

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

RAFAEL FERREIRA BARRETO

**ESTADO NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE DO MILHO E ATRIBUTOS  
QUÍMICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE GESSO E  
DE CALCÁRIO EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA**

CHAPADÃO DO SUL – MS  
2016

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

RAFAEL FERREIRA BARRETO

**ESTADO NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE DO MILHO E ATRIBUTOS  
QUÍMICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE GESSO E  
DE CALCÁRIO EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA**

Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo José Freitas Leal

Coorientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Mato  
Grosso do Sul, para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia, área  
de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS  
2016



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**DISCENTE: Rafael Ferreira Barreto**

**ORIENTADOR (A): Prof. (a) Dr. (a) Aguinaldo Jose Freitas Leal**

**EFEITO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO SOBRE  
OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E ESTADO NUTRICIONAL DO  
MILHO CULTIVADO SOBRE PLANTAS DE COBERTURA**

Prof.(a) Dr.(a) Presidente Aguinaldo Jose Freitas Leal

Prof.(a) Dr.(a) Leandro Flávio Carneiro

Prof.(a) Dr.(a) Marcelo Valentini Arf

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Osmar Barreto Neto e Cleuza Maria Ferreira, por todo amor, carinho e compreensão. Pelo auxílio e apoio em minhas escolhas. Por todo o esforço, trabalho e luta que dedicaram ao meu bem e a minha educação. Por me ensinarem e passarem valores que tornaram a pessoa que hoje sou.*

*A avó Anizia Mendonça Barreto, pelos cuidados e orações.  
A todos os meus familiares e amigos pelo incentivo e apoio.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, por guiar meus passos durante esta jornada e pela força concedida para lutar por meus objetivos.

Aos meus pais e toda minha família, que sempre estiveram ao meu lado e sempre me incentivando.

Ao Prof. Dr. Aguinaldo José Freitas Leal pela orientação, por todas as oportunidades, pelos concelhos, ensinamentos e incentivos, pela importante contribuição durante a realização desta pesquisa e demais trabalhos. Obrigado pelas oportunidades.

Aos pesquisadores da Fundação Chapadão, Eng. Agr. M.Sc. Rafael Gonçalves Vilela e Eng. Agr. Dr. Marcelo Valentini Arf pela supervisão dos estágios, pela ideia e sugestão da pesquisa, por todo o suporte e apoio para sua execução. Agradeço a confiança.

Ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado pela coorientação, por sua valiosa contribuição na redação dos artigos, pelos conselhos, pelas conversas esclarecedoras e pelo incentivo a pesquisa.

Ao coordenador do programa de Pós-Graduação da UFMS de Chapadão do Sul, Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque, aos docentes da UNESP de Jaboticabal, Prof. Dr. Renato de Mello Prado, do departamento de Solos e Adubos e ao Prof. Dr. Rogério Falleiros Carvalho, do departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, pela oportunidade de realização do estágio em pesquisa pelo PROCAD (Programa de Cooperação Acadêmica) na UNESP de Jaboticabal, onde estive durante 9 meses no período do mestrado.

Aos estagiários da Fundação Chapadão, Raphael Calcanho, Marcio Fernandes, Eduardo Neves, Nayara Garcia e a toda a equipe de estagiários, técnicos e funcionários da Fundação Chapadão que contribuíram com a condução dos experimentos.

Aos amigos da pós-graduação Christian Rones, Maria Júlia, Hugo Manoel e Eric Seraguzi pelo auxílio na execução das análises desse trabalho e todas as atividades durante o curso de mestrado.

Aos técnicos de laboratório, Mônica Zuffo Borges, Kenio Nogueira, aos alunos da graduação Jéssica Diniz e Cassio Mariano, e a todos, que de alguma forma contribuíram na execução das análises desse trabalho.

Aos membros do grupo GENPLANT da UNESP de Jaboticabal, Prof. Dr. Aguinaldo José Freitas Leal, Prof. Dr. Gabriel Barbosa Silva Júnior, Cid Campos, Cláudio Barreto, Luiz Claudio, Thais Barros e Leandro Moda, pela amizade e trabalhos desenvolvidos em equipe.

Aos amigos Tiago Rodrigues, Jean Silva, Alexandre Vendrame, Polliana Parise, Guilherme Henrique, Ana Luiza, Viviane Viveiros, Marcus Vinícius, Sebastião Filho, Ricardo Leal, Estefânia Bardivieso, Hérrik Pelizaro e a todos os colegas pelo incentivo e bons momentos vividos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, a todo o corpo docente e funcionários que contribuíram com a minha formação.

Muito obrigado.

## EPÍGRAFE

*"Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer ir longe, vá em grupo."*

**Autor desconhecido**

## RESUMO

BARRETO, Rafael Ferreira. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Estado nutricional, produtividade do milho e atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de gesso e de calcário em sistema de semeadura direta  
Professor Orientador: Dr. Aguinaldo José Freitas Leal

As alterações nos atributos químicos do solo em função de plantas de cobertura, aplicação de calcário e de gesso podem alterar o estado nutricional, a exportação de nutrientes e a produtividade do milho. Objetivou-se avaliar o efeito da calagem e da gessagem no milho segunda safra, cultivado após a *Urochloa ruziziensis* e o *Pennisetum glaucum* e nos atributos químicos do solo após a colheita do milho. Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro com o cultivo de milho sobre os resíduos vegetais de *Urochloa ruziziensis* e o segundo após o *Pennisetum glaucum*. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (3x4) de parcelas subdivididas, com 3 repetições. As parcelas foram constituídas por 3 quantidades de gesso agrícola, sendo: controle (sem gesso), recomendado ( $2,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e o dobro ( $4,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), e as subparcelas por 3 doses de calcário (2; 4 e  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), além do controle (sem calcário), aplicados em superfície sem incorporação. A utilização da *U. ruziziensis* e do *P. glaucum*, assim como os níveis de gesso e as doses de calcário não modificaram o estado nutricional da cultura do milho. O gesso não aumentou a produtividade de grãos mas aumentou a exportação de nutrientes e o valor nutricional dos grãos de milho. A utilização do *P. glaucum* combinado com a dose de  $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário ( $V_2 = 73,5\%$ ) apresenta-se como opção para solos cultivados em SSD que apresentam a necessidade da aplicação de calcário. A utilização de *U. ruziziensis* favorece os efeitos corretivos da acidez do solo através da calagem superficial. As alterações nos atributos químicos promovidas com a utilização *U. ruziziensis* ou *P. glaucum* pouco alteram a recomendação de fertilizantes, calcário e gesso para o cultivo subsequente.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*. *Urochloa ruziziensis*. *Pennisetum glaucum*. plantas de cobertura

## ABSTRACT

BARRETO, Rafael Ferreira. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Nutritional condition, yield maize and chemical attributes of the soil as a function of surface application of gypsum and limestone in no-till  
Adviser: Dr. Aguinaldo José Freitas Leal

Changes in soil chemical properties due to cover crops, application of lime and gypsum may alter the nutritional status, nutrient export and productivity of maize. The objective was to evaluate the effect of lime and gypsum in the maize second crop, cultivated after *Urochloa ruziziensis* and *Pennisetum glaucum* and soil chemical properties after the maize harvest. Two experiments were conducted, the first with growing maize on plant waste *Urochloa ruziziensis* and the second after the *Pennisetum glaucum*. The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme (3x4) split plot, with 3 repetitions. The plots consisted of three amounts of gypsum, as follows: control (without gypsum), recommended (2.3 Mg ha<sup>-1</sup>) and double (4.6 Mg ha<sup>-1</sup>), and the subplots by three lime rates (2, 4, and 6 Mg ha<sup>-1</sup>), and control (no lime), on a surface without incorporation. The use of *U. ruziziensis* and *P. glaucum*, as well as gypsum levels and lime rates did not change the nutritional status of maize. The gypsum did not increase grain yield but increased export of nutrients and the nutritional value of corn kernels. The use of *P. glaucum* combined with the dose of 3.5 t ha<sup>-1</sup> of lime (V2 = 73.5%) is presented as an option for cultivated soil SSD exhibit the need for liming. The use of *U. ruziziensis* favors the corrective effects of soil acidity by liming. Changes in chemical attributes promoted using *U. ruziziensis* or *P. glaucum* little alter the recommendation of fertilizers, lime and gypsum for the next crop.

**KEY-WORDS:** signalgrass. pearl millet. cover crops

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1 Sistema de semeadura direta.....	13
2.2 Sistema de produção de milho .....	14
2.3 Plantas de cobertura .....	15
2.4 Calagem e gessagem no sistema de semeadura direta .....	17
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 1: APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE GESSO E DE CALCÁRIO NO ESTADO NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS GRÃOS DE MILHO SOBRE CULTURAS DE COBERTURA</b> .....	<b>25</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>26</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>26</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
Descrição do local e do solo.....	28
Condições de estudo e delineamento experimental.....	29
Amostragem de folhas, análises nutricionais e avaliações.....	30
Análise estatística .....	31
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
Estado nutricional do milho cultivado sobre os resíduos vegetais de <i>U. ruziziensis</i> .....	31
Estado nutricional do milho cultivado sobre os resíduos vegetais de <i>P. glaucum</i> .....	32
Exportação de nutrientes pelos grãos de milho no cultivo sobre os resíduos vegetais de <i>U. ruziziensis</i> .....	32
Exportação de nutrientes pelos grãos de milho no cultivo sobre os resíduos vegetais de <i>P. glaucum</i> .....	32
Parâmetros de crescimento e produtividade de grãos do milho no cultivo sobre os resíduos vegetais de <i>U. ruziziensis</i> .....	33
Parâmetros de crescimento e produtividade de grãos do milho no cultivo sobre os resíduos vegetais de <i>P. glaucum</i> .....	34
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>

Estado nutricional do milho .....	34
Exportação de nutrientes pelos grãos de milho .....	35
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>37</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>
<b>CARTA DE APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO 2: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS A PRODUÇÃO DE MILHO SOBRE CULTURAS DE COBERTURA EM FUNÇÃO DE GESSO E DE CALCÁRIO.....</b>	<b>50</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>51</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>51</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>53</b>
Descrição do local e do solo.....	53
Condições de estudo e delineamento experimental.....	54
Avaliações .....	55
Análise estatística .....	56
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,2 m de profundidade após o cultivo de milho sobre os resíduos vegetais de <i>U. ruziziensis</i> .....	56
Atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m de profundidade após o cultivo de milho sobre os resíduos vegetais de <i>U. ruziziensis</i> .....	57
Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,2 m de profundidade após o cultivo de milho sobre os resíduos vegetais de <i>P. glaucum</i> .....	58
Atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m de profundidade após o cultivo de milho sobre os resíduos vegetais de <i>P. glaucum</i> .....	60
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>CARTA DE APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>72</b>
<b>NORMAS DOS CAPÍTULOS 1 E 2: REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO .....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em termos de área plantada no Brasil, o cultivo do milho na primeira safra é menor. Na safra 2014/2015, ocupou 6.142,3 mil ha, equivalente a 64% da área ocupada por milho na segunda safra. Nesse cenário, a estimativa para a safra 2015/2016 é de redução de 5% da área ocupada pelo cultivo do milho na primeira safra (CONAB 2015). Tal fato demonstra que o milho cultivado na segunda safra, antes chamado de “safrinha”, tem ganhado mais importância nos últimos anos.

Contudo, a partir de maio, período que coincide com a época de florescimento do milho cultivado na segunda safra, a ocorrência de chuvas diminui e pode afetar a produtividade e a qualidade dos grãos de milho em sistema sequeiro (LU et al., 2015), o que reforça a importância da utilização do Sistema de Semeadura Direta (SSD) para essa modalidade de cultivo de milho, pois entre seus benefícios, existe o aumento da retenção de água no solo (DEMUNER-MOLINA et al., 2014) e aumento da eficiência do uso da água pela cultura do milho (SILVA et al., 2015).

Uma das dificuldades no Sistema de Semeadura Direta SSD tem sido a permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo, pois as condições climáticas do bioma Cerrado, como alta temperatura associada a elevada umidade na fase inicial de desenvolvimento do milho na segunda safra, aceleram a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (TORRES et al., 2008).

Sobre esse aspecto, pesquisas indicam a *U. ruziziensis* e o milheto como boas opções para formação de cobertura do solo com posterior cultivo do milho, pois apresentam elevada produção de matéria seca e alta capacidade de absorver nutrientes de camadas subsuperficiais do solo (BORGES et al., 2015; VERONESE et al., 2012).

No entanto, existem diferenças entre as espécies de culturas de cobertura quanto ao acúmulo de nutrientes e o tempo de mineralização (COSTA et al. 2015), que podem alterar as propriedades químicas do solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes pela produção de compostos orgânicos e influenciar na nutrição e na produtividade da cultura subsequente (TORRES et al. 2015).

Outra prática necessária para aumentar a disponibilidade dos nutrientes, é a aplicação de calcário sem incorporação no SSD (FAGERIA e BALIGAR, 2008), condição essa que dificulta a correção do solo em camadas subsuperficiais (LEAL et al., 2008). Nesse sentido, a aplicação de gesso poderia minimizar esse problema, contribuindo para a movimentação de bases para camadas subsuperficiais, melhorando o ambiente radicular (RAMOS et al., 2006) e possibilitando maior tolerância da planta a ocorrência de deficiência hídrica (PAULETTI et al., 2014).

Dessa forma, faltam pesquisas que avaliem a interação entre doses de calcário e gesso em SSD com diferentes culturas de cobertura, pois existe a hipótese de que as alterações nos atributos químicos do solo em função de culturas de cobertura, aplicação de calcário e de gesso possam alterar o estado nutricional, a exportação de nutrientes e a produtividade do milho.

Objetivou-se avaliar o efeito da calagem e da gessagem no milho segunda safra, cultivado após a *U. ruziziensis* e o *P. glaucum* e nos atributos químicos do solo após a colheita do milho.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Sistema de semeadura direta**

No início da pesquisa agrícola, a falta de conhecimento na área das ciências agrárias direcionou as pesquisas para investigar dificuldades como a erosão e diminuição da fertilidade do solo, sendo esses problemas os principais responsáveis pelo surgimento do Sistema de Semeadura Direta (SSD), que a partir de 1985, um expressivo número de experimentos foram desenvolvidos e os resultados mais satisfatórios foram obtidos com o SSD, em comparação ao preparo convencional do solo e o cultivo mínimo (TELLES et al., 2013).

Até 2009, a adoção do SSD em mais de 110 milhões de ha no mundo demonstra sua abrangência em diferentes condições de cultivo, tipos de climas e de solos. A América do Sul apresentou a maior taxa de adoção do SSD, onde em alguns países, cerca de 70% da área total cultivada encontra-se sob esse sistema de produção (DERPSCH et al., 2010).

Em substituição ao sistema convencional, caracterizado pelo monocultivo ou pela sucessão de culturas anuais e revolvimento do solo, a utilização do SSD precisa atender aos princípios da mobilização do solo restrita a linha de semeadura, da rotação de culturas e da manutenção da cobertura na superfície do solo. Tais práticas podem permitir a produção com menor gasto energético, através do menor número de operações agrícolas, melhoria da fertilidade e, principalmente, da conservação do solo a longo prazo (DANG et al., 2015).

Para que ocorra esses benefícios, é indispensável que o SSD praticado atenda a todos os seus princípios, e nas condições de produção de grãos no Cerrado, esse não é o retrato fiel das práticas agrícolas, pois existem dificuldades como a correção do solo em camadas subsuperficiais, cultivos em sucessão influenciados pela expectativa de preço de comercialização, instalação de culturas de cobertura no período da entre-safra e permanência dos resíduos vegetais no solo. Por essas razões, é comum os agricultores adotarem os princípios do SSD de forma parcial (SCOPEL et al., 2013).

Entre as consequências da sucessão de culturas, mesmo em sistema conservacionista, existe a compactação do solo e torna necessária a realização de operações como escarificação ou subsolagem após longos períodos de cultivo sem

rotação de culturas, devido a redução da emergência de plantas e rendimento das culturas (GARCÍA-MARCO et al., 2014).

Na revisão de literatura com 678 estudos realizados em 63 países, Pittelkow et al., (2015) sugerem que adaptações no SSD são necessárias em virtude dos diferentes cenários de produção e identificaram que esse sistema resultou em queda na produção de cultivos em regiões tropicais e também quando o milho foi utilizado, em comparação com o sistema convencional, e que o aumento de produção ocorre em regiões onde a água é o fator limitante.

Nesse contexto, em área caracterizada pelo cultivo em sucessão com milho para silagem e azevém durante 14 anos, no sistema convencional e revolvimento mínimo do solo, García-Marco et al., (2014) conduziram um experimento nessas condições, onde o preparo convencional foi realizado com arado a 0,25 m de profundidade e o revolvimento mínimo pela subsolagem a 0,3 m de profundidade e verificaram que a disponibilidade de Al, Fe, Mn e Cu no solo foram maiores no sistema convencional que no cultivo mínimo nas camadas de 0,5-0,15 e 0,15-0,3 m de profundidade, e que o oposto em relação aos sistemas de cultivo ocorreu para o Zn na camada de 0-0,5 cm de profundidade. Nas plantas de milho, o teor de Fe, Mn e Zn foi maior no revolvimento mínimo do solo no período seco, e em condições com umidade do solo, o teor desses micronutrientes foi menor.

## **2.2 Sistema de produção de milho**

Em termos de área plantada no Brasil, o cultivo do milho na primeira safra é menor. Na safra 2014/2015, ocupou 6.142,3 mil ha, equivalente a 64% da área ocupada por milho na segunda safra. Nesse cenário, a estimativa para a safra 2015/2016 é de redução de 5% da área ocupada pelo cultivo do milho na primeira safra (CONAB 2015). Tal fato demonstra que o milho cultivado na segunda safra, antes chamado de “safrinha”, tem ganhado mais importância nos últimos anos.

O aumento de área destinada ao cultivo de milho na segunda safra tem como responsável a cultura da soja, pois até o final da década de 80, predominava a utilização de cultivares de soja consideradas tardias, com ciclo entre 130 a 150 dias. Posteriormente, com a chegada da ferrugem-asiática da soja a partir da safra 2001/2002, houve mudanças no sistema de produção, no sentido de utilizar cultivares de soja mais precoces e com semeadura antecipada para “escapar” da

ferrugem-asiática, o que possibilitou antecipar a semeadura do milho, que resultou em aumento do rendimento de grãos (KAPPES 2013).

Quando a colheita da soja é realizada até o fim do mês de janeiro, a semeadura do milho sequeiro em sucessão até o fim de fevereiro favorece o desenvolvimento inicial das plantas (NASCIMENTO et al., 2011), pois o período chuvoso ocorre entre os meses de outubro a abril em grande parte das regiões produtoras de grãos, sendo baixa a probabilidade da ocorrência de períodos extremamente secos (FERNANDES et al., 2013).

Outro fator que tem garantido boas produtividades de grãos é a disponibilidade do mercado de materiais genéticos de milho de elevado potencial produtivo, onde um dos seguimentos do melhoramento genético é tornar plantas menos sensíveis aos estresses ambientais, como a deficiência hídrica. Do total de sementes utilizadas na agricultura atualmente, 74% são geneticamente modificadas e a expectativa para 2020 é da utilização de 86% de sementes transgênicas (PIRES e CUNHA 2014).

Contudo, a partir de maio, período que coincide com a época de florescimento do milho, a ocorrência de chuvas diminui e pode afetar a produtividade e a qualidade dos grãos de milho em sistema sequeiro (LU et al., 2015). Esse fato reforça a importância da utilização do SSD para essa modalidade de cultivo de milho, pois entre seus benefícios, existe o aumento da retenção de água no solo (DEMUNER-MOLINA et al., 2014).

Sobre a agricultura conservacionista, Rusinamhodzi et al., (2011) reuniram trabalhos conduzidos a longo prazo para avaliar a produtividade de grãos de milho em condições de sequeiro e identificaram que em regiões semi-áridas, altos rendimentos de grãos dependem da presença de cobertura morta no solo.

### **2.3 Plantas de cobertura**

A utilização de plantas de cobertura visa garantir a produção e manutenção de cobertura morta na superfície do solo, para atender a um dos princípios do SSD. A escolha da espécie vegetal deve considerar as condições do local de implantação, como características do clima, tipo de solo, resistência mecânica a penetração e patógenos. Nas condições do bioma Cerrado, ocorre poucas chuvas durante a

metade do ano e dificulta o estabelecimento das plantas de cobertura, pois no período chuvoso, o maior interesse e necessidade dos produtores rurais é por culturas de maior retorno econômico a curto prazo (PACHECO et al., 2008).

As condições climáticas do bioma Cerrado afetam não só a implantação das plantas de cobertura mas também seu tempo de permanência, pois a alta temperatura associada a elevada umidade no período de cultivo das culturas de maior interesse econômico, seja na primeira ou na segunda safra, aceleram a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (TORRES et al., 2008).

Dentre as opções de plantas de cobertura, um fator a se considerar é o tempo de permanência sobre o solo. Esse é afetado principalmente pela composição do material vegetal e apresenta grande variação com relação as espécies leguminosas e gramíneas. Os resíduos vegetais das leguminosas possuem baixa relação C/N e por isso, grande parte dos nutrientes são liberados nos primeiros 15 dias após o corte (AITA e GIACOMINI et al., 2003).

Por sua vez, as gramíneas possuem como característica a elevada relação C/N e menor taxa de decomposição, em comparação com as leguminosas, fator que aumenta seu tempo de permanência na área. Pesquisas indicam a *U. ruziziensis* e o milho como boas opções para formação de cobertura do solo com posterior cultivo do milho, pois apresentam elevada produção de matéria seca e alta capacidade de absorver nutrientes de camadas subsuperficiais do solo (BORGES et al., 2015; VERONESE et al., 2012).

Com relação ao manejo dessas espécies vegetais, Calvo et al., (2010) identificaram que a melhor época de corte para o milho é entre os 60 e 90 dias após a semeadura. Ao avaliarem a época de dessecação da *U. ruziziensis* aos 35, 28, 20 e 8 dias antes da semeadura da soja, Franchini et al., (2014) verificaram que o maior intervalo entre essas operações proporcionou maior densidade e altura de plantas, sem influenciar a produtividade de grãos.

O manejo no mesmo experimento dessas duas culturas de cobertura foi realizado por Carvalho et al., (2015). Para a *U. ruziziensis*, não verificaram diferença na produção de matéria seca em função do corte na floração e na maturação,

enquanto que o milho apresentou maior quantidade de matéria seca na floração. Contudo, não houve diferença na produtividade de grãos do milho cultivado em sucessão a ambas as plantas de cobertura.

Em estudo com plantas de cobertura para o SSD no estado do Pará, Teixeira et al., (2014) não observaram diferença entre a relação C/N da *U. ruziziensis* e do milho. Contudo, os valores foram acima de 38. Nesse mesmo estudo, A *U. ruziziensis* apresentou maior acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S, em comparação ao milho.

Assim, a diferença entre as espécies quanto ao acúmulo de nutrientes e o tempo de mineralização (COSTA et al. 2015), podem alterar as propriedades químicas do solo e influenciar na nutrição e na produtividade da cultura subsequente (TORRES et al. 2015).

Além disso, a decomposição dos resíduos vegetais produz compostos orgânicos que podem elevar o pH do solo, ocupar os sítios de adsorção dos nutrientes e, conseqüentemente, aumentar sua disponibilidade (PAVINATO e ROSOLEM, 2008). Entretanto, esse efeito dos compostos orgânicos ocorrem a curto prazo e podem não ser detectados na amenização da acidez do subsolo, principalmente no SSD (CAIRES et al. 2008a).

#### **2.4 Calagem e gessagem no sistema de semeadura direta**

A calagem é realizada com o intuito de diminuir a acidez do solo ao nível em que todos os nutrientes estejam disponíveis, neutralizar o alumínio trocável e fornecer Ca e Mg. Os critérios utilizados com maior frequência para indicar a necessidade de calagem são o da saturação por bases e os que consideram os teores de Al, Ca e Mg trocáveis. Para a cultura do milho safrinha em solos argilosos de Cerrado, a recomendação do valor real da saturação por bases é de 50% na camada de 0-0,2 m de profundidade (SOUSA e LOBATO 2004).

No trabalho de Cambri (2004) conduzido em semeadura direta, no estado de Mato Grosso, num Latossolo Vermelho distrófico, após 6 meses da aplicação de calcário em superfície, houve modificação no pH e no Al trocável apenas na camada de 0-0,5 m de profundidade, e aos 18 e 30 meses após a aplicação, observou-se aumento do pH e diminuição do Al trocável até 0,10 m de profundidade.

No estado do Paraná, num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado sob SSD, Caires et al., (2015) verificaram após 2 anos, que a aplicação superficial de calcário foi eficiente para aliviar a acidez do solo na camada de 0-0,2 m de profundidade, enquanto que, abaixo dessa camada, o pH do solo aumentou somente após 6 anos da aplicação de calcário. Esses resultados demonstram que o efeito do calcário é lento e restrito a camada superficial do solo nos primeiros anos após a aplicação, o que torna o sistema ainda mais dependente de condições climáticas favoráveis.

No entanto, Caires et al., (2008b) verificaram na camada de 0-0,5 m de profundidade, que o efeito da aplicação superficial de 3 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, após 3 anos, ou da aplicação de 6 Mg ha<sup>-1</sup>, após 10 anos, foi semelhante. Contudo, a reaplicação do calcário (3 Mg ha<sup>-1</sup>) nas parcelas que haviam recebido 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário proporcionou aumento do pH do solo até 0,6 m de profundidade. Isso sugere que em solos com a superfície corrigida, a reaplicação do corretivo pode facilitar a movimentação do calcário para camadas subsuperficiais.

Outra forma de se melhorar quimicamente o solo em profundidade, é através da aplicação de gesso agrícola. Este é obtido a partir da produção de ácido fosfórico, que tem como matéria prima a rocha fosfática (apatita). Ao ser atacada por ácido sulfúrico e água, a reação gera como subproduto o sulfato de cálcio, ou seja, o gesso agrícola (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O) é um resíduo da produção dos fertilizantes fosfatados. Após a dissolução do gesso no solo, o Ca<sup>2+</sup> pode reagir e deslocar Al<sup>3+</sup>, K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> do complexo de troca para a solução do solo. Esses, por sua vez, podem reagir com o sulfato e formar AlSO<sub>4</sub><sup>+</sup> (forma menos tóxica), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sup>0</sup>, MgSO<sub>4</sub><sup>0</sup> e CaSO<sub>4</sub><sup>0</sup>, que são móveis no perfil do solo (PAVAN et al., 1984).

No estado do Paraná, em Latossolo Vermelho, Caires et al., (2004) iniciaram um experimento em 1998 com aplicação superficial de calcário dolomítico (4,5 Mg ha<sup>-1</sup> em única aplicação ou dividido em 3 anos), ou incorporado (4,5 Mg ha<sup>-1</sup>) e com aplicação superficial de doses de gesso nas subparcelas. No ano agrícola 2001/2002, a calagem superficial, com ou sem parcelamento, corrigiu a acidez do solo até 0,05 m de profundidade, sendo esse efeito observado até 0,2 m com a incorporação do calcário. O gesso aumentou os teores de Ca e S, e diminuiu o teor de Mg. Contudo, a calagem, independente do modo de aplicação ou parcelamento, em conjunto com a gessagem, aumentaram a produtividade de grãos de milho.

Nessa mesma área e condições de tratamentos, Caires et al., (2011) cultivaram o milho nos anos agrícolas 2004/2005 e 2007/2008 e observaram que não houve diferença em função da calagem, enquanto que a gessagem aumentou a produtividade de grãos de milho. Esses resultados reforçam a importância da constante aplicação de calcário e que o gesso aplicado de forma indiscriminada pode lixiviar bases.

Para culturas anuais, a recomendação da dose de gesso (DG) a se aplicar pode ser calculada através da seguinte forma:  $DG \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{argila (\%)}$  (SOUSA e LOBATO, 2004).

Ao submeterem o milho na época da floração por um período de 25 dias sem irrigação, Sousa et al., (1992) obtiveram a produtividade de grãos de 3,2 e 5,5 Mg ha<sup>-1</sup>, em função da ausência e de 6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente. Nesse sentido, pesquisas indicam que o gesso aumenta o rendimento de grãos da cultura do milho em cultivo sem restrição de água (BLUM et al. 2014) e com deficiência hídrica (PAULETTI et al. 2014).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

BLUM, S. C.; GARBUIO, F. J.; JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F. Assessing available soil sulphur from phosphogypsum applications in a no-till cropping system. **Experimental Agriculture**, New York, v. 50, n. 4, p. 516-532, 2014.

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, v. 46, n. 1, p. 89-98, 2015.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORREA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008b.

CAIRES, E. F.; HALISKI, A.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 41-53, 2015.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 27, n. 1. p. 45-53, 2011.

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**, Viçosa, v. 28, n. 1, 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**, Oxford, v. 24, n. 3, p. 302-309, 2008a.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n.1, p. 77-86, 2010.

CAMBRI, M.A. **Calagem e formas de alumínio em três localidades sob sistema de plantio direto**. 2004. 83p. Tese, (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; 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, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos [internet]. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento; 2015 [acesso em 15 nov 2015]. Disponível em:[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_10\\_42\\_03\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf).

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015.

DANG, Y.P.; SEYMOUR, N. P.; WALKER, S. R.; SINO, M. J.; FREEBAIRN, D. M. Strategic tillage in no-till farming systems in Australia's northern grains-growing regions: I. Drivers and implementation. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 152, n. 1, p. 104-114, 2015.

DEMUNER-MOLINA, G.; CADENA-ZAPATA, M.; CAMPOS-MAGAÑA, S. G.; ZERMEÑO-GONZÁLEZ, A.; SÁNCHEZ-PÉREZ, F. J.; Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. **Tecnología y Ciencias del Agua**, Civac, v. 5, n. 2, p. 123-130, 2014.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Peijing, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2010.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**. Beltsville, v. 99, n. 1, p. 345-399, 2008.

FERNANDES, D. S.; KRUGER, L. F.; HEINEMANN, A. B.; ROCHA, R. P. Identificação e caracterização de ambientes homogêneos de eventos de seca/umidade com base em simulações climáticas regionais. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 290-298, 2012.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 999-1005, 2014.

GARCÍA-MARCO, S.; GÓMEZ-REY, M. X.; GONZÁLEZ-PRIETO, S. J. Availability and uptake of trace elements in a forage rotation under conservation and plough tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 137, n. 1. p. 33-42, 2014.

KAPPES, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no Mato Grosso. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013. Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. p. 1-21.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MURAISHI, C. T.; BUZETTI, S.; MASCARENHAS, H. A. A. Aplicação de calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, número especial, p. 2771-2777, 2008.

LU, D.; CAI, X.; ZHAO, J.; SHEN, X.; LU, W. Effects of drought after pollination on grain yield and quality of fresh waxy maize. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 95, n. 1, p. 210-2015, 2015.

NASCIMENTO, F. M. N.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADOI, M. B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 193-201, 2011.

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**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 33-38, 1984.

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.

PIRES, M. V.; CUNHA, D. A. Climate change and adaptive strategies in Brazil: the economic effects of genetic breeding. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v 52, n. 4, p. 627-642, 2014.

PITTELKOW, C. M.; BRUCE, A.; LINQUIST, B. A.; LUNDY, M. E.; LIANG, X.; GROENIGEN, K. J. Van.; LEE, J.; GESTEL, N. Van.; SIX, J.; VENTEREA, R. T.; KESSEL, C. Van. When does no-till yield more? A global meta-analysis. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 183, n. 1, p. 156-168, 2015.

RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

RUSINAMHODZI, L.; CORBEELS, M.; WIJK, M. T. Van.; RUFINO, M. C.; NYAMANGARA, J.; GILLER, K. E. A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture on maize grain yield under rain-fed conditions. **Agronomy for Sustainable Development**. Paris, v. 31, n. 4, p. 657-673, 2011.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L.; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. P. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 36, n. 1, p. 327-340, 2015.

SCOPEL, E.; TRIOMPHE, B.; AFFHOLDER, F.; SILVA, F. A. M.; CORBEELS, M.; XAVIER, J. H. V.; LAHMAR, R.; RECOUS, S.; BERNOUX, M.; BLANCHART, E.; MENDES, I. C.; TOURDONNET, S. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 33, n. 1, p. 113-130, 2013.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUSA, D.M.G; LOBATO, E.; RITCHEY, K.D.; REIN, T.A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO

NA AGRICULTURA. 2., Uberaba, 1992. **Anais...** São Paulo, IBRAFOS, 1992. p. 277-306.

TEIXEIRA, R. A.; SOARES, T. G.; FERNANDES, A. R.; BRAZ, A. M. S.; Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 44, n. 4, p. 411-418, 2014.

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.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 3, p. 421- 428, 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; LOSS, A. Production, decomposition of residues and yield of maize and soybeans grown on cover crops. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 451-459, 2015.

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, v. 47, n. 8, p.1158-1165, 2012.

1 **CAPÍTULO 1: APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE GESSO E DE CALCÁRIO NO ESTADO**  
2 **NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS GRÃOS DE MILHO SOBRE**  
3 **CULTURAS DE COBERTURA<sup>1</sup>**

4 \*Rafael Ferreira Barreto, Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia pela Universidade  
5 Federal de Mato Grosso do Sul, rafael.fb@outlook.com, 6781417254

6 Aginaldo José Freitas Leal, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de  
7 Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul - MS, aginaldo.leal@ufms.br

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

11 Marcelo Valentini Arf, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador na Fundação de Apoio à  
12 Pesquisa Agropecuária de Chapadão do Sul, departamento de Fertilidade do Solo e Nutrição de  
13 Plantas, marceloarf@fundacaochapadao.com.br

14 Renato de Mello Prado, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Estadual  
15 Paulista Júlio de Mesquita Filho, departamento de Solos e Adubos, campus de Jaboticabal - SP,  
16 rmprado@fcav.unesp.br

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado em agronomia do primeiro autor.

17 MILHO SEGUNDA SAFRA EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA SOB DOSES DE  
18 CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA

19 **RESUMO**

20 Plantas de cobertura promovem ciclagem de nutrientes para a camada superficial. O calcário mantém os  
21 nutrientes disponíveis e sua combinação com gesso pode corrigir quimicamente o solo em profundidade e  
22 refletir no estado nutricional e produtividade da cultura do milho, principalmente quando ocorre deficiência  
23 hídrica. Objetivou-se verificar o efeito de doses de calcário e gesso sobre o estado nutricional, exportação de  
24 nutrientes e a produtividade de milho na segunda safra, cultivado sobre duas culturas de cobertura, em  
25 condições de clima tropical. Foram conduzidos dois experimentos, sendo primeiro sobre os resíduos vegetais  
26 de *Urochloa ruziziensis* e o segundo sobre *Pennisetum glaucum*. Em ambos os experimentos, o delineamento  
27 experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (3x4) de parcelas subdivididas, com  
28 3 repetições. As parcelas foram constituídas por 3 quantidades de gesso agrícola, sendo: controle (sem  
29 gesso), recomendado (2,3 Mg ha<sup>-1</sup>) e o dobro (4,6 Mg ha<sup>-1</sup>), e as subparcelas por 3 doses de calcário (2; 4 e 6  
30 Mg ha<sup>-1</sup>), além do controle (sem calcário), aplicados em superfície sem incorporação. A utilização da *U.*  
31 *ruziziensis* e do *P. glaucum* como culturas antecessoras ao milho, assim como os níveis de gesso e  
32 as doses de calcário não modificaram o estado nutricional da cultura. O gesso não aumentou a  
33 produtividade de grãos mas aumentou a exportação de nutrientes e o valor nutricional dos grãos de  
34 milho. A utilização do *P. glaucum* como cultura antecessora ao milho, combinado com a dose de  
35 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (V2 = 73,5%) apresenta-se como opção para solos cultivados em  
36 SSD que apresentam a necessidade da aplicação de calcário.

37 **Palavras-chave:** *Zea mays*, braquiária, milheto, semeadura direta.

38 **ABSTRACT**

39 Cover crops promote cycling of nutrients to the surface layer. The limestone keeps the nutrients  
40 available and their combination with gypsum can chemically fix the soil in depth and reflect on  
41 nutritional status and the maize crop productivity, especially in drought stress. This study aimed to  
42 verify the effect of gypsum and limestone on the nutritional status, nutrient export, productivity and  
43 quality of maize grain in the second crop, grown on two cover crops in tropical weather conditions.  
44 Two experiments were conducted, being first on cover crop *Urochloa ruziziensis* and the second on  
45 *Pennisetum glaucum*. In both experiments, the experimental design was randomized blocks in a  
46 factorial scheme of split plots with 3 repetitions. The plots consisted of three levels of gypsum, as  
47 follows: control (no gypsum), recommended (2.3 Mg ha<sup>-1</sup>) and double (4.6 Mg ha<sup>-1</sup>), and the  
48 subplots by three lime rates (2; 4 and 6 Mg ha<sup>-1</sup>), and control (no lime), on a surface without  
49 incorporation. The *U. ruziziensis* and *P. glaucum* as previous crops to corn combined with the

50 levels of gypsum and lime rates did not change the nutritional status of the crop. The use of *U.*  
51 *ruziziensis* and *P. glaucum* as previous crops to corn, as well as the levels of gypsum and lime rates  
52 did not change the nutritional status of the crop. The gypsum did not increase grain yield but  
53 increased the export of nutrients and the nutritional value of maize grains. The use as *P. glaucum*  
54 preceding maize, combined with the dose of 3.5 t ha<sup>-1</sup> dolomitic limestone (V2 = 73.5%) is  
55 presented as an option for SSD in cultivated soils which have the need for liming.

56 **Keywords:** *Zea mays*, signalgrass, pearl millet, no-tillage system.

## 57 INTRODUÇÃO

58 No Sistema de Semeadura Direta (SSD), a formação de cobertura vegetal no solo antes da  
59 introdução da cultura de interesse econômico é indispensável e proporciona benefícios, como maior  
60 eficiência de uso da água, em comparação ao sistema convencional (Silva et al. 2015), sendo  
61 importante para o milho, que atualmente tem maior área ocupada pelo cultivo na segunda safra no  
62 Brasil (Conab, 2015), onde as precipitações pluviométricas são irregulares.

63 Dessa forma, é desejável o uso de plantas de cobertura que apresentem elevada produção de  
64 biomassa seca e com maior longevidade para o cultivo em sucessão ao milho. Assim, uma  
65 alternativa é o uso de gramíneas (Teixeira et al. 2014), como a *Urochloa ruziziensis* e o *Pennisetum*  
66 *glaucum*.

67 Apesar da utilização de gramíneas serem interessantes para a cobertura do solo, existe diferença  
68 entre as espécies quanto ao acúmulo de nutrientes e o tempo de mineralização (Costa et al. 2015),  
69 que podem influenciar na nutrição e na produtividade da cultura subsequente (Torres et al. 2015).  
70 Além disso, a decomposição dos resíduos vegetais produz compostos orgânicos que podem elevar o  
71 pH do solo e aumentar a disponibilidade dos nutrientes (Pavinato e Rosolem, 2008). Entretanto,  
72 esse efeito dos compostos orgânicos ocorrem a curto prazo e podem não ser detectados na  
73 amenização da acidez do subsolo, principalmente no SSD (Caires et al. 2008a).

74 No SSD praticado em condições tropicais, realiza-se a calagem para elevar a disponibilidade  
75 dos nutrientes e diminuir o Al e Mn trocáveis no solo (Fageria e Baligar, 2008). No entanto, a  
76 aplicação em superfície de calcário, sem incorporação, pode limitar a correção do solo a camada  
77 superficial (Caires et al. 2008b; Leal et al. 2008).

78 Buscando superar essa dificuldade, uma alternativa é o uso de gesso agrícola. Esse por ser mais  
79 solúvel que o calcário, pode ser utilizado como condicionador de solo, pois após ser aplicado em

80 superfície, ocorre a dissolução do sulfato, que se movimenta para a sub superfície acompanhado por  
81 cátions, principalmente o Ca e Mg. Além de diminuir o Al tóxico e melhorar o ambiente radicular  
82 (Ramos et al. 2006).

83 A interação entre doses de calcário e gesso aplicados em superfície foi observada por Soratto e  
84 Cruciol (2008), na cultura da aveia-preta, somente para Mg e S, na implantação do SSD, em 2 anos  
85 de cultivo, onde com a aplicação de gesso, o aumento das doses de calcário diminuiu os teores  
86 desses nutrientes apenas no primeiro ano de cultivo, havendo aumento da produtividade de grãos  
87 com o aumento das doses de calcário, na presença de gesso.

88 Para o milho cultivado em SSD, Caires et al. (2008b) não verificaram efeito da aplicação de  
89 calcário após 8 anos. Porém, a reaplicação do corretivo corrigiu a acidez do solo em camadas sub  
90 superficiais. Em área sob SSD com ou sem histórico do fornecimento de gesso, Caires et al. (2011)  
91 indicam que a aplicação desse condicionador do solo aumenta a produtividade de grãos da cultura  
92 do milho, principalmente em solos com alta saturação por alumínio em que o milho passe por  
93 deficiência hídrica (Pauletti et al. 2014).

94 Nesse contexto, faltam pesquisas com doses de gesso e de calcário em diferentes plantas de  
95 cobertura, na mesma condição de cultivo e seu efeito sobre a cultura do milho. Porém, existe a  
96 hipótese de que o gesso aplicado com calcário possa refletir em melhoria da nutrição e  
97 produtividade de grãos pela cultura do milho em área com baixa saturação por alumínio e  
98 deficiência hídrica.

99 Objetivou-se verificar o efeito de doses de calcário e de gesso sobre o estado nutricional,  
100 exportação de nutrientes e produtividade de grãos de milho na segunda safra, cultivado sobre dois  
101 resíduos de plantas de cobertura, em condições de clima tropical.

## 102 **MATERIAL E MÉTODOS**

### 103 **Descrição do local e do solo**

104 Dois experimentos foram conduzidos no centro de pesquisas da Fundação de Apoio à  
105 Pesquisa Agropecuária de Chapadão do Sul, MS, localizada no município de Chapadão do Sul, MS  
106 (18°41'33" S, 52°40'45" W e altitude de 810 m). O clima da região é tropical, do tipo Aw pela  
107 classificação de Köppen. As estações são bem definidas, com período seco concentrado de maio a  
108 setembro (outono/inverno) e as precipitações de outubro a abril (primavera/verão). A precipitação  
109 pluviométrica e temperatura média anual na região é de 1.850 mm e 22,7 °C, respectivamente. Os

110 dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram registrados durante a condução dos  
111 experimentos (Figura 1).

112 O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa 2013), constituído de 46  
113 % de argila, 51,5 % de areia e 2,5 % de silte na camada de 0,2 – 0,4 m, determinados por meio do  
114 método do densímetro (Embrapa 1997). A análise química do solo antes da instalação do  
115 experimento (Quadro 1) revelou na camada de 0,0 – 0,2 m pH, Mg, m% e B baixos; S, CTC e V%  
116 médios; Ca e MO adequados; K, P, Cu, Mn e Zn altos. Na camada de 0,2 – 0,4 m o pH, Mg, P, MO  
117 e CTC estavam baixos; Ca adequado e K e S altos (Sousa e Lobato, 2004).

118 A área dos experimentos estava em SSD por 5 anos. Recebendo aplicação de calcário para  
119 elevar a saturação de bases a 50% e gesso, na implantação do SSD segundo recomendação para a  
120 região (Sousa e Lobato, 2004). Esses foram incorporados com grade intermediária. Posteriormente,  
121 em 2009/2010 iniciou-se o SSD com soja na primeira safra, milho na segunda safra e *U. ruziziensis*  
122 na entre-safra. No ano agrícola 2010/2011 utilizou-se a mesma sequência de cultivos. No ano  
123 agrícola 2011/2012 foi cultivado o algodoeiro e após sua colheita, realizou-se nova aplicação de  
124 calcário e gesso, sem incorporação. Enquanto em 2012/2013 foi cultivado o feijão na primeira safra  
125 e milho na segunda safra. Em 2013/2014 o presente experimento foi implantado, com aplicação em  
126 outubro de 2013 de gesso e de doses de calcário, sem incorporação.

### 127 **Condições de estudo e delineamento experimental**

128 O método utilizado para o cálculo da necessidade de calagem foi o da elevação da saturação  
129 por bases (Raij et al. 1996), com o objetivo de obter os valor de saturação por bases de 33,5; 56,4;  
130 79,3 e 102,2 %, correspondendo a 0, 2, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, respectivamente, que  
131 apresentava 32% de CaO, 17% de MgO, PRNT de 95% PN de 98 %.

$$132 \quad \text{N. C. (Mg ha}^{-1}\text{)} = \frac{V2 - V1}{\text{PRNT}} \cdot \text{CTC}$$

133 Em que:

134 N.C. = Necessidade de calcário

135 V2 = Saturação por bases desejada

136 V1 = SB/CTC x 100 = Saturação por bases atual

137 CTC = (SB + H + Al) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

138 SB = (Ca + Mg + K) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

139 A necessidade de gesso foi determinada através da % de argila do solo (Sousa e Lobato,  
140 2004), sendo a dose de gesso (D.G) recomendada de 2,3 Mg ha<sup>-1</sup>, utilizando-se gesso agrícola com  
141 18% CaO e 15% de S.

$$142 \quad D. G. (kg \text{ ha}^{-1}) = 50 \times \text{argila} (\%)$$

143 A semeadura das culturas de cobertura foi realizada no dia 16/10/2013, com 5 e 15 kg ha<sup>-1</sup> de  
144 sementes de *U. ruziziensis* e *P. glaucum* (cv ADR 300), respectivamente, utilizando semeadora de  
145 discos desencontrados e espaçamento de 0,17 m entre-linhas. Essas permaneceram em  
146 desenvolvimento até o dia 30/01/2014, quando foram manejadas com auxílio de um triturador  
147 horizontal de resíduos vegetais (Triton), e no dia 17/02/2014 foram dessecadas com Roundup WG®  
148 (1,98 kg ha<sup>-1</sup> do i.a.) e Aurora® (20g ha<sup>-1</sup> do i.a.).

149 Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi em blocos  
150 casualizados, em esquema fatorial (3x4) de parcelas subdivididas, com 3 repetições. As parcelas  
151 foram constituídas por 3 quantidades de gesso agrícola, sendo: controle (sem gesso), recomendado  
152 (2,3 Mg ha<sup>-1</sup>) e o dobro (4,6 Mg ha<sup>-1</sup>), e as subparcelas por 3 doses de calcário (2, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>),  
153 além do controle (sem calcário). As parcelas apresentavam 3,15 x 22 m e as subparcelas, 3,15 x 5,5  
154 m. Como área útil das subparcelas, foram consideradas as 3 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m  
155 de suas extremidades.

156 A semeadura do milho BG7061 HX foi realizada no dia 03 de março de 2014 sobre os  
157 resíduos das culturas de cobertura *U. ruziziensis* e *P. glaucum*, com 10,7 e 9,4 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria  
158 seca, caracterizando os experimentos 1 e 2, respectivamente. Para essa operação, utilizou-se  
159 semeadora-adubadora com disco de corte frontal e sistema de distribuição de adubo do tipo haste,  
160 com espaçamento de 0,45 m entre-linhas e densidade de semeadura de 3 sementes por metro. A  
161 adubação de semeadura (330 kg ha<sup>-1</sup> de 06-24-14) foi realizada com base na análise de solo (Quadro  
162 1) e de acordo com a exigência da cultura na região do cerrado (Sousa e Lobato, 2004). Em pré-  
163 semeadura, foram aplicados 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e quando a cultura do milho encontrava-se com 4  
164 folhas completamente expandidas, no estágio V4, foram aplicados 112,5 kg ha de N, tendo como  
165 fonte a ureia.

#### 166 **Amostragem de folhas, análises nutricionais e avaliações**

167 No surgimento da inflorescência feminina (R1), foram coletados o terço central da folha  
168 abaixo e oposta a espiga, de 6 plantas por subparcela, e realizada a determinação dos teores dos

169 nutrientes N, P, K, S, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e B (Malavolta et al. 1997). Os mesmos elementos  
170 também foram determinados nos grãos de milho, com posterior obtenção da exportação de  
171 nutrientes.

172 A colheita do milho foi realizada no dia 14/07/2014, onde realizou-se as avaliações em 3  
173 plantas por subparcela: altura de plantas (medindo-se a altura entre o nível do solo até a base da  
174 inserção da última folha), altura de inserção da primeira espiga (medindo-se a altura entre o nível do  
175 solo até a base da inserção primeira espiga), diâmetro de espiga e diâmetro do sabugo (com auxílio  
176 de um paquímetro digital), número de fileiras por espiga e grãos por fileira (através de contagem),  
177 massa de cem grãos por espiga (com auxílio de uma balança digital de precisão). A produtividade  
178 de grãos foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de todas as espigas colhidas na  
179 área útil das subparcelas, o qual foi convertido para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigido para  $130 \text{ g kg}^{-1}$  de teor de  
180 água. O teor de água dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o  
181 uso do aparelho portátil Multi-grain (Dickey-John<sup>®</sup>), o qual propicia leitura direta.

## 182 **Análise estatística**

183 Os dados foram submetidos a análise de variância, seguido da comparação das médias dos  
184 níveis de gesso pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), e análise de regressão polinomial para as doses de  
185 calcário, utilizando-se o software Sisvar (Ferreira 2011).

## 186 **RESULTADOS**

### 187 **Estado nutricional do milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis***

188 As doses de calcário e o gesso não influenciaram os teores foliares de N, S, Fe, Mn e B  
189 (Quadro 2). Com o gesso, tanto na quantidade recomendada quanto com o dobro, houve aumento do  
190 teor foliar de P (Figura 2A). O mesmo comportamento ocorreu para o teor foliar de K, porém, não  
191 houve diferença no teor desse nutriente com a quantidade recomendada da ausência e no dobro de  
192 gesso (Figura 2B).

193 Com as doses de calcário, houve aumento do teor de Ca nas folhas das plantas de milho  
194 (Figura 3A). Em função das doses de calcário, na quantidade recomendada de gesso, houve  
195 aumento do teor de Mg, e com os demais níveis de gesso, não houve diferença do teor desse  
196 elemento. Contudo, os maiores teores desse nutriente ocorreram com o excesso de gesso, sem  
197 diferença da quantidade recomendada na dose de 2 e 6  $\text{Mg ha}^{-1}$  de calcário (Figura 3B).

198 O estudo das doses de calcário na ausência de gesso apresentou comportamento quadrático  
199 para o teor de Cu (3,9 Mg ha<sup>-1</sup>) e de Zn (3,2 Mg ha<sup>-1</sup>).

#### 200 **Estado nutricional do milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum***

201 Os níveis de gesso e as doses de calcário não alteraram os teores foliares de N, K, S, Ca, Cu,  
202 Fe, Mn e B (Quadro 2). O maior teor de P foi obtido com o nível recomendado de gesso, porém,  
203 sem diferença do teor verificado na ausência de gesso (Figura 4A). Com o excesso de gesso, houve  
204 aumento do teor foliar de Mg, em relação a ausência de gesso (Figura 4B), e o teor de Zn diminuiu  
205 em função das doses de calcário (Figura 5).

#### 206 **Exportação de nutrientes pelos grãos de milho no cultivo sobre os resíduos vegetais de *U.*** 207 ***ruziziensis***

208 Os níveis de gesso e as doses de calcário não influenciaram a exportação de macronutrientes  
209 pelos grãos de milho (Quadro 3). Para os micronutrientes, a quantidade exportada de Cu e de Fe  
210 com o excesso de gesso foi 41 e 46% maior, respectivamente em comparação com a ausência de  
211 gesso (Figura 6A e 6B). Com a quantidade recomendada de gesso, obteve-se a maior exportação de  
212 Mn, a qual foi 22% maior que a exportação verificada tanto na ausência, quanto no excesso de  
213 gesso (Figura 7).

214 Com as doses de calcário, houve redução de 14,5 % na exportação de Zn (Figura 8A) e  
215 aumento de 18% da exportação de B (Figura 8B).

#### 216 **Exportação de nutrientes pelos grãos de milho no cultivo sobre os resíduos vegetais de *P.*** 217 ***glaucum***

218 Não houve diferença na exportação de K, S, Ca e Mn pelos grãos de milho em função dos  
219 níveis de gesso e das doses de calcário (Quadro 3). Nas doses de 3,46; 3,80 e 3,82 Mg ha<sup>-1</sup> de  
220 calcário, na ausência de gesso, foram obtidas as máximas exportações de N (137,4 kg ha<sup>-1</sup>), de P  
221 (22,5 kg ha<sup>-1</sup>) e de Mg (8,7 kg ha<sup>-1</sup>), com 76, 58 e 51 % de aumento na exportação, respectivamente,  
222 em relação a ausência de calcário, e com os demais níveis de gesso, não houve diferença com as  
223 doses de calcário sobre a exportação desses nutrientes (Figura 9A, 9B, e 9C).

224 Em função dos níveis de gesso, na ausência de calcário, as maiores exportações de N  
225 ocorreram com a quantidade recomendada e com o excesso de gesso, na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de  
226 calcário, a exportação foi maior na ausência de gesso, e nas demais doses de calcário, não houve  
227 diferença em função dos níveis de gesso (Figura 9A).

228 Não houve diferença da exportação de P em função dos níveis de gesso, com exceção na  
229 ausência de calcário, onde a ausência de gesso propiciou a menor exportação desse nutriente  
230 (Figura 9B), e o mesmo comportamento ocorreu para a exportação de Mg (Figura 9C).

231 A exportação de Cu aumentou em 70,4 %, em função das doses de calcário na ausência de  
232 gesso, e com os demais níveis de gesso, a exportação de Cu não foi influenciada pelas doses de  
233 calcário. Em função dos níveis de gesso, na ausência de calcário, a maiores exportações de Cu  
234 ocorreram com a quantidade recomendada e com o excesso de gesso, na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de  
235 calcário, a quantidade recomendada de gesso propiciou a maior exportação desse micronutriente, e  
236 nas demais doses de calcário, não houve diferença em função dos níveis de gesso (Figura 9D).

237 A exportação de Zn não foi influenciada pelas doses de calcário. Contudo, na ausência de  
238 calcário, ocorreu a maior exportação de Zn com a quantidade recomendada, sem diferença da  
239 exportação verificada com o excesso de gesso, e nas demais doses de calcário, os níveis de gesso  
240 não influenciaram a exportação de Zn (Figura 9E).

241 Na dose de 3,75 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e na ausência gesso, foi obtida a maior exportação de B  
242 (33,04 g kg<sup>-1</sup>), com aumento de 45% em relação a ausência de calcário, e nos demais níveis de  
243 gesso, o calcário não influenciou a exportação de B. Em função dos níveis de gesso, na ausência de  
244 calcário, ocorreu a maior exportação de B com a quantidade recomendada, sem diferença da  
245 exportação verificada com o excesso de gesso, na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, a maior exportação  
246 de B ocorreu com a ausência de gesso, sem diferença da exportação verificada com a quantidade  
247 recomendada, e nas demais doses de calcário, o gesso não influenciou a exportação de B (Figura  
248 9F).

249 A maior exportação de Fe foi verificada na ausência de gesso, sem diferença da exportação  
250 que ocorreu com a quantidade recomendada, e com o excesso de gesso, a exportação desse  
251 micronutriente diminuiu em 21%, em relação a ausência de gesso (Figura 10).

#### 252 **Parâmetros de crescimento e produtividade de grãos do milho no cultivo sobre os resíduos** 253 **vegetais de *U. ruziziensis***

254 Não houve diferença nos parâmetros de crescimento e de rendimento de grãos da cultura do  
255 milho em função dos níveis de gesso e de calcário (Quadro 4).

256 **Parâmetros de crescimento e produtividade de grãos do milho no cultivo sobre os resíduos**  
257 **vegetais de *P. glaucum***

258 Não ocorreram modificações nos parâmetros de crescimento das plantas de milho em função  
259 dos níveis de gesso e das doses de calcário (Quadro 4). Porém, com 2,66 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário,  
260 obteve-se a maior massa de cem grãos (33,18 g) (Figura 11A). Na dose de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário,  
261 na ausência de gesso, foi obtida a maior produtividade de grãos de milho (8.372 kg ha<sup>-1</sup>), e nos  
262 demais níveis de gesso, as doses de calcário não influenciaram a produtividade de grãos (Figura  
263 11B).

264 **DISCUSSÃO**

265 **Estado nutricional do milho**

266 Os valores médios dos teores foliares de nutrientes nas plantas de milho cultivadas sobre os  
267 resíduos vegetais de ambas as culturas estavam adequados, com exceção para o Cu e B que se  
268 encontravam altos e N, Ca e Fe que foram classificados como baixos (Sousa e Lobato, 2004). Para o  
269 N, Alvarez et al. (2009) indicam que em média, o N na forma nítrica é 21 kg ha<sup>-1</sup> menor no SSD.  
270 Contudo, a cultura do milho não mostrou sintomas visuais de deficiência ou toxicidade desses  
271 nutrientes.

272 Para o milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis*, o aumento do teor foliar  
273 de P (Figura 2A), de K (Figura 2B), de Mg (Figura 3B), de Cu (Figura 3C) e de Zn (Figura 3D)  
274 com o uso do gesso sugere que esse condicionador de solo proporcionou melhor distribuição das  
275 raízes do milho em profundidade e aumento da absorção de nutrientes (Ramos et al. 2006), podendo  
276 estar associado a *U. ruziziensis*, pois Pacheco et al. (2013) a indicam como mais eficiente no  
277 acúmulo e liberação dos nutrientes, principalmente o K, em comparação com o *P. glaucum*. Por  
278 essa razão, o gesso influenciou somente os teores de P (Figura 4A) e de Mg (Figura 4B) nas folhas  
279 do milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum*.

280 No cultivo do milho sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis*, o aumento nos teores  
281 foliares de Ca (Figura 3A) e de Mg (Figura 3B) ocorreram devido a maior disponibilidade desses  
282 nutrientes no solo com a aplicação de calcário, os quais esse corretivo é fonte. O mesmo  
283 comportamento foi observado por Andric et al. (2012) e Carvalho e Nascente (2014). Contudo, o  
284 teor foliar de Ca permaneceu abaixo do adequado para a cultura do milho (Sousa e Lobato, 2004).

285 É possível que houve menor disponibilidade de K e de Ca para o milho cultivado sobre o *P.*  
286 *glaucum*, e por isso o teor desses nutrientes não foi influenciado pelas doses de gesso e calcário

287 (Quadro 2), pois Borges et al. (2014) encontraram maior acúmulo de K e Ca na *U. ruziziensis*, em  
288 comparação com o *P. glaucum*. Sobre esse aspecto, Costa et al. (2015) indicaram que a  
289 decomposição de resíduos vegetais de uma espécie do gênero *U. brizantha* é mais rápida que a do  
290 *P. glaucum*.

291 Com relação ao teor foliar de Cu (Figura 3C) e de Zn (Figura 3D) no cultivo do milho  
292 sobre os resíduos vegetais da *U. ruziziensis*, é possível que o calcário tenha diminuído a  
293 disponibilidade desses micronutrientes no solo (Menezes et al. 2010), bem como verificado para o  
294 teor foliar de Zn no milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum* (Figura 5).

### 295 **Exportação de nutrientes pelos grãos de milho**

296 Como a exportação de nutrientes é dependente da produtividade de grãos, no cultivo do  
297 milho sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis*, a exportação de macronutrientes não foi alterada  
298 com as doses de gesso e de calcário (Quadro 3) em razão desse mesmo comportamento para a  
299 produtividade de grãos (Quadro 4). Isso implica que o gesso aumentou o teor de Cu, Fe e Mn nos  
300 grãos de milho, devido ao comportamento da exportação desses nutrientes (Figura 6A, 6B e 7,  
301 respectivamente) serem independentes da produtividade de grãos, bem como o comportamento da  
302 exportação de Zn (Figura 8A) e de B (Figura 8B), que indicam diminuição e aumento do teor desses  
303 nutrientes nos grãos de milho, respectivamente, em função da calagem.

304 Sobre esse aspecto, Menezes et al. (2010) afirmam que a calagem em excesso pode diminuir  
305 a disponibilidade de Zn no solo e limitar a exportação desse nutriente pelos grãos (Figura 8A), o  
306 que diminui a sua qualidade para a alimentação humana e animal (Prom-u-thai et al. 2010). Mesmo  
307 com o teor de B baixo no solo antes da instalação do experimento (Quadro 1) e não fornecimento  
308 desse nutriente durante o desenvolvimento da cultura do milho, Sarkar et al. (2015) em um estudo  
309 laboratorial com incubação, verificaram em duas classes de solos ácidos que a calagem aumentou a  
310 disponibilidade de B do material de origem do solo e diminuiu o B adicionado via fertilização.  
311 Assim, a calagem propiciou aumento no teor desse nutriente, devido ao aumento da exportação com  
312 as doses de calcário (Figura 8B).

313 Mesmo o gesso sendo uma fonte de S, é possível que o seu fornecimento não resultou em  
314 aumento do teor foliar (Quadro 2) e na exportação desse elemento (Quadro 3) sobre ambas as  
315 culturas de cobertura porque antes da instalação dos experimentos, o teor de S na camada de 0,0 a  
316 0,2 e 0,2 e 0,4 encontrava-se médio e alto, respectivamente (Sousa e Lobato, 2004) (Quadro 1). Em  
317 solos responsivos ao S, Chen et al. (2008) encontraram aumento da exportação desse nutriente da

318 produtividade de grãos mediante o fornecimento de S da dessulfuração de gases de combustão, com  
319 produto final principalmente na forma de gesso.

320 No cultivo do milho sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum*, apesar da interação  
321 significativa, a produtividade de grãos foi influenciada somente pelas doses de calcário na ausência  
322 de gesso (Figura 11B). Isso sugere que o comportamento da exportação de N (Figura 9A), P (Figura  
323 9B), Mg (Figura 9C) e B (Figura 9F) ocorreu em função da produtividade de grãos, e que na  
324 ausência de calcário, o gesso aumentou o teor de N, P, Mg, Cu, Zn e B nos grãos de milho, pois o  
325 comportamento da exportação desses nutrientes (Figura 9A, 9B, 9C, 9D, 9E e 9F, respectivamente)  
326 não dependeram da produtividade de grãos. Dessa forma, o gesso melhorou o valor nutricional dos  
327 grãos mas isso não garante retorno econômico, e ainda pode diminuir a fertilidade do solo e  
328 aumentar a exigência de reposição desses nutrientes para as culturas posteriores (Ueno et al. 2013).

329 Apesar de serem raras as informações na literatura comparando a influência da liberação de  
330 compostos orgânicos entre a *U. ruziziensis* e o *P. glaucum* sobre o rendimento de grãos das culturas,  
331 o fato das doses de calcário ter propiciado aumento na massa de cem grãos (Figura 11A) e  
332 produtividade de grãos (Figura 11B) somente no cultivo do milho sobre os resíduos vegetais do *P.*  
333 *glaucum* indica que a liberação dos compostos orgânicos por essa cultura de cobertura favoreceu a  
334 resposta ao corretivo de solo.

335 Mesmo com resultados indicando que o gesso aumenta o rendimento de grãos da cultura do  
336 milho em cultivo sem restrição de água (Blum et al. 2014) e com deficiência hídrica (Pauletti et al.  
337 2014), essa resposta não foi verificada nos presentes experimentos. Portanto, mesmo em solo com  
338 saturação por bases média, teor de cálcio adequado, teor de magnésio e saturação por alumínio  
339 baixos na camada de 0,2 a 0,4 m (Sousa e Lobato, 2004) (Quadro 1) e ocorrência de deficiência  
340 hídrica após o florescimento (Figura 1), o rendimento de grãos do milho não respondeu a gessagem  
341 (Quadro 4).

342 Portanto, é possível que os resíduos vegetais de *P. glaucum* liberaram menor quantidade de  
343 nutrientes (Pacheco et al. 2013; Borges et al. 2014), e com isso, houve resposta dos parâmetros de  
344 rendimento de grãos a calagem. Esse comportamento contraria os resultados obtidos por Leal et al.  
345 (2013) no cultivo de milho em SSD, porém em primeira safra e região de cerrado com menor  
346 altitude. Contudo, a dose que proporcionou a maior produtividade seria equivalente para uma  
347 saturação por bases desejada (V2) de 73,5%, onde o rendimento de grãos aumentou em 1.091 kg ha<sup>-1</sup>

348 <sup>1</sup>, em comparação com o valor médio obtido quando o milho foi cultivado sobre os resíduos  
349 vegetais de *U. ruziziensis* (Quadro 4).

## 350 **CONCLUSÕES**

351 A utilização da *U. ruziziensis* e do *P. glaucum* como culturas antecessoras ao milho, assim  
352 como as doses de calcário e o gesso não modificaram o estado nutricional da cultura.

353 O gesso não aumentou a produtividade de grãos mas aumentou a exportação de nutrientes  
354 pelos grãos de milho.

355 A utilização do *P. glaucum* como cultura antecessora ao milho, combinado com a dose de  
356 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (V2 = 73,5%) apresenta-se como opção para solos cultivados em  
357 SSD que apresentam a necessidade da aplicação de calcário.

## 358 **AGRADECIMENTOS**

359 O primeiro autor agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível  
360 Superior) pela concessão da bolsa de estudos e a Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de  
361 Chapadão.

## 362 **REFERÊNCIAS**

363 Andric L, Rastija M, Teklic T, Kovacevic V. Response of maize and soybeans to liming. Turk J  
364 Agric For. 2012;36:415-420. doi:10.3906/tar-1107-23

365 Alvarez R, Steinbach HS. A review of the effects of tillage systems on some soil physical  
366 properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil Till Res.  
367 2009;104:1-15. doi:10.1016/j.still.2009.02.005

368 Borges WLB, Freitas RS, Mateus GP, Sá ME, Alves MC. Absorção de nutrientes e alterações  
369 químicas em latossolos cultivados com plantas de cobertura em rotação com soja e milho. R Bras Ci  
370 Solo. 2014;38:252-261.

371 Blum SC, Garbui FJ, Joris HAW, Caires EF. Assessing available soil sulphur from  
372 phosphogypsum applications in a no-till cropping system. Expl Agric. 2014; 50(4): 516–532.  
373 doi:10.1017/S0014479714000015

374 Caires EF, Garbuio FJ, Churka S, Barth G, Correa JCL. Effects of soil acidity amelioration by  
375 surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. *Europ J Agronomy*.  
376 2008b; 28:57-64. doi:10.1016/j.eja.2007.05.002

377 Caires EF, Pereira Filho PRS, Zardo Filho R, Feldhaus IC. Soil acidity and aluminium toxicity as  
378 affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. *Soil Use Manage*.  
379 2008a;24:302-309.

380 Caires EF, Garbuio FJ, Churka S, Joris HAW. Use of gypsum for crop grain production under a  
381 subtropical no-till cropping system. *Agronomy Journal*. 2011;103:1804–1814.

382 Carvalho MCS, Nascente AS. Limestone and phosphogypsum effects on soil fertility, soybean leaf  
383 nutrition and yield. *Afr J Agric Res*. 2014;9:1366-1383. doi: 10.5897/AJAR2014.8626

384 Castro GSA, Crusciol CAC. Effects of surface application of dolomitic limestone and calcium-  
385 magnesium silicate on soybean and maize in rotation with green manure in a tropical region.  
386 *Bragantia*. 2015;74:311-321. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0346>

387 Chen L, Kost D, Dick WA. Flue gas desulfurization products as sulfur sources for corn. *Soil*  
388 *Science Society of America Journal*. *Soil Sci Soc Am J*. 2008;72:1464–1470.

389 Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos [internet]. Brasília, DF: Companhia Nacional  
390 de Abastecimento; 2015 [acesso em 15 nov 2010]. Disponível em:  
391 [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_10\\_42\\_03\\_boletim\\_graos\\_setemb](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf)  
392 [ro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf).

393 Costa NR, Andreotti M, Ulian NA, Costa BS, Pariz CM, Teixeira Filho MCM. Acúmulo de  
394 nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de  
395 semeadura. *Biosci J*. 2015;31:818-829.

396 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.  
397 Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

398 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de  
399 Solos. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2013.

400 Fageria NK, Baligar VC. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable  
401 crop production. *Advances in Agronomy*. 2008;99:345-399.

402 Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc Agrotec*. 2011;35:1039-1042.

403 Leal AJF, Lazarini E, Rodrigues LR, Marcandalli LH. Adubação nitrogenada para milho com o uso  
404 de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. *R Bras Ci Solo*. 2013;37:491-501.

405 Leal AJF, Lazarini E, Rodrigues LR, Muraishi CT, Buzetti S, Mascarenhas HAA. Aplicação de  
406 calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em cerrado. *R Bras Ci*  
407 *Solo*. 2008;32:2771-2777.

408 Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e  
409 aplicações. 2ª ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

410 Menezes AA, Dias LE, Neves JCL, Silva JVO. Disponibilidade de zinco para milho pelos  
411 extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA em solos de minas gerais, na presença e ausência de  
412 calagem. *R Bras Ci Solo*. 2010;34:417-424.

413 Michalovicz L, Müller MML, Foloni JSS, Kawakami J, Nascimento R, Kramer LFM. Soil fertility,  
414 nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. *R Bras Ci*  
415 *Solo*. 2014;38:1496-1505

416 Pacheco LP, Barbosa JM, Leandro WM, Machado PLOA, Assis RL, Madari BE, Petter FA.  
417 Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto.  
418 *Pesq Agropec Bras*. 2013;48:1228-1236. doi: 10.1590/S0100-204X2013000900006

419 Pauletti V, Pierrri L, Ranzan T, Barth G, Motta ACV. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso  
420 e calcário no sistema de plantio direto. *R Bras Ci Solo*. 2014;38:495-505. doi: 10.1590/S0100-  
421 06832014000200014

422 Pavinato PS, Rosolem CA. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de  
423 compostos orgânicos de resíduos vegetais. *R Bras Ci Solo*. 2008;32:911-920.

424 Prom-u-thai C, Rerkasem B, Cakmak I, Huang L. Zinc fortification of whole rice grain through  
425 parboiling process. *Food Chem*. 2010;120: 858–863. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.11.027

- 426 Raij B.van, Quaggio JA. Métodos de análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas:  
427 Instituto Agrônomo de Campinas; 1983. (Boletim Técnico, 81)
- 428 Ramos LA, Nolla A, Korndörfer GH, Pereira HS, Camargo MS. Reatividade de corretivos da  
429 acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. R Bras Ci Solo. 2006;30:849-857.
- 430 Sarkar D, Ghosh S, Batabyal K, Mandal B, Chattopadhyay AP. Liming effects on extractable boron  
431 in six acidic soils. Commun Soil Sci Plant Anal. 2015;46:1320-1325.
- 432 Silva FA, Freitas FCL, Rocha, PRR, Cunha JLXL, Dombroski JLD, Coelho MEH, Lima MFP.  
433 Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de  
434 veranico. Semina: Ciências Agrárias. 2015;36:327-340. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p327
- 435 Soratto RP, Crusciol CAC. Nutrição e produtividade de grãos da aveia-preta em função da  
436 aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. R Bras Ci  
437 Solo. 2008;32:715-725.
- 438 Sousa DMG, Lobato E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação  
439 Tecnológica; 2004.
- 440 Teixeira RA, Soares TG, Fernandes AR, Braz AMS. Grasses and legumes as cover crop in no-  
441 tillage system in northeastern Pará Brazil. Acta Amaz. 2014;44(4):411-418.
- 442 Torres JLR, Pereira MG, Rodrigues Junior DJ, Loss A. Production, decomposition of residues and  
443 yield of maize and soybeans grown on cover crops. Rev Ciênc Agron. 2015;46:451-459. doi:  
444 10.5935/1806-6690.20150026
- 445 Ueno RK, Mikael Neumann M, Marafon F, Reinehr LL, Poczynek M, Michalovicz L. Exportação  
446 de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados.  
447 Semina: Ciências Agrárias. 2013;34:3001-3018. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n6p3001

Quadro 1. Análise química do solo<sup>1</sup> anterior à instalação do experimento.

Prof	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P(res)	S	M.O	CTC	V	m
m	CaCl <sub>2</sub>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> -----				---- mg dm <sup>-3</sup> ----		g dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	----- % -----		
0-0,2	4,2	2,0	0,3	0,3	5,5	157	37,30	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 <sup>-3</sup> -----											
0-0,2	0,14		1,30		44,0		16,4		5,2			

<sup>1</sup>Método de Raij e Quaggio (1983).

Quadro 2. Resumo da análise de variância para o teor de macro e micronutrientes em função de doses de calcário e gesso na folha diagnóstico de plantas de milho cultivadas sobre culturas de cobertura em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014.

Fonte de variação	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Cultivo de milho sobre <i>U. ruziziensis</i>											
----- Valores de F -----											
Gesso (G)	4,3 <sup>ns</sup>	25,7 <sup>**</sup>	8,7 <sup>*</sup>	4,1 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	83,1 <sup>**</sup>	25,0 <sup>**</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>ns</sup>	142,7 <sup>**</sup>	3,0 <sup>ns</sup>
Calcário (C)	0,7 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	3,8 <sup>*</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	17,6 <sup>**</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
G x C	0,3 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	4,5 <sup>**</sup>	3,8 <sup>*</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	5,6 <sup>**</sup>	1,1 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	5,7	3,6	5,2	11,8	12,7	5,5	8,3	27,0	8,3	4,7	10,7
CV 2 (%)	9,7	4,9	5,5	9,5	9,4	6,1	10,7	26,1	6,9	5,2	13,0
Média geral <sup>1</sup>	27,8	2,3	24,5	2,4	1,3	2,3	33,9	10,0	114,9	78,5	35,7
Cultivo de milho sobre <i>P. glaucum</i>											
----- Valores de F -----											
Gesso (G)	2,3 <sup>ns</sup>	8,2 <sup>*</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	4,4 <sup>ns</sup>	8,3 <sup>*</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	6,9 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>
Calcário (C)	1,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	5,9 <sup>**</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
G x C	0,5 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	6,5	4,6	6,4	10,1	9,9	24,6	7,1	6,5	20,9	7,4	14,4
CV 2 (%)	5,9	5,2	4,3	8,5	8,6	13,6	16,7	9,0	13,3	10,0	13,3
Média geral <sup>1</sup>	27,4	2,2	23,8	2,6	1,3	2,3	37,7	9,7	110,9	71,3	31,7

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup>: (P≤0,01), (P≤0,05) e não significativo, respectivamente. CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>

Macronutrientes expressos em g kg<sup>-1</sup> e micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup>.

Quadro 3. Resumo da análise de variância para a exportação de macro e micronutrientes em função de doses de calcário e gesso em grãos de milho cultivado sobre culturas de cobertura em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014.

Fonte de variação	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	Cultivo de milho sobre <i>U. ruziziensis</i>										
----- Valores de F -----											
Gesso (G)	2,5 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	4,8 <sup>ns</sup>	18,7 <sup>**</sup>	11,8 <sup>*</sup>	10,8 <sup>*</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>ns</sup>
Calcário (C)	3,1 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>*</sup>	4,3 <sup>*</sup>
G x C	0,3 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>*</sup>	2,5 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	12,1	16,8	16,6	11,3	18,2	13,3	15,0	20,5	11,9	14,2	22,9
CV 2 (%)	10,3	12,2	14,1	9,8	14,1	14,6	14,9	10,4	19,0	9,4	10,7
Média geral <sup>1</sup>	107,3	19,2	21,6	6,3	10,4	7,5	13,5	210,1	41,6	143,7	34,2
Cultivo de milho sobre <i>P. glaucum</i>											
----- Valores de F -----											
Gesso (G)	17,4 <sup>*</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	4,8 <sup>ns</sup>	7,7 <sup>*</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>
Calcário (C)	4,6 <sup>*</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>
G x C	3,8 <sup>*</sup>	3,6 <sup>*</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>**</sup>	4,7 <sup>**</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>*</sup>	3,2 <sup>*</sup>
CV 1 (%)	5,5	7,6	14,6	7,2	10,9	11,2	18,7	14,4	18,6	16,9	11,5
CV 2 (%)	13,1	11,0	13,1	11,3	13,3	10,7	14,5	9,7	11,5	12,5	11,2
Média geral <sup>1</sup>	109,9	19,7	20,7	6,0	10,0	7,6	15,2	214,2	38,9	149,1	30,1

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup>: (P≤0,01), (P≤0,05) e não significativo, respectivamente. CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>

Macronutrientes expressos em kg ha<sup>-1</sup> e micronutrientes em mg g ha<sup>-1</sup>.

Quadro 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AL), altura de inserção da primeira espiga (AE), diâmetro de espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), fileiras por espiga (FE), grãos por fileira (GF), massa de cem grãos (MC) e produtividade em função de doses de calcário e gesso em grãos de milho cultivado sobre culturas de cobertura em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014.

Fonte de variação	AL	AE	DE	DS	FE	GF	MC	Produtividade
	Cultivo de milho sobre <i>U. ruziziensis</i>							
----- Valores de F -----								
Gesso (G)	0,5 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>
Calcário (C)	0,5 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>
G x C	0,4 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	5,2	8,2	8,2	8,4	6,8	13,2	13,6	8,3
CV 2 (%)	4,7	8,7	8,7	5,3	5,7	8,5	6,9	6,6
Média geral <sup>1</sup>	1,7	0,9	48,7	27,1	14,3	34,2	32,8	7.281,2
Cultivo de milho sobre <i>P. glaucum</i>								
----- Valores de F -----								
Gesso (G)	0,8 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>
Calcário (C)	0,6 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>**</sup>	3,6 <sup>*</sup>
G x C	0,8 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>*</sup>
CV 1 (%)	6,9	8,6	3,0	5,3	5,8	7,4	4,3	9,8
CV 2 (%)	3,2	6,7	3,3	7,1	5,4	9,6	3,7	8,5
Média geral <sup>1</sup>	1,8	0,9	47,9	26,8	14,4	34,2	32,2	7.320,2

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup>: (P≤0,01), (P≤0,05) e não significativo, respectivamente. CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup> AL e AE (m), DE e DS (mm), FE e GF (contagem), MC (g), Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>).

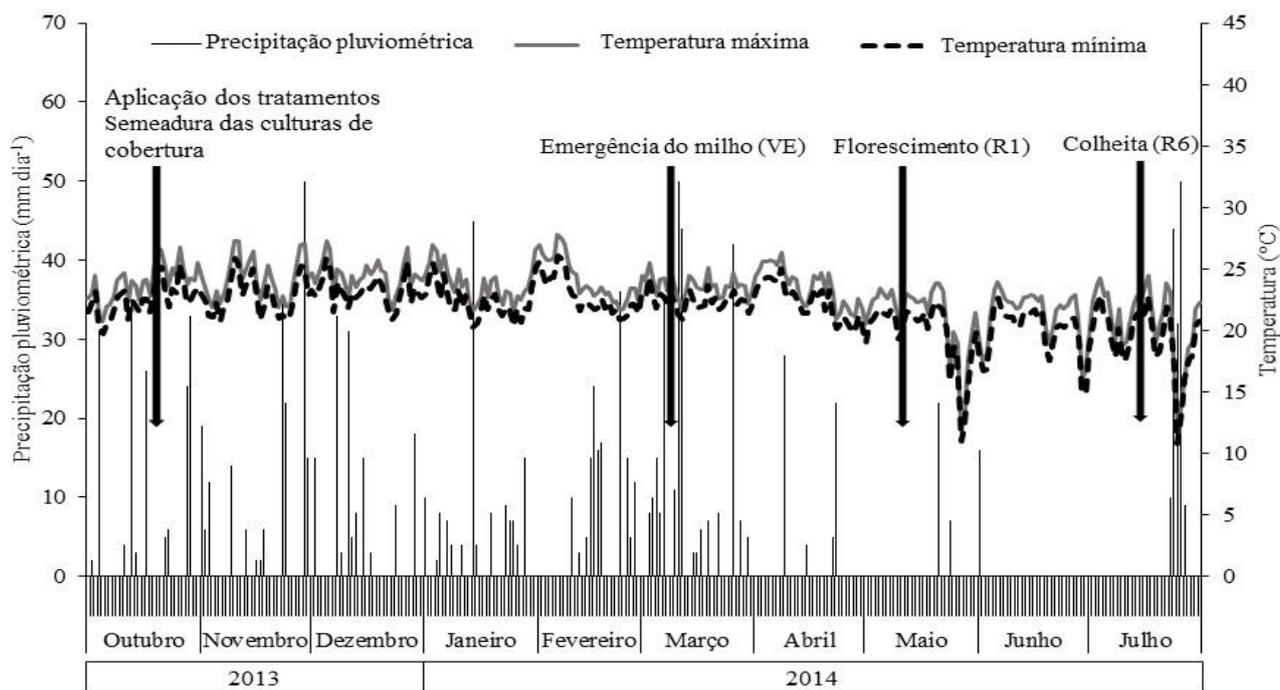


Figura 1. Valores diários de precipitação pluviométrica (mm dia<sup>-1</sup>) e temperatura máxima e mínima do ar (°C), durante a condução do experimento. Chapadão do Sul – MS.

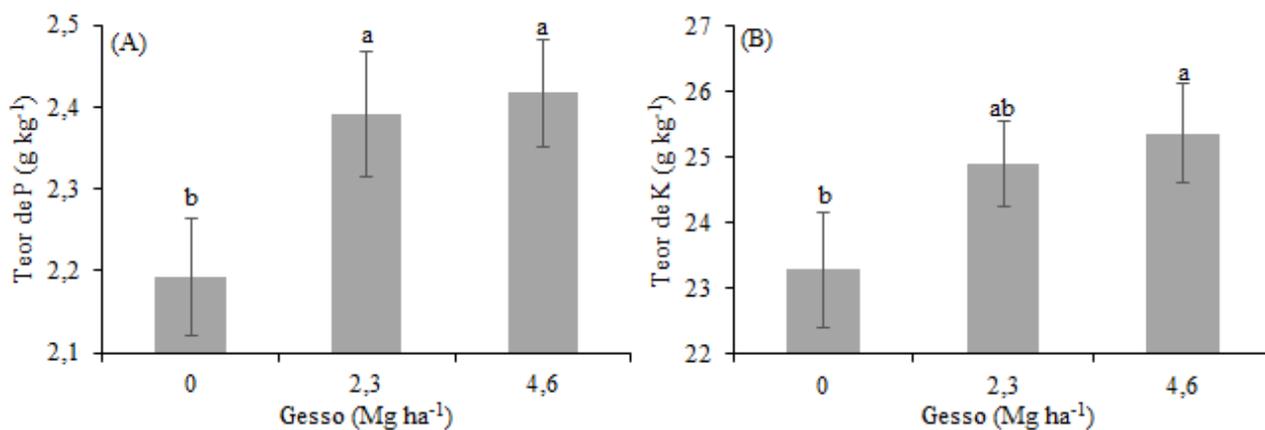


Figura 2. (A) Teor foliar de fósforo e de (B) potássio em função de níveis de gesso no milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis* em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014. Letras distintas entre os níveis de gesso indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

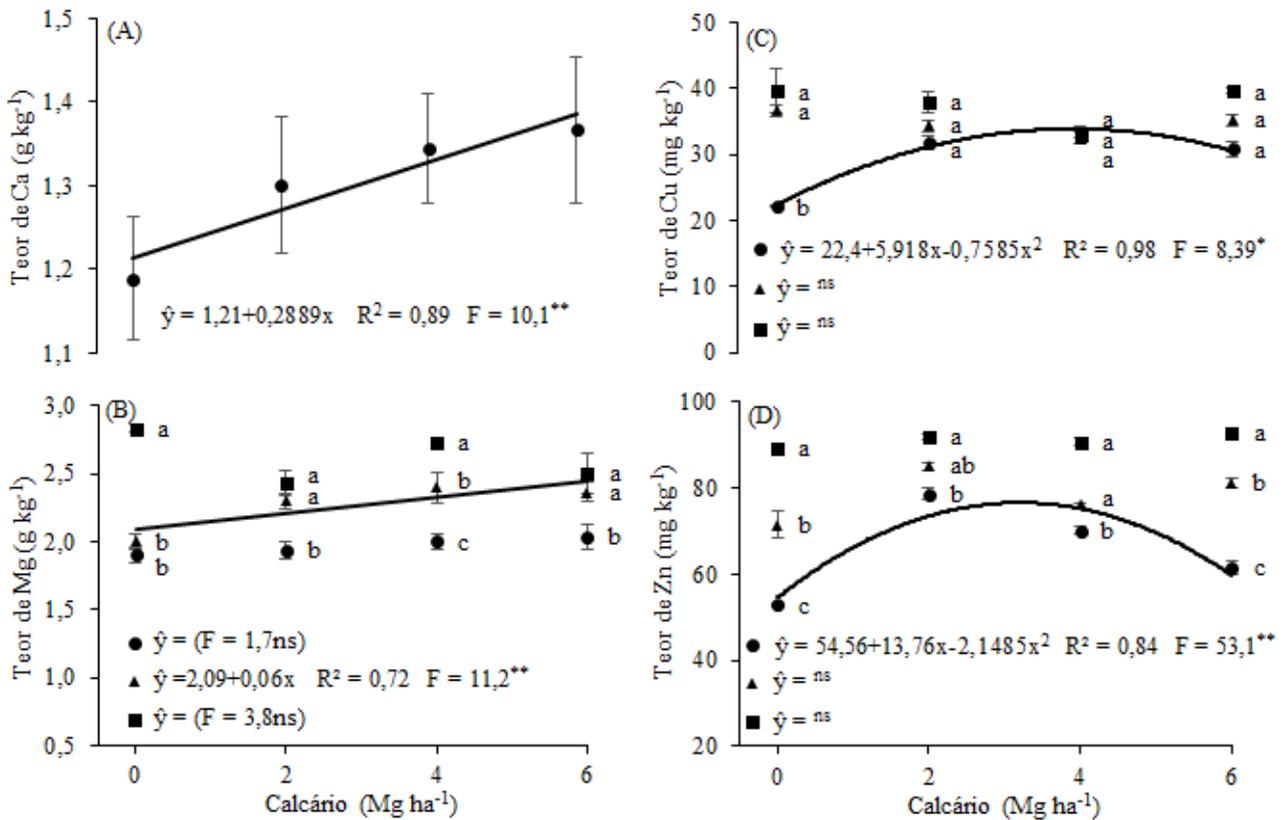


Figura 3. (A) teor foliar de Ca em função de doses de calcário; (B) teor foliar de Mg, (C) Cu e (D) Zn em função de doses de calcário e (●) 0, (▲) 2,3 e (■) 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso no milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis* em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014. Médias seguidas por letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) para os níveis de gesso. \*\*, \*, ns:  $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,05$  e não significativo, respectivamente.

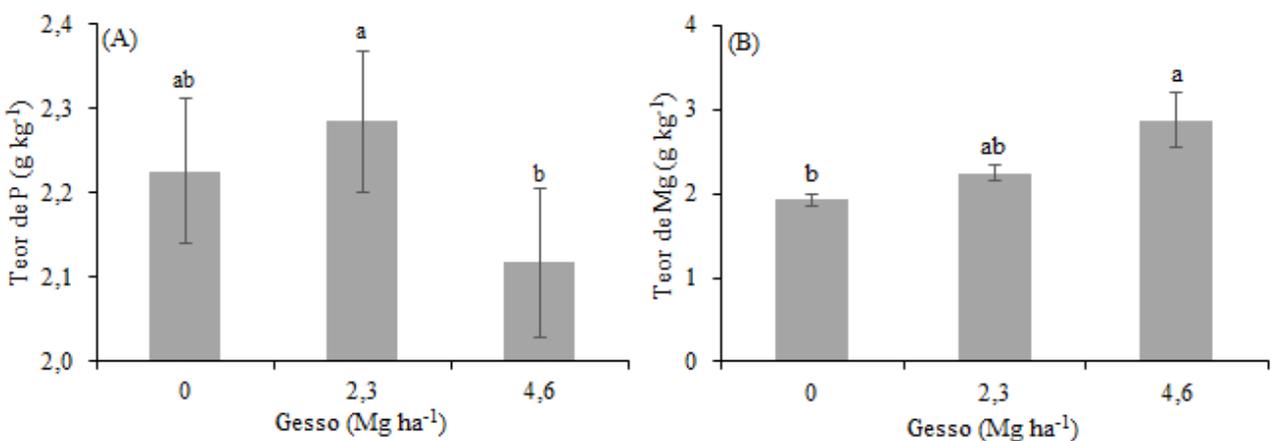


Figura 4. (A) Teor foliar de fósforo e de (B) magnésio em função de níveis de gesso no milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum* em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014. Letras distintas entre os níveis de gesso indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

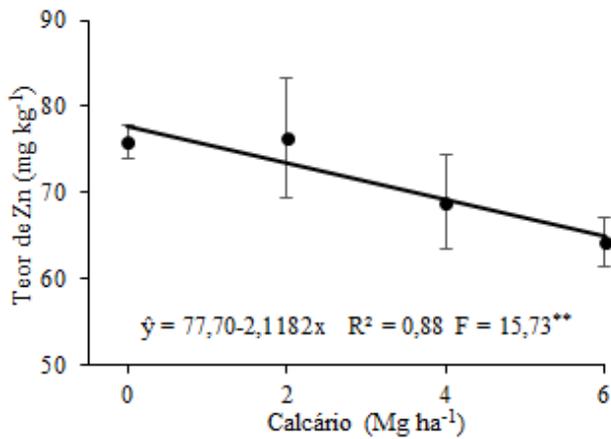


Figura 5. Teor foliar de zinco em função de doses de calcário no milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum* em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014. \*\*:  $P \leq 0,01$ .

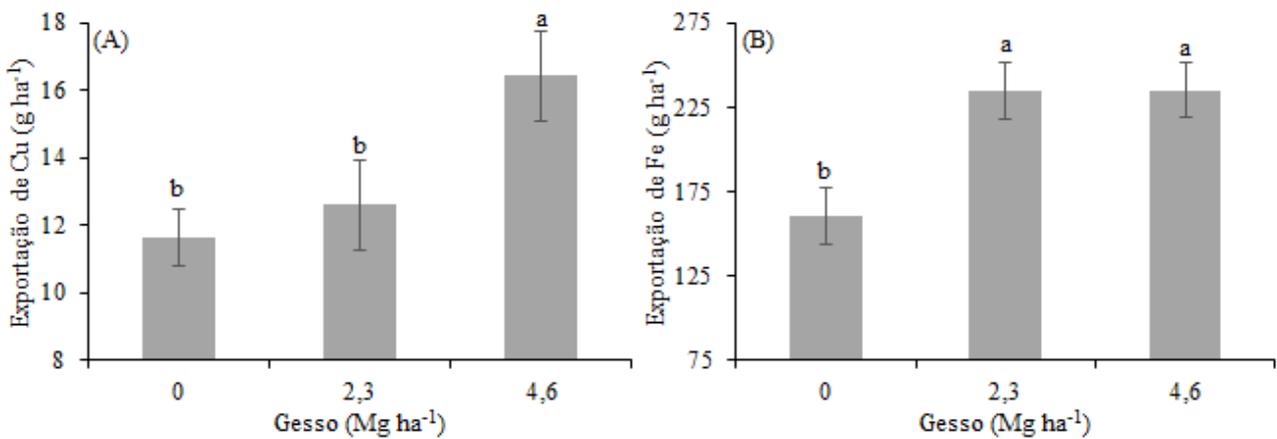


Figura 6. (A) Exportação de cobre e (B) de ferro pelos grãos de milho em função de doses de gesso no cultivo sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis* em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014. Letras distintas entre os níveis de gesso indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

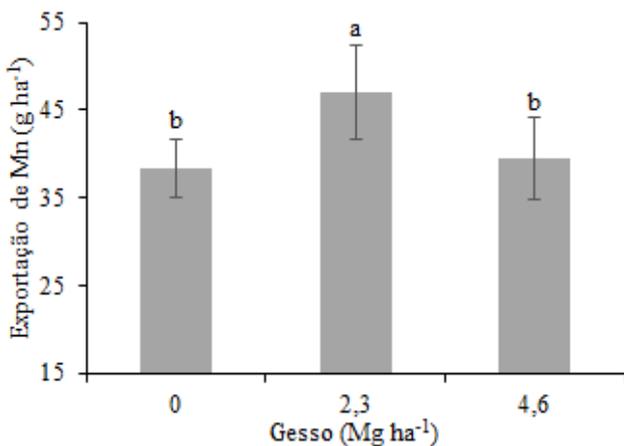


Figura 7. Exportação de manganês pelos grãos de milho em função de doses de gesso no cultivo sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis* em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola

2013/2014. Letras distintas entre os níveis de gesso indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

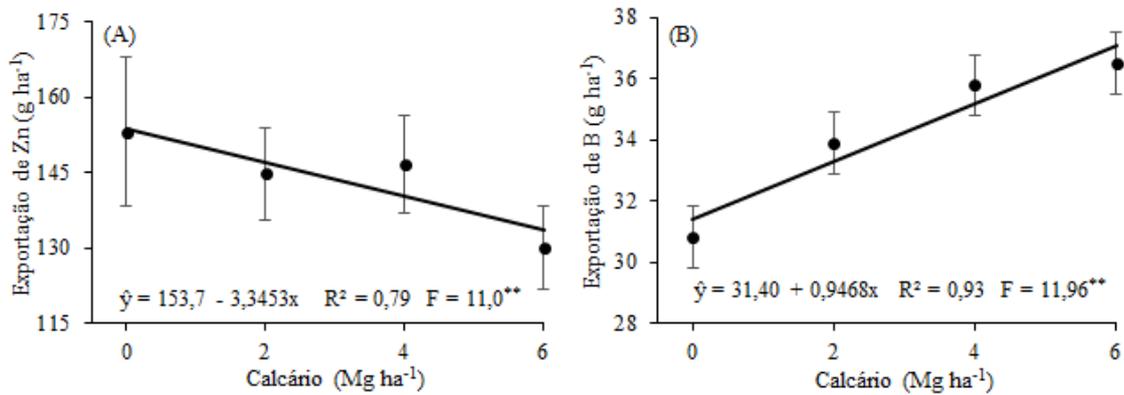


Figura 8. (A) Exportação de zinco e (b) de boro pelos grãos de milho em função de doses de calcário no cultivo sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis* em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014. \*\*:  $P \leq 0,01$ .

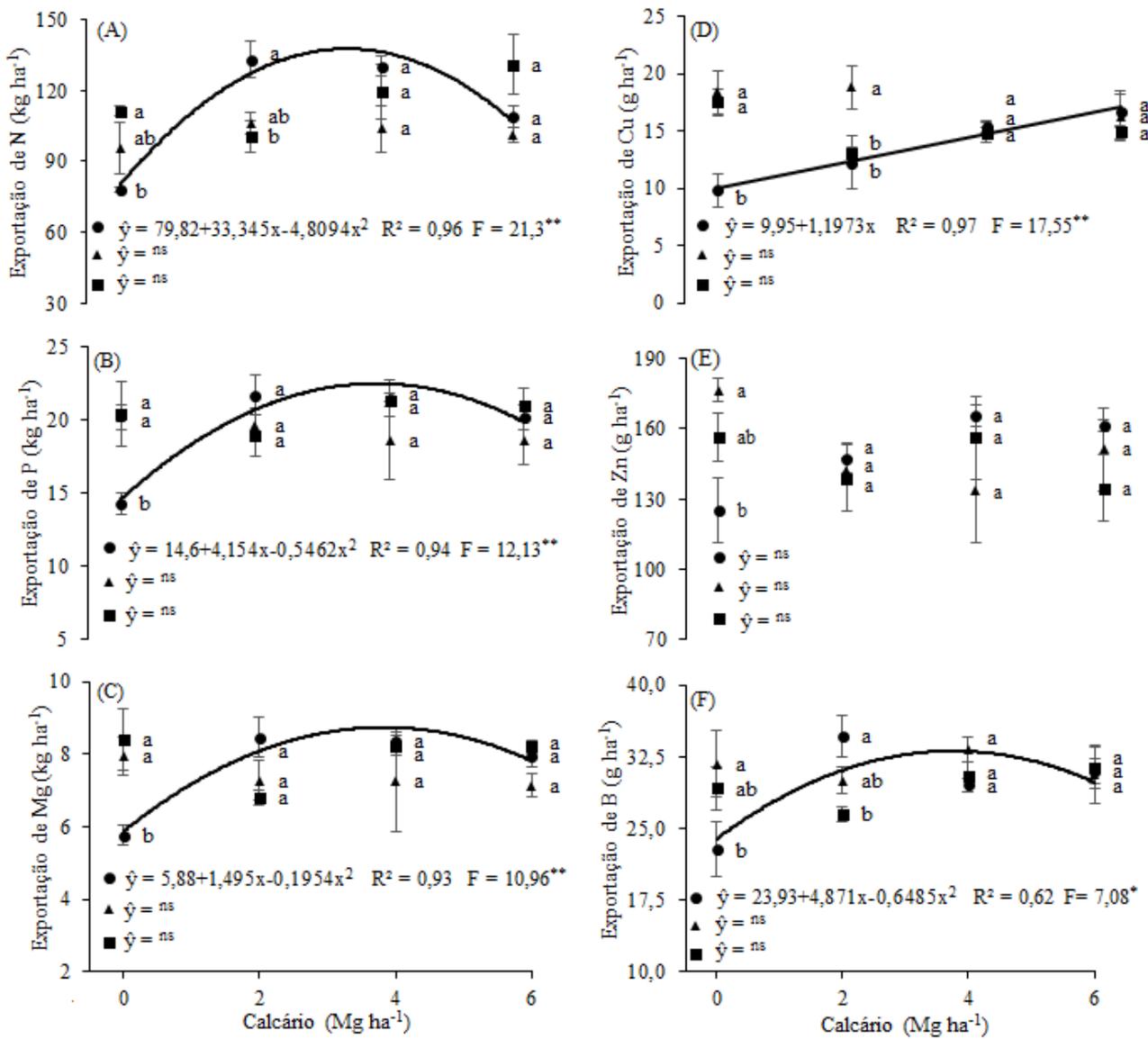


Figura 9. (A) Exportação de N, (B) P, (C) Mg, (D) Cu, (E) Zn e (F) B em função de doses de calcário e (●) 0, (▲) 2,3 e (■) 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso no milho cultivado sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum* em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014. Médias seguidas por letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05).

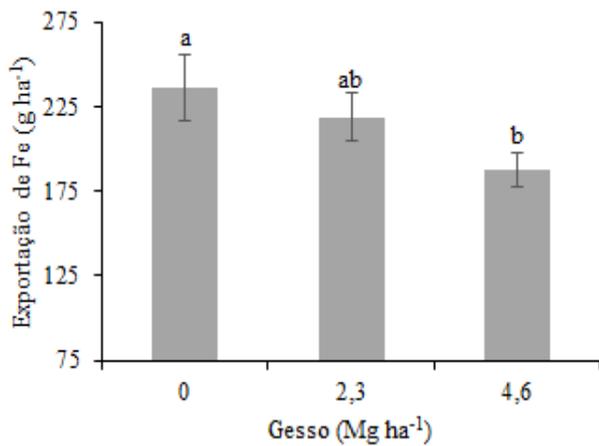


Figura 10. Exportação de manganês pelos grãos de milho em função de doses de gesso no cultivo sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum* em Chapadão do Sul, MS, durante o ano agrícola 2013/2014. Letras distintas entre os níveis de gesso indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

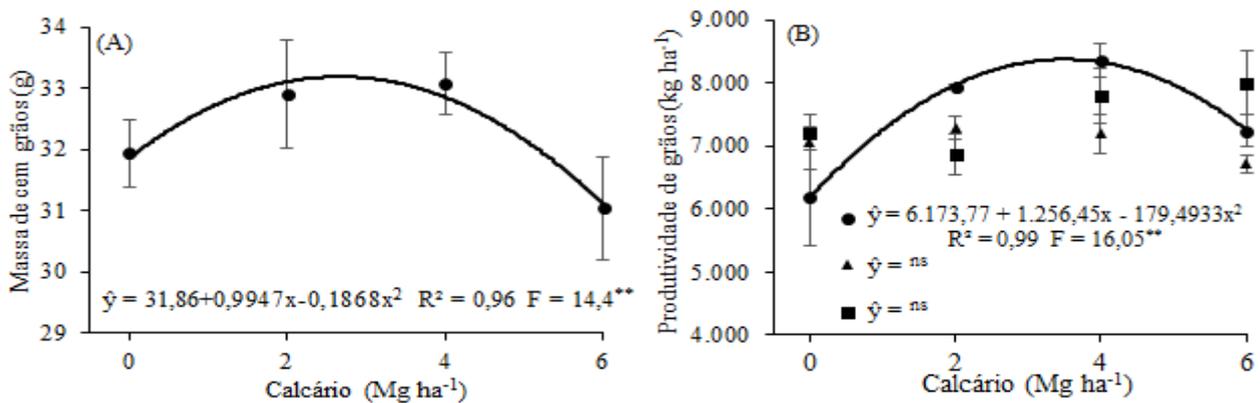


Figura 11. (A) massa de cem grãos em função de doses de calcário; (B) produtividade de grãos em função de doses de calcário e (●) 0, (▲) 2,3 e (■) 4,6  $\text{Mg ha}^{-1}$  de gesso pela cultura do milho no cultivo sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum* em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014. Médias seguidas por letras distintas indicam diferença significativa, pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ) para os níveis de gesso. <sup>ns</sup>: não significativo.

## **CARTA DE APRESENTAÇÃO**

Queremos apresentar um artigo de pesquisa intitulado "Aplicação superficial de gesso e de calcário no estado nutricional, produtividade e qualidade dos grãos de milho sobre culturas de cobertura" para a consideração da Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Confirmamos que este trabalho é original e não foi publicado, nem se encontra sob consideração para publicação por outro veículo de comunicação.

A proposta surgiu a partir da limitação da correção dos atributos químicos do solo com aplicação de calcário a camada superficial em áreas de plantio direto. Uma hipótese foi que os canaliculos formados pela decomposição do sistema radicular das culturas de cobertura auxiliaria na movimentação do calcário a camadas subsuperficiais, conciliado com a aplicação de gesso para contribuir com a movimentação de nutrientes. Ainda com o presente trabalho conseguimos identificar diferentes respostas as doses de calcário e gesso entre duas culturas de cobertura amplamente utilizadas em condições de Cerrado.

Como a proposta possui contribuições significativas nas áreas de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas com o uso de corretivo e condicionador do solo, acreditamos que este manuscrito é adequado para publicação pela Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Obrigado por sua consideração deste manuscrito.

Atenciosamente,

Rafael Ferreira Barreto

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Rod MS 306, Km 105, CEP 79560000, Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil

27 de janeiro de 2016.

1 **CAPÍTULO 2: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS A PRODUÇÃO DE MILHO**  
2 **SOBRE CULTURAS DE COBERTURA EM FUNÇÃO DE GESSO E DE CALCÁRIO<sup>2</sup>**

3 \*Rafael Ferreira Barreto, Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia pela Universidade  
4 Federal de Mato Grosso do Sul, rafael.fb@outlook.com, 6781417254

5 Aguinaldo José Freitas Leal, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Federal de  
6 Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul - MS, aguinaldo.leal@ufms.br

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

10 Marcelo Valentini Arf, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador na Fundação de Apoio à  
11 Pesquisa Agropecuária de Chapadão do Sul, departamento de Fertilidade do Solo e Nutrição de  
12 Plantas, marceloarf@fundacaochapadao.com.br

13 Renato de Mello Prado, Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor na Universidade Estadual  
14 Paulista Júlio de Mesquita Filho, departamento de Solos e Adubos, campus de Jaboticabal - SP,  
15 rmprado@fcav.unesp.br

---

<sup>2</sup> Parte da dissertação de mestrado em agronomia do primeiro autor.

16 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS A PRODUÇÃO DE MILHO SOBRE CULTURAS DE  
17 COBERTURA EM FUNÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO

18 **RESUMO**

19 Plantas de cobertura, doses de calcário e gesso podem alterar os atributos químicos do solo.  
20 Objetivou-se verificar o efeito de doses de calcário e gesso aplicados na superfície do solo em  
21 sistema de semeadura direta, com dois resíduos de culturas de cobertura, sobre os atributos  
22 químicos do solo após a colheita do milho e o impacto na recomendação de fertilizantes, calcário e  
23 de gesso para o cultivo subsequente. Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro com cultivo  
24 de milho sobre os resíduos vegetais de *Urochloa ruziziensis* e o segundo sobre *Pennisetum*  
25 *glaucum*. Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi em blocos  
26 casualizados, em esquema fatorial de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram  
27 constituídas por 3 níveis de gesso agrícola, sendo: controle (sem gesso), recomendado (2,3 Mg ha<sup>-1</sup>)  
28 e o dobro (4,6 Mg ha<sup>-1</sup>) e as subparcelas por 3 doses de calcário (2; 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>), além do controle  
29 (sem calcário), aplicados em superfície sem incorporação. Aos 11 meses após a aplicação do gesso  
30 e do calcário, foram realizadas as amostragens de solo nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m para  
31 determinação do pH, P, K, Ca, Mg, H+Al e cálculo da CTC, V% e m%. A utilização de *U.*  
32 *ruziziensis* como cultura de cobertura do solo antecessora ao milho favorece os efeitos corretivos da  
33 acidez do solo através da calagem superficial. As alterações nos atributos químicos promovidas com  
34 a utilização *U. ruziziensis* ou *P. glaucum* como culturas de cobertura do solo pouco alteram a  
35 recomendação de fertilizantes, calcário e gesso para o cultivo subsequente.

36 **Palavras-chave:** *Zea mays*, braquiária, milheto, semeadura direta.

37 **ABSTRACT**

38 Changes in soil chemical properties due to cover crops, use of gypsum and limestone may require  
39 changes in fertilizer recommendations, lime and gypsum. This study aimed to verify the effect of  
40 gypsum and lime applied on the soil surface in no-tillage system with two residues of cover crops  
41 on soil chemical properties after the corn harvest and the impact on fertilizer recommendation,  
42 limestone and gypsum for subsequent cultivation. Two experiments were conducted, the first with  
43 maize cultivation on cover crop *Urochloa ruziziensis* and the second on *Pennisetum glaucum*. In  
44 both experiments, the experimental design was a randomized block in a factorial split plot, with  
45 four repetitions. The plots consisted of three levels of gypsum, as follows: control (no gypsum),  
46 recommended (2.3 Mg ha<sup>-1</sup>) and double (4.6 Mg ha<sup>-1</sup>) the subplots for three rates of lime (2; 4 and 6  
47 Mg ha<sup>-1</sup>), and control (no lime), on a surface without incorporation. At 11 months after the

48 application of the plaster and lime were conducted soil samples at 0-0.2 and 0.2-0.4 m to determine  
49 pH, P, K, Ca, Mg, H + Al and calculating CTC, V% and m%. The use of *U. ruziziensis* predecessor  
50 as soil cover crop to maize favors the remedial effects of soil acidity through surface liming.  
51 Changes in chemical attributes promoted using *U. ruziziensis* or *P. glaucum* as ground cover crops  
52 slightly alter the recommendation of fertilizers, lime and gypsum for subsequent cultivation.  
53 **Keywords:** *Zea mays*, signalgrass, pearl millet, no-tillage system.

## 54 INTRODUÇÃO

55 O crescente aumento da demanda mundial de milho, tanto para consumo humano quanto  
56 animal e atualmente para produzir energia a partir de biomassa seca, torna necessária a busca por  
57 aumento de produtividade desse cereal (Vogel et al. 2016). No Brasil, a produtividade média do  
58 milho é muito a baixo do seu potencial produtivo e práticas de manejo precisam ser adotadas para  
59 contornar esse problema. Bem como para mitigar os estresses provocados pelas condições  
60 climáticas, principalmente quanto a irregularidade de chuvas (Cairns et al. 2012).

61 Mesmo com os benefícios do Sistema de Semeadura Direta (SSD), entre esses a ciclagem de  
62 nutrientes (Pacheco et al. 2013) e aumento da eficiência do uso da água pela cultura do milho (Silva  
63 et al. 2015), Pittelkow et al. (2015) identificaram que o SSD resultou em queda na produção quando  
64 o milho foi cultivado em regiões tropicais, em comparação com o sistema convencional, e que o  
65 aumento de produção ocorre em regiões onde a água é o fator limitante. Cenário esse atual de  
66 grande parte da produção de milho no Brasil, onde o cultivo se concentra com maior área na  
67 segunda safra (Conab, 2015), com menor probabilidade de precipitação.

68 Uma das dificuldades no SSD tem sido a manutenção da cobertura do solo devido à alta taxa de  
69 decomposição dos resíduos vegetais (Torres et al. 2008). Sobre esse aspecto, Veronese et al. (2012)  
70 indicam que as gramíneas como a *Urochloa ruziziensis* e o *Pennisetum glaucum* apresentam  
71 elevada produção de biomassa seca e maior tempo de permanência sobre o solo, sendo boas opções  
72 de culturas de cobertura.

73 Porém, as diferenças na composição química, tempo de decomposição e produção de  
74 compostos orgânicos das culturas de cobertura (Costa et al. 2015; Santos et al. 2014) podem  
75 modificar os atributos químicos do solo, a disponibilidade dos nutrientes e influenciar na  
76 produtividade da cultura subsequente (Torres et al. 2015).

77 Para aumentar a disponibilidade dos nutrientes, é comum a aplicação de calcário sem

78 incorporação no SSD (Fageria e Baligar, 2008), condição essa que dificulta a correção do solo em  
79 camadas subsuperficiais (Leal et al. 2008). Nesse sentido, a aplicação de gesso poderia minimizar  
80 esse problema, contribuindo para a movimentação de bases para camadas subsuperficiais,  
81 melhorando o ambiente radicular (Ramos et al. 2006) e possibilitando maior tolerância da planta a  
82 ocorrência de deficiência hídrica (Pauletti et al. 2014).

83 Dessa forma, faltam pesquisas que avaliem a interação entre níveis de gessagem e doses de  
84 calcário em SSD com diferentes plantas de cobertura, pois existe a hipótese de que as alterações nos  
85 atributos químicos do solo nessas condições possa requerer modificações nas recomendações de  
86 fertilizantes, calcário e de gesso para o próximo cultivo.

87 Objetivou-se verificar o efeito do gesso e do calcário aplicados na superfície do solo em SSD,  
88 com dois resíduos de plantas de cobertura, sobre os atributos químicos do solo após a colheita do  
89 milho e o impacto na recomendação de fertilizantes, calcário e de gesso do cultivo subsequente.

## 90 MATERIAL E MÉTODOS

### 91 Descrição do local e do solo

92 Dois experimentos foram conduzidos no centro de pesquisas da Fundação de Apoio à  
93 Pesquisa Agropecuária de Chapadão, localizada no município de Chapadão do Sul, MS (18°41'33"  
94 S, 52°40'45" W e altitude de 810 m). O clima da região é tropical, do tipo Aw pela classificação de  
95 Köppen. As estações são bem definidas, com período seco concentrado de maio a setembro  
96 (outono/inverno) e as precipitações de outubro a abril (primavera/verão). A precipitação  
97 pluviométrica e temperatura média anual na região é de 1.850 mm e 22,7 °C, respectivamente. Os  
98 dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram registrados durante a condução dos  
99 experimentos (Figura 1).

100 O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa 2013), constituído de 46  
101 % de argila, 51,5 % de areia e 2,5 % de silte na camada de 0,2 – 0,4 m, determinados por meio do  
102 método do densímetro (Embrapa 1997). A análise química do solo antes da instalação do  
103 experimento (Quadro 1) revelou na camada de 0,0 – 0,2 m de profundidade pH, Mg, m% e B  
104 baixos; S, CTC e V% médios; Ca e MO adequados; K, P, Cu, Mn e Zn altos. Na camada de 0,2 –  
105 0,4 m, o pH, Mg, P, MO e CTC estavam baixos; Ca adequado e K e S altos (Sousa e Lobato, 2004).

106 A área dos experimentos estava em SSD por 5 anos. Recebendo aplicação de calcário para  
107 elevar a saturação de bases a 50% e gesso, na implantação do SSD segundo recomendação para a

108 região (Sousa e Lobato, 2004). Esses foram incorporados com grade intermediária. Posteriormente,  
109 em 2009/2010 iniciou-se o SSD com soja na primeira safra, milho na segunda safra e *U. ruziziensis*  
110 na entre-safra. No ano agrícola 2010/2011 utilizou-se a mesma sequência de cultivos. No ano  
111 agrícola 2011/2012 foi cultivado o algodoeiro e após sua colheita, realizou-se nova aplicação de  
112 calcário e gesso, sem incorporação. Enquanto em 2012/2013 foi cultivado o feijão na primeira safra  
113 e milho na segunda safra. Em 2013/2014 o presente experimento foi implantado, com aplicação em  
114 outubro de 2013 de gesso e de doses de calcário, sem incorporação.

### 115 **Condições de estudo e delineamento experimental**

116 O método utilizado para o cálculo da necessidade de calagem foi o da elevação da saturação  
117 por bases (Raij et al. 1996), com o objetivo de obter os valor de saturação por bases de 33,5; 56,4;  
118 79,3 e 102,2 %, correspondendo a 0, 2, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, respectivamente, que  
119 apresentava 32% de CaO, 17% de MgO, PRNT de 95% PN de 98 %.

$$120 \quad \text{N. C. (Mg ha}^{-1}\text{)} = \frac{V2 - V1}{\text{PRNT}} \cdot \text{CTC}$$

121 Em que:

122 N.C. = Necessidade de calcário

123 V2 = Saturação por bases desejada

124 V1 = SB/CTC x 100 = Saturação por bases atual

125 CTC = (SB + H + Al) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

126 SB = (Ca + Mg + K) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

127 A necessidade de gesso foi determinada através da % de argila do solo (Sousa e Lobato,  
128 2004), sendo a dose de gesso (D.G) recomendada de 2,3 Mg ha<sup>-1</sup>, utilizando-se gesso agrícola com  
129 18% CaO e 15% de S.

$$130 \quad \text{D. G. (kg ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{argila (\%)}$$

131 A semeadura das culturas de cobertura foi realizada no dia 16/10/2013, com 5 e 15 kg ha<sup>-1</sup> de  
132 sementes de *U. ruziziensis* e *P. glaucum* (cv ADR 300), respectivamente, utilizando semeadora de  
133 discos desencontrados e espaçamento de 0,17 m entre-linhas. Essas permaneceram em  
134 desenvolvimento até o dia 30/01/2014, quando foram manejadas com auxílio de um triturador  
135 horizontal de resíduos vegetais (Triton), e no dia 17/02/2014 foram dessecadas com Roundup WG®  
136 (1,98 kg ha<sup>-1</sup> do i.a.) e Aurora® (20g ha<sup>-1</sup> do i.a.).

137 Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi em blocos  
138 casualizados, em esquema fatorial (3x4) de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas  
139 foram constituídas por 3 quantidades de gesso agrícola, sendo: controle (sem gesso), recomendado  
140 (2,3 Mg ha<sup>-1</sup>) e o dobro (4,6 Mg ha<sup>-1</sup>), e as subparcelas por 3 doses de calcário (2, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>),  
141 além do controle (sem calcário). As parcelas apresentavam 3,15 x 22 m e as subparcelas, 3,15 x 5,5  
142 m. Como área útil das subparcelas, foram consideradas as 3 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m  
143 de suas extremidades.

144 A semeadura do milho BG7061 HX foi realizada no dia 03 de março de 2014 sobre os  
145 resíduos das culturas de cobertura *U. ruziziensis* e *P. glaucum*, com 10,7 e 9,42 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria  
146 seca, caracterizando os experimentos 1 e 2, respectivamente. Para essa operação, utilizou-se  
147 semeadora-adubadora com disco de corte frontal e sistema de distribuição de adubo do tipo haste,  
148 com espaçamento de 0,45 m entre-linhas e densidade de semeadura de 3 sementes por metro. A  
149 adubação de semeadura (330 kg ha<sup>-1</sup> de 06-24-14) foi realizada com base na análise de solo (Quadro  
150 1) e de acordo com a exigência da cultura na região do cerrado (Sousa e Lobato, 2004). Em pré-  
151 semeadura, foram aplicados 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e quando a cultura do milho encontrava-se com 4  
152 folhas completamente expandidas, no estágio V4, foram aplicados 112,5 kg ha de N, tendo como  
153 fonte a ureia.

154 Por meio de um experimento anterior (dados ainda não publicados) verificou-se que não  
155 houve diferença na produtividade de grãos do milho no cultivo sobre a *U. ruziziensis* em função dos  
156 níveis de gesso e das doses de calcário (produtividade média de 7.281 kg ha<sup>-1</sup>). Porém, no cultivo do  
157 milho sobre o *P. glaucum*, na ausência de gesso e na dose de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, foi obtida a  
158 maior produtividade de grãos de milho (8.372 kg ha<sup>-1</sup>).

### 159 **Avaliações**

160 As amostragens de solo foram realizadas após a colheita do milho, 11 meses após a aplicação  
161 de calcário e gesso (Figura 1). Por meio de 5 amostras simples retiradas das entrelinhas e na área  
162 útil de cada subparcela, que constituiu uma amostra composta, respectivamente das camadas de 0-  
163 0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. As amostras compostas foram secas ao ar e peneiradas (malha de 2  
164 mm). Posteriormente, foram submetidas à análise para determinação do pH (0,01 mol L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub>), P,  
165 K, Ca, Mg, Al, H+Al e cálculo da CTC, V% e m% conforme metodologia proposta por Raij e  
166 Quaggio (1983). Para a análise de S, as amostras compostas foram peneiradas (Malha de 1 mm) e  
167 determinadas segundo Vitti (1988).

168 **Análise estatística**

169 Os dados foram submetidos a análise de variância, seguido da comparação das médias dos  
170 níveis de gesso pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), e análise de regressão polinomial para as doses de  
171 calcário, utilizando-se o software Sisvar (Ferreira 2011).

172 **RESULTADOS**

173 **Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,2 m de profundidade após o cultivo de milho**  
174 **sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis***

175 As quantidades de gesso não modificaram o pH do solo, porém esse aumentou em função  
176 das doses de calcário (Figura 2A). Comportamento semelhante ocorreu para a CTC, onde o maior  
177 valor ( $8,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) foi obtido com a dose de  $3,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário (Figura 2H). Os níveis de  
178 gesso e as doses de calcário não modificaram o  $\text{H} + \text{Al}$  (Figura 2G).

179 Na ausência de gesso, o teor de P não foi modificado em função das doses de calcário. Na  
180 quantidade recomendada de gesso, o teor de P aumentou até a dose de  $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário,  
181 assim como, quando do excesso de gesso, o teor desse nutriente aumentou em função das doses de  
182 calcário. Nesse mesmo nível de gesso, ocorreram os maiores teores de P, porém sem diferença dos  
183 teores obtidos na quantidade recomendada gesso, na ausência e com  $4 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário (Figura  
184 2B).

185 Em todas as quantidades de gesso, o teor de K diminuiu em função das doses de calcário,  
186 sendo que na ausência de calcário, o maior teor de K ocorreu quando não houve aplicação de gesso.  
187 Na dose de  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário, os níveis de gesso não influenciaram os teores de K e quando da  
188 aplicação de  $4 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário e na quantidade recomendada de gesso, obteve-se o maior teor de  
189 K. Na dose de  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário, o maior teor de K foi obtido com  $2,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso, porém  
190 sem diferença do teor obtido com excesso gesso (Figura 2C).

191 Os teores de Ca e de Mg aumentaram até as doses de 4 e  $3,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário,  
192 respectivamente, na ausência de gesso. Na quantidade recomendada de gesso, houve aumento dos  
193 teores de Ca e de Mg em função das doses de calcário, e no excesso de gesso, não houve diferença  
194 nos teores desses nutrientes (Figura 2D e 2E). O maior teor de Ca ocorreu quando houve aplicação  
195 de gesso em excesso, na dose de  $4 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário (Figura 2D). Enquanto o maior teor de Mg  
196 foi verificado com  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário, no nível recomendado de gesso, sem diferença do teor  
197 obtido com o excesso de gesso (Figura 2E).

198 Mesmo com o aumento dos teores de S em função das doses de calcário, na ausência de  
199 gesso, os valores foram menores, quando comparados aos teores obtidos na quantidade  
200 recomendada e no excesso de gesso (Figura 2F). As doses de calcário não modificaram os teores de  
201 S na quantidade recomendada de gesso. Porém, quando o gesso foi aplicado em excesso, houve  
202 aumento do teor de S até a dose de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário. Nesse mesmo nível de gesso, foram  
203 obtidos os maiores teores de S, porém sem diferença do teor verificado nas doses de 2 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>  
204 de calcário, na quantidade recomendada de gesso (Figura 2F).

205 A saturação por bases aumentou em função das doses de calcário somente na quantidade  
206 recomendada de gesso. Na ausência de calcário, com a quantidade recomendada e com o excesso de  
207 gesso, obteve-se a maior saturação por bases nessa camada. Nas doses de 2 e 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário,  
208 os níveis de gesso não influenciaram a saturação por bases, e com 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, o maior  
209 valor ocorreu na dose recomendada de gesso (Figura 2I).

210 A saturação por alumínio diminuiu em função das doses de calcário somente na ausência de  
211 gesso. Na ausência de calcário, a maior saturação por alumínio foi verificada na ausência de gesso,  
212 e nas demais doses de calcário os níveis de gesso não alteraram a saturação por alumínio (Figura  
213 2J).

#### 214 **Atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m de profundidade após o cultivo de milho** 215 **sobre os resíduos vegetais de *U. ruziziensis***

216 As quantidades de gesso não alteraram o pH do solo, porém houve aumento desse até a dose  
217 de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, a qual propiciou maior valor de pH (4,36) (Figura 3A).

218 Não houve alteração no teor de P em função das doses de calcário. Contudo, na ausência de  
219 calcário, o maior teor de P foi obtido no excesso de gesso, assim como na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de  
220 calcário, porém sem diferença da quantidade recomendada de gesso. Com 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, o  
221 teor de P foi maior na ausência e no excesso de gesso, e na dose de 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, obteve-se  
222 o maior teor de P na condição de excesso de gesso (Figura 3B).

223 O teor de K diminuiu em função das doses de calcário na ausência e no excesso de gesso. Na  
224 quantidade recomendada, o teor de K aumentou até a dose de 3,4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário. No entanto,  
225 os maiores teores foram verificados na ausência de calcário, na ausência e com excesso de gesso  
226 (Figura 3C).

227 O teor de Ca aumentou até a dose de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário somente na ausência de gesso.  
228 Na ausência de calcário, o maior teor de Ca foi verificado com o excesso de gesso, sem diferença da  
229 quantidade recomendada. Nas doses de 2 e 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, não houve diferença com os níveis  
230 de gesso, e na dose de 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, os maiores teores de Ca ocorreram com a quantidade  
231 recomendada e com o excesso de gesso (Figura 3D).

232 Na ausência de gesso, o teor de Mg aumentou até a dose de 3,1 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, e na  
233 quantidade recomendada, o teor desse nutriente aumentou em função das doses de calcário. No  
234 excesso de gesso, as doses de calcário não influenciaram o teor de Mg. Na ausência de calcário, o  
235 maior teor de Mg foi obtido com o excesso de gesso. Nas doses de 2 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, não  
236 houve diferença com os níveis de gesso para o teor desse nutriente, e com 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, o  
237 maior teor de Mg ocorreu com o excesso, sem diferença da ausência de gesso (Figura 3E).

238 Na quantidade recomendada de gesso, o teor de S diminuiu em função das doses de calcário.  
239 Na ausência e no excesso de gesso, não houve diferença do teor de S em função das doses de  
240 calcário. Os maiores teores de S foram obtidos com o excesso de gesso em todas as doses de  
241 calcário, com exceção para a dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, onde o teor de S obtido com excesso de  
242 gesso não teve diferença do teor com a dose recomendada (Figura 3F).

243 As quantidades de gesso e as doses de calcário não modificaram o H + Al (Figura 3G) e a  
244 CTC (Figura 3H). Na ausência de gesso, a saturação por bases aumentou até a dose de 2,9 Mg ha<sup>-1</sup>  
245 de calcário. Na quantidade recomendada de gesso, a saturação por bases aumentou em função das  
246 doses de calcário e no excesso de gesso, não houve diferença da saturação por bases em função das  
247 doses de calcário. Nesse mesmo nível de gesso, na ausência e com 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, foram  
248 obtidos os maiores valores de saturação por bases, e nas doses de 2 e 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, as  
249 quantidades de gesso não alteraram a saturação por bases (Figura 3I).

250 Na ausência e com a quantidade recomendada de gesso, a saturação por alumínio diminuiu em  
251 função das doses de calcário. No excesso de gesso, houve aumento da saturação por alumínio em  
252 função das doses de calcário. Contudo, a maior saturação por alumínio ocorreu na ausência de gesso  
253 e de calcário (Figura 3J).

#### 254 **Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,2 m de profundidade após o cultivo de milho** 255 **sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum***

256 Não houve diferença do pH do solo em função das doses de calcário e do gesso (Figura 4A).  
257 No excesso de gesso, o teor de P aumentou em função das doses de calcário, e nos demais níveis de

258 gesso, as doses de calcário não influenciaram o teor desse nutriente. Na ausência de calcário, o  
259 maior teor de P foi obtido com a ausência de gesso, sem diferença da quantidade recomendada. Na  
260 dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, não houve diferença do teor de P com os níveis de gesso. Na dose de  
261 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, o maior teor de P ocorreu na ausência de gesso, sem diferença da quantidade  
262 recomendada. Com 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, o maior teor de P foi obtido com o excesso de gesso  
263 (Figura 4B).

264 Na ausência de gesso, o teor de K diminuiu em função das doses de calcário. Com a  
265 quantidade recomendada de gesso, o teor de K aumentou até a dose de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário. No  
266 excesso de gesso, não houve diferença no teor desse nutriente em função das doses de calcário. Na  
267 ausência de calcário, o maior teor de K foi obtido com a ausência de gesso. Na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de  
268 calcário, não houve diferença do teor de K com os níveis de gesso. Na dose de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de  
269 calcário, o maior teor de K ocorreu na quantidade recomendada, sem diferença da ausência de  
270 gesso. Com 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, o maior teor de K foi obtido com o excesso, sem diferença da  
271 ausência de gesso (Figura 4C).

272 Na ausência de gesso, não houve diferença do teor de Mg em função das doses de calcário. Na  
273 quantidade recomendada e no excesso de gesso, houve aumento do teor de Mg até as doses de 3,2 e  
274 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, respectivamente. Na ausência e nas doses de 4 e de 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, o  
275 teor de Mg não foi influenciado pelos níveis de gesso. Na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, obteve-se o  
276 maior teor de Mg com a quantidade recomendada, sem diferença do excesso de gesso (Figura 4D).

277 O teor de S aumentou até a dose de 3,7 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, somente na ausência de gesso.  
278 Contudo, os maiores teores de S foram obtidos com o excesso de gesso, sem diferença do teor  
279 verificado com a quantidade recomendada na ausência de calcário (Figura 4E).

280 O H + Al aumentou em função das doses de calcário, somente na ausência de gesso. Na  
281 ausência de calcário, o menor teor de H + Al ocorreu na ausência de gesso, assim como as doses de  
282 2 e 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, porém, sem diferença da quantidade recomendada de gesso e na dose de 6  
283 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, os níveis de gesso não influenciaram os teores de H + Al (Figura 4F).

284 A saturação por bases aumentou até dose de 3,0 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, apenas na quantidade  
285 recomendada de gesso. Na ausência de calcário, a maior saturação por bases ocorreu na ausência de  
286 gesso. Na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, a maior saturação por bases foi verificada na quantidade  
287 recomendada, sem diferença do teor obtido com a ausência de gesso. Na dose de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de

288 calcário, verificou-se a maior saturação por bases na ausência de gesso, sem diferença da saturação  
289 por bases na quantidade recomendada. Com 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, não houve diferença na  
290 saturação por bases com os níveis de gesso (Figura 4G).

291 Na ausência de gesso, a saturação por alumínio diminuiu a partir da dose de 2,1 Mg ha<sup>-1</sup> de  
292 calcário, e com a quantidade recomendada de gesso, a saturação por alumínio diminuiu em função  
293 das doses de calcário. No excesso de gesso, a saturação por alumínio não foi modificada em função  
294 das doses de calcário. Na ausência de calcário, a menor saturação por alumínio ocorreu com o  
295 excesso de gesso. Nas doses de 2 e de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, a menor saturação por alumínio  
296 ocorreu com o excesso, sem diferença da quantidade recomendada de gesso, e na dose de 6 Mg ha<sup>-1</sup>  
297 de calcário, as quantidades de gesso não influenciaram a saturação por alumínio (Figura 4H).

298 O teor de Ca e a CTC não foram influenciados pelas doses de calcário. Contudo, no excesso  
299 de gesso ocorreu aumento no teor de Ca (Figura 4I) e na quantidade recomendada e no excesso de  
300 gesso obteve-se aumento da CTC (Figura 4J).

#### 301 **Atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m de profundidade após o cultivo de milho** 302 **sobre os resíduos vegetais de *P. glaucum***

303 As doses de calcário e o gesso não alteraram o pH do solo (Figura 5A), o teor de K (Figura  
304 5C), o H + Al (Figura 5G) e a CTC (Figura 5H). Somente no excesso de gesso, o teor de P  
305 aumentou até a dose de 2,8 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário. Na ausência de gesso, foram obtidos os maiores  
306 teores de P em todas as doses de calcário, com exceção na dose de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, onde os  
307 teores de P foram maiores na ausência e no excesso de gesso (Figura 5B).

308 Na ausência de gesso, não houve diferença do teor de K em função das doses de calcário. Na  
309 quantidade recomendada de gesso, o teor de Ca diminuiu em função das doses de calcário e no  
310 excesso de gesso, houve aumento do teor de Ca até a dose de 2,1 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário. Na ausência e  
311 na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, os maiores teores de Ca foram obtidos no excesso de gesso, sem  
312 diferença da quantidade recomendada. Nas doses de 4 e de 6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, não houve  
313 diferença do teor de Ca com os níveis de gesso (Figura 5D).

314 O maior teor de Mg (1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) foi obtido na dose de 2,9 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, somente  
315 no excesso de gesso. Nesse mesmo nível de gesso, verificou-se os maiores teores de Mg em todas  
316 as doses de calcário (Figura 5E).

317 Não houve diferença do teor de S em função das doses de calcário. Porém, a quantidade  
318 recomendada e o excesso de gesso aumentam o teor de S em todas as doses de calcário, com  
319 exceção na dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, onde o teor obtido com a quantidade recomendada não  
320 teve diferença da ausência de gesso (Figura 5F).

321 A maior saturação por bases (32,9%) foi obtida com a dose de 2,3 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário apenas  
322 no excesso de gesso. Nesse mesmo nível de gesso, na ausência e com 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, foram  
323 obtidos os maiores valores de saturação por bases. Na dose de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, a maior  
324 saturação por bases ocorreu no excesso, sem diferença da ausência de gesso. Com 6 Mg ha<sup>-1</sup> de  
325 calcário, não houve diferença com os níveis de gesso para a saturação por bases (Figura 5I).

326 Não houve diferença na saturação por alumínio em função das doses de calcário. Contudo, os  
327 menores valores de saturação por alumínio ocorreram com o excesso de gesso, e na dose de 2 Mg  
328 ha<sup>-1</sup> de calcário, não houve diferença entre o excesso e a quantidade recomendada de gesso (Figura  
329 5J).

## 330 DISCUSSÃO

331 Independente da cultura de cobertura, dos níveis de gesso e das doses de calcário, o pH do  
332 solo foi classificado como baixo (Figura 2A, 3A, 4A e 5A) (Sousa e Lobato, 2004), provavelmente  
333 pela baixa mobilidade do calcário no solo (Caires et al. 2008b).

334 No entanto, a modificação do pH com as doses de calcário na área cultivada sobre resíduos  
335 vegetais da *U. ruziziensis*, nas camadas de 0-0,2 (Figura 2A) e 0,2-0,4 m de profundidade (Figura  
336 3A), sugere que o sistema radicular dessa cultura de cobertura tenha favorecido a correção do solo  
337 em profundidade. Como suas raízes apresentam alto desenvolvimento, após a decomposição, os  
338 canais formados podem ter favorecido a movimentação física do calcário para a camada  
339 subsuperficial. Além disso, tal comportamento foi beneficiado pela época da aplicação do calcário,  
340 realizada no início do período chuvoso (Figura 1). Pois Amaral et al. (2004) verificaram que, apesar  
341 da baixa solubilidade do calcário, as partículas mais finas se deslocam em profundidade  
342 acompanhadas pela água por meio dos canalículos formados no solo.

343 Dessa forma, além do aumento do pH na área cultivada sobre resíduos vegetais da *U.*  
344 *ruziziensis* com calcário, houve aumento nos teores de Ca e Mg (Figura 2D e 2E, respectivamente),  
345 os quais esse corretivo é constituído. Assim, o Mg mudou de um teor baixo para adequado (Sousa e  
346 Lobato, 2004) e em consequência ocorreu aumento da CTC (Figura 2H) e diminuição da saturação

347 por alumínio (Figura 2J). Na camada de 0,2-0,4 m de profundidade, o comportamento desses  
348 atributos químicos também ocorreu de forma semelhante (Figura 3A, 3D, 3E e 3J), com exceção  
349 para a CTC (Figura 3H).

350 Em contrapartida, de maneira geral a influência do gesso sobre os teores de K, Ca e Mg no  
351 solo foi semelhante para os cultivos sobre ambas as culturas de cobertura. Pois como esse  
352 condicionador do solo é constituído de Ca e  $\text{SO}_4^{2+}$ , sua aplicação em superfície resulta na  
353 associação do sulfato com K, que é deslocado para a subsuperfície (Figura 2C e 4C), onde o K é  
354 liberado. Além do aumento no teor de Ca (Figura 3D e 5D) e o fato do sulfato se associar ao  
355 alumínio, diminuindo a saturação desse elemento (Figura 4J e 7J) (Santos et al. 2010).

356 Nos presentes experimentos, ficou evidente que na ausência de calcário, o gesso lixiviou  
357 grande quantidade de K da camada de 0,0-0,2 m (Figura 2C e 4C), e que a diminuição do teor de K  
358 em função das doses de calcário pode ter ocorrido pelo aumento do teor de Ca (Figura 2D) e de Mg  
359 (Figura 4D), pois Jalali et al. (2008) irrigaram culturas com água contendo grande quantidade de Ca  
360 e Mg, o que resultou em lixiviação de K do solo. Nesse sentido, Jalali et al. (2009) obtiveram taxa  
361 semelhante de lixiviação de K em solo que recebeu gesso ou cloreto de cálcio. Isso ocorre porque  
362 esses elementos competem pelos mesmos sítios de ligação com K.

363 O aumento no teor de S no solo com a aplicação do gesso nos cultivos sobre ambas as  
364 culturas de cobertura e profundidades amostradas (Figura 2F, 3F, 4E e 5F) deve-se a grande  
365 quantidade nesse nutriente contido no gesso.

366 Contudo, a classificação dos teores dos nutrientes não mudou nos cultivos entre a *U.*  
367 *ruziziensis* e o *P. glaucum* (Sousa e Lobato, 2004). Isso implica que não haveria grandes mudanças  
368 na recomendação de adubação para o próximo cultivo. Porém, em condições de aplicação de  
369 excesso de gesso e aplicação de calcário, o teor de P na camada de 0-0,2 m de profundidade foi  
370 alterado de médio e adequado para alto, no cultivo sobre os resíduos de *U. ruziziensis* e *P. glaucum*,  
371 respectivamente (Figura 2B e 4B).

## 372 CONCLUSÕES

373 A utilização da *U. ruziziensis* como cultura de cobertura do solo antecessora ao milho  
374 favorece os efeitos corretivos da acidez do solo através da calagem superficial.

375 As alterações nos atributos químicos promovidas com a utilização *U. ruziziensis* ou *P.*  
376 *glaucum* como culturas de cobertura do solo pouco alteram a recomendação de fertilizantes e  
377 corretivos para o cultivo subsequente.

#### 378 **AGRADECIMENTOS**

379 O primeiro autor agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível  
380 Superior) pela concessão da bolsa de estudos e a Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de  
381 Chapadão do Sul.

#### 382 **REFERÊNCIAS**

- 383 Amaral AS, Anghinoni I, Hinrichs R, Bertoli I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de  
384 um Cambissolo em plantio direto. R Bras Ci Solo. 2004;28:359-367.
- 385 Blum SC, Garbuio FJ, Joris HAW, Caires EF. Assessing available soil sulphur from  
386 phosphogypsum applications in a no-till cropping system. Expl Agric. 2014; 50(4): 516–532.  
387 doi:10.1017/S0014479714000015
- 388 Caires EF, Garbuio FJ, Churka S, Barth G, Correa JCL. Effects of soil acidity amelioration by  
389 surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. Europ J Agronomy.  
390 2008b; 28:57-64. doi:10.1016/j.eja.2007.05.002
- 391 Caires EF, Pereira Filho PRS, Zardo Filho R, Feldhaus IC. Soil acidity and aluminium toxicity as  
392 affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. Soil Use Manage.  
393 2008a;24:302-309.
- 394 Cairns JE, Sonder K, Zaidi PH, Verhulst N, Mahuku G, Babu R, Nair SK, Das B, Govaerts B,  
395 Vinayan MT, Rashid Z, Noor JJ, Devi P, Vicente FS, Prasanna BM. Maize production in a  
396 changing climate: impacts, adaptation, and mitigation strategies. Adv Agron. 2012;114:1-58 doi:  
397 10.1016/B978-0-12-394275-3.00006-7
- 398 Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos [internet]. Brasília, DF: Companhia Nacional  
399 de Abastecimento; 2015 [acesso em 15 nov 2010]. Disponível em:  
400 [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_10\\_42\\_03\\_boletim\\_graos\\_setemb](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf)  
401 [ro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf).

402 Costa NR, Andreotti M, Ulian NA, Costa BS, Pariz CM, Teixeira Filho MCM. Acúmulo de  
403 nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de  
404 semeadura. *Biosci J.* 2015;31:818-829.

405 Demuner-Molina G, Cadena-Zapata M, Campos-Magaña SG., Zermeño-González A, Sánchez-  
406 Pérez FJ. Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. *Tecnol*  
407 *Cienc Agua.* 2014;5:123-130.

408 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.  
409 Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

410 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de  
411 Solos. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2013.

412 Fageria NK, Baligar VC. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable  
413 crop production. *Advances in Agronomy.* 2008;99:345-399.

414 Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc Agrotec.* 2011;35:1039-1042.

415 Jalali M, Merikhpour H, Kaledhonkar MJ, Van Der Zee SEATM. Effects of wastewater irrigation  
416 on soil sodicity and nutrient leaching in calcareous soils. *Agric Water Manag.* 2008;95:143–153.

417 Jalali M, Rowell DL. Potassium leaching in undisturbed soil cores following surface applications of  
418 gypsum. *Environ Geol.* 2009;57:41–48. doi: 10.1007/s00254-008-1280-6

419 Leal AJF, Lazarini E, Rodrigues LR, Muraishi CT, Buzetti S, Mascarenhas HAA. Aplicação de  
420 calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em cerrado. *R Bras Ci*  
421 *Solo.* 2008;32:2771-2777.

422 Pacheco LP, Barbosa JM, Leandro WM, Machado PLOA, Assis RL, Madari BE, Petter FA.  
423 Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto.  
424 *Pesq Agropec Bras.* 2013;48:1228-1236. doi: 10.1590/S0100-204X2013000900006

425 Pauletti V, Pierri L, Ranzan T, Barth G, Motta ACV. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso  
426 e calcário no sistema de plantio direto. *R Bras Ci Solo.* 2014;38:495-505. doi: 10.1590/S0100-  
427 06832014000200014

428 Pittelkow CM, Bruce A, Linquist BA, Lundy ME, Liang X, Groenigen KJvan, Lee J, Gestel Nvan,  
429 Six J, Venterea RT, Kessel Cvan. When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crop*  
430 *Res.* 2015;183:156–168.

431 Raij Bvan, Cantarella H, Quaggio JA. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São  
432 Paulo. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)

433 Raij B.van, Quaggio JA. Métodos de análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas:  
434 Instituto Agronômico de Campinas; 1983. (Boletim Técnico, 81)

435 Ramos LA, Nolla A, Korndörfer GH, Pereira HS, Camargo MS. Reatividade de corretivos da  
436 acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. *R Bras Ci Solo.* 2006;30:849-857.

437 Santos AC, Vilela LC, Barreto PM, Castro JGD, Silva JEC. Alterações de atributos químicos pela  
438 calagem e gessagem superficial com o tempo de incubação. *Rev Caatinga.* 2010;23:77-83.

439 Santos IL, Caixeta CF, Sousa AATC, Figueiredo CC, Ramos MLG, Carvalho AM. Cover plants  
440 and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under notillage in the cerrado.  
441 *R Bras Ci Solo.* 2014;38:1874-1881.

442 Silva FA, Freitas FCL, Rocha, PRR, Cunha JLXL, Dombroski JLD, Coelho MEH, Lima MFP.  
443 Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de  
444 veranico. *Semina: Ciências Agrárias.* 2015;36:327-340. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p327

445 Sousa DMG, Lobato E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação  
446 Tecnológica; 2004.

447 Torres JLR, Pereira MG, Fabian AJ. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e  
448 mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesq Agrop Bras.* 2008;43:421-428.

449 Torres JLR, Pereira MG, Rodrigues Junior DJ, Loss A. Production, decomposition of residues and  
450 yield of maize and soybeans grown on cover crops. *Rev Ciênc Agron.* 2015;46:451-459. doi:  
451 10.5935/1806-6690.20150026

452 Veronese M, Francisco EAB, Zancanaro L, Rosolem CA. Plantas de cobertura e calagem na  
453 implantação do sistema plantio direto. *Pesq Agrop Bras.* 2012;47:1158-1165.

- 454 Vitti GC. Enxofre no solo. In: Simposio sobre interpretação de análise química de solo e planta para  
455 fins de adubação; 1988; Botucatu. Anais. Botucatu: FCA-UNESP/FEPAF/ANDA/POTAFOS,  
456 1988. 39p.
- 457 Vogel E. Deumlich D. Kaupenjohann M. Bioenergy maize and soil erosion - Risk assessment and  
458 erosion control concepts. *Geoderma*. 2016;261:80-92. doi:10.1016/j.geoderma.2015.06.020

Quadro 1. Análise química do solo<sup>1</sup> anterior à instalação do experimento.

Prof	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P(res)	S	M.O	CTC	V	m
m	CaCl <sub>2</sub>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> -----				---- mg dm <sup>-3</sup> ----		g dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	----- % -----		
0-0,2	4,2	2,0	0,3	0,3	5,5	157	37,30	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	2,4	6,9	25,1	9,8
Prof	B		Cu		Fe		Mn		Zn			
m	----- mg dm <sup>-3</sup> -----											
0-0,2	0,14		1,30		44,0		16,4		5,2			

<sup>1</sup>Método de Raij e Quaggio (1983).

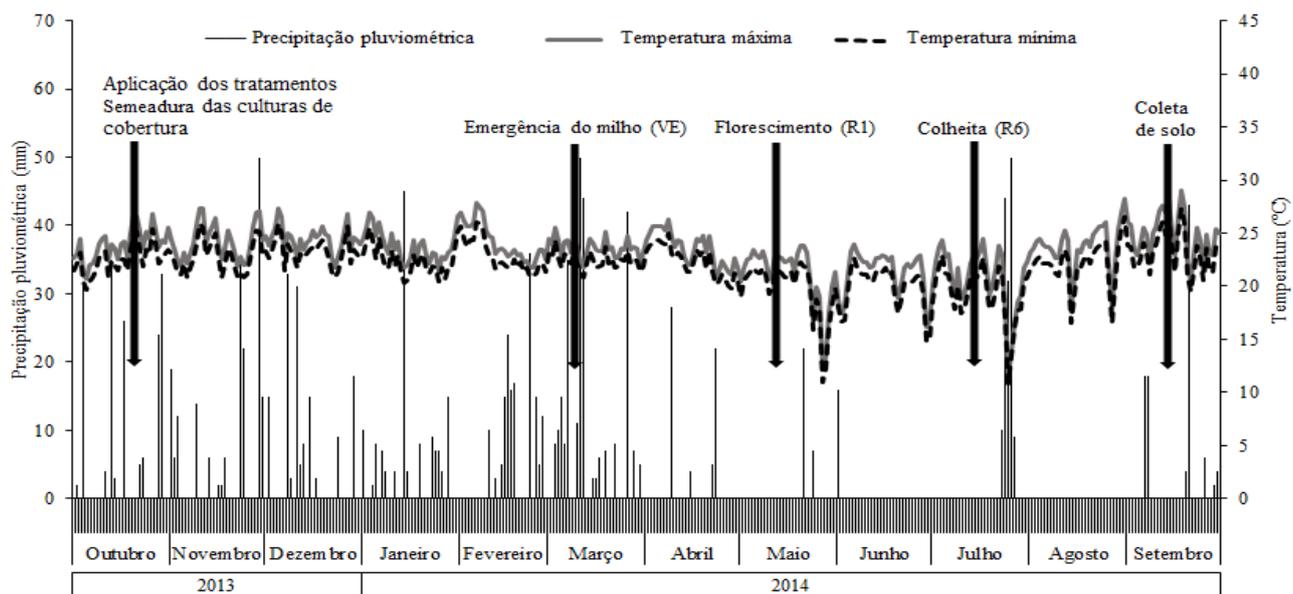


Figura 1. Valores diários de precipitação pluviométrica e temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do experimento em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014.

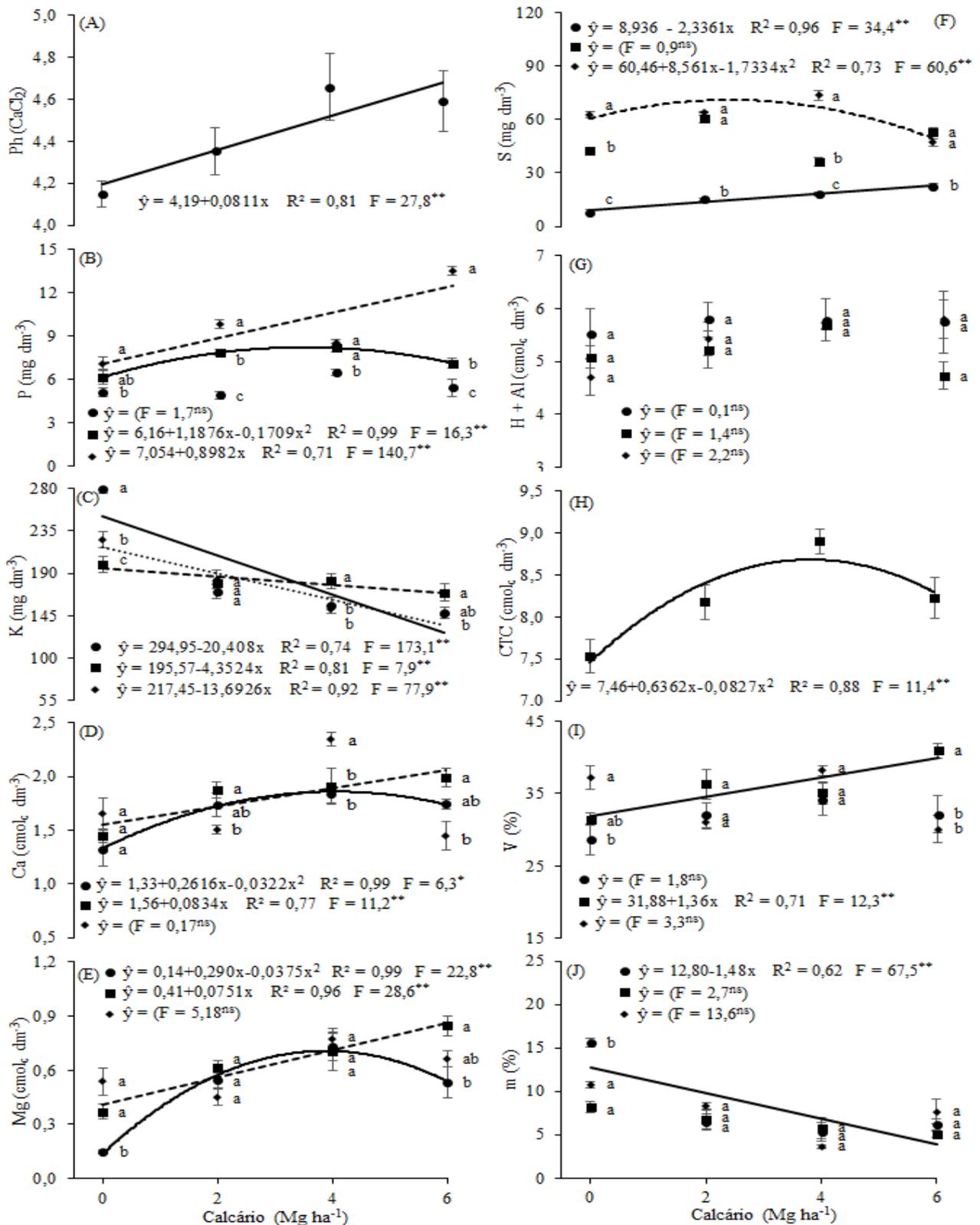


Figura 2. (A) pH e (H) CTC em função de doses de calcário; (B) teor de P, (C) K, (D) Ca, (E) Mg, (F) S, (G) H + Al, (I) V%, (J) m% na camada de 0,0-0,2 m de profundidade em função de doses de calcário e (●) 0, (■) 2,3 e (◆) 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso após a colheita do milho cultivado sobre os resíduos de *U. ruziziensis* em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014. Médias seguidas por letras distintas indicam diferença significativa pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ) para os níveis de gesso. \*\*, \*, ns:  $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,05$  e não significativo, respectivamente.

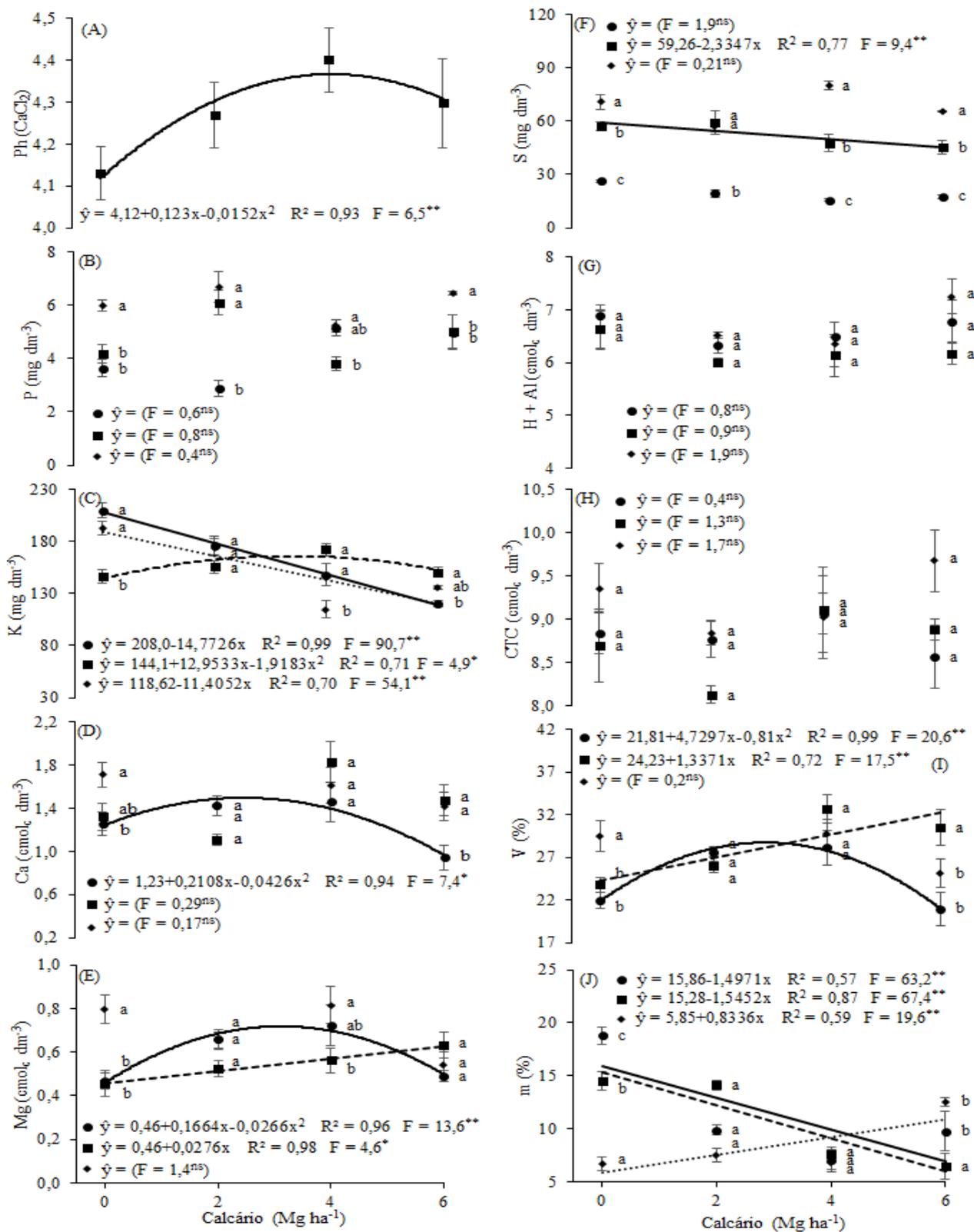


Figura 3. (A) pH em função de doses de calcário; (B) teor de P, (C) K, (D) Ca, (E) Mg, (F) S, (G) H + Al, (H) CTC (I) V%, (J) m% na camada de 0,2-0,4 m de profundidade em função de doses de calcário e (●) 0, (■) 2,3 e (◆) 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso após a colheita do milho cultivado sobre os resíduos de *U. ruziziensis* em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014. Médias seguidas por letras distintas indicam diferença significativa pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ) para os níveis de gesso. \*\*, \*, ns:  $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,05$  e não significativo, respectivamente.

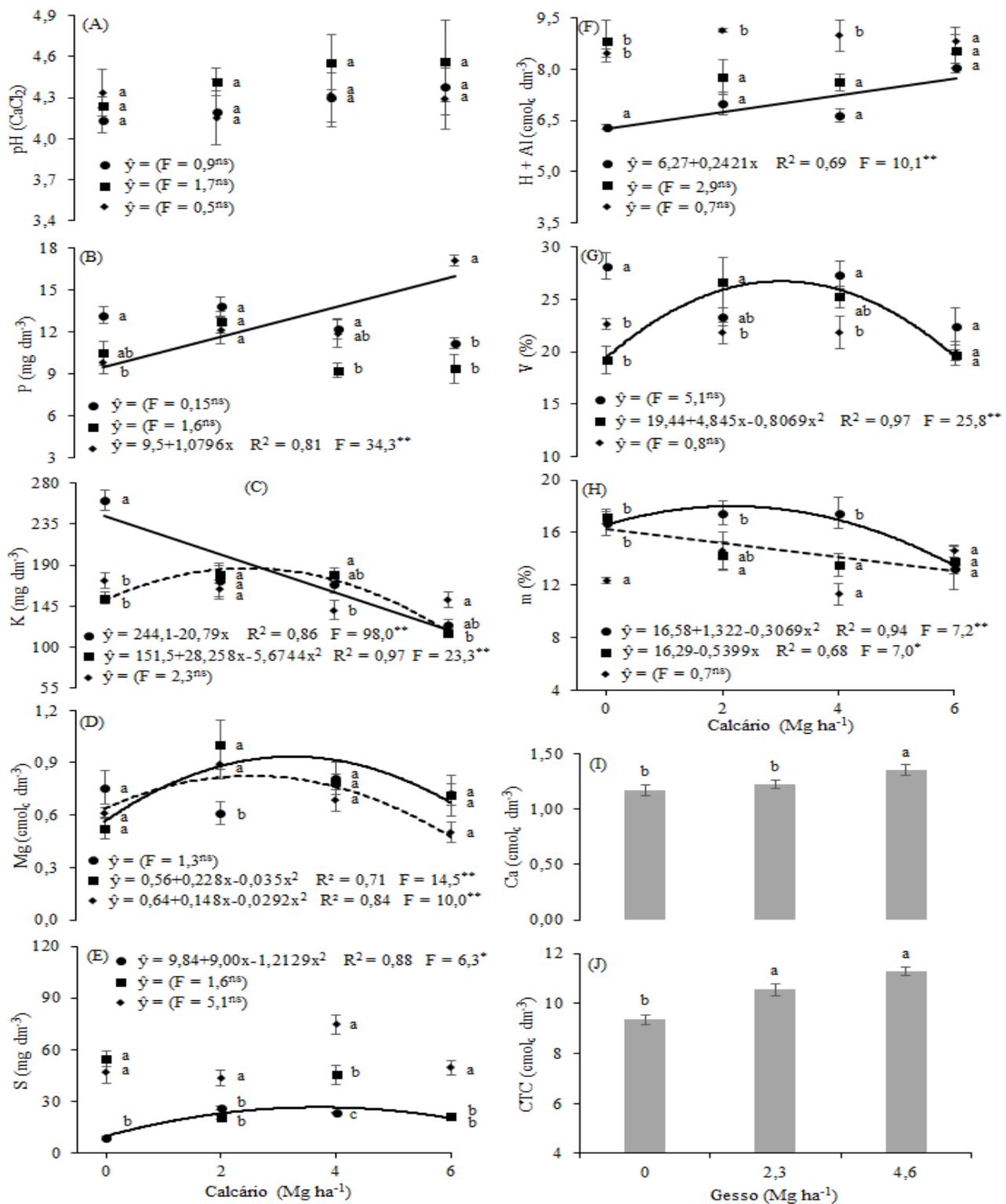


Figura 4. (A) pH, (B) teor de P, (C) K, (D) Mg, (E) S, (F) H + Al, (G) V%, (H) m% na camada de 0,0-0,2 m de profundidade em função de doses de calcário e (●) 0, (■) 2,3 e (◆) 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso; (I) teor de Ca e (J) CTC em função de 0, 2,3 e 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso após a colheita do milho cultivado sobre os resíduos de *P. glaucum* em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014. Médias seguidas por letras distintas indicam diferença significativa pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ) para os níveis de gesso. \*\*, \*, ns:  $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,05$  e não significativo, respectivamente.

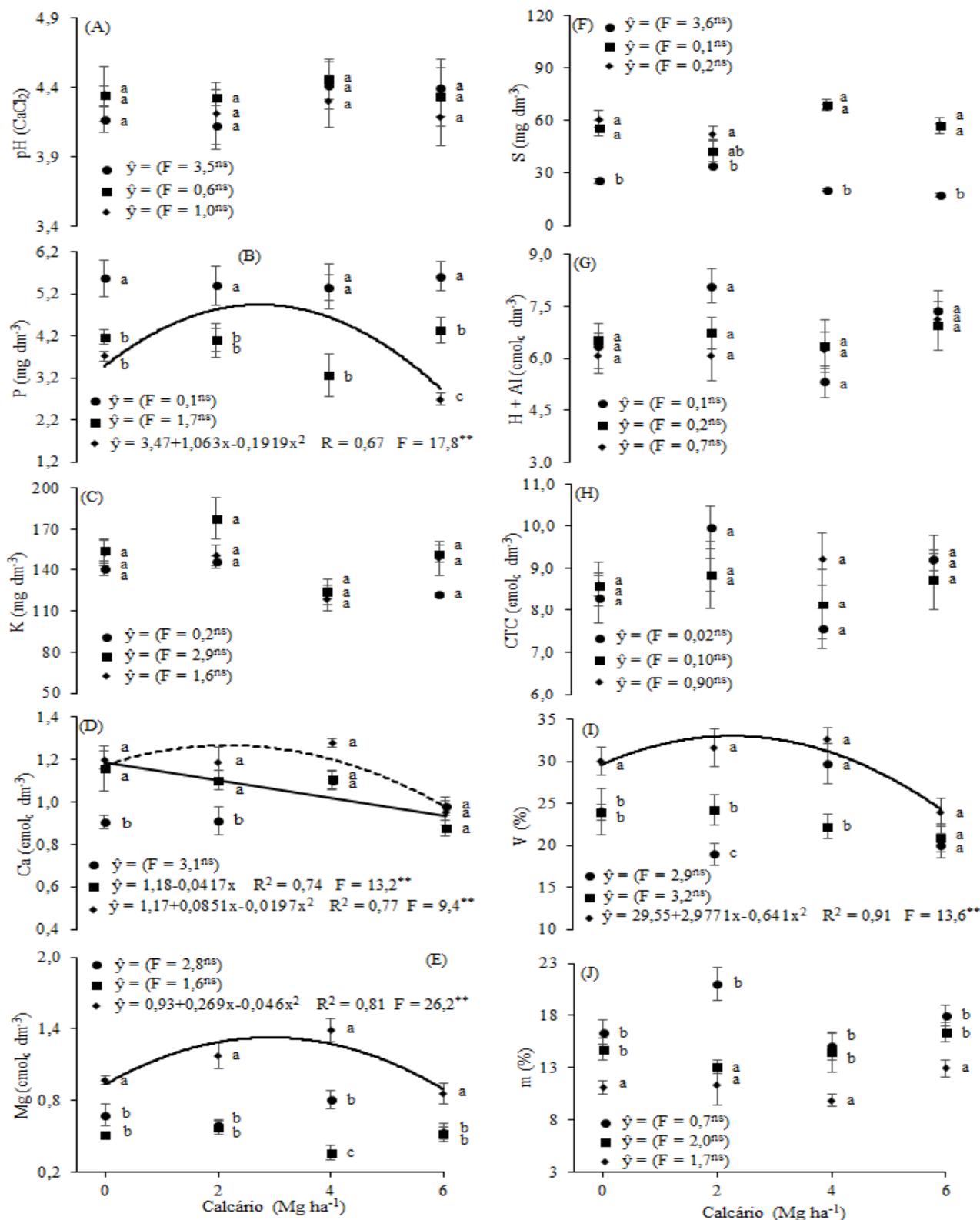


Figura 5. (A) pH, (B) teor de P, (C) K, (D) Ca, (E) Mg, (F) S, (G) H + Al, (H) CTC, (I) V%, (J) m% na camada de 0,2-0,4 m de profundidade em função de doses de calcário e (●) 0, (■) 2,3 e (◆) 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso após a colheita do milho cultivado sobre os resíduos de *P. glaucum* em Chapadão do Sul, MS, no ano agrícola 2013/2014. Médias seguidas por letras distintas indicam diferença significativa pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ) para os níveis de gesso. \*\*, \*, ns:  $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,05$  e não significativo, respectivamente.

## CARTA DE APRESENTAÇÃO

Queremos apresentar um artigo de pesquisa intitulado "Atributos químicos do solo após a produção de milho sobre culturas de cobertura em função de gesso e de calcário" para a consideração da Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Confirmamos que este trabalho é original e não foi publicado, nem se encontra sob consideração para publicação por outro veículo de comunicação.

A proposta surgiu a partir da hipótese de que os diferentes rendimentos e exportação de nutrientes pelos grãos de milho, no cultivo sobre os resíduos vegetais das culturas de cobertura, com níveis de gesso e doses de calcário, pudesse requerer modificações na recomendação de fertilizantes, de gesso e de calcário para o cultivo posterior. Embora a hipótese não tenha se confirmado, identificamos que a utilização da *U. ruziziensis* como cultura de cobertura do solo antecessora ao milho favorece os efeitos corretivos da acidez do solo através da calagem superficial.

Como a proposta possui contribuições significativas nas área de Fertilidade do Solo com o uso de corretivo e condicionador do solo, acreditamos que este manuscrito é adequado para publicação pela Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Obrigado por sua consideração deste manuscrito.

Atenciosamente,

Rafael Ferreira Barreto

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Rod MS 306, Km 105, CEP 79560000, Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil

27 de janeiro de 2016.

## **NORMAS DOS CAPÍTULOS 1 E 2: REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO**

Para a submissão requer-se uma carta de apresentação do manuscrito (*cover letter*) na qual se destaca a relevância dos resultados para o ganho de conhecimentos e argumentos que justifiquem a adequação do manuscrito ao escopo da R. Bras. Ci. Solo. Solicita-se, ainda, que os autores indiquem três potenciais revisores para o manuscrito, com os respectivos endereços eletrônicos. No entanto, o Editor se reserva o direito de encaminhar ou não o manuscrito aos revisores indicados.

### **Preparo do manuscrito**

O manuscrito deve ser digitado com fonte "Times New Roman 12" no espaço 1,5, alinhado à esquerda (não justificar com alinhamento à esquerda e à direita), com página em tamanho A4, com 2,5 cm nas margens superior e inferior e 2,0 cm nas margens direita e esquerda. As páginas devem ser numeradas no canto inferior à direita e as linhas do texto devem ser numeradas de forma contínua. O título de cada seção deve ser escrito em letras maiúsculas, em negrito. Subdivisões devem ter apenas a primeira letra maiúscula, com destaque em negrito.

O manuscrito deve ser estruturado com as seções: Resumo, *Abstract* (obrigatórios), Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão ou (preferencialmente) Resultado, Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências. Essa estrutura não se aplica, obrigatoriamente, aos manuscritos sobre Educação, Revisões de Literatura e Notas Científicas, embora estes devam conter, obrigatoriamente, o Resumo e o *Abstract*. O manuscrito submetido em inglês deve conter Resumo em português e aquele submetido em português deve conter o *Abstract* em inglês.

O manuscrito deve conter uma página de rosto com o título, nomes dos autores por extenso com a indicação da formação profissional, o vínculo profissional e o endereço eletrônico. O autor correspondente deverá ser marcado por um asterisco e o número de telefone para contato deve ser indicado. Devem-se incluir ainda chamadas que serão vinculadas ao título do manuscrito. A primeira página do manuscrito deve conter o título seguido imediatamente do texto de acordo com as seções.

### **Seções dos manuscritos**

**Título:** Deve ser conciso e indicar o seu conteúdo, contendo no máximo 20 palavras escritas em letras maiúsculas e alinhado à esquerda (não justificar com alinhamento à esquerda e à direita).

**Resumo/Abstract:** Para artigos científicos e revisões de literatura, cada um deve conter até 400 palavras e, para notas científicas, até 150 palavras. Todos os resumos e *abstracts* devem iniciar com uma breve frase que justifique o trabalho. Para artigos e notas científicas, deve-se apresentar de forma objetiva o material e método e os resultados mais importantes e conclusões. Não se devem incluir citações bibliográficas e símbolos ou siglas que requeiram a leitura do texto para sua decodificação.

**Palavras-chave/Keywords:** Usar no mínimo três e no máximo cinco termos diferentes daqueles constantes no título. Não utilizar termos compostos por mais de três palavras.

**Introdução:** Deve ser breve, mas suficiente para esclarecer o problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e atualizada, e finalizar com a indicação do objetivo.

**Material e Métodos:** Deve conter informações necessárias e suficientes para percepção dos resultados e que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores. Deve conter informações sobre o(s) método(s) utilizados, o delineamento experimental, os tratamentos, números de repetições, unidades experimentais (número e tamanho) e os métodos estatísticos utilizados.

**Resultados e Discussão:** Deve conter uma apresentação concisa dos dados obtidos e podem ser apresentados conjuntamente ou, preferencialmente, em separado. Se apresentados em separado, a Discussão não deve conter repetição da descrição dos resultados.

**Conclusões:** Devem ser concisas e coerentes com os objetivos e com os dados apresentados no trabalho.

**Agradecimentos:** Opcionais. Devem ser sucintos e localizados após as conclusões. Incluem-se nesta seção as indicações de suporte financeiro ao projeto de pesquisa do qual originou o trabalho.

**Quadros:** Devem ser numerados sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer acima do quadro e deve conter os elementos que possibilite a sua leitura e compreensão sem recorrer ao texto. Os quadros devem ser produzidos com a ferramenta "Tabela" do MS Word ou MS Excel, ou *softwares* equivalentes. Utilizar a fonte Times New Roman com tamanho não maior que 10. As unidades são colocadas no corpo do quadro, na linha acima dos valores numéricos. No corpo do quadro não devem aparecer linhas verticais e horizontais. Os quadros devem ser inseridos no formato editável (illustrator/eps/corel draw/jnb/excel, doc ou docx etc.), após as Referências, com quebra de página. Não serão aceitos manuscritos contendo quadros inseridos como imagem.

**Figuras gráficas:** Devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer abaixo da figura e deve conter os elementos que possibilitem a sua leitura e compreensão sem a leitura do texto. As figuras serão inseridas após os quadros em formato editável (illustrator/eps/coreldraw/jnb/excel, etc.). Não serão aceitos manuscritos contendo figuras gráficas inseridas como imagem.

**Figuras fotográficas:** Fotografias devem ser apresentadas como arquivo "tagged image format [TIF]" com 500 dpi.

**Fórmulas e equações:** Devem ser escritas com ferramentas do editor que possibilitem sua editoração. Não serão aceitas fórmulas e equações inseridas como imagem. Equações de regressões devem ser apresentadas com notação estatística ( $\hat{y} = \alpha + \beta_1^{**} x + \dots + \beta_n^{**} x$ ) e não na notação matemática, usual nos *softwares* ( $y = \beta_n x + \dots + \beta_1 x + \dots + \alpha$ ). A indicação de significância (\*\*) deve ser indicada sobrescrito aos coeficientes. Os coeficientes das equações de regressões devem ter um número adequado de decimais significativas.

**Referências:** Deve conter relação dos trabalhos citados no texto, quadro(s) ou figura(s) e inserida em ordem alfabética, obedecendo o estilo denominado Vancouver. Seguem modelos para as referências mais frequentes:

**a) Periódicos:** Nome de todos os autores. Título do artigo. Título abreviado do periódico. Ano de publicação; volume: páginas inicial e final. Exemplo:

Fonseca JA, Meurer EJ. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras Ci Solo. 1997;21:47-50.

Rodrigues DT, Novais RF, Alvarez V VH, Dias JMM, Villani EMA, Otoni WC. *In vitro* germination of *Cattleya intermedia* R. Graham by means of chemical disinfection

and without laminar flow. Prop Ornament Plants. 2011;11:19-24.

Artigos com DOI:

Zirlewagen D, Raben G, Weise M. Zoning of forest health conditions based on a set of soil, topographic and vegetation parameters. For Ecol Manage. 2007;248:43-55. doi:10.1016/j.foreco.2007.02.038

A abreviatura dos periódicos pode ser verificada nos endereços: [http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISIabbr/C\\_abrvjt.html](http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISIabbr/C_abrvjt.html), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>

**b) Livro:** Autores. Título da publicação. Número da edição. Local da publicação: Editora; ano de publicação. Exemplo:

Konhnke H. Soil physics. 2nd ed. New York: MacGraw Hill; 1969.

**c) Participação em obra coletiva:** Autor(es). Título da parte referenciada seguida de In: Nome(s) do(s) editor(es), editores. Título da publicação. Número da edição. Local de publicação: Editora; ano. Páginas inicial e final. Exemplos:

Jackson ML. Chemical composition of soil. In: Bear FE, editor. Chemistry of the soil. 2nd ed. New York: Reinhold; 1964. p.71-141.

Sharpley AN, Rekolainen S. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. In: Tunney H, Carton OT, Brookes PC, Johnston AE, editors. Phosphorus loss from soil to water. New York, CAB International; 1997. p.1-53.

**d) Publicação em Anais:** Autor(es). Título do trabalho. In: Tipo de publicação, número e título do evento [CD-ROM, quando publicado em]; data do evento (dia mês ano); cidade e país de realização do evento. Cidade (da Editora): Editora ou Instituição responsável pela publicação; ano de edição (nem sempre é o mesmo do evento). Paginação do trabalho ou do resumo. Exemplos:

Ferreira DF. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Anais da 45ª. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria; julho 2000; São Carlos. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2000. p.255-8.

Gomes SLR. Novos modos de conhecer: os recursos da internet para uso das bibliotecas universitárias. In: Anais do 10º. Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias [CD-ROM]; 25-30 out 1998. Fortaleza. Fortaleza: Tec Treina; 1998.

**e) Citação de fonte eletrônica:**

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica. Projeção do agronegócio 2009/2010 a 2019/2020 [internet]. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2011 [acesso em 10 nov 2010]. Disponível em:[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-020.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-020.pdf).

**f) Dissertações e teses:** Autor. Título da tese (inclui subtítulo se houver) [grau]. Cidade:

Instituição onde foi defendida; ano.

Silveira AO. Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

Vieira FCB. Estoques e labilidade da matéria orgânica e acidificação de um Argissolo sob plantio direto afetado por sistemas de cultura e adubação nitrogenada [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

### **g) Boletim técnico**

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

### **h) Citação de citação**

Citação de citação deve ser utilizada em situações estritamente necessárias. Neste caso, citar no texto o sobrenome do autor do documento não consultado com o ano da publicação, seguido da expressão citado por seguida do sobrenome do autor do documento consultado e do ano da publicação (Abreu, 1940, citado por Neves, 2012). Nas Referências, deve-se incluir apenas a fonte consultada.

### **i) Comunicação pessoal**

Deve ser colocada apenas em nota de rodapé. Inclui-se o nome do informante, a data que a informação foi dada, nome, estado e país da Instituição de vínculo do informante seguido pela expressão: comunicação pessoal. Por exemplo: Comunicação pessoal Joaquim da Silva, em 22 de janeiro de 2011, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil - recebida por correio eletrônico.

### **Citações das referências**

As Referências no texto devem ser citadas em ordem cronológica e nos seguintes formatos:

- a) Um autor: (Autor, ano) ou Autor (ano), como (Silva, 1975) ou Silva (1975);
- b) Dois autores: (Autor e Autor, ano) ou Autor e Autor (ano), como: (Silva e Smith, 1975) ou Silva e Smith (1975);
- c) Quando houver mais de dois autores, usar a forma reduzida (Autor et al., ano) ou Autor et al. (ano), como (Souza et al., 1975) ou Souza et al. (1975);
- d) Referências a dois ou mais artigos do(s) mesmo(s) autor(es), no mesmo ano, serão discriminadas com letras minúsculas (Ex.: Silva, 1975a,b).

### **Informações complementares**

A RBCS utiliza o Sistema Internacional de Unidades. Seguem alguns exemplos de apresentação de valores numéricos que a RBCS adota. Considerar como padrão da RBCS o formato à direita: 72 horas = 72 h; 5 minutos = 5 min; 3 segundos = 3 s; 10 l (litros) = 10 L; 20 ml = 20 mL; 3 toneladas = 3 t ou Mg; 25°C = 25 °C; 3 m × 3 m = 3 × 3 m; 5% = 5 %; 4%, 6% e 12% = 4, 6 e 12 %; 5 m e 16 m = 5 e 16 m; 1 M HCl = 1 mol L<sup>-1</sup> ou mol/L de HCl (as duas formas são aceitas, porém solicita-se que estejam padronizadas no texto e quadros/figuras); 1 mM NaOH = 1 mmol/L ou mmol L<sup>-1</sup>; grama por vaso = g/vaso; grama por planta = g/planta; plantas por frasco = plantas/frasco; tonelada por hectare por ano = t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Concentrações apresentadas em Normalidade (N) devem ser convertidas para o

equivalente em mol/L ou mol L<sup>-1</sup>.

A revista reserva-se o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores. As provas finais serão enviadas aos autores.

Sugere-se que os autores consultem artigos recentes publicados na RBCS para esclarecimento de dúvidas quanto à formatação do manuscrito.

### **Taxas editoriais**

Para publicação de artigos na RBCS serão cobrados por página editorada (forma final na Revista): para sócios da SBCS (primeiro autor e, ou, autor correspondente) R\$ 25,00, até oito páginas, e R\$ 50,00 por página adicional, para não-sócios (primeiro autor e, ou, autor correspondente): R\$ 50,00 por página até oito páginas e R\$ 100,00 por página adicional.