C.; Produção de soja e milho cultivados sobre diferentes coberturas. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, CE, v. 46, n. 1, p. 89-98, 2015.
- BROCH, D. L.; NOLLA, A.; QUIQUI, E. M. D.; POSSENTI, J. C. Influência no rendimento de plantas de soja pela aplicação de fósforo, calcário e gesso em um latossolo sob plantio direto. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Guarapuava, v. 10, n. 2, p. 211-220, 2008. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/viewFile/709/882>>. Acesso em: 04 fev. 2018.
- BROCH, D.L. et al. Influência no Rendimento de Plantas de Soja pela Aplicação de Fósforo, Calcário e Gesso em um Latossolo Sob Plantio Direto. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v.10, n.2, p.211-220, Jul/Dez 2008.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas no 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.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p. 1029-1040, 2001.
- CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 87-98, 2006.
- CAIRES, E. F.; KUSMAN, M.T.; GARBUIO, F.J.; ADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho a calagem e aplicações de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 125-136, 2004.
- CARDOSO, J.A.E.; PERES, G.C.M.; LAMBERT, R.A. Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Enciclopedia biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiania, GO, v.10, n. 18, 1987 p, 2014.

CARVALHO, A. M. de., COSER, T. R., REIN, T.A., DANTAS, R. A. de., SILVA, R.R., SOUZA, K.W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v.50, n. 7, p. 551-561, jul. 2015.

CARVALHO, A.M.de; MIRANDA, J. C.C.; GEROSA, M.L.; RIBEIRO JUNIOR, W.Q. Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Cerrado. In: LIMA FILHO, O.F. de L.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D.C. (ed). (Org.). Adubação verde e plantas de cobertura no Cerrado. 01ed.Brasília: Embrapa, v. 02, p. 01-55, 2014.

CARVALHO, L. C. T. Análise comparativa entre diferentes metodologias utilizadas para recomendação de gesso agrícola em solos cultivados com lavoura de café na região sul de Minas Gerais. 2008. 39f, EFAM, Muzambinho.

DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C. Improvement in chemical attributes of oxisol subsoil and crop yields under no-till. *Agronomy Journal*, v. 105, p. 1393-1403, 2013.

EMBRAPA: Agência de Informação tecnológica. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/fertilidade.htm>>. Acesso em 3 jan. 2018.

FAGERIA, N.K. & BALIGAR, V.C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. *Adv. Agron.*, 99:345-431, 2008.

FREIRE, F. J., FREIRE, M.B.G.S., ROCHA, A.T., OLIVEIRA, A.C. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola da cana de açúcar no estado de Pernambuco, BRASIL. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, Recife, vol. 4, p.199-213, 2007.

JUNIOR, F. L. M. Calcário Agrícola. Sumário Mineral 2014, Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2014.

LEITE, L.F.C.; FREITAS, R.C.A.; SAGRILO, E. & GALVÃO, S.R.S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. *R. Ci. Agron*, 41:29-35, 2010.

MASCHIETTO, E. H. G. Gesso agrícola na produção de milho e soja em solos de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto. 56 p. Ponta Grossa, PR. 2009.

MATOS, T. H. C. Caracterização hidromecânica do fosfogesso e das misturas solo-fosfogesso, 2001. 139 p. Dissertação de mestrado – Faculdade de Tecnologia, Departamento de engenharia civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

NEPOMUCENO, M.P., VARELA, R.M., ALVES, P.L.C.A., MARTINS, J.V.F. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Revista Planta Daninha**. Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 557-565, abr/ 2012.

PAOLINELLI, M. T. et al. Aplicação direta do fosfogesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1.,1985, Brasília, DF. Anais: Brasília, DF: EMBRAPA, 1986. p. 197-207.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:495-505, 2014.

PRADO, R.M. Efeito residual do calcário sob diferentes modos de incorporação antes da instalação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campinas Grande, v.7, n. 3, p. 478-482, 2003.

RAIJ, B. V. Gesso na Agricultura. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. 233p.

RAIJ, B.V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C. Phosphorus and potassium budget in the soil-plant system in crop rotations under no-till. *Soil and Tillage Research*. v. 126, n. 6, p.127-133, jan/ 2013.

SANTOS, I. L. et al. Cover plants and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under notillage in the cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n.6, p. 1874-1881, 2014.

SCOPEL, E.; SILVA, F. A. M. da; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F.; MARAUX, F. Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid tropical conditions. *Agronomie*, Avignon, v. 24, p. 383-395, 2013.

SFAR FELFOUL, H., CLASTRES, P., BEN OUEZDOU, M., CARLES GIBERGUES, A. Propriétés et perspectives de valorization Du phosphogypse i exemple de La Tunisie. **Proccedings of international Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management**, EPCOWM 2002, Tunis, Tunisie, 1:510-520, 2002.

SILVA, A. A.; VALE, F. R.; FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. Efeitos de relação CaSO_4 CaCO_3 na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 22, p. 451-457, 1998.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M.E.; ABRANTES, F.L.; BERTI, C.L.F.; SOUZA, L.C.D.; ARRUD, N. Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão. *Agrarian*. Dourados, v.7, n.24, p. 233-243, 2014.

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, n. 2, p. 663-673, 2009.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSIO, L. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônômico da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférrico submetido a dois sistemas de manejos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000600001>. Acesso em: 02 março 2018.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; ROSA, Y.B.C.J.; ZEVIANI, W.M. Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo, sob dois sistemas de manejo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.33, n. 5, p.1717-1732, set-out. 2012.

TELLES, T. S.; DECHEN, S. C. F.; GUIMARAES, M. F. Institutional landmarks in Brazilian research on soil erosion: a historical overview. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1431-1440, 2013.

VERONESE, M.; FRANCISCO, E. A. B.; ZANCANARO, L.; ROSOLEM, C. A. Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p.1158-1165, 2012.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso LIMA FILHO, O. F. DE L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D.C. (ed). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. p. 59-168, 2014.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONIII, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007.

CAPÍTULO 1: APLICAÇÃO DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, COM INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA.

*Leila Bernart, Engenheira Agrônoma, Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, leilabernart@hotmail.com

Cassiano Garcia Roque, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* de Chapadão do Sul – MS, cassiano.roque@ufms.br.

Renato de Mello Prado, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, departamento de solos e adubos, *campus* Jaboticabal – SP, mprado@fcav.unesp.br.

Cid Naudi Silva Campos, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* Chapadão do Sul - MS, cid.campos@ufms.br

Rafael Gonçalves Vilela, Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador na Fundação de Apoio e Pesquisa Agropecuária de Chapadão do Sul, departamento de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, rafaelvilela@fundacaochapadao.com.br.

Paulo Eduardo Teodoro, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* Chapadão do Sul - MS, paulo.teodoro@ufms.br.

INTRODUÇÃO

As características químicas, físicas e biológicas do solo, são de extrema importância para manter um equilíbrio, possibilitando modificações no crescimento da parte aérea das plantas, como no crescimento radicial e aumento da produtividade das lavouras. A limitação do sistema radicial pode ser afetada por tempos de veranico, possibilitando a diminuição nos teores de cálcio em subsuperfície, como também má absorção de água e nutrientes (Scherer et al., 2007).

Os principais problemas para o cultivo no cerrado brasileiro, é a reação ácida que esta contida nos solos, possibilitando a redução da capacidade produtiva das culturas, aproximadamente cerca de 40% (Quaggio, 2000).

A aplicação de gesso e calcário pode contribuir para melhorias no perfil do solo, possibilitando a diminuição dos teores de Al^+ e na elevação da saturação de bases, a ação conjunta dos insumos pode favorecer o calcário devida sua baixa solubilidade, e garantir menores perdas por lixiviação do Mg quando aplicado gesso agrícola (Rampim et al., 2011).

Para um sistema conservacionista e melhoria no perfil do solo, com as características químicas, a utilização de plantas de coberturas na entressafra, melhoram as propriedades deste solo, possibilitando ciclagem de nutrientes, melhoria no manejo e equilíbrio dos nutrientes (Santos et al., 2014 e Zotarrel et al., 2012).

Contudo, um problema é a decomposição das plantas na região do Cerrado, possuindo uma decomposição acelerada, devido as condições climáticas, altas temperaturas e umidade elevada (Carvalho et al., 2015).

A decomposição do material vegetal pode afetar a disponibilidade de nutrientes como N, P, K, Mg e S e elevar o pH do solo, produzindo compostos orgânicos, como ácidos fúlvicos e húmicos, os quais são importantes na amenização de estresses, desenvolvimento do sistema radicular, síntese de enzimas, entretanto, principalmente no SSD esses compostos podem não ser detectados na amenização da acidez de subsuperfície a curto prazo (Pavinato e Rosolem, 2008; Caires et al., 2008a). Neste contexto, a utilização da calagem é um manejo adequado para diminuir o Al e Mn trocáveis no solo, porém, quando adotado sem a incorporação, a correção do solo pode ser limitada ainda na superfície do solo, desta forma a aplicação de gesso agrícola dará aporte necessário para o desenvolvimento satisfatório das culturas.

Como supracitado, os solos do Cerrado em geral apresentam características de baixa fertilidade e alta acidez, destacando-se elevados teores de alumínio. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar os atributos químicos do solo, com a aplicação de doses de gesso agrícola e calcário no sistema de semeadura direta, implantando plantas de coberturas na entressafra.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de pesquisas da Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Chapadão do Sul – FUNDAÇÃO CHAPADÃO, localizada do município de Chapadão do Sul, estado de Mato Grosso do Sul (18°41'33"S, 52°40'45" W e altitude de 810 m). O clima da região segundo Koppen é caracterizado como tropical úmido (Aw), com estações bem definidas, apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno, a temperatura média anual do mês mais frio é superior a 18°C, possuindo variações entre as estações de 13°C a 28°C, com pluviosidade média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (Castro et al., 2012). Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram registrados durante a condução do experimento (Figura 1).

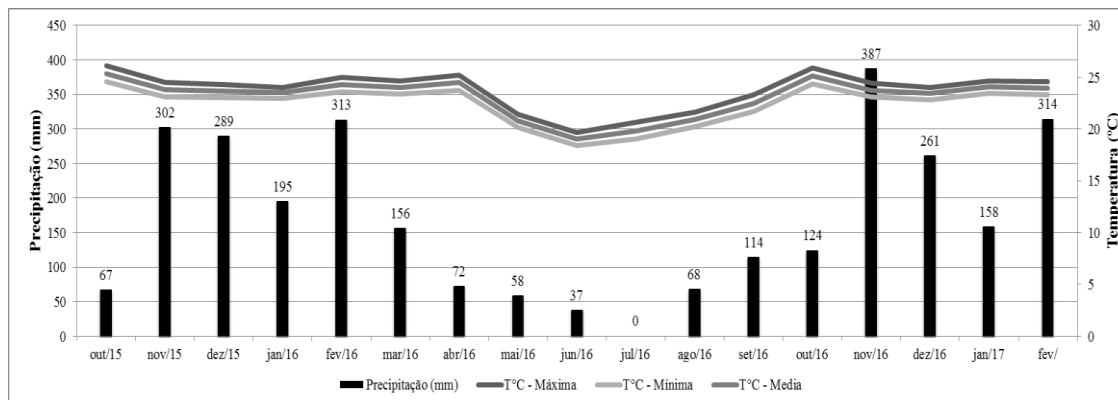


Figura 1. Precipitação e temperaturas do ar durante a condução do experimento. Fonte: INMET.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico argiloso de acordo com a metodologia da Embrapa (2013). A classificação é obtida a partir da avaliação dos dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil que o representam, são também utilizados os aspectos ambientais, como, clima, vegetação, relevo, características externas ao solo, condições hídricas e material de origem. Antes da instalação do experimento foi realizada uma coleta de solo, obtendo a análise química

(Tabela 1) e a seguinte constituição granulométrica: 46% de argila, 51,5% de areia e 2,5% de silte, avaliados na camada de 0,0 – 0,4 m.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com quatro repetições em esquema de parcelas sub-subdivididas. A parcela principal formada por duas plantas de cobertura e um tratamento com área de pousio (*Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum*) a subparcela, por quantidade de gesso agrícola (0, 2.300, 4.600 kg ha⁻¹) e a subsubparcela por doses de calcário (0, 2.000, 4.000 e 6.000 kg ha⁻¹).

O experimento foi implantado em área de SSD em 15 de setembro de 2015 foi realizada a aplicação de calcário, com PRNT (poder relativo de neutralização total) de 85% e a aplicação de gesso agrícola foi realizada (26 de outubro de 2015) visando elevar a saturação de bases a 50%, segundo a recomendação de Souza e Lobato (2004). O calcário e o gesso foram aplicados em superfície sem incorporação. A Tabela 1 demonstra a análise química do solo da área experimental antes da implantação do experimento.

Tabela 1. Análise química do solo anterior à instalação do experimento.

Prof	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P(res)	S	M.O	CTC	V	m
M	CaCl ₂	-----cmol _c dm ³ -----				-----mg dm ⁻³ ---			gdm ³	cmol _c dm ³	----%----	
0–0,2	4,2	2,0	0,3	0,3	5,5	157	37,3	7,7	36,9	8,3	33,5	11,6
0,2– 0,4	4,3	1,3	0,2	0,2	5,2	94	5,70	15, 8	24,0	6,9	25,1	9,8
Prof	B	Cu		Fe		Mn		Zn				
M	-----mg dm ⁻³ -----											
0-0,2	0,14	1,30		44,0		16,4		5,2				

Para o cálculo da necessidade de calagem, o método utilizado foi o da elevação da saturação por bases (Raij et al. 1996). Para a determinação da quantidade de gesso agrícola aplicada, foi determinada através do método de Sousa e Lobato (2004), sendo através da porcentagem de argila da análise do solo, a dose de gesso (D.G) recomendada é de 2,3 Mg ha⁻¹, a formulação utilizada do gesso agrícola foi de 18% CaO e 15% de S.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada em 28 de outubro de 2015, utilizando-se 5 e 15 kg ha⁻¹ de sementes de *U. ruziziensis* e *P. glaucum* (cv ADR 300), respectivamente, utilizando semeadora de discos desencontrados e espaçamento de 0,17 m entrelinhas. Com um triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) as plantas de

cobertura foram manejadas no dia 15/01/2016 e no dia 24/01/2016 foram dessecadas com Glifosato ($1,98 \text{ kg ha}^{-1}$ do i.a) e Carfentrazona etílica (20 g ha^{-1} do i.a).

Após a dessecação a cultura do algodão foi implantada no dia 04 de fevereiro de 2016, obtendo um ciclo de 190 dias, a cultivar utilizada foi FM975WS, com características de porte médio, com elevado rendimento de fibra, com maior potencial produtivo no mercado. A adubação de base utilizada para a cultura foi de 120 kg ha^{-1} de potássio. Para esta operação foi utilizado uma semeadora- adubadora, com disco de corte frontal e sistema de distribuição de adubo do tipo haste, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e densidade de semeadura com 9 sementes por metro.

A cultura da soja foi instalada no dia 18 de outubro de 2016, com a cultivar NA 5909, com hábito de crescimento indeterminado, porte médio, grupo de maturação 5.9, com exigência de fertilidade média. A adubação de base para a cultura da soja foi com 150 Kg ha^{-1} MAP, sendo sua formulação 11% N – 52% P_2O_5 – 00% K_2O . Para esta operação foi utilizado uma semeadora- adubadora, com disco de corte frontal e sistema de distribuição de adubo do tipo haste, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de semeadura com 22 sementes por metro.

Os dados foram submetidos a análise de variância, seguido da comparação das medias dos níveis de gesso e plantas de cobertura pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), e para as doses de calcário foi realizada a análise de regressão polinomial, utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo em função de doses de gesso agrícola e calcário influenciado por plantas de cobertura estão descritos na tabela 1.

Camada 0-20

Na camada superficial do solo, as plantas de cobertura obtiveram diferença significativa entre si isoladamente para alguns nutrientes, como, Mg, Al, K, CTC. Para o fator gesso agrícola isolado não obteve diferença significativa. Para o fator calcário as variáveis significativas foram H+Al e saturação por bases. As interações ocorreram para coberturas e calcário, influenciando as variáveis, pH e cálcio. Para a interação gesso agrícola e calcário foram pH, Ca, K, CTC.

Camada 20-40

Para a camada intermediária, a cobertura influenciou isoladamente todos os nutrientes, com exceção da CTC do solo, a qual obteve interação com o gesso agrícola e

o calcário. Para a variável cálcio, os fatores gesso agrícola e calcário, obtiveram diferença significativa isoladamente. A interação entre gesso agrícola e calcário foi significativa para os fatores, pH, $H+Al^+$, P, S, CTC e V%.

Camada 40-60

Na camada mais profunda do solo, a influencia isolada das coberturas foram para a maioria das variáveis, com exceção do potássio, o qual teve interação entre coberturas e gesso agrícola, o gesso agrícola e o calcário, não influenciaram os nutrientes isoladamente. A interação cobertura e calcário não obteve diferença significativa, já para a interação gesso agrícola e calcário, as variáveis significativas foram, pH, Ca, Mg, Al, $H+Al$, P, S, CTC, V%.

Tabela 1. Resumo da Análise de variância para os atributos químicos do solo em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

FV	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P	S	CTC	V%
<i>Profundidade 0-20 cm</i>										
Cobertura (C)	23,81*	278,86*	17,07*	59,92*	1,95 ^{ns}	603,51*	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	11,37*	0,80 ^{ns}
Gesso (G)	0,59 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,02 ^{ns}	4,78 ^{ns}	0,99 ^{ns}	21,65*	0,29 ^{ns}	1,41 ^{ns}	7,43*	0,15 ^{ns}
Calcário (Ca)	98,17*	52,00*	0,62 ^{ns}	3,01 ^{ns}	18,42*	6,40 ^{ns}	4,06 ^{ns}	5,25 ^{ns}	37,79*	14,90*
C x G	3,68 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,47 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,33 ^{ns}
C x Ca	30,19*	12,41*	0,37 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,92 ^{ns}
G x Ca	13,23*	8,14*	1,73 ^{ns}	0,73 ^{ns}	4,86 ^{ns}	6,78*	1,69 ^{ns}	0,69 ^{ns}	23,03*	3,29 ^{ns}
<i>Profundidade 20-40 cm</i>										
Cobertura (C)	72,40*	14,97*	20,31*	74,00*	8,37*	108,12*	31,00*	20,86*	65,20*	12,54*
Gesso (G)	19,60*	7,52*	0,44 ^{ns}	2,00 ^{ns}	10,20*	1,53 ^{ns}	12502,75*	17966,00*	425,20*	1062,08*
Calcário (Ca)	6,80*	22,14*	0,50 ^{ns}	1,62 ^{ns}	124,87*	5,76 ^{ns}	43462,67*	70113,90*	967,87*	4647,69*
C x G	4,60 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,00 ^{ns}	11,20*	1,00 ^{ns}
C x Ca	3,60 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,33 ^{ns}	3,65 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,67 ^{ns}	8,67*	2,38 ^{ns}
G x Ca	6,80*	3,38 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,86 ^{ns}	22,77*	0,59 ^{ns}	14093,42*	14041,05*	170,28*	1736,85*
<i>Profundidade 40-60 cm</i>										
Cobertura (C)	16,54*	11,20*	54,70*	22,50*	9,50*	159,25*	89,20*	20,80*	22,75*	22,90*
Gesso (G)	127,82*	971,20*	156,70*	4,80 ^{ns}	386,17*	100,75*	263684,80*	85294,30*	564,25*	195186,70*
Calcário (Ca)	2,12 ^{ns}	90,40*	0,67 ^{ns}	0,57 ^{ns}	8,59*	2,67 ^{ns}	27554,67*	724286,53*	28,31*	7045,47*
C x G	2,91 ^{ns}	0,25 ^{ns}	2,50 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,17 ^{ns}	13,00*	4,00 ^{ns}	1,90 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,55 ^{ns}
C x Ca	1,03 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,31 ^{ns}	5,92 ^{ns}	5,47 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,64 ^{ns}	1,57 ^{ns}
G x Ca	8,30*	9,20*	2,97 ^{ns}	0,40 ^{ns}	24,09*	4,42 ^{ns}	6106,67*	88678,83*	34,81*	982,57*

Teste F: ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente e ^{ns} não significativo.

Na tabela 2 encontram-se o efeito isolado das coberturas nos atributos químicos do solo, nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

Para o atributo magnésio, na camada superficial do solo, a área com pousio apresentou maiores valores, diferenciando das demais coberturas do solo, para a camada intermediária o magnésio mostrou maiores teores também na área de pousio, mas não diferenciando do milho, a *Urochloa* obteve menores valores nesta camada. Para a camada mais profunda do solo, os valores desta variável foram maiores na área em que o milho estava instalado, e os menores teores foram encontrados na área que a *Urochloa* estava presente. Este parâmetro obteve menores valores quando visto as áreas com a *Urochloa*. Os maiores valores de magnésio estão a medida que a profundidade é aumentada, evidenciando a característica do gesso agrícola juntamente com calcário, carreando os nutrientes para as camadas mais subsuperficiais do solo, fazendo com que o magnésio que estava em alta concentração na área de pousio na camada 0-20, diminua seus valores na camada 40-60, aumentando os valores na área com milho.

O magnésio apresentou alto valor devido sua alta reatividade e residual no solo, as perdas ocorridas por lixiviação são mínimas e sua maior mobilidade em relação ao calcário é elevada, e seus teores aumentam em profundidade (Rezende et al., 2007).

Para a variável alumínio os teores apresentam diferença entre as coberturas, com maior média encontrada nas áreas com o milho, em todas as camadas amostradas. A *Urochloa* apresentou menores teores de alumínio em suas áreas, devido a ciclagem de nutrientes com qual a *Urochloa* tem característica, aumentando teores de cálcio com os resíduos no solo.

O fator potássio só foi influenciado nas camadas 0-20 e 20-40, também apresentando maiores teores nas áreas com milho, os maiores teores encontram-se na camada intermediária, evidenciando ainda a conclusão de que a aplicação de gesso é um condicionador de nutrientes para camadas mais profundas.

Para a CTC do solo, o milho também apresentou maiores teores da capacidade de troca, na camada de 0-20 cm, na camada de 40-60 os maiores teores foram para o milho, mas não diferenciando significativamente da área com pousio. As médias da capacidade de troca foram maiores na camada superficial. Os solos tropicais tem menor CTC, sendo a decomposição da matéria orgânica mais rápida e a absorção de água maior. Sendo assim os valores dos cátions presentes nas áreas com milho, como magnésio e potássio, é devido suas maiores concentrações na CTC do solo.

Para o restante das variáveis como pH, cálcio, magnésio, H^+Al , fósforo, enxofre, e saturação por bases, foram influenciadas nas camadas 20-40 cm e 40-60 cm.

A aplicação de gesso não influenciou o $pH(CaCl_2)$ nas camadas superficiais, pois o gesso não é considerado um corretivo da acidez do solo (Pavan et al., 1984; Veloso et al., 1992; Maria et al., 1993).

Apresentando as mesmas características nas camadas 20-40 e 40-60, o pH do solo, apresentou maiores valores para as áreas com o milheto, não diferenciando das áreas com pousio, as áreas mais ácidas foram as que possuíam Urochloa.

O carregamento de Mg pode ter ocorrido das camadas mais superficiais e levados para uma camada um pouco mais abaixo, coincidindo com as zonas de absorção mais ativas das raízes (Epstein e Bloom, 2006).

As funções deste elemento nas plantas estão relacionadas sobretudo com sua capacidade de compor a molécula de clorofla, e é importante ativador enzimático, controlando inúmeros processos fisiológicos nas plantas (Araújo et al., 2013).

Para o fator cálcio e H^+Al também nas camadas 20-40 e 40-60, os maiores teores estão contidos nas áreas com milheto, não diferenciando do pousio, assim como os menores teores estão presentes na Urochloa, não diferenciando do pousio. Nas mesmas camadas os teores de fósforo tiveram maiores valores nas áreas com milheto, sendo que na camada de 20-40 não teve diferença significativa com o pousio, a área com Urochloa apresentou os menores valores para esta variável.

Os valores para o enxofre seguem a mesma regra dos nutrientes e variáveis anteriores, apresentando maiores valores para as áreas com milheto, não diferenciando do pousio, obtendo menores valores para as áreas com Urochloa. Seguindo assim o ultimo parâmetro que apresentou diferença significativa para a cobertura como fator isolado, foi a saturação por bases, apresentado maiores valores nas áreas que compreendiam milheto, não diferenciando das áreas com pousio, porem as áreas que continham Urochloa apresentaram menores valores.

Tabela 2. Efeito da cobertura sobre os atributos químicos do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

Cobertura	Profundidade 0-20 cm								
	Magnésio	Alumínio	Potássio	CTC					
Braquiária	0,8694 b	0,2712 b	0,2725 c	11,85 b					
Pousio	1,1694 a	0,3317 b	0,3403 b	11,93 b					
Milheto	0,8317 b	0,8108 a	0,8375 a	12,48 a					
Profundidade 20-40 cm									
	pH	Cálcio	Magnésio	Alumínio	H+Al	Potássio	Fosforo	Enxofre	V%
Braquiária	4,64 b	1,89 b	0,53 b	0,11 c	7,67 b	0,03 c	29,61 b	39,25 b	25,30 b
Pousio	4,94 a	2,11 ab	0,94 a	0,64 b	7,86 ab	0,50 b	29,89 a	39,53 a	25,61 a
Milheto	5,05 a	2,36 a	1,08 a	1,00 a	8,17 a	1,00 a	29,94 a	39,72 a	25,69 a
Profundidade 40-60 cm									
	pH	Cálcio	Magnésio	Alumínio	H+Al	Fosforo	Enxofre	CTC	V%
Braquiária	5,05 b	2,11 b	0,53 c	0,17 b	5,55 b	17,39 c	88,39 b	8,36 b	32,03 b
Pousio	5,30 a	2,33 ab	0,92 b	0,58 ab	5,80 ab	17,69 b	88,72 a	8,67 a	32,41 a
Milheto	5,33 a	2,44 a	1,28 a	1,00 a	5,97 a	17,86 a	88,83 a	8,89 a	32,55 a

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Efeito do gesso sobre o cálcio na profundidade de 20-40 cm e magnésio na profundidade de 40-60 cm.

Dose	Profundidade 20-40 cm	Profundidade 40-60 cm
	Cálcio	Magnésio
0	2,28 a	1,64 a
2.300	1,94 b	0,50 b
4.600	2,14 ab	0,58 ab

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 3 os resultados apresentam o efeito do gesso agrícola isolado, nas camadas 20-40 e 40-60 cm, para os atributos químicos cálcio (20-40 cm) e para magnésio (40-60 cm).

As menores doses de gesso agrícola (0 kg ha^{-1}) na camada de 20-40 cm de profundidade apresentaram maiores teores de cálcio, não diferenciando das maiores doses (4.600 kg ha^{-1}), porém a dose intermediária, sendo esta a recomendada (2.300 Kg ha^{-1}), apresentou menores teores de cálcio $1,94 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$, não diferenciando da maior dose aplicada, contudo, a dose intermediária, apresenta melhor custo benefício para o equilíbrio nutricional do perfil do solo. Para a variável magnésio na camada de 40-60 cm a dose intermediária (2.300 Kg ha^{-1}), não diferenciou da maior dose aplicada (4.600 kg ha^{-1}), possibilitando assim a mesma condição vista com o cálcio.

Tabela 4. Efeito do calcário sobre os atributos químicos do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40.

Profundidade	Variável	Equação	R ² (%)
0-20 cm	H+Al	$Y = 8,3487 + 0,000258x - 0,000001x^2$	74,75
	V%	$Y = 31,4707 + 0,001925x$	81,45
20- 40 cm	Cálcio	$Y = 1,7370 + 0,000128 x$	98,88 %

Na tabela 4, o resultado dos atributos químicos do solo em relação ao calcário isolado nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Na camada superficial do solo, os atributos que obtiveram diferença significativa foram H+Al e V%, onde a equação para o primeiro atributo foi de função quadrática negativa, sendo que o crescimento dos teores de H+Al tem seu ponto máximo com 129 kg ha⁻¹ a partir desta dose começa decair, provavelmente devido às altas concentrações de cálcio que o calcário tem em sua composição, evidenciando a correção da toxidez do solo pela utilização do insumo. Neste caso, a melhor dose para se trabalhar seria a de 2.000 kg ha⁻¹. Para a saturação de bases, a regressão foi de forma linear, onde os teores de cálcio aumentam, da mesma forma que ocorre o aumento das doses de calcário, servindo de fato a explicação do incremento de cátions no solo, aumentando assim os teores da saturação de bases.

A ação da calagem sem incorporação pode ficar restrita à camada superficial de solos ácidos, pois os ânions básicos provenientes da dissolução do calcário (OH⁻ e HCO₃⁻) se movimentam por fluxo de massa para as camadas mais profundas do solo, onde reagem com cátions ácidos (H⁺, Fe²⁺, Al³⁺ e Mn²⁺), fazendo com que as reações de alcalinização sejam cessadas (Miyazawa et al., 2002).

Para a variável cálcio na camada de 20-40 cm, a regressão também foi de forma linear, corroborando com o aumento de doses de calcário, ocorrendo o incremento de cálcio no sistema do solo. Esses fatores de devem a quantidade de cálcio contido no calcário e das bases trocáveis, favorecendo um equilíbrio no solo e diminuindo a concentração de sais tóxicos, eliminando os fatores que causam a acidez do solo.

Para a interação significativa entre plantas de cobertura e gesso agrícola, os resultados estão contidos na tabela 5.

A interação ocorreu nas camadas de 20-40 cm e de 40-60 cm de profundidade para diferentes atributos do solo. Na camada intermediária a CTC do solo teve diferença significativa, para todas as doses analisadas. Para a menor dose, os maiores valores de CTC ocorreram no milho não diferenciando do pousio, os menores valores ocorreram nas áreas com Urochloa. Para a dose de 2.300 kg ha⁻¹, os resultados foram iguais aos da primeira dose, porém quando analisado a dose máxima (4.600 kg ha⁻¹), não foi obtida diferença significativa entre as coberturas. Para a Urochloa as doses não diferenciaram entre si. As áreas de pousio com a menor dose obtiveram diferença, apresentando valores maiores para CTC. Para a cobertura milho a menor dose também apresentou maiores valores de CTC, as outras doses não diferiram entre si.

Na camada de 40-60 cm o potássio foi significativo, apresentando valores maiores nas áreas com milho, independente das doses testadas. Na menor dose de gesso agrícola, o milho não diferiu das áreas de pousio, deixando a Urochloa com os menores valores de potássio. Na dose intermediária a Urochloa e o pousio não diferiu entre si, apresentando valores elevados nas áreas de milho. Para a maior dose, todos diferiram entre si, milho com a maior média, seguida, do pousio e por fim a Urochloa com o menor valor de potássio no solo.

Analisando as coberturas isoladas nas três doses testadas, a Urochloa não diferiu nas doses. Para o pousio os valores elevados de potássio foram encontrados com a dose 0 kg ha⁻¹, para o milho a menor dose também apresentou maiores valores de potássio no solo, as outras doses não diferiram entre si.

Tabela 5. Desdobramento da interação significativa entre cobertura e gesso para a CTC na profundidade de 20-40 cm e potássio na profundidade de 40-60 cm.

Profundidade	Cobertura	Doses de Gesso agrícola (Kg ha ⁻¹)		
		0	2.300	4.600
		CTC		
20-40 cm	Braquiária	10,75 bA	9,67 bA	9,92 aA
	Pousio	11,00 aA	10,25 aB	10,00 aB
	Milheto	11,08 aA	10,33 aB	10,08 aB
40-60 cm	Cobertura	Potássio		
		0,75 bA	0,00 bA	0,00 cA
		1,08 aA	0,25 bB	0,42 bB
	Milheto	1,17 aA	1,00 aB	1,00 aB

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o desdobramento de cobertura e calcário, nas camadas de 0-20 e 20-40, os resultados estão apresentados na tabela 6. Na camada superficial as variáveis que foram significativas forma, pH e cálcio, devido a ação das reações da aplicação do calcário e da ciclagem de nutrientes proveniente das plantas de cobertura no solo. Para a variável pH, todas as regressões forma lineares, indiferente da planta de cobertura ou pousio utilizado nas áreas. Na primeira dose de 0 kg ha⁻¹, Urochloa e pousio não diferiram entre si, apresentando valores mais básicos de pH, para a cobertura milho o pH teve menor valor. Na dose de 2.000 kg ha⁻¹ e para o dobro da dose recomendada (4.000 Kg ha⁻¹), não houve diferença significativa entre as coberturas. Para a dose mais elevada testada (6.000 Kg ha⁻¹), o valor de pH mais elevado foi para o milho, seguido do pousio, após a Urochloa.

Para as coberturas isoladas com interação das doses de calcário, todos os tratamentos, tanto Urochloa, milho e área com pousio, obtiveram uma regressão linear crescente, quando se aumenta doses de calcário o pH do solo se eleva.

Ainda na camada de 0-20 o cálcio também teve influência estatística, na menor dose, o cálcio aumentou no milho não diferindo do pousio, para a dose recomendada, pousio e Urochloa não diferiram entre si apresentando teores mais altos, acontecendo assim para as outras doses. Urochloa e pousio ajustaram-se em uma regressão linear crescente, da mesma forma em que o pH nesta camada, com maiores doses de calcário, maiores teores de cálcio. O milho não teve uma equação em que se ajustava.

Na camada 20-40 a variável CTC foi a que teve diferença significativa entre a interação calcário e plantas de cobertura. As doses que diferiram foram, 4.000 Kg ha⁻¹ e a dose de 6.000 kg ha⁻¹, tendo aumento na CTC do solo, nas áreas de milho e pousio, não diferenciando entre si. A Urochloa ficou com os menores valores.

As regressões para ambas as coberturas, se ajustou a uma regressão quadrática, onde cada uma apresenta seu ponto de mínimo para aumento da CTC do solo. A Urochloa começa a aumentar os teores na CTC, após a dose de 647 Kg ha⁻¹, pousio com o ponto de mínimo de 507 Kg ha⁻¹ e por fim o milho apresentando 578 Kg ha⁻¹ como ponto de mínimo, compreendendo assim que a aplicação de calcário influencia no aumento da CTC do solo, conforme aumenta suas doses.

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa entre cobertura e calcário para o pH e cálcio na profundidade de 0-20 cm e CTC na profundidade de 20-40 cm.

Profundidade	Cobertura	pH						
		Doses de calcário (kg ha ⁻¹)						
		0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)	
0-20 cm	Braquiária	4,60 a	4,72 a	4,83 a	4,93 c	Y= 4,6055 + 0,0000056x	99,80	
	Pousio	4,87 a	4,99 a	5,08 a	5,24 b	Y= 4,8611 + 0,000061x	98,53	
	Milheto	4,04 b	4,79 a	4,83 a	5,73 a	Y= 4,0833 + 0,000256x	91,14	
	Cobertura	Cálcio						
		Doses de calcário (kg ha ⁻¹)						
		0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)	
		Braquiária	2,35 b	2,99 a	3,19 a	4,07 a	Y= 2,3500 + 0,000267x	94,89
		Pousio	2,65 a	3,29 a	3,49 a	4,37 a	Y= 2,6500 + 0,000267x	94,89
		Milheto	1,63 a	1,73 b	1,63 b	1,68 b	Sem ajuste	---
20-40 cm	Cobertura	CTC						
		Doses de calcário (kg ha ⁻¹)						
		0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)	
		Braquiária	11,33 a	10,00 a	8,78 b	10,33 b	Y= 11,4667 - 0,001294x + 0,000001x ²	89,33 %
		Pousio	11,33 a	10,22 a	9,44 a	10,67 a	Y= 11,4167 - 0,001014x + 0,000001 x ²	92, 64 %
		Milheto	11,55 a	10,22 a	9,44 a	10,78 a	Y= 11,6333 - 0,001156 x + 0,000001 x ²	94,92 %

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 7, os resultados da interação significativa entre gesso e calcário para os atributos químicos dos solo na profundidade de 0-20 estão apresentados.

Para a variável pH o desdobramento de doses de calcário dentro de doses de gesso agrícola, apresenta diferença significativa, compreendendo que as maiores doses de gesso apresentaram maiores teores de pH, na dose 0 Kg ha⁻¹ de calcário. Para a segunda dose de calcário (2.000 Kg ha⁻¹) o maior valor de pH foi com a dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola. Para as maiores doses de calcário, não foi obtido significância nos teores de pH em relação ao gesso agrícola. Para a interação entre a dose de gesso dentro de todas as doses de calcário, as regressões para todas as doses de gesso foram lineares crescentes, equivalente a quando aumentando as doses de calcário, independente das doses de gesso agrícola o pH do solo será aumentando.

O cálcio na camada de 0-20 apresentou diferença na dose 0 Kg ha⁻¹ de calcário, quando aplicado a dose intermediária de gesso ou a dose máxima, os valores de cálcio foram melhores, para as outras doses de calcário esta diferença não foi significativa. As regressões da interação de gesso agrícola dentro de cada dose de calcário, forma lineares crescentes, aumentando as doses de calcário, os teores de cálcio de solo são aumentados em todas as doses de gesso agrícola.

Para a variável potássio a interação calcário dentro de cada nível de gesso agrícola foi significativa para a dose 4.000 Kg ha⁻¹ de calcário, apresentou maiores teores de potássio, quando aplicado 0 Kg ha⁻¹.

Alguns autores observaram que a aplicação de gesso pode levar à lixiviação de K⁺ (Rampim et al., 2011), de forma semelhante entre solos com diferentes capacidades de troca catiônica (Maria et al., 1993). Para a interação de calcário dentro de cada nível de gesso agrícola as regressões foram diferentes. Para a dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola não foi obtido um ajuste adequado. Quando aplicado a dose de 2.300 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola a regressão foi linear decrescente, para o aumento de doses de gesso, os teores de potássio diminuem, devido a lixiviação que o gesso agrícola apresenta para os nutrientes. Para a maior dose de gesso agrícola a regressão é quadrática com ponto de mínimo, sendo 34,5 Kg ha⁻¹, onde a partir desta quantidade os teores de potássio diminuem.

Para a variável analisada CTC do solo, a dose 0 Kg ha⁻¹ de calcário agrícola apresentou maior valor na CTC quando aplicado 4.600 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, e o menor valor quando aplicado a dose 0 Kg ha⁻¹. Para a dose de 2.000 Kg ha⁻¹ de calcário, o maior valor de CTC foi com 4.600 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, não diferindo da dose de

2.300 Kg ha⁻¹, o menor valor de CTC foi encontrado quando não aplicado gesso agrícola, não diferindo da dose intermediária. Com o dobro do recomendado de calcário (4.000 Kg ha⁻¹), os maiores valores de CTC foram encontrados na dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, não diferindo da dose intermediária. Os valores para as outras doses calcários, não obtiveram diferença significativa. A interação entre gesso agrícola dentro de cada nível de calcário apresentou regressão quadrática, para a dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, obtendo um ponto de máxima, 475 Kg ha⁻¹. Para a dose intermediária de gesso agrícola, não obteve ajuste a regressão, para a maior dose a regressão é linear decrescente.

Na tabela 8 está o resultado da interação significativa entre gesso agrícola e calcário na camada 20-40 cm.

A primeira variável avaliada foi pH do solo, onde nas doses de 4.000 Kg ha⁻¹ e 6.000 Kg ha⁻¹ apresentaram diferença significativa dentro das doses de gesso agrícola, sendo para a maior dose de gesso os valores mais altos de pH, não diferindo da dose 0 Kg ha⁻¹. Os menores valores de pH foram encontrados na dose de 2.300 Kg ha⁻¹, não diferindo também da dose 0 Kg ha⁻¹. Para o desdobramento de doses de calcário dentro de cada nível de gesso agrícola, a dose de 0 Kg ha⁻¹ não teve uma regressão ajustada, para a dose intermediária de gesso agrícola a regressão é quadrática, com ponto de máxima 156 Kg ha⁻¹, os níveis de pH no solo aumentam até esta dose. Para a dose mais elevada de gesso agrícola a regressão é linear crescente, aumentando as doses de calcário o pH do solo é paralelo.

A variável H+Al apresentada na interação de gesso agrícola dentro de cada nível de calcário apresenta diferença significativa nas doses 2.000 Kg ha⁻¹, com maior teor na dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, não diferindo da maior dose. Para a dose de 4.000 Kg ha⁻¹ de calcário, a variável apresentou maior valor na maior dose de gesso, não diferindo da intermediária. Para a dose mais elevada os maiores valores de H+Al foram às doses de 0 Kg ha⁻¹ e 2.300 Kg ha⁻¹. As regressões se ajustaram, sendo que para a dose de 0 Kg ha⁻¹ a regressão é quadrática positiva, para a segunda dose de gesso também, sendo que os pontos de mínimo são 1.640 Kg ha⁻¹ e de 750 Kg ha⁻¹. Para a dose de 4.600 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola a regressão é linear decrescente, sendo que a partir de certa dose os níveis de H+Al diminuem conforme o aumento de calcário.

Para a variável fósforo o desdobramento de calcário dentro de cada nível de gesso, apresentou as mesmas significâncias para todas as doses de calcário, exceto a maior dose, sendo que os maiores valores de fósforo foram na dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso

agrícola. E os menores valores na maior dose aplicada de gesso agrícola. Na maior dose de gesso foram encontrados maiores teores de fósforo, enquanto os menores foram na dose intermediária. As regressões ocorridas para esta variável foram quadráticas positivas, sendo que os pontos de mínimo são de 1.950 Kg ha⁻¹ para a menor dose (0 Kg ha⁻¹), 3.395 Kg ha⁻¹ para a dose intermediária (2.300 Kg ha⁻¹) e de 2.513,25 para a maior dose (4.600 Kg ha⁻¹), a partir destas doses os teores de fósforo caem.

A variável enxofre apresenta significância na interação calcário dentro de cada nível de gesso, onde as doses 0 Kg ha⁻¹ e 6.000 Kg ha⁻¹ de calcário apresentam maiores valores de enxofre quando aplicado 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola e menores valores quando aplicado a dose intermediária. Para a dose de 2.000 Kg ha⁻¹ de calcário a maior concentração de enxofre foi quando aplicado a maior dose de gesso agrícola, corroborando com a dose de 4.000 Kg ha⁻¹ de calcário.

Para o desdobramento de gesso agrícola dentro de cada nível de calcário apresenta regressão quadrática positiva para a dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, sendo o ponto de mínimo 1.950 Kg ha⁻¹, para a dose intermediária de gesso a regressão foi linear positiva, à medida que aumenta doses de calcário com esse teor de gesso, o enxofre aumenta. Para a maior dose de gesso, a regressão é quadrática negativa, sendo que o ponto de máximo é 9.232 Kg ha⁻¹ os teores de enxofre decaem.

Para a variável CTC as doses de 0 e 2.000 Kg ha⁻¹ de calcário agrícola, apresentam os seguintes valores, sem a aplicação de gesso, a CTC teve os maiores teores, diferindo das demais doses. Para a dose de 4.000 Kg ha⁻¹ de calcário, o melhor valor de CTC foi obtido quando aplicado a maior dose, diferindo das demais. Com a maior dose de calcário o valor da CTC teve seu melhor valor sem a aplicação de gesso, e o menor valor quando aplicado a maior dose de gesso. As equações foram ajustadas como regressão quadrática para todas as doses. Sendo que o ponto de mínimo é 614 Kg ha⁻¹ (Dose 0 Kg ha⁻¹), 682 Kg ha⁻¹ (Dose 2.300 Kg ha⁻¹) e de 436 Kg ha⁻¹ (Dose 4.600 Kg ha⁻¹).

A última variável significativa nesta profundidade foi a saturação por bases, onde a dose menor e a maior dose de calcário, obtiveram maiores teores de saturação quando aplicado a dose de 4.600 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, e menor valor quando aplicada a dose intermediária. Nas doses de calcário 2.000 e 4.000 Kg ha⁻¹, o maior valor da saturação foi encontrado quando não há presença do gesso. E o menor valor quando a dose de 4.600 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola é aplicado. Para a dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola a regressão é quadrática com ponto de máximo, sendo 3.405,5 Kg ha⁻¹,

para a dose intermediaria a regressão também é quadrática com ponto de máximo, sendo 2.226,5 Kg ha⁻¹. E para a maior dose de gesso agrícola, a regressão é linear positiva, conforme aumenta o teor de calcário a saturação de bases aumenta.

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa entre gesso e calcário para os atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm

Dose de Gesso Agrícola (kg ha ⁻¹)	Doses de calcário (kg ha ⁻¹)					
	pH					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
	0	2.300	4.600			
0	4,15 b	5,04 a	5,00 a	5,25 a	Y = 4,3755 + 0,000163x	75,03 %
2.300	4,70 a	4,74 b	4,84 a	5,33 a	Y = 4,6055 + 0,000109x	87,54 %
4.600	4,65 a	4,71 b	4,90 a	5,32 a	Y = 4,5689 + 0,000109x	87,54 %
	Doses de calcário (kg ha ⁻¹)					
	Cálcio					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
	0	2.300	4.600			
0	1,68 b	2,97 a	2,99 a	3,35 a	Y = 1,9889 + 0,000253x	78,87 %
2.300	2,53 a	2,59 a	2,73 a	3,42 a	Y = 2,3978 + 0,000141x	78,12 %
4.600	2,43 a	2,45 a	2,59 a	3,33 a	Y = 2,2778 + 0,000142x	73,75 %
	Doses de calcário (kg ha ⁻¹)					
	Potássio					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
	0	2.300	4.600			
0	0,52 a	0,50 a	0,65 a	0,52 a	Sem ajuste	Sem ajuste
2.300	0,57 a	0,43 a	0,45 b	0,40 a	Y = 0,5357 - 0,000024x	71,14 %
4.600	0,50 a	0,41 a	0,38 b	0,46 a	Y = 0,5022 - 0,000069x + 0,000001x ²	97,23 %
	Doses de calcário (kg ha ⁻¹)					
	CTC					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
	0	2.300	4.600			
0	10,50 c	12,60 b	11,96 a	12,05 a	Y = 10,6779 + 0,000095x - 0,000001x ²	74,98 %
2.300	12,05 b	13,03 ab	11,44 ab	12,17 a	Sem ajuste	Sem ajuste
4.600	13,54 a	13,65 a	10,77 b	11,30 a	Y = 13,7534 - 0,000480x	68,78 %

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Desdobramento da interação significativa entre gesso e calcário para os atributos químicos do solo na profundidade de 20-40 cm

Dose de Gesso Agrícola (kg ha ⁻¹)	Doses de calcário (kg ha ⁻¹)					
	pH					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
0	4,78 a	4,78 a	5,00 ab	4,89 ab	Sem ajuste	Sem ajuste
2.300	4,67 a	5,00 a	4,78 b	4,67 b	$Y = 4,7000 + 0,000156x - 0,000001x^2$	70 %
4.600	4,89 a	4,89 a	5,11 a	5,11 a	$Y = 4,8667 + 0,000044x$	80 %
	H+Al					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
0	9,44 a	8,44 a	6,00 b	8,78 a	$Y = 9,7778 - 0,00164 x + 0,000001x^2$	67,21 %
2.300	9,33 a	7,44 b	6,67 ab	8,22 a	$Y = 9,3944 - 0,0015 x + 0,000001x^2$	98,08 %
4.600	9,22 a	7,89 ab	7,11 a	6,22 b	$Y = 9,0778 - 0,00049x$	98,52 %
	Fosforo					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
0	40,00 a	26,89 a	33,44 a	35,11 b	$Y = 38,7722 - 0,00595x + 0,000001x^2$	65,75 %
2.300	32,22 b	23,33 b	24,22 b	34,44 c	$Y = 32,2000 - 0,00679x + 0,000001 x^2$	99,99 %
4.600	23,33 c	16,22 c	19,00 c	49,55 a	$Y = 24,2278 - 0,010053x + 0,000002 x^2$	97,72 %
	Enxofre					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
0	25,33 a	38,78 b	25,33 c	62,00 a	$Y = 29,1833 - 0,0039 + 0,000001 x^2$	66,97 %
2.300	13,55 c	23,55 c	43,89 b	53,00 c	$Y = 12,7000 + 0,006933x$	97,62 %
4.600	22,11 b	39,78 a	70,22 a	56,44 b	$Y = 19,2611 + 0,018464x - 0,000002 x^2$	87,50 %
	CTC					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
0	11,78 a	11,33 a	9,11 b	11,55 a	$Y = 12,1000 - 0,001228x + 0,000001x^2$	54,66 %
2.300	11,11 b	9,44 b	9,00 b	10,78 b	$Y = 11,1611 - 0,001364x + 0,000001x^2$	98,40 %
4.600	11,33 b	9,67 b	9,55 a	9,44 c	$Y = 11,2555 - 0,000872x + 0,000001x^2$	94,95 %
	V%					
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	R ² (%)
0	20,78 b	26,55 a	34,44 a	24,67 b	$Y = 19,7889 + 0,006811x - 0,000001x^2$	80,28 %
2.300	18,33 c	22,44 b	28,67 b	24,00 c	$Y = 17,6833 + 0,004453x - 0,000001x^2$	84,55 %
4.600	21,55 a	21,00 c	26,67 c	37,33 a	$Y = 18,6889x + 0,002650x^2$	81,65 %

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 9 os resultados do desdobramento da interação significativa entre gesso e calcário para os atributos químicos do solo na profundidade de 40-60 cm.

No fator calcário dentro de cada nível de gesso agrícola, a variável pH foi significativa para todas as doses de calcário, sendo que para a dose 0 Kg ha⁻¹ o valor de pH maior foi na dose nula de gesso agrícola não diferindo da dose intermediária, apresentado assim, os menores valores para a dose de 4.600 Kg ha⁻¹, não diferindo da dose intermediária. Para a dose de 2.000 Kg ha⁻¹ de calcário o maior valor de pH ocorreu na dose mais elevada de gesso agrícola, nas doses de 4.000 e 6.000 Kg ha⁻¹ o maior teor de pH foi na dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola. As equações que se ajustaram para a dose de 0 Kg ha⁻¹ e 2.300 Kg ha⁻¹, são quadráticas, sendo que para a primeira dose, ocorreu ponto de máximo, sendo 122 Kg ha⁻¹ para o aumento de pH, após essas doses o pH começa a diminuir. Para a dose intermediária de gesso agrícola, o ponto de mínimo ocorreu na dose de 94,5 Kg ha⁻¹, sendo que a partir desta dose o pH aumentara. Para a dose mais elevada de gesso agrícola, a regressão não se ajustou.

Para a variável cálcio, as doses iniciais de calcário (0 e 2.000 Kg ha⁻¹), os teores de cálcio foram elevados na dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, para as demais doses de calcário (4.000 e 6.000 Kg ha⁻¹), ocorreu o mesmo das menores doses, porém a dose intermediária foi a que apresentou os menores teores de cálcio. As equações ocorreram para todas as doses de forma linear crescente, sendo que com o aumento de calcário, independente das doses de gesso, os teores de cálcio são elevados.

Os teores para H+Al, com a dose nula de calcário, o maior valor desta variável ocorreu quando a maior dose de gesso agrícola foi aplicada. Para as demais doses de calcário, os maiores valores foram encontrados na dose intermediária de gesso agrícola e na dose mais alta, não obtendo diferença significativa. Para o desdobramento de gesso agrícola dentro de cada nível de calcário, a regressão para a menor dose é linear decrescente, quanto mais alta o valor da aplicação, os valores de H+Al diminuem. Para a dose 2.300 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, a regressão é quadrática, com ponto de máxima 286 Kg ha⁻¹ e para a dose de 4.600 Kg ha⁻¹ a regressão também é quadrática, porém com ponto de mínimo 2.519,5 Kg ha⁻¹.

Para a variável fósforo, as primeiras doses de calcário (0 e 2.000 Kg ha⁻¹), apresentaram maiores valores na quantidade 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, e os menores valores na maior dose. Para as doses de calcário mais elevadas, os teores de fósforo também foram maiores na dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola. As equações foram de forma quadrática, com ponto de mínimo, não importando a dose de gesso agrícola,

sendo que, 2.755,5 Kg ha⁻¹ de calcário, os teores de fósforo aumentaram. Para a dose intermediária de gesso o ponto de mínimo é 1.411,0 Kg ha⁻¹, e para a dose mais elevada de gesso agrícola, 2.519,5 Kg ha⁻¹, evidenciando que o aumento das doses de calcário a partir destes pontos, garantem ganho com o fósforo.

Com o enxofre, a aplicação de calcário, não importando a dose de gesso agrícola, tem aumentando de forma linear. Os maiores valores de enxofre foram encontrados na dose intermediária de gesso agrícola, quando aplicado 0 e 2.000 Kg ha⁻¹ de calcário, para a dose 4.000 Kg ha⁻¹ de calcário, o maior teor de enxofre foi encontrado quando aplicado a dose máxima de gesso, concretizando que a aplicação de gesso é uma fonte de enxofre.

Para a CTC do solo, os maiores valores encontrados, ocorreu com a dose 0 Kg ha⁻¹ em todas as doses de calcário, para as doses de 0 e 2.300 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, a regressão se enquadrou de forma linear crescente, afirmando que com as maiores doses de calcário a CTC do solo aumenta. Para a dose 4.600 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, a regressão é quadrática com ponto de mínimo, sendo 528 Kg ha⁻¹.

Com a saturação de bases a regressão linear crescente se enquadrou para as doses 0 e 4.600 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola, isso no desdobramento de gesso agrícola dentro de cada nível de calcário. Para a dose intermediária, a regressão foi quadrática, sendo o ponto de mínimo 968 Kg ha⁻¹ de calcário. Para o desdobramento de calcário dentro de cada nível de gesso agrícola, as maiores saturações foram encontradas na dose 0 Kg ha⁻¹ de gesso agrícola.

Tabela 9. Desdobramento da interação significativa entre gesso e calcário para os atributos químicos do solo na profundidade de 40-60 cm.

Dose de Gesso Agrícola (kg ha ⁻¹)	Doses de calcário (kg ha ⁻¹)					
	pH					R ² (%)
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
0	5,33 a	5,89 b	5,78 a	5,89 a	$Y = 5,3778 + 0,000244x - 0,000001x^2$	81,18 %
2.300	5,22 ab	4,78 b	5,00 b	5,00 b	$Y = 5,1778 - 0,000189x + 0,000001x^2$	60,00 %
4.600	4,89 b	5,00 a	5,00 b	5,00 b	Sem ajuste	Sem ajuste
	Cálcio					R ² (%)
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
0	3,22 a	3,78 a	4,22 a	5,22 a	$Y = 3,1444 + 0,000322x$	96,67 %
2.300	1,00 b	1,00 b	1,22 c	1,67 c	$Y = 0,8889 + 0,000111x$	83,33 %
4.600	1,22 b	1,00 b	1,78 b	2,22 b	$Y = 0,9889 + 0,000189x$	78,11 %
	H+Al					R ² (%)
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
0	5,00 b	4,33 b	3,89 b	4,00 b	$Y = 4,8222 - 0,000172x$	79,09 %
2.300	5,33 b	6,33 a	6,44 a	6,33 a	$Y = 5,3667 + 0,000572x - 0,000001x^2$	97,27 %
4.600	8,00 a	6,55 a	6,44 a	6,67 a	$Y = 7,9500 - 0,000831x + 0,000001x^2$	96,85 %
	Fósforo					R ² (%)
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
0	34,11 a	25,44 a	30,89 a	40,00 a	$Y = 33,5889 - 0,005511x + 0,000001x^2$	95,09 %
2.300	12,55 b	5,89 b	8,78 b	8,33 c	$Y = 11,9111 - 0,002822x + 0,000001x^2$	63,51 %
4.600	10,11 c	4,44 c	9,00 b	22,22 b	$Y = 10,0333 - 0,005039x + 0,000001x^2$	99,93 %
	Enxofre					R ² (%)
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
0	18,00 c	45,55 c	71,67 c	185,78 a	$Y = 0,8333 + 0,026472x$	86,05 %
2.300	52,22 a	86,67 a	72,33 b	108,55 c	$Y = 56,7444 + 0,007733x$	70,76 %
4.600	42,78 b	77,33 b	130,22 a	172,67 b	$Y = 39,3667 + 0,022128x$	99,42 %
	CTC					R ² (%)
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
0	9,67 a	9,89 a	9,89 a	10,44 a	$Y = 9,6222 + 0,000117x$	82,43 %
2.300	6,44 b	7,33 b	7,67 b	7,89 c	$Y = 6,6333 + 0,000233x$	90,00 %
4.600	9,55 a	7,67 b	8,22 b	9,00 b	$Y = 9,4444 - 0,001056x + 0,000001x^2$	88,17 %

Dose de Gesso Agrícola (kg ha ⁻¹)	Doses de calcário (kg ha ⁻¹)					
	V%					R ² (%)
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
	0	2.000	4.000	6.000	Equação	
0	48,78 a	57,67 a	61,78 a	64,55 a	Y= 50,4778 + 0,002572x	93, 03 %
2.300	17,55 b	15,22 b	17,67 c	23,00 c	Y= 17,4611 - 0,001936x + 0,000001x ²	99,45 %
4.600	15,55 c	15,55 b	23,78 b	27,11 b	Y= 14,0667 + 0,002144x	89,00 %

CONCLUSÕES

Os estudos com a aplicação de calcário e gesso agrícola superficialmente ainda devem ser seguidos, porém neste trabalho, os teores dos nutrientes aumentaram quando ocorreram doses altas de calcário, as doses altas de gesso condicionaram os nutrientes para a camada de 40-60, caracterizado boa distribuição no perfil do solo. Podendo influenciar no desenvolvimento das plantas e aumento de produtividade.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CAIRES, E. F.; PEREIRA FILHO, P. R. S.; ZARDO FILHO, R.; FELDHAUS, I. C. Soil acidity and aluminium toxicity as affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. **Soil Use and Management**, v. 24, n. 3, p. 302-309, 2008a.

CARVALHO, A. M. de; SOUZA; SOUZA, L. L. P. de; GUIMARÃES JUNIOR, R.; ALVES, P. C. A. C.; VIVALDI, J. L. cover plants with potential use for crop- livestock integrated systems in the cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1200-1205, out. 2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina, Planta, 2006. 401 p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & FRANCHINI, J.C. Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 45:251-256, 2002.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; GALLO, P. B. & MASCARENHAS. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 28, p. 375–383, 2000.

REZENDE, L.; SOUZA, I.; BARROS, N.; MILAGRES, J. Eficiência agrônômica do agrosilício, comparativamente ao calcário dolomítico, na correção do solo e na disponibilidade de Ca e Mg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. Anais... Gramado: SBCS, 2007.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.355-362, 2003.

SANTOS, I. L. et al. Cover plants and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under notillage in the cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n.6, p. 1874-1881, 2014.

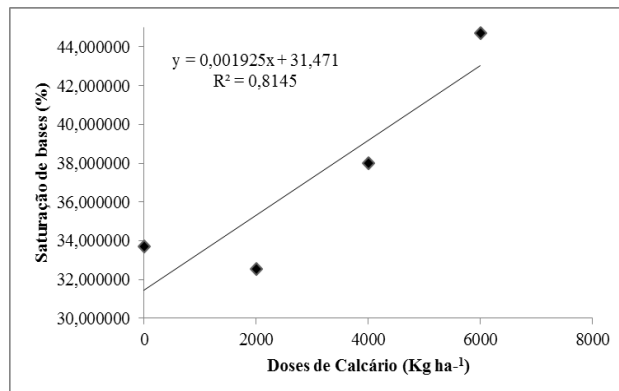
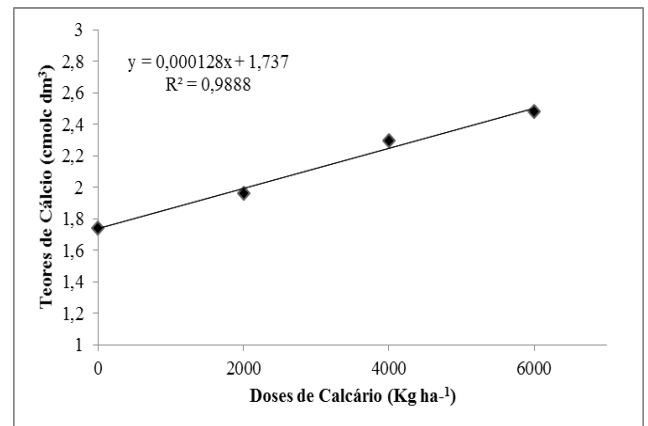
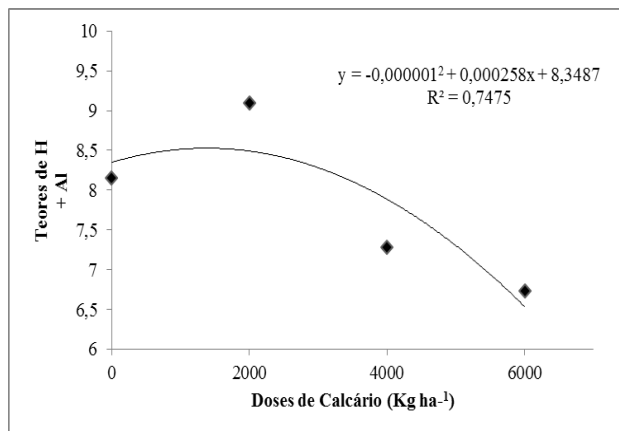
ARAÚJO É. O.; SANTOS E. F.; CAMACHO M. A. Absorção de cálcio e magnésio pelo algodoeiro cultivado sob diferentes concentrações de boro e zinco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 8, n. 3, 2013.

MARIA, I.C.; ROSSETTO, E.J.; AMBROSANO, E.J. & CASTRO, O.M. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. *Revista Scientia Agrícola*, 50:87-98, 1993.

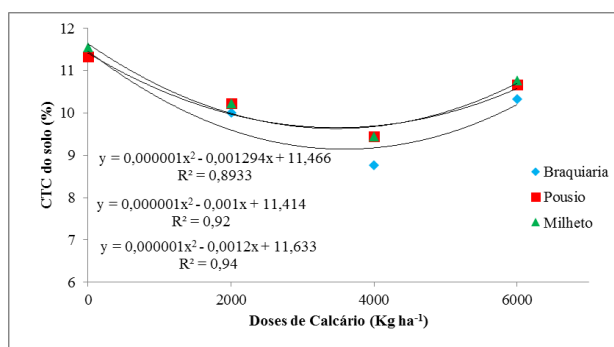
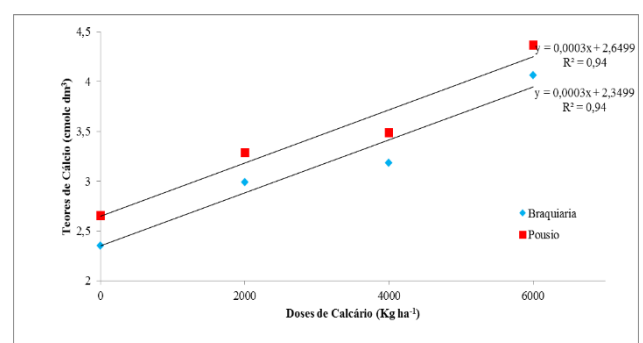
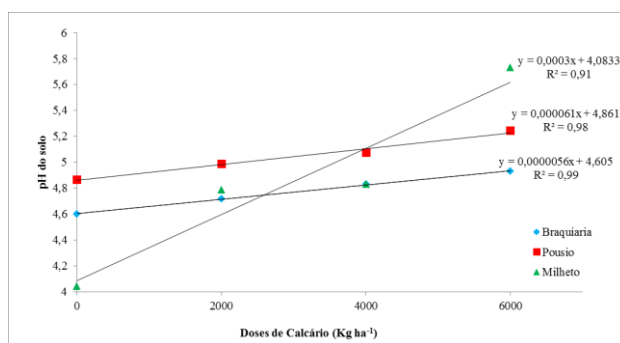
RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F. & FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:1687-1698, 2011.

Anexos:

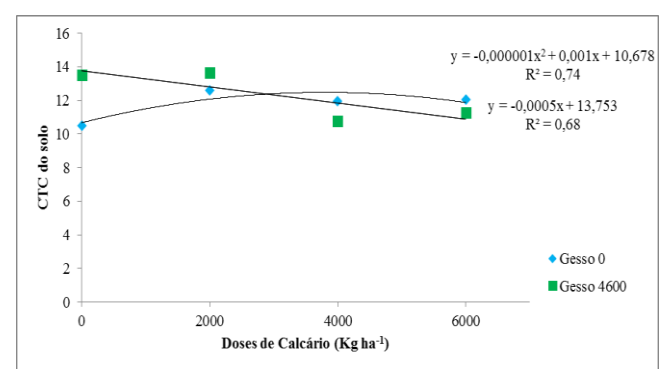
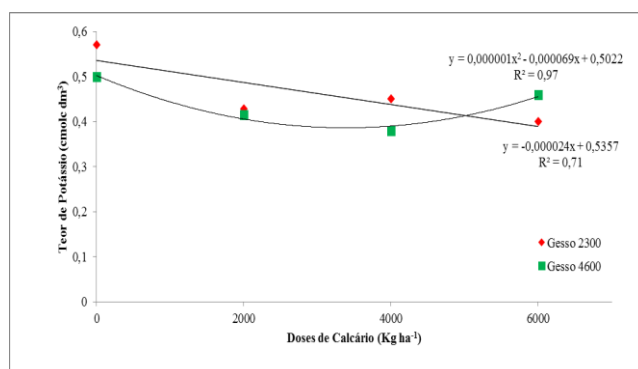
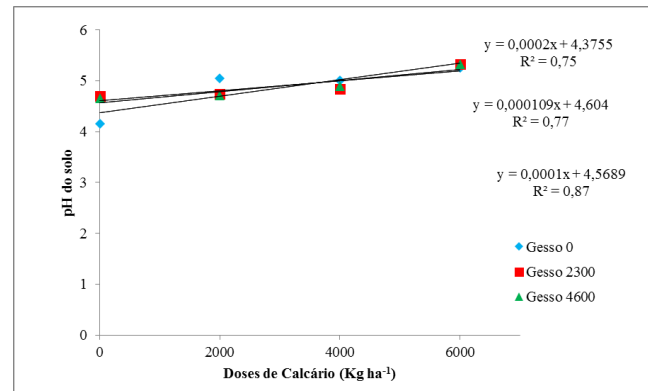
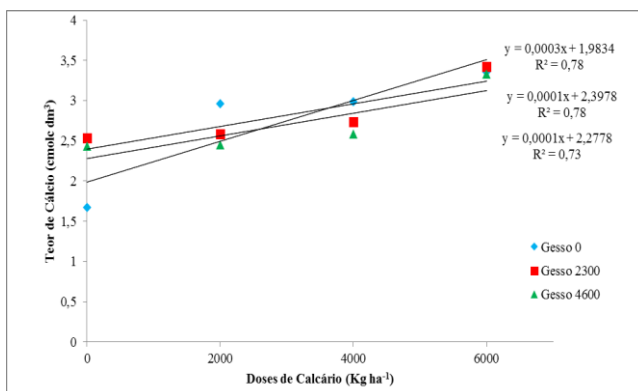
Gráficos referentes a tabela 4:



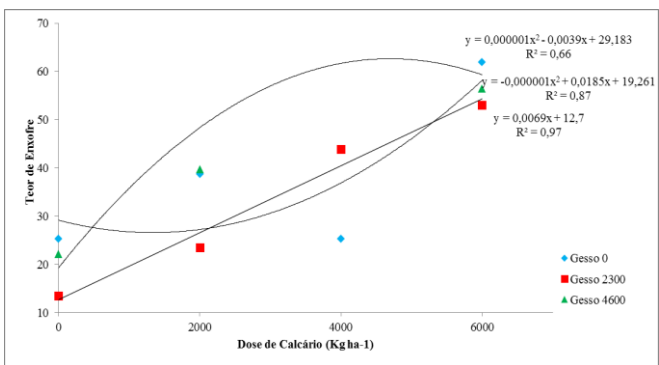
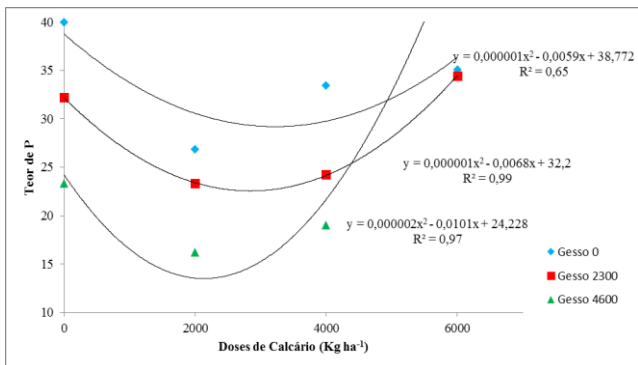
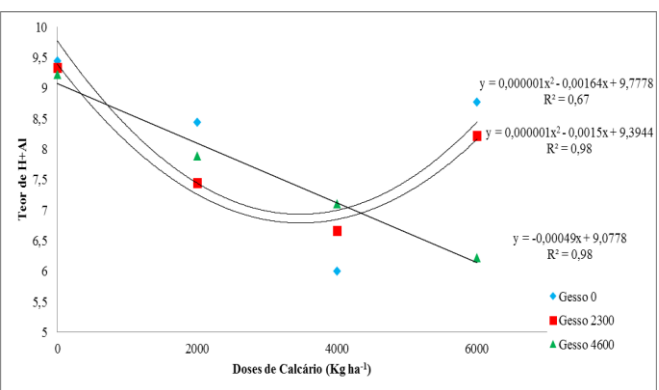
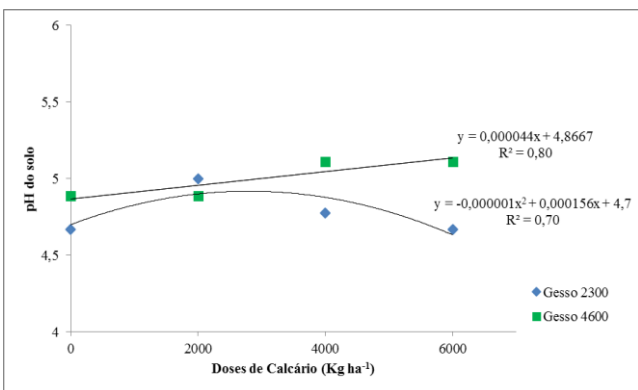
Gráficos referentes a tabela 6:

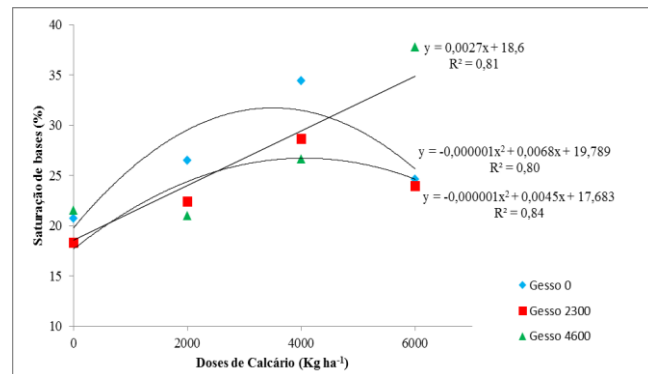
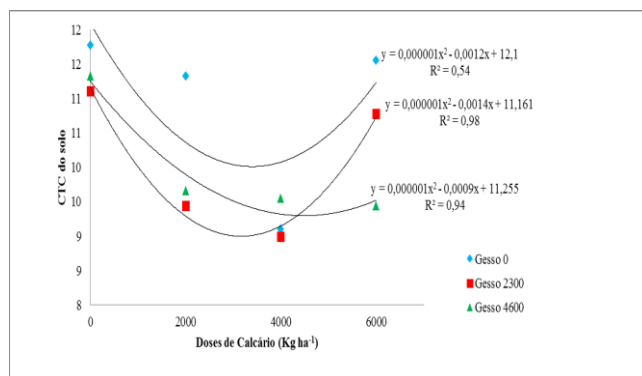


Gráficos referentes a tabela 7:

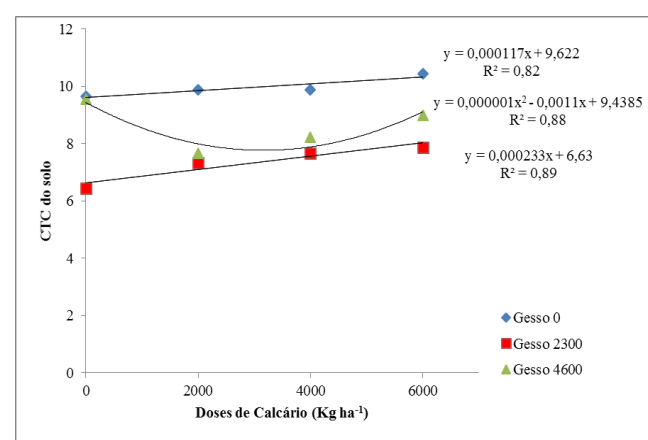
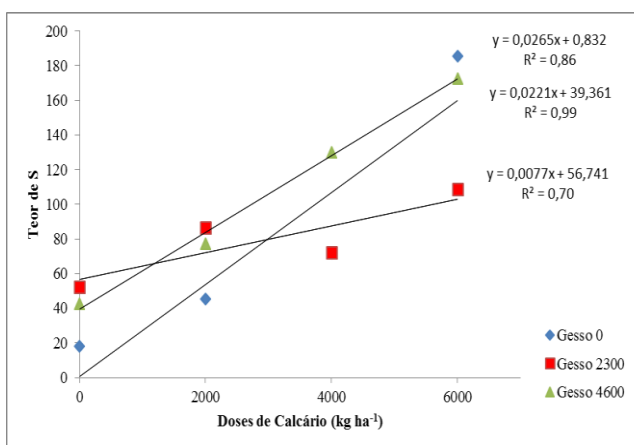
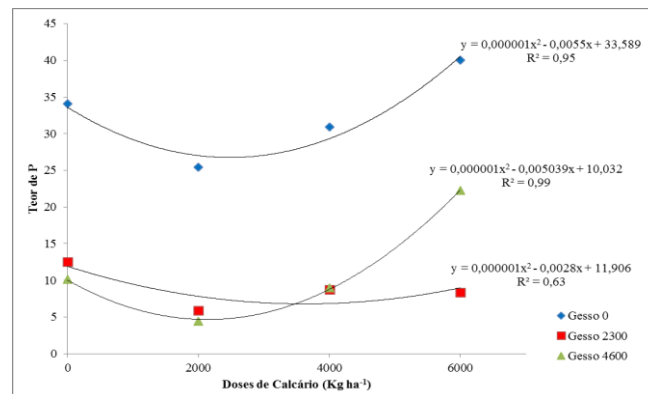
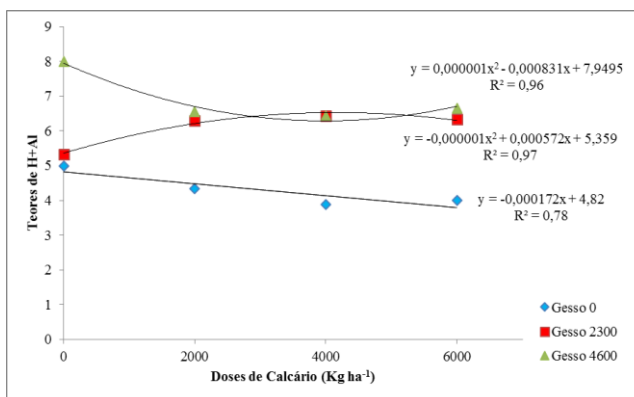
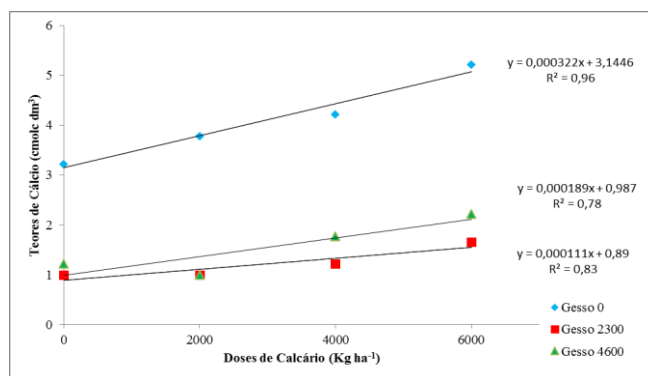
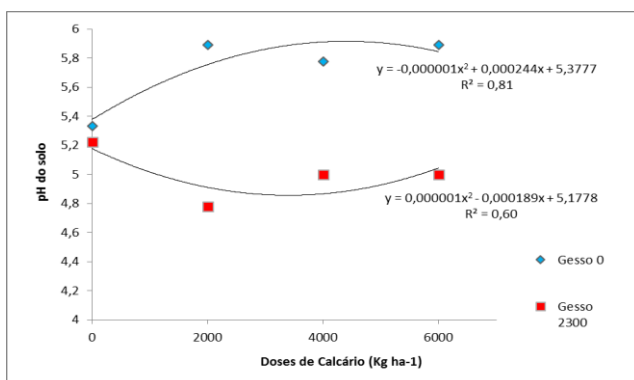


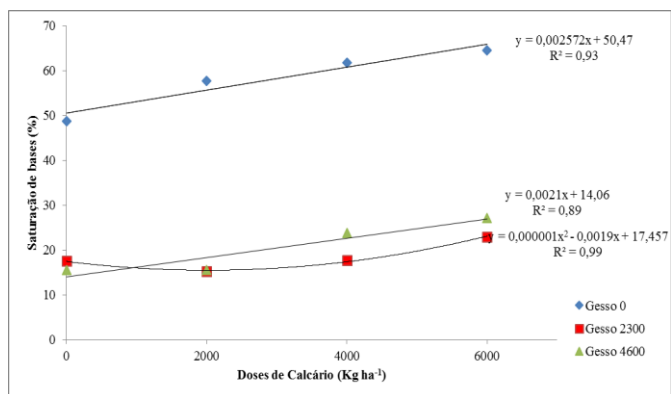
Gráficos referentes a tabela 8:





Gráficos referentes a tabela 9:





CAPÍTULO 2: DESEMPENHO AGRONOMICO DO ALGODÃO E SOJA SEMEADA SOB DIFERENTES COBERTURAS E DOSES DE CALCÁRIO E GESSO

*Leila Bernart, Engenheira Agrônoma, Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, leilabernart@hotmail.com

Cassiano Garcia Roque, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* de Chapadão do Sul – MS, cassiano.roque@ufms.br.

Renato de Mello Prado, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, departamento de solos e adubos, *campus* Jaboticabal – SP, mprado@fcav.unesp.br.

Cid Naudi Silva Campos, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* Chapadão do Sul - MS, cid.campos@ufms.br

Rafael Gonçalves Vilela, Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador na Fundação de Apoio e Pesquisa Agropecuária de Chapadão do Sul, departamento de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, rafaelvilela@fundacaochapadao.com.br.

Paulo Eduardo Teodoro, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* Chapadão do Sul - MS, paulo.teodoro@ufms.br.

INTRODUÇÃO

No sistema de semeadura direta (SSD), a deficiência em superfície e em subsuperfície de cálcio, pode estar ligada com a toxicidade de alumínio. No Cerrado brasileiro, isso pode se tornar um problema, pois a toxicidade de alumínio garante uma acidez ao solo, limitando a produção das espécies cultivadas (PRADO et al., 2003). A área agricultável brasileira apresenta em seu solo teor de cálcio inferior a $0,4 \text{ cmolc dm}^{-3}$, e saturação de alumínio acima de 10% em subsuperfície, garantindo cerca de 90% das áreas nessas condições, dificultando o desenvolvimento das raízes, e prejudicando a absorção de nutrientes e de água pelas plantas (SOUZA, LOBATO e REIN, 2001).

A calagem não possui efeito rápido na redução da acidez do solo, tendo uma ação limitada ao local de aplicação. Quando aplicada de forma superficial não garante uma correção em subsuperfície e necessita da lixiviação dos carbonatos para garantir sua eficiência nas camadas mais profundas para obter melhores produtividades (BLUM et al., 2013). Portanto, o uso de gesso agrícola, o qual apresenta maior mobilidade no solo e age como condicionador, disponibiliza cálcio (Ca^{2+}) e enxofre (SO_4^{2-}) em solução e garante a lixiviação dos nutrientes para as camadas mais profundas do perfil do solo, reduzindo a toxicidade de alumínio em subsuperfície (CAIRES et al, 2008).

O sistema de rotação de culturas, utilizando plantas de cobertura pode ser vantajoso para as propriedades do solo, melhorando a eficiência de absorção e translocação de nutrientes (Santos et al., 2014; Zotarelli et al., 2012). As plantas de cobertura podem aumentar a produtividade das culturas diante do manejo do solo de uma forma mais sustentável e econômica. Isso ocorre devido a melhor ciclagem dos nutrientes, melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo (CARVALHO et al., 2014). Contudo, o cerrado brasileiro possui alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais, devido a características climáticas como: altas temperaturas e umidade elevada que ocasionam uma degradação em menor tempo (CARVALHO et al., 2015).

A decomposição do material vegetal pode afetar a disponibilidade de nutrientes como N, P, K, Mg e S e elevar o pH do solo, produzindo compostos orgânicos, como ácidos fúlvicos e húmicos, os quais são importantes na alívio de estresses, desenvolvimento do sistema radicular, síntese de enzimas, entretanto, principalmente no SSD esses compostos podem não ser detectados na amenização da acidez de subsuperfície a curto prazo (Pavinato e Rosolem, 2008; Caires et al., 2008a). Neste contexto, a utilização da calagem é um manejo adequado para diminuir o Al e Mn

trocáveis no solo, porém, quando adotado sem a incorporação, a correção do solo pode ser limitada ainda na superfície do solo, desta forma a aplicação de gesso agrícola dará aporte necessário para o desenvolvimento satisfatório das culturas.

Como supracitado, os solos do Cerrado em geral apresentam características de baixa fertilidade e alta acidez, destacando-se elevados teores de alumínio. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico da cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura com aplicação superficial de doses de calcário e gesso.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Centro de pesquisas da Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Chapadão do Sul – FUNDAÇÃO CHAPADÃO, localizada do município de Chapadão do Sul, estado de Mato Grosso do Sul (18°41'33"S, 52°40'45" W e altitude de 810 m). O clima da região segundo Koppen é caracterizado como tropical úmido (Aw), com estações bem definidas, apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno, a temperatura média anual do mês mais frio é superior a 18°C, possuindo variações entre as estações de 13°C a 28°C, com pluviosidade média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (Castro et al., 2012). Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram registrados durante a condução do experimento (Figura 1).

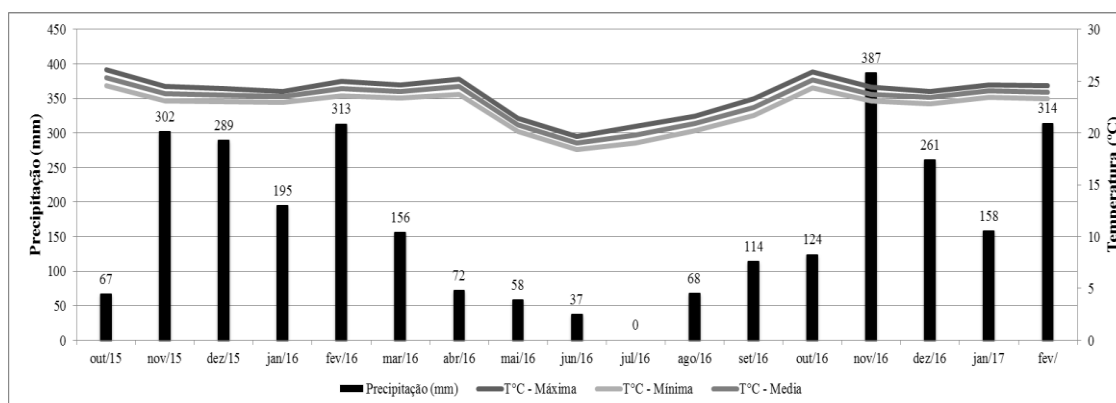


Figura 1. Precipitação e temperaturas do ar durante a condução do experimento. Fonte: INMET.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico argiloso de acordo com a metodologia da Embrapa (2013). A classificação é obtida a partir da avaliação dos dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil que o representam, são também utilizados os aspectos ambientais, como, clima, vegetação, relevo,

características externas ao solo, condições hídricas e material de origem. Antes da instalação do experimento foi realizada uma coleta de solo, obtendo a análise química (Tabela 1) e a seguinte constituição granulométrica: 46% de argila, 51,5% de areia e 2,5% de silte, avaliados na camada de 0,0 – 0,4 m.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com quatro repetições em esquema de parcelas sub-subdivididas. A parcela principal formada por duas plantas de cobertura e um tratamento com área de pousio (*Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum*) a subparcela, por quantidade de gesso agrícola (0, 2.300, 4.600 kg ha⁻¹) e a subsubparcela por doses de calcário (0, 2.000, 4.000 e 6.000 kg ha⁻¹).

O experimento foi implantado em área de SSD em 15 de setembro de 2015 foi realizada a aplicação de calcário, com PRNT (poder relativo de neutralização total) de 85% e a aplicação de gesso agrícola foi realizada (26 de outubro de 2015) visando elevar a saturação de bases a 50%, segundo a recomendação de Souza e Lobato (2004). O calcário e o gesso foram aplicados em superfície sem incorporação. A Tabela 1 demonstra a análise química do solo da área experimental antes da implantação do experimento.

Tabela 1. Análise química do solo anterior à instalação do experimento.

Prof	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P(res)	S	M.O	CTC	V	m
M	CaCl ₂	-----cmol _c dm ³ -----				-----mg dm ⁻³ ---			gdm ³	cmol _c dm ³	----%----	
0-0,2	4,2	2,0	0,3	0,3	5,5	157	37,3	7,7	36,9	8,3	33,5	11,6
0,2- 0,4	4,3	1,3	0,2	0,2	5,2	94	5,70	15, 8	24,0	6,9	25,1	9,8
Prof	B	Cu		Fe		Mn		Zn				
M	-----mg dm ⁻³ -----											
0-0,2	0,14	1,30		44,0		16,4		5,2				

Para o cálculo da necessidade de calagem, o método utilizado foi o da elevação da saturação por bases (Raij et al. 1996). Para a determinação da quantidade de gesso agrícola aplicada, foi determinada através do método de Sousa e Lobato (2004), sendo através da porcentagem de argila da análise do solo, a dose de gesso (D.G) recomendada é de 2,3 Mg ha⁻¹, a formulação utilizada do gesso agrícola foi de 18% CaO e 15% de S.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada em 28 de outubro de 2015, utilizando-se 5 e 15 kg ha⁻¹ de sementes de *U. ruziziensis* e *P. glaucum* (cv ADR 300), respectivamente, utilizando semeadora de discos desencontrados e espaçamento de 0,17 m entrelinhas. Com um triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) as plantas de cobertura foram manejadas no dia 15/01/2016 e no dia 24/01/2016 foram dessecadas com Glifosato (1,98 kg ha⁻¹ do i.a) e Carfentrazona etílica (20 g ha⁻¹ do i.a).

Após a dessecação a cultura do algodão foi implantada no dia 04 de fevereiro de 2016, obtendo um ciclo de 190 dias, a cultivar utilizada foi FM975WS, com características de porte médio, com elevado rendimento de fibra, com maior potencial produtivo no mercado. A adubação de base utilizada para a cultura foi de 120 kg ha⁻¹ de potássio. Para esta operação foi utilizado uma semeadora- adubadora, com disco de corte frontal e sistema de distribuição de adubo do tipo haste, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e densidade de semeadura com 9 sementes por metro.

Para a cultura do algodão, as avaliações foram realizadas em três plantas por sub-subparcela: altura de plantas (medindo-se a altura entre o nível do solo até a base da inserção da última folha), massa de trinta capulhos (com auxílio de uma balança digital de precisão) e produtividade de em kg ha⁻¹. A colheita da cultura foi realizada no dia 10 de agosto de 2016.

A cultura da soja foi instalada no dia 18 de outubro de 2016, com a cultivar NA 5909, com hábito de crescimento indeterminado, porte médio, grupo de maturação 5.9, com exigência de fertilidade média. A adubação de base para a cultura da soja foi com 150 Kg ha⁻¹ MAP, sendo sua formulação 11% N – 52% P₂O₅ – 00% K₂O. Para esta operação foi utilizado uma semeadora- adubadora, com disco de corte frontal e sistema de distribuição de adubo do tipo haste, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de semeadura com 22 sementes por metro.

As avaliações para a cultura da soja foram realizadas em três plantas por sub-subparcela: altura de plantas (medindo-se a altura entre o nível do solo até a base da inserção da última folha), altura de inserção da primeira vagem (medindo-se a altura entre o nível do solo até a base da inserção da primeira vagem), massa de cem grãos (com auxílio de uma balança digital de precisão) e produtividade de grãos. A produtividade de grãos foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de todas as vagens colhidas na área útil das sub-subparcelas, o qual foi convertido para kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos a análise de variância, seguido da comparação das medias dos níveis de gesso e plantas de cobertura pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), e para as doses de calcário foi realizada a análise de regressão polinomial, utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho agrônômico do algodão

O resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas no algodão está contido na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a altura de plantas (AP), estande inicial de plantas (EI), estande final de plantas (EF), massa de trinta capulhos (MTG) e produtividade em caroço (PROD) de algodão cultivado sob diferentes coberturas, doses de calcário e gesso.

FV	GL	AP	EI	EF	MTG	PROD
Quadrado médio						
Bloco	3	1018,24*	392,01*	668,33*	469,07 ^{ns}	14411,05 ^{ns}
Cobertura (C)	2	105,11 ^{ns}	26,30 ^{ns}	59,14 ^{ns}	16,75 ^{ns}	5095,83 ^{ns}
Gesso (G)	2	1162,67*	290,73 ^{ns}	654,04*	70,75 ^{ns}	11294,39*
Calcário (Ca)	3	273,17 ^{ns}	68,23 ^{ns}	153,61 ^{ns}	537,07*	33988,20*
C x G	4	9,37 ^{ns}	2,34 ^{ns}	5,25 ^{ns}	267,25 ^{ns}	2267,34 ^{ns}
C x Ca	6	9,49 ^{ns}	2,36 ^{ns}	5,33 ^{ns}	341,38 ^{ns}	587,57 ^{ns}
G x Ca	6	72,73 ^{ns}	18,18 ^{ns}	40,91 ^{ns}	1196,60*	1775,29 ^{ns}
C x G x Ca	12	16,15 ^{ns}	4,03 ^{ns}	9,08 ^{ns}	201,32 ^{ns}	893,58 ^{ns}
Erro 1	6	76,11	19,03	42,81	217,26	9512,64
Erro 2	12	28,98	7,25	16,31	207,37	924,34
Erro 3	37	37,11	9,25	20,87	188,83	862,11
CV 1 (%)		11,02	10,68	10,90	13,72	59,04
CV 2 (%)		6,80	6,59	6,73	13,41	18,50
CV 3 (%)		7,69	7,46	7,61	12,79	17,77
Média		79,19	40,84	60,01	107,42	165,20

^{ns} e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

É possível verificar que a cobertura vegetal não influenciou o desempenho agrônômico do algodão. Alguns fatores são limitantes para a produção da cultura cultivada em sucessão as plantas de cobertura conseguir obter altas produtividades. No Cerrado brasileiro, os veranicos são características na estação chuvosa, sendo as plantas de cobertura semeadas no período de primavera/verão as quais podem ser afetadas e o

porte produtivo reduzido (Burle et al., 2006; Carvalho; Amabile, 2006). Desse modo, à baixa pluviosidade no mês (outubro) de implantação destes tratamentos pode ter contribuído para os resultados obtidos.

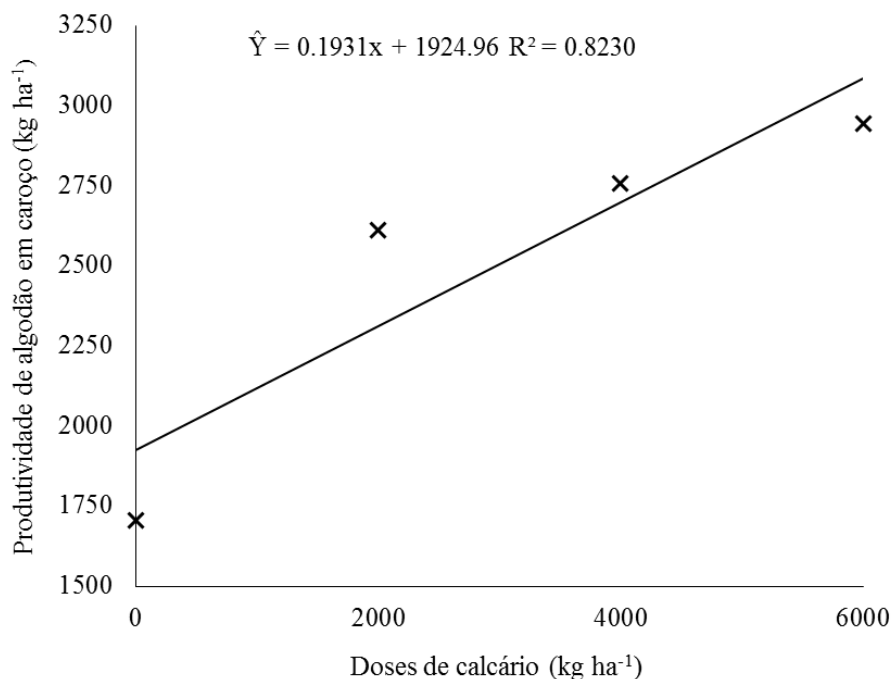
A aplicação de gesso influenciou a altura de plantas, estande inicial, estande final e produtividade do algodão (Tabela 3). Resultados similares foram observados por SADIC. et.al (2003), na produtividade da cultura do algodoeiro, esse autor encontrou incremento no rendimento do algodão, quando comparado ao não uso de gesso agrícola.

Tabela 3. Comparação de médias para as variáveis altura de plantas (AP), estande inicial (EI), estande final (EF) e produtividade do algodão sob diferentes doses de gesso.

GESSO	AP	EI	EF	PROD
0	73,68 b	38,09 b	55,86 b	2254,92 b
2300	83,15 a	42,83 a	62,99 a	2527,80 ab
4600	80,74 a	41,62 a	61,18 a	2730,41 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de gesso agrícola proporciona aumento na disponibilidade de enxofre e cálcio, diminuindo assim os teores de Al tóxico no solo, fazendo com que a absorção de nutrientes ocorra em melhores condições (Sousa et. al 2005). Esse expressivo crescimento ocorre pela excessiva disponibilização de cálcio e outros nutrientes, melhorando a fertilidade do solo, e também pelos efeitos oferecidos pelo gesso agrícola, aumentando o crescimento radicular e carreando os nutrientes para maiores profundidades (Caires et.al, 1999), influenciando assim beneficemente o desenvolvimento da cultura.



As doses de calcário afetaram as produtividades de algodão, obtido por uma regressão linear, onde o aumento das doses de calcário, aumentaram significativamente produtividade da cultura.

Desempenho agrônômico da soja

O resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas na soja está contido na Tabela 4. É possível verificar que a cobertura vegetal não influenciou o desempenho agrônômico da soja. O clima do Cerrado brasileiro proporciona uma decomposição mais acelerada como é no caso da *Urochloa ruziziensis*, que apresenta teor menor de lignina em sua composição e ciclagem mais rápida dos nutrientes, não proporcionando incremento positivo na espécie subsequente. Em contrapartida, o *Pennisetum glaucum* possui composição com teor de lignina mais acentuado, garantindo melhor cobertura do solo (Carvalho et al., 2008, 2009, 2011). Desse modo, as coberturas vegetais devem ser acompanhadas em outras safras para generalização destes resultados.

As doses de gesso agrícola influenciaram apenas a altura de plantas na soja (Tabela 4). A aplicação da dosagem recomendada de gesso agrícola proporcionou a maior altura de plantas (Figura 2). Outras pesquisas verificaram que a aplicação de gesso não resultou em aumento da produtividade de grãos de soja (Caires et al. 1999, 2003 e 2006, Nogueira e Melo 2003, Maschietto 2009), corroborando os resultados obtidos nesse trabalho.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para a altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD) de soja cultivada sob diferentes coberturas, doses de calcário e gesso.

FV	GL	AP	AIV	MCG	PROD
Quadrado médio					
Bloco	3	270,05*	242,12*	1,39 ^{ns}	677218,73 ^{ns}
Cobertura (C)	2	114,72 ^{ns}	22,67 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1341409,45 ^{ns}
Gesso (G)	2	312,39*	0,13 ^{ns}	0,41 ^{ns}	36761,33 ^{ns}
Calcário (Ca)	3	77,59 ^{ns}	6,01 ^{ns}	6,52*	1139960,01*
C x G	4	100,43 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,09 ^{ns}	67923,95 ^{ns}
C x Ca	6	8,15 ^{ns}	10,33 ^{ns}	0,24 ^{ns}	221379,88 ^{ns}
G x Ca	6	50,59 ^{ns}	5,12 ^{ns}	0,35 ^{ns}	59526,76 ^{ns}
C x G x Ca	12	32,42 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,34 ^{ns}	147206,32 ^{ns}
Erro 1	6	28,04	6,00	0,42	251966,73
Erro 2	12	27,21	2,45	0,06	81861,34
Erro 3	37	27,24	7,45	0,24	140547,58
CV 1 (%)		7,39	16,27	3,57	9,77
CV 2 (%)		7,28	10,39	1,32	5,57
CV 3 (%)		7,29	18,12	2,71	7,30
Média		71,61	15,06	18,26	5136,99

^{ns} e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

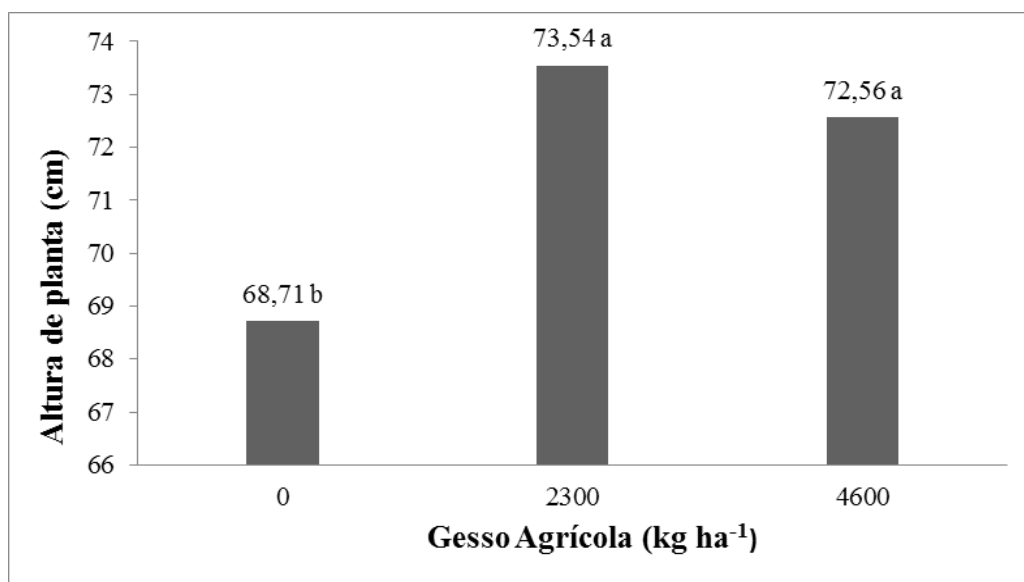


Figura 2. Altura da planta da soja em função de doses de gesso agrícola.

As doses de calcário influenciaram apenas a massa de cem grãos e a produtividade de grãos da soja (Tabela 2). Houve incremento linear destas variáveis em função do aumento das doses de calcário (Figuras 3 e 4, respectivamente). Resposta na

produtividade da cultura da soja foi observada por Quaggio et al., (1993), que ao incorporar o calcário no primeiro ano de cultivo, verificaram melhoria nas condições no desenvolvimento da cultura como o ambiente radicular. As melhorias na condição química do solo ocorrem quando aplicado calcário, elevando o pH, diminuindo a acidez potencial, promovendo assim um crescimento positivo no desenvolvimento radicular e na absorção das plantas, melhorando a produtividade das mesmas.

Outros autores como Tomelero et al. (2016), em seus estudos garantem que a influencia do calcário agrícola, aumenta a produtividade da cultura da soja. O autor ainda garante que a aplicação do calcário aumenta a nodulação da cultura da soja, garantindo que o pH do solo seja corrigido pela aplicação e fique favorável para a nodulação.

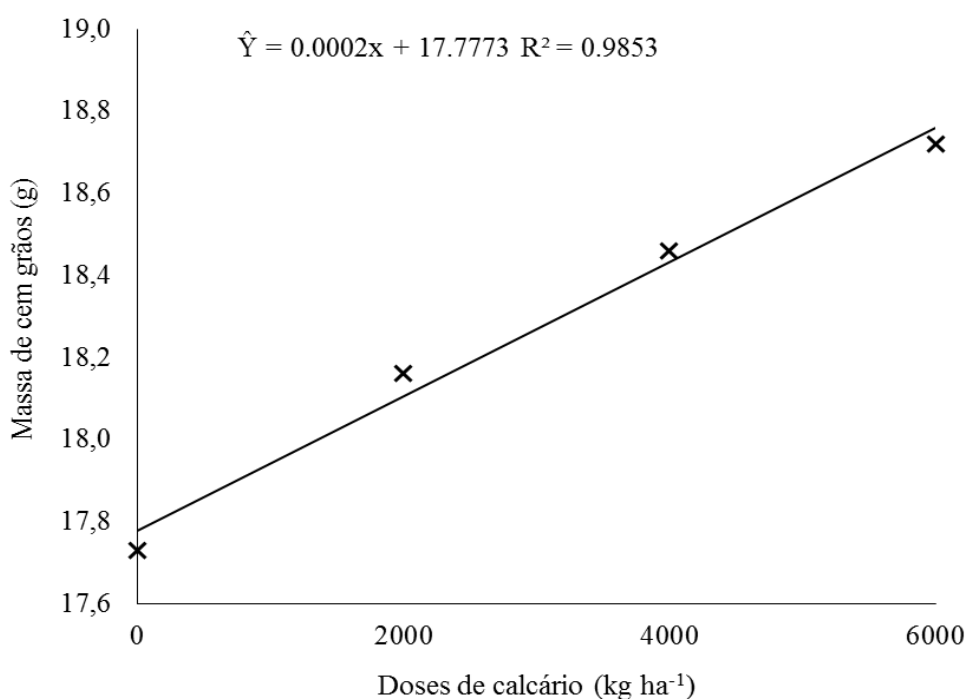


Figura 3. Massa de cem grãos da cultura da soja em relação a aplicação de doses de calcário.

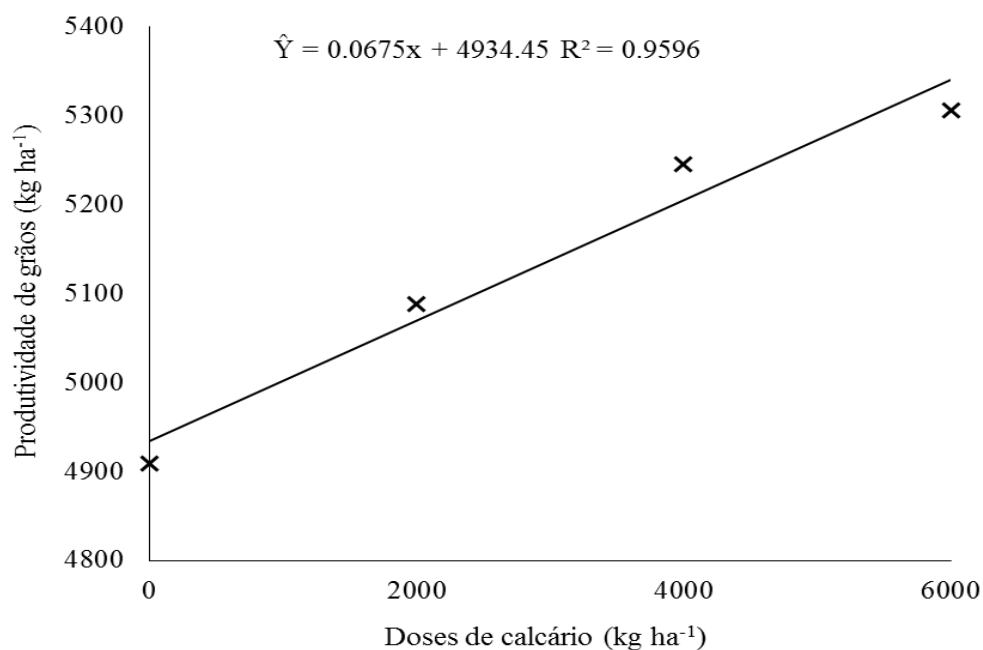


Figura 4. Produtividade de grãos da soja em relação a aplicação de doses de calcário.

É importante destacar que não houve interações entre os fatores estudados tanto para o desempenho agrônomo do algodão, quanto da soja (Tabelas 2 e 3). Esses resultados possibilitam recomendar o cultivo do algodão safrinha e da soja sob pousio e com aplicação da maior dose de gesso e calcário para obter-se as maiores produtividades nestas culturas.

CONCLUSÃO

As plantas de cobertura não influenciam o desempenho agrônomo do algodão e da soja.

O aumento das doses de calcário promoveu aumento linear na produtividade do algodão e da soja.

A aplicação da maior dose de gesso agrícola melhorou o desempenho agrônomo do algodão, porém influenciou apenas a altura de plantas da soja.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. e REIN, T. A. O aumento da produção no cerrado com o uso de gesso agrícola. 2001.
- PRADO, R. de M. Efeito residual do calcário sob diferentes modos de incorporação antes da instalação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental*, Campinas Grande, v.7, n. 3, p. 478-482, 2003.
- CAIRES, E. F. et al. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 370-379, 2006.
- CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 2, 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*, v. 28. p.125-136, 2004.
- CAIRES, E. F.; PEREIRA FILHO, P. R. S.; ZARDO FILHO, R.; FELDHAUS, I. C. Soil acidity and aluminium toxicity as affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. *Soil Use and Management*, v. 24, n. 3, p. 302-309, 2008a.
- CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M.M. da C.; SOUSA JUNIOR, J.G de A.; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.32, p. 2831 – 2838, nov/dez. 2008.
- CARVALHO, A.M de; BUSTAMANTE, M. M. C.; ALCANTARA, F. A.; RESCK, I. S.; LEMOS, S.S. Characterization by solid – state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 102, n.1, p. 144-150, Jan. 2009.
- CARVALHO, A. M. de; SOUZA; SOUZA, L. L. P. de; GUIMARÃES JUNIOR, R.; ALVES, P. C. A. C.; VIVALDI, J. L. cover plants with potential use for crop- livestock integrated systems in the cerrado region. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1200-1205, out. 2011.
- MASCHIETTO, E. H. G. *Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto*. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e a atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 655-663, 2003.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

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

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, S. e REIN, T.A. Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2005. 19p. (Circular Técnica, 32).

SADIQ, M .; HASSAN, G .; KHAN, AG; HUSSAIN, N .; JAMIL, M .; GOUNDAL, MR; SARFRAZ. M. Desempenho de variedades de algodão em solo sódico salino modificado com ácido sulfúrico e gesso. **Paquistão Journal of Agricultural Sciences** , Faisalabad, v.40, n.3-4, p.99-105, 2003.