

**CORRETIVOS DA ACIDEZ E GESSO NA
MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA COMPACTAÇÃO
DO SOLO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DO
BRAQUIARÃO E DA SOJA CULTIVADA EM
SUCESSÃO**

MARCOS ANDRÉ SILVA SOUZA

2008

MARCOS ANDRÉ SILVA SOUZA

**CORRETIVOS DA ACIDEZ E GESSO NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS
DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DO
BRAQUIARÃO E DA SOJA CULTIVADA EM SUCESSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciência do Solo, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Valdemar Faquin

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Souza, Marcos André Silva.

Corretivos da acidez e gesso na mitigação dos efeitos da compactação do solo na nutrição e produção do braquiarião e da soja cultivada em sucessão / Marcos André Silva Souza. – Lavras : UFLA, 2008.

79 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Valdemar Faquin.

Bibliografia.

1. Calcário. 2. Silicato. 3. Condicionador. 5. Densidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.42

MARCOS ANDRÉ SILVA SOUZA

**CORRETIVOS DA ACIDEZ E GESSO NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS
DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DO
BRAQUIARÃO E DA SOJA CULTIVADA EM SUCESSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Doutorado em Ciência do Solo, para obtenção do
título de “Doutor”.

APROVADA em 12 de Dezembro 2008

Prof. Dr. Geraldo César Oliveira UFLA

Prof(a). Dr(a). Janice Guedes de Carvalho UFLA

Prof. Dr. Francisco Dias Nogueira EPAMIG/EMBRAPA

Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes UFMG/Montes Claros-MG

Prof. Dr. Valdemar Faquin
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus pelo grande e eterno amor

Aos meus pais, Expedito e Maria Glória, fonte de amor e confiança

Às irmãs, Adriana e Andréia

Ao sobrinho, Juan

A Luciana,

Pelo amor que nos une

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meus caminhos e ter permitido alcançar mais uma meta.

A Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Valdemar Faquin, pela orientação, apoio, paciência, oportunidade e incentivo para execução deste trabalho.

Ao Prof. Geraldo César de Oliveira pela cooperação nesse trabalho e estímulo.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo pela oportunidade dos ensinamentos que tive durante o doutorado e que levarei por toda a minha vida

Ao colega de Pós-Graduação Douglas Ramos Guelfi, à bolsista de iniciação científica Salén Gusmão Santoucy pelo esforço e paciência na condução dos ensaios.

Aos técnicos do laboratório de fertilidade e nutrição de plantas pelo apoio e dedicação ao meu trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
Introdução Geral.....	1
Referências Bibliográficas.....	5
CAPITULO 1: Corretivos da acidez e gesso sobre na mitigação dos efeitos da compactação do solo no crescimento, produção e estado nutricional da <i>Brachiaria brizantha</i> cultivar Marandu (braquiarião).....	7
1 Resumo.....	7
2 Abstract.....	8
3 Introdução.....	9
4 Material e Métodos.....	11
5 Resultados e Discussão.....	14
6 Conclusões.....	33
7 Referências Bibliográficas.....	34
CAPÍTULO 2: Corretivos da acidez, gesso e cultivo prévio do braquiarião na mitigação dos efeitos da compactação do solo no crescimento, nutrição e produção da soja.....	38
1 Resumo.....	38
2 Abstract.....	39
3 Introdução.....	40
4 Material e Métodos.....	41
5 Resultados e Discussão.....	43
6 Conclusões.....	75
7 Referência Bibliográfica.....	76

RESUMO

SOUZA, Marcos André Silva. **Corretivos da acidez e gesso na mitigação dos efeitos da compactação do solo na nutrição e produção do braquiário e da soja cultivada em sucessão**. 2008. 79 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O processo de compactação além causar perdas dos atributos físicos do solo, interfere de forma direta na disponibilidade dos nutrientes e no crescimento das plantas. Poucos são os trabalhos que relatam alternativas para promover a amenização desse estresse, principalmente no que se refere à aplicação de corretivos, gesso e sucessão de culturas. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a eficácia da correção do solo pela aplicação de calcário, silicato e gesso como melhorador do ambiente radicular, sobre os efeitos da compactação do solo na absorção de nutrientes, crescimento e produção de uma gramínea (braquiário) e de uma leguminosa (soja) cultivada em sucessão. O trabalho foi conduzido em duas fases: **primeira** - cultivo do braquiário e **segunda** - cultivo da soja, cultivada em sucessão, em vasos de tubos de PVC de 20 cm de diâmetro, compostos por dois anéis: o anel inferior (40 cm), recebeu o solo sob condições naturais; o anel superior (20 cm), recebeu o solo com os tratamentos de densidades, correção e gesso. O delineamento experimental da primeira fase foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 6, com 6 repetições, sendo quatro tratamentos representados pelas densidades (1,0; 1,20; 1,40 e 1,60 Mg m⁻³) e seis tratamentos relativos à correção do solo (sem correção; gesso; calcário, calcário + gesso, silicato e silicato + gesso). Na segunda fase, foi usado o mesmo delineamento em fatorial 4 x 6 x 2, com 3 repetições, sendo os mesmos tratamentos de densidades e correção da 1ª fase, acrescidos de dois sistemas de manejo: com e sem cultivo prévio do braquiário. Os vasos do sistema sem cultivo permaneceram em pousio durante o cultivo do braquiário na 1ª fase. Após as mensurações morfológicas, produção, quantificação dos macro e micronutrientes e realizada a análise estatística conclui-se: que o uso de corretivo e o cultivo prévio do braquiário amenizaram os efeitos negativos da compactação sobre o crescimento do braquiário e da soja apresentando reflexo em seu estado nutricional.

¹ Comitê Orientador: Dr. Valdemar Faquin (Orientador), Dr. Geraldo César Oliveira (Co-orientador).

ABSTRACT

SOUZA, Marcos André Silva. **Acidity amendments and gypsum on the effects of soil compaction on the growth and production of braquiarião and soybean grown in succession**. 2008. 79 p. Thesis (Doctorate in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.²

Compaction process, in addition to causing losses of soil physical features, interferes in a direct manner in the availability of nutrients and plants' growth. Few are the works which report alternatives to promoting the amelioration of that stress, mainly as the application of amendments, gypsum and crop succession are concerned. In this way, the present work was designed to evaluate the efficacy of soil amendment by the application of limestone, silicate and gypsum as an improver of the root environment on the effects of soil compaction in the nutrient uptake, growth and yield of a grass (braquiarião) and of a legume (soybean) grown in succession. The work was conducted in two phases: **first** – braquiarião cultivation and **second** – soybean cultivation, grown in succession in pots of PVC tubes 20 cm in diameter, composed of two rings: the lower ring (40 cm), received the soil under natural conditions; the upper ring (20 cm), received the soil with the treatments of densities, amendment and gypsum. The experimental design of the first phase was completely randomized in a factorial scheme 4 x 6 with 6 replicates. This is, four treatments were represented by the densities (1.0; 1.20; 1.40 and 1.60) and six treatments (with no amendment; gypsum; limestone, limestone + gypsum, silicate and silicate + gypsum). In the second phase, the same design was utilized in a factorial 4 x 6 x 2, with 3 replicates, this is, the treatments of densities and amendment of the first phase being the same, added of two management systems: with and without a previous cultivation of braquiarião. The pots of the system without any cultivation remained in fallow during braquiarião cultivation in the first phase. After the morphologic measurements, yield and quantification of macro and micronutrients and performed the statistical analysis were determined, it follows that the use of amendment and previous cultivation of braquiarião ameliorated

² Guidance Committee: Dr. Valdemar Faquin (Adviser), Dr. Geraldo Cesar Oliveira (Co-adviser).

the negative effects of compaction on the growth of braquiarião and soybean showing a reflex in their nutrient status.

INTRODUÇÃO GERAL

Naturalmente os solos do cerrado apresentam boas propriedades físicas, propiciando adequado desenvolvimento radicular das plantas, desde que realizadas a construção e a manutenção da fertilidade. Com a tecnificação e o emprego de maquinário e implementos agrícolas, necessários para o aumento do rendimento das culturas, os Latossolos, solos predominantes na região do cerrado, passa a apresentar problemas nos principais atributos físicos indispensáveis ao desenvolvimento das culturas (Borges et al., 1988).

O processo de compactação do solo, além de causar perdas dos atributos físicos, interfere de forma direta na disponibilidade dos nutrientes para as plantas prejudicando a absorção dos mesmos (Camargo, 1983). De acordo com Lima et al. (2004), a compactação do solo refere-se ao decréscimo do volume do solo não saturado quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou animais. A intensidade desse processo depende grandemente do seu nível de umidade. A máxima compactação do solo ocorre quando esse encontra-se próximo a capacidade de campo, quando os microporos estão preenchidos com água e os macroporos com ar. Nessa condição, o solo apresenta maior fluidez, devido a baixa coesão e elevada lubrificação entre partículas (Bayer et al., 1996). Os solos mais propensos a esse processo são aqueles de textura média a moderadamente grosseira, pois há maior facilidade de reorganização de suas partículas, mas solos argilosos também são muito susceptíveis ao processo de compactação (Bodman & Constantin, 1965).

A consequência mais danosa da compactação do solo é a restrição da movimentação da água no solo (Camargo & Alleoni, 2006). Dessa forma, a compactação restringe o crescimento das raízes, pois o conteúdo de água exigido para a determinação da água disponível é maior. Logo quando o solo está com

baixa umidade e quando úmido, ocorre a falta de oxigenação diminuindo o volume explorado pelas raízes (Rosolem et al., 1994).

Dentre as várias modificações que a compactação promove no sistema radicular, destaca-se o aumento do diâmetro e a diminuição do comprimento radicular além da tortuosidade da mesma. A distribuição no solo é muito irregular apresentando maior tendência de crescimento em regiões de menor resistência do solo tais como: canais deixados por raízes decompostas e fendas naturalmente encontrada no solo (Borges et al., 1988)

Essas modificações no sistema radicular e na sua distribuição, de maneira geral, prejudicam a absorção dos nutrientes, o crescimento vegetativo e a produção de várias culturas. Vários são os relatos encontrados na literatura. Entretanto cada espécie apresenta diferentes graus de tolerância à compactação em função dos valores críticos encontrados no solo (Silva et al., 1997). Na absorção de nutrientes as maiores reduções na taxa de absorção em solos tropicais é o fósforo. Com o aumento da compactação do solo há aumento dos microporos e da energia de retenção da água aumentando, conseqüentemente, a interação dos íons de fosfato com a superfície dos colóides reduzindo a sua difusão no solo (Novais & Smyth, 1999).

Dessa forma, medidas preventivas e aliviatórias devem ser adotadas para a redução da compactação. Dentre as medidas adotadas com sucesso destaca-se a adoção de sistemas de manejo mais conservacionista, o uso de planta com sistema radicular mais agressivo e de elevadas produção de matéria seca, podem contribuir para a redução dos efeitos negativos da compactação do solo. A formação de bioporos após decomposição do sistema radicular de plantas antecessoras, beneficia a cultura sucessora diminuindo assim, os efeitos deletérios da compactação do solo (Dexter, 1991). Entretanto pouca atenção é dada ao uso de diferentes corretivos e uso de condicionador de solo integrado a rotação e sucessão de culturas. Atualmente a correção do solo é realizada com o

uso de calcário que além do efeito neutralizador da acidez do solo fornece cálcio e magnésio. Recentemente, outro corretivo do solo vem sendo utilizado com grande potencial na agricultura, o silicato de cálcio e magnésio. Esse se origina da fabricação do ferro-gusa conhecido por escórias de siderurgias (Coelho, 1998) e da mesma forma que o calcário, possui efeito corretivo, fornece cálcio, magnésio e silício esse último atuando como elemento benéfico para as culturas, principalmente gramíneas (Epstein, 1999).

Embora o silício (Si) não seja considerado um nutriente às plantas (Jones & Handreck, 1967; Marschner, 1995; Mengel & Kirkby, 2001) a absorção e acúmulo de Si trazem inúmeros benefícios (Marschner, 1995). Esses benefícios estão envolvidos na adaptação das plantas às condições de estresses bióticos como ataque de fungos e abióticos com estresse hídrico e toxidez de metais (Epstein, 1999; Heckman et al., 2003; Zhu et al., 2004).

Mesmo com todos os benefícios do uso de calcário ou silicato como corretivos, a subsuperfície pode apresentar baixa concentração de bases e elevada concentração de alumínio tóxico, acarretando menor crescimento do sistema radicular, limitando a exploração do volume do solo disponível para o seu crescimento. A alternativa para o condicionamento da subsuperfície é a utilização do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), subproduto da indústria de fertilizantes, resíduo da fabricação de ácido fosfórico. Esse subproduto quando aplicado ao solo sofre dissociação iônica, processo esse que depende de outros fatores como concentração de cálcio na solução do solo e outros cátions presentes. Dessa forma, uma vez dissociado o íon de cálcio pode reagir no complexo de troca deslocando outros cátions para a solução do solo (K^+ , Mg^{+2} e Al^{+3}) que podem reagir com SO_4^{-2} formando pares iônicos de carga zero, exceto o Al^{+3} que forma AlSO_4^+ , menos tóxicos para as plantas, (Shainberg et al., 1989). Esses pares iônicos apresentam grande mobilidade ao longo do perfil do solo melhorando o ambiente radicular em profundidade. Com aumento do

crescimento radicular em profundidade há maior absorção de água e nutrientes pelas plantas quando aplicado na dose correta (Carvalho & Raij, 1997).

Embora atualmente seja vasta a comprovação dos benefícios da aplicação de corretivos e condicionadores de solos, há carência quanto a sua eficiência e efeitos benéficos em solos compactados com emprego de diferentes sistemas de manejo. Dessa forma, há necessidade de esforços para a caracterização do uso desses corretivos em solos com problema de ordem física, a fim de caracterizar sua eficiência e melhoria na recuperação da estrutura do solo e crescimento radicular em sistema de sucessão. Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar o uso de corretivos da acidez e gesso na mitigação dos efeitos da compactação do solo no crescimento e produção do braquiário e da soja cultivada em sucessão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BODMAN, G. B.; CONSTANTIN, G. K. Influence of particle sizes distribution in soil compaction. **Hilgardia**, Berkeley, v. 36, p. 567-591, 1965.

BORGES, E. N.; NOVAIS, R. F.; FERNANDEZ, B.; BARROS, N. F. Resposta de variedades de soja à compactação de camadas do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 35, n. 202, p. 553-568, 1988.

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 44 p.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Causas da compactação do solo**. 2006. Disponível em:
<<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C3/Comp3.htm>>. Acesso em: 28 abr. 2007.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, The Hague, v. 192, p. 37-48, 1997.

COELHO, P. E. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v. 49, p. 36-45, dez. 1998.

DEXTER, A. R. Amelioration of soil by natural processes. **Soil and Tillage Research**, Amesterdam, v. 20, n. 1, p. 87-100, 1991.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

HECKMAN, J. R.; JOHNSTON, S.; COWGILL, W. Pumpkin yield and disease response to amending soil with silicon. **HortScience**, Alexandria, v. 38, n. 4, p. 552-554, July 2003.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silicon in soils, plants and animals. **Advances in Agronomy**, New York, v. 19, p. 107-149, 1967.

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. 70 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

ROSOLEM, C. A.; VALE, L. S. R.; GRASSE, H. F.; MORAES, M. H. de. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 18, p. 491-497, 1994.

SHAINBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A.; FEY, M. V. Use of gypsum on soils: a review. **Advance Soil Science**, New York, v. 9, p. 1-111, 1989.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Management versus inherent soil properties effects on bulk density and relative compaction. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 44, p. 81-93, 1997.

ZHU, Z. J.; WEI, G. Q.; LI, J.; QIAN, Q. Q.; YU, J. Q. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Plant Science**, Clare, v. 167, n. 3, p. 527-533, Sept. 2004.

CAPÍTULO 1

CORRETIVOS DA ACIDEZ E GESSO NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ESTADO NUTRICIONAL DA *BRACHIARIA BRIZANTHA* CULTIVAR MARANDU (BRAQUIARÃO)

1 RESUMO

A pecuária brasileira é baseada na formação e manutenção de pastagem. Hoje grande parte dessas áreas localiza-se na região do Cerrado brasileiro. Essas áreas de pastagens ao longo do tempo de uso vêm perdendo a sua capacidade produtiva, seja pela falta de manejo adequado no estabelecimento ou durante a sua via útil, resultando em sua degradação. O conhecimento do comportamento das forrageiras, dentre elas o braquiarião, quanto a sua capacidade produtiva e alterações morfológicas em solos compactados e corrigidos por diferentes corretivos, podem predizer o potencial dessa forrageira em diferentes situações de degradação física e química do solo. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o uso de corretivos de solo sobre os efeitos da compactação do solo no crescimento e produção do braquiarião. O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando amostras do horizonte B do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico textura argilosa. O cultivo de braquiarião foi conduzido em vasos (colunas) de tubos de PVC de 20 cm de diâmetro, compostos por dois anéis: o anel inferior, de 40 cm de altura, que recebeu o solo sob condições naturais na densidade de $1,0 \text{ Mg m}^{-3}$; o anel superior, com 20 cm de altura recebeu os tratamentos de densidades, correção e gesso. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4×6 , com 6 repetições, sendo quatro tratamentos representados pelas densidades do solo (1,0; 1,20; 1,40 e $1,60 \text{ Mg m}^{-3}$); o segundo fator foi constituído pelos tratamentos: sem correção (testemunha); gesso; calcário; calcário + gesso; silicato e silicato + gesso. Após as mensurações morfológicas, produção, quantificação dos macro e micronutrientes e realização das análises estatística, conclui-se que o uso de corretivo ameniza os efeitos da compactação do solo no crescimento do braquiarião e os acúmulos de nutrientes foram influenciados pelos fatores estudados, sendo a compactação o fator mais limitante.

Comitê Orientador: Dr. Valdemar Faquin (Orientador), Dr. Geraldo César de Oliveira (Co-orientador).

2 ABSTRACT

Brazilian livestock raising is based upon the establishment and maintenance of grasslands. Today, a great part of those areas is situated in the Brazilian cerrado (savannah-like vegetation) region. Those grassland areas along the time of use have been losing their productive capacity, whether by the lack of adequate management in the establishment or during their useful lifetime, resulting into their degradation. The knowledge of the behavior of the forage plants, among them, brachiariagrass, as to its productive capacity and morphologic alterations in compacted soils and amended by different amendments, can predict the potential of that forage plant in different situations of physical and chemical degradation of soil. The present work was designed to evaluate the use of soil amendments on the effects of soil compaction on the growth and production of brachiariagrass. The experiment was conducted in pots in greenhouse of the Soil Science Department (DCS) of the Federal University of Lavras (UFLA), utilizing samples of the B horizon of RED LATOSOL, clayey texture, dystrophic. The growing of brachiariagrass was conducted in PVC pipe pots (columns) 20 cm in diameter, composed of two rings: the lower ring, 40 cm height, which was given the soil under natural conditions at the density of 1.0 Mg m^{-3} ; the upper ring, 20 cm high, received the treatments of densities, amendment and gypsum. The experimental design was completely randomized (CRD) in a factorial scheme 4×6 , with 6 replicates, that is, four treatments stood for by the soil densities (1.0; .20; 1.40 and 1.60 Mg m^{-3}); the second factor was made up of the treatments: with no amendment (control); gypsum; limestone; limestone + gypsum; silicate and silicate + gypsum. After the morphologic measurements, production, quantification of macro and micronutrients and accomplishment of the statistical analyses, it follows that the use of amendment mitigates the effects of soil compaction on the growth of brachiariagrass and the accumulations of nutrients were influenced by the factors studied, compaction being the most limiting factor.

Guidance Committee: Dr. Valdemar Faquin (Adviser), Dr. Geraldo César de Oliveira (Co-adviser)

3 INTRODUÇÃO

Na pecuária brasileira as áreas de pastagens destacam-se como a principal fonte de alimento para o rebanho bovino, seja pelo potencial produtivo das forrageiras tropicais ou por ser a fonte de alimentação mais viável. Grande parte dessas pastagens é estabelecida com espécies tolerantes à acidez e sem os mínimos cuidados técnicos a serem implantados. Essas pastagens estão implantadas em solos ácidos e de baixa fertilidade natural condicionando um baixo índice de produção das forrageiras distanciando-se do seu verdadeiro potencial produtivo.

Esse modelo extrativista baseado na ausência de correção do solo e de reposição de nutrientes extraídos pela forrageira, ao longo dos anos condiciona ao início de degradação e é um dos grandes responsáveis pelos baixos índices de sustentabilidade desse ecossistema. O desenvolvimento de pasto em áreas ácidas e de baixa fertilidade com problema de fixação de nutrientes, em especial o fósforo, condiciona menor aproveitamento dos nutrientes aplicados, reduzindo assim, a conversão do fertilizante em alimento para o animal (Vitti & Luz, 1997).

A utilização de corretivo de solo promove a diminuição da solubilidade do alumínio, ferro e manganês, aumenta a atividade microbiana, disponibilidade de macronutrientes, proporciona menor lixiviação do potássio, melhora a estrutura do solo e a eficiência das adubações, além de proporcionar maior produção de matéria seca em plantas (Lopes, 1989).

Atualmente a correção do solo é realizada com uso de calcário segundo recomendação técnica, seja ele calcítico, magnesiano ou dolomítico dependendo da relação Ca e Mg, PRNT e da viabilidade econômica. Entretanto, existem outros materiais que podem ser usados como corretivos de solo segundo

especificações técnicas que o caracteriza como corretivo. Entre esses materiais destaca-se o uso de escória de siderurgia (Prado, 2000) que possuem silicato em sua composição, agindo assim como corretivo de solo da mesma forma que o calcário. A dose a ser aplicada desses materiais depende do teor de silício da fonte, da concentração de silício no solo e da cultura a ser empregada (Korndorfer et al., 2001).

Para plantas acumuladoras de silício, como as gramíneas e algumas forrageiras, a aplicação de silício via silicato apresenta efeitos benéficos em seu desenvolvimento e produção, pela rigidez das estruturas conferindo melhor arquitetura à planta, aumentando assim a sua capacidade fotossintética (Epstein, 2001), diminuição do estresse ambiental (déficit hídrico, alta temperatura) e amenização do desequilíbrio nutricional (Hondson & Evans, 1995).

Embora os corretivos de solo apresentem eficiência na correção, sua atuação fica restrita ao local de aplicação, permanecendo a subsuperfície com acidez natural praticamente inalterada. A utilização de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) de acordo com recomendações técnicas, pode melhorar o ambiente radicular em profundidade, fornecendo cálcio e enxofre, deixando o alumínio em uma forma menos tóxica, condicionando o aprofundamento do sistema radicular, aumentando assim, a ciclagem de nutrientes e a capacidade de extração de água refletindo em maior produtividade (Monteiro et al., 2004).

Além dos atributos químicos do solo que atuam como fatores limitantes para a produção, a compactação do solo é outro fator de igual importância no processo de degradação das pastagens. De acordo com Lima (2004) a compactação do solo refere-se ao decréscimo do volume do solo não saturado quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou animais. Esse processo em áreas de pastagens é resultado do mau manejo empregado, principalmente na superlotação de animais. Os bovinos por serem animais de

grande porte e pequena área de contato em seu casco, exercem grandes pressões no solo chegando a valores de 350 a 400 Kpa (Proffit et al., 1993; Betterige et al., 1999). Além da pressão estática o seu deslocamento pode dobrar o valor da pressão exercida no solo (Abaye et al., 1997; Nie et al., 2001). As principais conseqüências desse processo são o aumento da densidade do solo, redução da porosidade total, escoamento superficial, aumento da resistência mecânica do solo, menor volume de raízes, menor absorção de nutrientes com conseqüência no seu crescimento vegetativo.

Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar diferentes corretivos de acidez e gesso na mitigação dos efeitos da compactação do solo no crescimento, produção e estado nutricional da *Braquiaria brizantha* cultivar Marandu.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando amostras do horizonte B do LATOSSOLO VERMELHO distrófico textura argilosa, coletado no campus da UFLA, Lavras - MG, sob vegetação natural. Aproximadamente cinco m³ de horizonte B do Latossolo foram secos ao ar e peneirado em malha de 2 mm. Posteriormente, subamostras foram tomadas para caracterizações físicas e químicas (Tabela1). A análise textural do solo foi realizada pelo método da pipeta (Day, 1965).

O cultivo de braquiarião foi conduzido em vasos (colunas) de tubos de PVC de 20 cm de diâmetro, compostos por dois anéis: o anel inferior, de 40 cm de altura, recebeu o solo sob condições naturais e densidade de 1,0 Mg m⁻³; o anel superior, com 20 cm de altura representando 6,28 dm³, recebeu os tratamentos de densidades, correção e gesso como descrito adiante.

TABELA 1 Atributos químicos, físicos e mineralógicos do Latossolo vermelho distrófico horizonte B.

Químicos												
pH	P	K	S	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H + Al	SB	(t)	(T)	V	m
.....mg dm ⁻³cmolc dm ⁻³%.....			
4,4	0,7	19	10	0,1	0,1	0,8	7,0	0,3	1,1	7,3	3,4	76
Zn			Fe			Cu			Mn			
.....mg dm ⁻³												
1,0			35,0			1,8			10,2			
Físicos												
Areia			Silte			Argila			M.O.			
.....dag kg ⁻¹g kg ⁻¹						
21,0			9,0			70,0			0,3			
Mineralógicos												
SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		TiO ₂		Ki		Kr		
.....g kg ⁻¹												
129,8		319,1		171,8		22,0		0,41		0,26		

P e K – Extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1N; H + Al – Extrator SMP; Soma de Bases- (SB); – CTC efetiva (t); (T) – CTC potencial (a pH 7,0); V- saturação por bases; m – saturação por alumínio; M.O. – oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10 N. Embrapa, (1999).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 6, com 6 repetições, sendo quatro tratamentos representados pelas densidades do solo (1,0; 1,20; 1,40 e 1,60 Mg m⁻³), e o segundo fator constituído pelos tratamentos relativos à correção do solo: testemunha (sem correção), calcário, silicato de cálcio, gesso, calcário + gesso e silicato + gesso.

O calcário utilizado foi formado pela mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio p.a, na equivalência de Ca:Mg de 4:1. A dose de calcário aplicada foi estimada pelo método de neutralização de Al⁺³ e da elevação dos

teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} e o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ p.a.) foi estimada com base na textura do solo, de acordo com CFSEMG (1999). A dose de silicato de cálcio p.a. foi determinada considerando a equivalência do óxido de cálcio do silicato e do calcário.

O calcário e o silicato foram misturados ao volume de solo do anel superior para os respectivos tratamentos e incubados por cerca de 45 dias antes da aplicação dos tratamentos de compactação. O gesso foi aplicado aos tratamentos pertinentes na superfície dos vasos após a compactação do solo e ficou 30 dias em repouso com umidade na capacidade de campo.

Também, antes da aplicação dos tratamentos de compactação foram misturados nas amostras do anel superior de todos os tratamentos, macro e micronutrientes de acordo com Malavolta (1980), com o uso de fontes p.a.

Para a aplicação dos tratamentos de compactação, a umidade do solo foi corrigida para 15%. Na compactação, foi utilizada uma prensa hidráulica e para evitar deformações ou rompimento do tubo do vaso de PVC pela compressão do solo, o anel de PVC foi acomodado dentro de outro anel metálico (chapa de aço 3/8 “) de iguais dimensões.

Após a aplicação de todos os tratamentos, foram semeadas em cada vaso, cerca de 15 sementes de braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), desbastando-se para cinco plântulas cerca de 10 dias após a emergência. Irrigações diárias foram realizadas com água deionizada visando manter a umidade do solo na capacidade de campo. Coberturas nitrogenadas e potássicas também foram realizadas durante o período de crescimento do braquiarião, de acordo com Malavolta (1980).

Foram realizados três cortes da parte aérea da gramínea cerca de 5 cm da superfície dos vasos, em intervalos de 30 dias, para quantificação da matéria seca das folhas, caules e total, após secagem em estufa a 65 – 70 °C até atingirem peso constante. Antes de cada corte, foram avaliados número de

perfilhos por planta, área foliar de 12 folhas recém-maduras por vaso totalizando 48 observações por tratamento, com o uso do Laser Área Meter CI – 203.

Para a avaliação do crescimento do sistema radicular do braquiário, após o terceiro corte da parte aérea, em três parcelas de cada tratamento, os anéis de PVC do vaso foram retirados e as raízes removidas do solo através de jato de água corrente. Após secagem em estufa a 65-70 °C até peso constante, foi obtido o peso total do sistema radicular de cada vaso.

Após as avaliações de todas as variáveis, independente do número de cortes, foi realizada a análise estatística constituída por regressão para o fator densidade utilizando o software SISVAR 4.3 (Ferreira, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Crescimento radicular do braquiário

O crescimento do sistema radicular do braquiário, avaliado como matéria seca após o terceiro corte da parte aérea, foi expresso em valores percentuais dos tratamentos com correção em relação à testemunha (sem correção), para cada grau de compactação (Tabela 2). Observa-se grande resposta do sistema radicular à aplicação dos corretivos, seguindo a seguinte ordem crescente: testemunha < gesso < calcário < calcário + gesso < silicato < silicato + gesso.

O menor crescimento radicular no solo sem correção (testemunha), em todos os graus de compactação, já era esperado, pois o solo utilizado, além do pH ácido (4,4), apresenta baixos teores de Ca e Mg e elevados teor e saturação por Al (Tabela 1).

O Ca é componente da lamela média da parede celular e forma pontes na membrana celular, conferindo à mesma estabilidade e seletividade (Malavolta, 2006). O Ca também é requerido para a alongação e divisão celular e isso, aliado

às outras funções citadas, com o baixo suprimento de Ca, o crescimento radicular reduz drasticamente (Marschner, 1995). Solos com pH ácido, tal como usado no experimento, além de pobres em Ca, apresentam também, outro fator químico prejudicial: a toxidez por Al. O excesso de Al no meio afeta drasticamente o crescimento radicular. As principais causas são a precipitação do P no solo e nos tecidos do vegetal, substituição do Ca na lamela média tornando as paredes celulares rígidas e, com o seu acúmulo preferencialmente no núcleo, ligando-se aos grupos fosfatos do DNA, reduz a atividade de transcrição e replicação. Assim, o menor número de células e o conjunto de células menores apresentam, como consequência, um sistema radicular pequeno e pouco ramificado (Faquin, 2005).

TABELA 2 Matéria seca das raízes (g vaso⁻¹) e percentagem de aumento dos tratamentos com corretivo em relação à testemunha (sem correção), para todos os graus de densidade estudados (média de 3 repetições).

Densidades (Mg m ⁻³)	Testemunha	Gesso	Calcário	Calcário + Gesso	Silicato	Silicato + Gesso
1,00	35,70	63,7 (78) ¹	80,30 (125)	104,00 (192)	111,70 (213)	137,00 (284)
1,20	31,00	41,7 (34)	51,00 (65)	75,00 (142)	89,00 (187)	99,00 (219)
1,40	26,00	35,3 (36)	40,70 (56)	64,30 (147)	65,00 (150)	68,30 (163)
1,60	18,30	26,7 (45)	29,70 (62)	38,70 (111)	46,30 (150)	45,70 (149)

¹Valores entre parênteses, para cada grau de densidade, representam a % de aumento em relação à testemunha (sem correção)

Portanto, a correção da acidez do solo com a consequente adição de Ca e Mg em proporções adequadas e neutralização do Al tóxico é de fundamental importância para o crescimento radicular, como mostrado na Tabela 2.

Dentre os tratamentos de correção, a aplicação do gesso isoladamente, foi o que menor efeito apresentou no crescimento radicular do braquiarião. Embora o gesso seja considerado um ótimo condicionador de solo, a sua aplicação não corrige o pH do solo e nem fornece Mg. Mas, o fornecimento de

Ca e a neutralização de parte do Al tóxico pelo SO_4^{-2} , promovem uma amenização das limitações químicas do solo e favoreceu o crescimento radicular do braquiário em relação ao solo sem correção.

O tratamento que apresentou a maior resposta no crescimento do sistema radicular da forrageira foi o silicato de Ca, principalmente quando associado ao gesso. O silicato de cálcio aplicado ao solo, além de corrigir o pH e com isso reduzir a toxidez de Al e aumentar a disponibilidade de nutrientes, o H_4SiO_4 compete pelos sítios de fixação do P no solo, aumentando sua disponibilidade e absorção pelas plantas (Malavolta, 2006). Na planta, o Si promove benefícios na arquitetura da parte aérea, os quais serão discutidos adiante, quando da apresentação dos resultados dos caracteres morfológicos da parte aérea, item 3.2.

Os tratamentos envolvendo a aplicação de calcário apresentaram um comportamento intermediário (Tabela 2), mas bem superior à testemunha.

Independente dos tratamentos de corretivos, o aumento da densidade do solo promoveu reduções lineares e significativas no crescimento radicular (Figura 1 e equações Tabela 3). Observa-se que quanto maior a densidade do solo, menor é o crescimento do sistema radicular em resposta à aplicação dos corretivos. Isso mostra que aumento da densidade tende a anular os benefícios dos corretivos na correção das limitações químicas do solo, tornando-se o fator mais limitante ao crescimento das raízes.

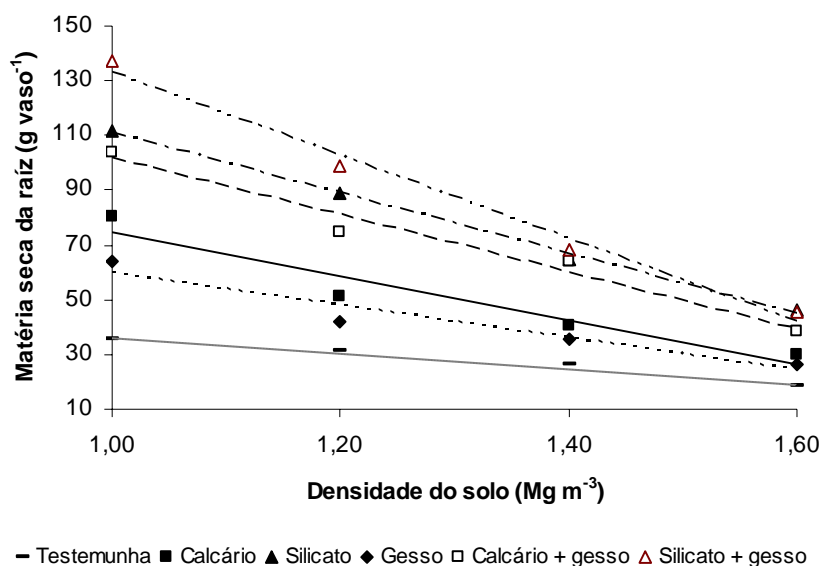


FIGURA 1 Matéria seca das raízes do braquiarião para os diferentes corretivos em função da densidade do solo.

TABELA 3 Equações de regressão para a matéria seca das raízes em cada tratamento de correção do solo e os valores estimados da variável para as densidades 1,0 e 1,6 e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação à 1,0 Mg dm⁻³

Tratamentos	Equação	R ²	Densidade (Mg m ⁻³)		Redução
			1,0	1,6	
			-----g vaso ⁻¹ -----		%
Testemunha	Y= -28,51x + 64,813	0,98*	36,3	19,2	47
Gesso	Y= -58,67x + 118,11	0,92*	59,4	24,2	59
Calcário	Y= -81,155x + 155,42	0,93*	74,8	26,0	65
Calcário + Gesso	Y= -103,36x + 204,86	0,97*	101,5	39,5	61
Silicato	Y= -110,01 + 221,01	0,99*	111,0	45,0	59
Silicato + Gesso	Y= -152,33 + 285,53	0,99*	133,2	41,8	68

* Significativo a 5% pelo teste F

As três últimas colunas da tabela 3 mostram os valores estimados de matéria seca das raízes do braquiarião para as densidades 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e a redução dos valores da maior para a menor densidade, para todos os tratamentos de correção. Observa-se que a densidade 1,60 Mg m⁻³ foi altamente limitante ao crescimento radicular da forrageira, cujas reduções variaram de 47% para a testemunha até 68% no tratamento com silicato + gesso, em relação à densidade 1,0 Mg m⁻³. As reduções percentuais nos tratamentos que receberam corretivos foram maiores que a da testemunha, devido a grande resposta às suas aplicações na densidade 1,0 Mg m⁻³. Ressalta-se, também, que na densidade 1,60 Mg m⁻³, os tratamentos com calcário + gesso, silicato + gesso, promoveram uma produção de massa seca radicular mais que o dobro da obtida pela testemunha (Tabela 3). Nesses tratamentos, tal como já discutido, a melhora das limitações químicas do solo, promoveram melhores condições nutricionais da planta, aliviando as condições físicas desfavoráveis proporcionadas pelo aumento da densidade do solo.

Com o aumento da densidade do solo há quebra da estrutura e aumento da impedância mecânica, o que dificulta o crescimento radicular. Dessa forma, a planta adapta-se a esse ambiente por meio de alterações no diâmetro e comprimento de suas raízes. Segundo Russel (1977) quando o sistema radicular encontra resistência mecânica ao seu desenvolvimento pela redução dos poros ou do seu diâmetro, a mesma exerce pressão sobre as partículas para aumentar o tamanho dos poros ou reduz o seu diâmetro para passar através dos poros já existentes. Além dessas modificações em solos compactados, o encharcamento ou déficit hídrico são mais intensos comprometendo em muito o desenvolvimento radicular das plantas. Nessas condições as raízes podem morrer parcialmente ocorrendo modificações nas reservas de carboidratos, afetando a produção e a sobrevivência das plantas (Reis & Reis, 1991).

Vários trabalhos relatam a redução da matéria seca das raízes de plantas com o aumento da densidade do solo. Guimarães et al., (2003) verificaram modificações e redução da matéria seca de raízes do feijoeiro em densidade de $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$. Guimarães & Moreira (2001) verificaram reduções na densidade de raízes em 85%, na densidade do solo de $1,7 \text{ Mg m}^{-3}$, em solo arenoso, em arroz de sequeiro. Redução da matéria seca de raízes de mamona com o aumento da densidade do solo também foi verificada por Vale et al. (2004).

3.2. Crescimento da parte aérea do braquiário

A densidade do solo, os corretivos e a interação entre esses fatores influenciaram significativamente ($P < 0,05$) as variáveis morfológicas avaliadas na parte aérea do braquiário, cujos resultados são apresentados na Figura 2 e as equações de regressão correspondentes nas tabelas 4 e 5.

Independente dos corretivos, o aumento da densidade do solo promoveu reduções lineares e significativas no número de perfilhos, área foliar, matéria seca da parte aérea, do caule e das folhas (Figura 2).

Dentre os tratamentos de correção, a testemunha (sem correção) seguido pelo gesso, foram os que apresentaram os menores valores para todos os caracteres morfológicos do braquiário. Como já discutido no item 3.1, relativo ao crescimento radicular, o solo utilizado apresenta elevadas acidez, teor e saturação por Al e baixos teores de Ca e Mg, fatores esses, limitantes ao crescimento radicular (Tabela 2 e Figura 1) e, por consequência, da parte aérea (Figura 2). O tratamento com gesso, com o fornecimento de Ca e SO_4^{-2} , promoveu uma amenização das limitações químicas do solo citadas e, com isso, possibilitou maior crescimento radicular (Tabela 2 e Figura 1) e da parte aérea (Figura 2) do braquiário, em relação à testemunha.

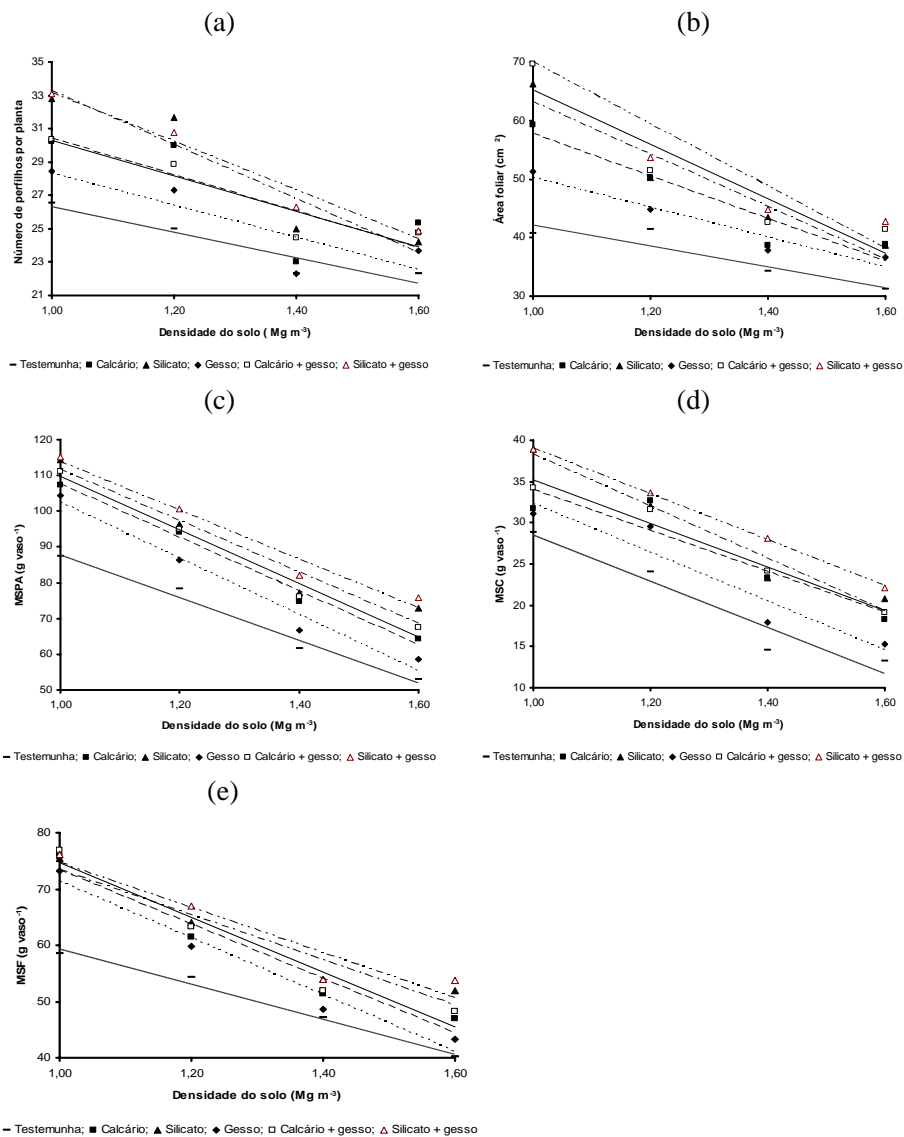


FIGURA 2 Número de perfilhos por planta (a); área foliar (b), MSPA- matéria seca da parte aérea (c), MSC – matéria seca do colmo (d), MSF – matéria seca das folhas (e) para os diferentes corretivos em função da densidade do solo.

TABELA 4 Equações de regressão para o número de perfilhos por planta, área foliar e matéria seca da parte aérea e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,60 em relação 1,0 Mg m⁻³

Tratamentos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Número de perfilhos por plantas					
Testemunha	Y= -7,67x + 34,01	0,89*	26,0	22,0	15
Calcário	Y= -10,835x + 41,22	0,62*	30,0	24,0	20
Silicato	Y= -16,175x + 49,44	0,89*	33,0	24,0	27
Gesso	Y = - 9,655x + 37,99	0,74*	28,0	23,0	18
Calcário + gesso	Y = -10,55x + 40,82	0,85*	30,0	24,0	20
Silicato + gesso	Y= -14,555x + 47,69	0,97*	33,0	24,0	28
Área foliar (cm ²)					
Testemunha	Y= -17,81x + 60,05	0,85*	42,2	31,5	25
Calcário	Y= -36,42x +94,15	0,89*	57,7	35,8	38
Silicato	Y= -44,77x +107,90	0,92*	63,1	36,2	43
Gesso	Y = -25,4x + 75,64	0,93*	50,2	35,0	30
Calcário + gesso	Y = -35,42 + 94,14	0,89*	58,7	37,4	36
Silicato + gesso	Y= - 52,97x + 122,99	0,85*	70,0	38,2	45
Matéria seca da parte aérea (g/vaso)					
Testemunha	Y= -59,94x + 148,04	0,98*	88,0	52,1	41
Calcário	Y= -74,63x + 182,11	0,99*	107,7	62,7	42
Silicato	Y= -71,76x +183,46	0,95*	112,0	69,1	38
Gesso	Y = -78,64x +181,20	0,97*	102,5	55,3	46
Calcário + gesso	Y = -75,02x +184,90	0,98*	109,8	64,1	42
Silicato + gesso	Y= - 68,04x +181,87	0,97*	113,8	73,0	36

* Significativo a 5% pelo teste F

TABELA 5 Equações de regressão para matéria seca do colmo e das folhas do braquiarião e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,60 em relação 1,0 Mg m⁻³

Tratamentos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Matéria seca do colmo (g/vaso)					
Testemunha	Y= -28,09x + 56,69	0,94*	28,6	11,7	59
Calcário	Y= -24,79x + 58,75	0,87*	33,9	19,0	43
Silicato	Y= -31,53x + 69,80	0,96*	38,2	19,3	49
Gesso	Y = - 29,58x +61,92	0,91*	32,3	14,5	55
Calcário + gesso	Y = - 26,49x +61,72	0,97*	35,2	19,3	45
Silicato + gesso	Y= -27,93x +67,01	0,99*	39,0	22,4	43
Matéria seca das folhas (g/vaso)					
Testemunha	Y= -31,17x +90,57	0,99*	59,4	40,6	31
Calcário	Y= - 48,1x +121,41	0,95*	73,3	44,4	39
Silicato	Y= - 40,23x +113,66	0,93*	73,4	49,2	33
Gesso	Y = - 50,41x +121,80	0,97*	71,3	41,1	42
Calcário + gesso	Y = - 48,53x +123,18	0,95*	74,6	45,5	39
Silicato + gesso	Y= - 40,10x +114,83	0,91*	74,7	50,6	32

* Significativo a 5% pelo teste F.

Quanto aos demais corretivos, a figura 2 mostra que os tratamentos com silicato mais gesso, proporcionaram valores superiores para os caracteres morfológicos avaliados, ficando os tratamentos com calcário e calcário + gesso, em posição intermediária. O silicato, como já discutido, promoveu o maior crescimento radicular da forrageira (Tabela 2 e Figura 1). Além dos efeitos já citados do silicato no solo, na parte aérea da planta, o Si melhora a arquitetura do vegetal, tornando as folhas mais eretas, elevação dos teores de clorofila e com maior capacidade fotossintéticas. Pela deposição de uma camada de sílica amorfa abaixo das células epidérmicas, o Si reduz a transpiração e se torna uma barreira mecânica à infecção e dificulta o ataque de insetos (Malavolta, 2006),

efeitos esses, que em conjunto, contribuem para uma maior produtividade vegetal (Melo, 2005).

As tabelas 4 e 5 , além das equações de regressão, mostram também, os valores estimados das variáveis de crescimento do braquiário para as densidades 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e, o percentual de redução dessas variáveis na densidade 1,6 em relação 1,0, para os diferentes corretivos. Observa-se que a densidade 1,6 foi altamente limitante ao crescimento do braquiário, promovendo reduções que variaram de 15 a 28 % no número de perfilhos, de 25 a 45 % na área foliar, de 38 a 46 % na matéria seca da parte aérea, de 43 a 59 % na matéria seca dos colmos e de 31 a 42 % na matéria seca de folhas. Dentre os corretivos, tanto para a densidade 1,0 quanto para a 1,6 Mg m⁻³, o silicato e silicato + gesso foram os que proporcionaram os maiores valores, cujas causas já foram discutidas anteriormente.

Essa redução severa com aumento da densidade do solo deve-se ao aumento da impedância mecânica que restringe a água facilmente disponível, diminui a aeração do solo, conseqüentemente reduz os efeitos benéficos dos corretivos do solo (Camargo & Alleoni, 2006).

Na literatura existem vários relatos do efeito negativo da compactação do solo no crescimento vegetativo e na produção de grãos de diversas culturas. Para o arroz é verificado redução da matéria seca da parte aérea e do comprimento das raízes com o aumento da impedância mecânica (Guimarães & Moreira, 2001).

Também Medeiros et al., (2005) verificaram reduções no número de perfilhos e na matéria seca da parte aérea do arroz com aumento da compactação do solo. No feijoeiro foram observados efeitos negativos da compactação, principalmente no crescimento vegetativo e na produção de grãos como verificado por Alves et al., (2001), trabalhando com camadas compactadas em subsuperfície em diferentes classes de solos.

Freddi et al. (2008) verificaram comportamento linear decrescente para a altura de plantas, diâmetro de colmo, massa seca e altura de inserção da primeira espiga para o milho com o aumento da compactação do solo. Silva (1998) também relata que a taxa de crescimento da parte aérea de plantas de milho reduziu em função do aumento da resistência a penetração.

Esses resultados encontrados na literatura para diferentes culturas vêm a corroborar os resultados obtidos para o braquiário, demonstrando a necessidade de adoção de práticas para amenização ou correção dos problemas de ordem física do solo através de medidas curativas, preventivas ou aliviatórias, tanto de efeito físico quanto de efeito químico.

3.3 Acúmulo de nutrientes

Os acúmulos dos nutrientes nos tecidos das plantas é mais dependente da matéria seca do que dos seus teores. Assim, o acúmulo dos macronutrientes (Figura 3) e dos micronutrientes catiônicos e silício (Figura 4), cujas equações de regressão são apresentadas nas Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente, seguiram um comportamento semelhante às variáveis de crescimento do braquiário, em função dos tratamentos de densidades e correção do solo.

Dessa forma, independente do tratamento de correção, o aumento da densidade do solo, reduzindo o crescimento do braquiário, promoveu também, redução do acúmulo dos nutrientes e do Si.

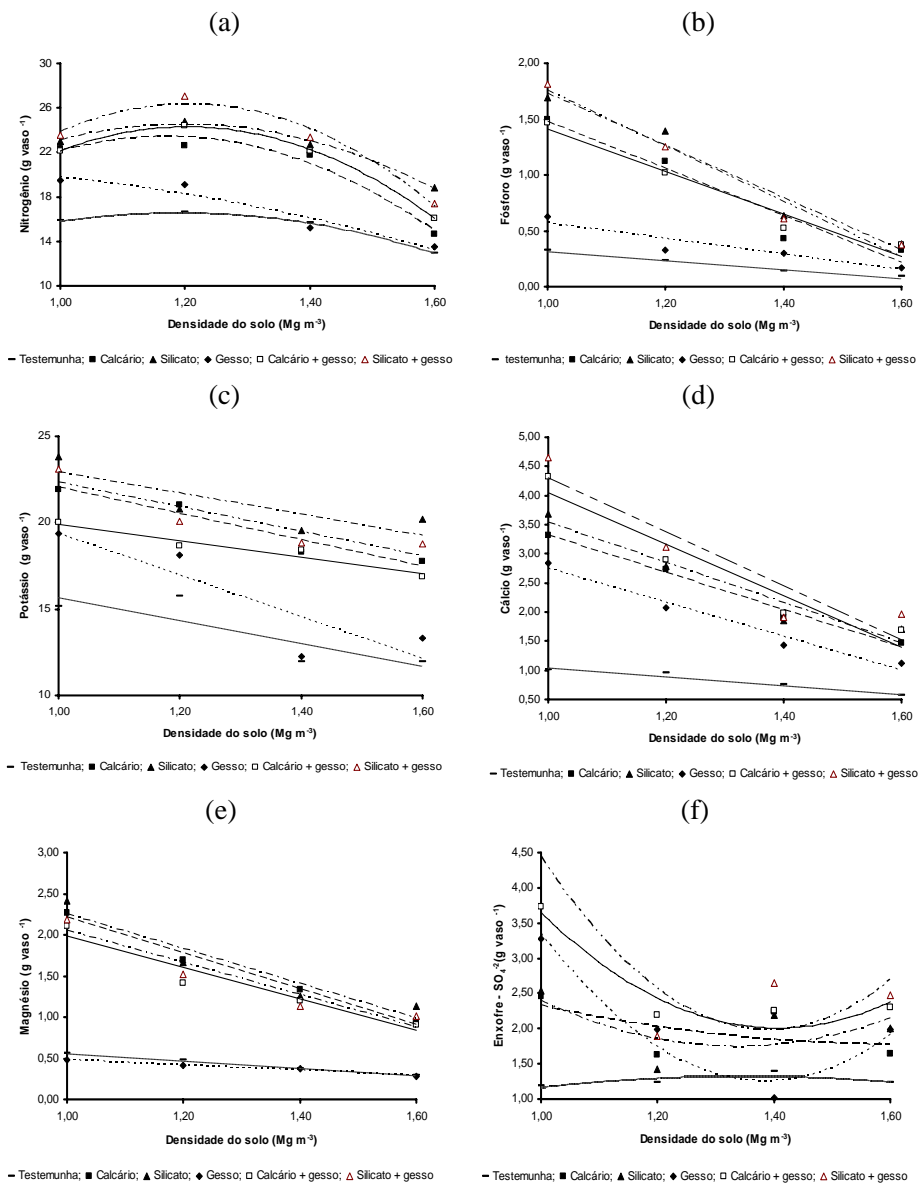


FIGURA 3 Acúmulo de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) na parte aérea do braquiarão para os diferentes corretivos em função das densidades do solo.

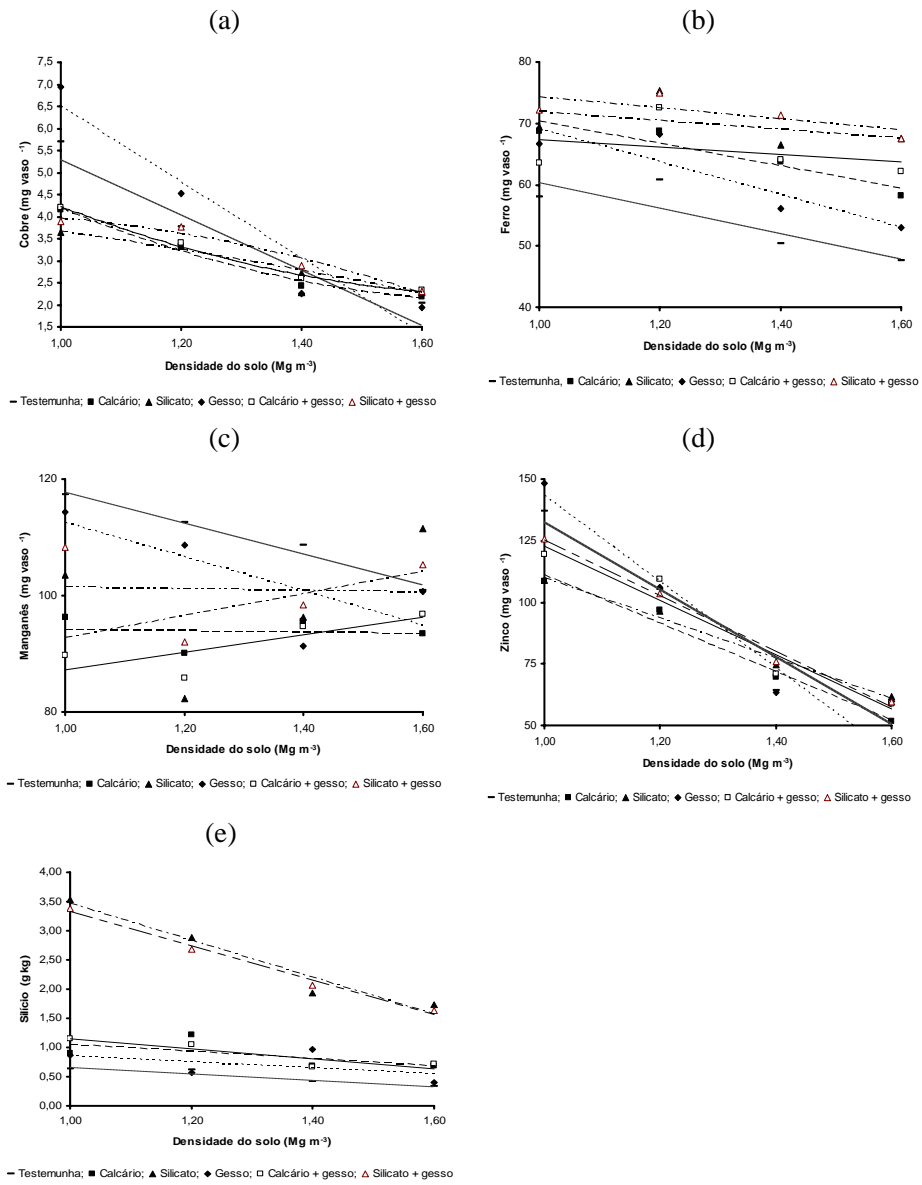


FIGURA 4 Acúmulo de cobre (a), ferro (b), manganês (c), zinco (d), e silício (e) na parte aérea do braquiarião para os diferentes corretivos em função das densidades do solo.

TABELA 6 Equações de regressão para o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,60 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Tratamentos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Nitrogênio (g vaso ⁻¹)					
Testemunha	Y= -21,94x ² + 52,28x - 14,5	0,99	15,2	12,9	15
Calcário	Y= -46,25x ² + 108,28x - 39,95	0,97*	22,0	14,9	32
Silicato	Y= -36,31x ² + 87,10x - 27,71	0,99*	23,0	18,7	19
Gesso	Y= -8,38x ² +108,28x - 39,95	0,97*	36,5	13,2	64
Calcário + gesso	Y= -52,25 x ² + 125,72x - 52,33	0,99*	21,1	15,0	29
Silicato + gesso	Y= -59,38x + 143,42 x - 60,6	0,98*	23,4	16,8	28
Fósforo (g vaso ⁻¹)					
Testemunha	Y = -0,405x + 0,72	0,98*	0,32	0,07	77
Calcário	Y = -2,1x + 3,57	0,94*	1,47	0,21	86
Silicato	Y = -2,34x + 4,067	0,96*	1,72	0,32	81
Gesso	Y = -0,705x + 1,274	0,88*	0,57	0,15	74
Calcário + gesso	Y = -1,9x + 3,315	0,96*	1,42	0,28	80
Silicato + gesso	Y = -2,48x + 4,234	0,97*	2,03	0,26	87
Potássio (g vaso ⁻¹)					
Testemunha	Y= -6,68x + 22,37	0,73*	15,6	11,6	25
Calcário	y = -7,62x + 29,646	0,94*	22,0	17,4	21
Silicato	y = -6,035x + 28,933	0,69*	22,9	19,2	16
Gesso	y = -12,035x + 31,418	0,78*	19,3	12,1	37
Calcário + gesso	y = -4,78x + 24,699	0,94*	19,9	17,0	14
Silicato + gesso	y = -7,09x + 29,417	0,82*	22,3	18,0	19

* Significativo a 5% pelo teste F.

TABELA 7 Equações de regressão para o acúmulo de cálcio, magnésio, enxofre e silício na parte aérea do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,60 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Tratamentos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Cálcio (g vaso ⁻¹)					
Testemunha	Y = -0,76x + 1,81	0,95*	1,0	0,5	44
Calcário	Y = -3,195x + 6,51	0,99*	3,3	1,4	58
Silicato	Y = -3,45x + 6,99	0,93*	3,5	1,4	58
Gesso	Y = -2,915x + 5,66	0,97*	2,7	1,0	64
Calcário + gesso	Y = -4,425x + 8,47	0,93*	4,0	1,3	66
Silicato + gesso	Y = -4,63x + 8,92	0,86*	4,2	1,5	65
Magnésio (g vaso ⁻¹)					
Testemunha	Y = -0,44x + 1,002	0,99*	0,5	0,3	46
Calcário	Y = -2,165x + 4,377	0,99*	2,2	0,9	59
Silicato	Y = -2,13x + 4,389	0,90*	2,2	0,9	57
Gesso	Y = -0,32x + 0,80	0,98*	0,4	0,2	40
Calcário + gesso	Y = -1,91x + 3,89	0,93*	1,9	0,8	58
Silicato + gesso	Y = -1,96x + 4,013	0,91*	2,0	0,8	57
Enxofre (g vaso ⁻¹)					
Testemunha	Y = -1,375x ² + 3,71x - 1,172	0,62*	1,2	1,2	0
Calcário	Y = 1,4375x ² - 4,66x + 5,55	0,34*	2,3	1,7	25
Silicato	Y = 5,75x ² - 15,37x + 12,016	0,37 ^{ns}	2,3	2,1	10
Gesso	Y = 14,12x ² - 39,13x + 28,36	0,95*	3,3	1,9	43
Calcário + gesso	Y = 9,9375x ² - 27,952x + 21,664	0,92*	3,6	2,4	34
Silicato + gesso	Y = 16,125x ² - 44,835x + 33,148	0,77*	4,4	2,6	39
Silício (g vaso ⁻¹)					
Testemunha	Y = -0,53x + 1,189	0,92*	0,6	0,3	48
Calcário	Y = -0,595x + 1,64	0,37 ^{ns}	1,0	0,6	34
Silicato	Y = -3,18x + 6,65	0,95*	3,4	1,5	55
Gesso	Y = -0,49x + 1,337	0,23 ^{ns}	0,8	0,5	33

...continua...

TABELA 7, Cont.

Calcário + gesso	$Y = -0,85x + 2,00$	0,83*	1,1	0,6	44
Silicato + gesso	$Y = -2,94x + 6,267$	0,99*	3,3	1,5	53

* Significativo a 5% pelo teste de F.

TABELA 8 Equações de regressão para o acúmulo de cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,60 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Tratamentos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Cobre (mg vaso ⁻¹)					
Testemunha	$Y = -6,255x + 11,55$	0,90*	5,3	1,5	71
Calcário	$Y = 3,6875x^2 - 12,982x + 13,483$	0,99*	4,1	2,1	48
Silicato	$Y = -0,68x^2 - 0,55x + 4,90$	0,99*	4,7	2,2	52
Gesso	$Y = -8,62x + 15,12$	0,92*	6,5	1,3	80
Calcário + gesso	$Y = 3,375x^2 - 11,985x + 12,838$	0,99*	4,2	2,3	45
Silicato + gesso	$Y = -2,8125x^2 + 4,47x + 2,29$	0,96*	3,9	2,2	44
Ferro (mg vaso ⁻¹)					
Testemunha	$Y = -20,605x + 81,00$	0,74*	60,3	48,0	20
Calcário	$Y = -18,26x + 88,56$	0,89*	70,3	51,7	26
Silicato	$Y = -7,11x + 78,95$	0,22 ^{ns}	71,8	67,5	6
Gesso	$Y = -26,595x + 95,62$	0,82*	69,3	53,3	23
Calcário + gesso	$Y = -6,135x + 73,56$	0,11*	67,4	63,7	5
Silicato + gesso	$Y = -8,92x + 83,14$	0,56*	74,2	69,0	7
Manganês (mg vaso ⁻¹)					
Testemunha	$Y = -26,69x + 144,61$	0,98*	117,8	101,9	14
Calcário	$Y = -10,29x + 107,16$	0,93*	96,8	90,7	6
Silicato	$Y = -47,43x + 160,04$	0,97*	112,6	84,1	25
Gesso	$Y = -29,35x + 141,89$	0,56*	112,5	94,9	16

...continua...

TABELA 8, Cont.

Calcário + gesso	$Y = -19,135x + 116,70$	0,97*	97,5	86,0	12
Silicato + gesso	$Y = -27,88x + 137,27$	0,98*	109,8	92,6	16
Zinco (mg vaso ⁻¹)					
Testemunha	$Y = -136,96x + 269,63$	0,93*	132,6	50,4	62
Calcário	$Y = -99,005x + 210,30$	0,98*	111,3	51,9	53
Silicato	$Y = -82,09x + 192,10$	0,98*	110,0	60,7	44
Gesso	$Y = -175,08x + 318,54$	0,97*	143,4	38,4	73,0
Calcário + gesso	$Y = -110,46x + 233,33$	0,94*	122,8	56,5	54,0
Silicato + gesso	$Y = -113,18x + 238,42$	0,99*	125,2	57,3	54,0

* Significativo a 5% pelo teste F.

Dentre os tratamentos de correção, a testemunha e o gesso, foram aqueles que proporcionaram menores acumulações dos macronutrientes à exceção do enxofre para o gesso (Figura 3f), que é fonte desse nutriente. Para os micronutrientes catiônicos, esses dois tratamentos proporcionaram menores acumulações de ferro e maiores de cobre e manganês, sendo que para o zinco, não se observou um efeito definido da correção do solo no seu acúmulo (Figura 4). Quanto ao Si, maiores acumulações foram observadas nos corretivos nos quais está presente, silicato e silicato + gesso (Figura 4 e).

Como já discutido para o crescimento radicular (item 3.1) e para o crescimento da parte aérea do braquiário (item 3.2) o solo utilizado no experimento, e em consequência o tratamento testemunha, apresenta elevadas acidez, teor e saturação de Al e baixos teores de Ca e Mg, fatores limitantes ao crescimento vegetal. O gesso, pelo fornecimento de Ca e SO_4^{-2} , amenizando parte desses efeitos, favorece o acúmulo de Ca e S na parte aérea do braquiário, nos tratamentos em que estava presente (Figura 3d).

O pH é o fator que mais influenciaria a disponibilidade e absorção dos nutrientes no solo (Malavolta, 1980). Certamente, as condições de pH ácido e a alta solubilidade de Fe e Al nos tratamentos testemunha e gesso, com a

conseqüente precipitação e redução da disponibilidade de P, foi a principal causa do menor acúmulo desse nutriente nas plantas desses tratamentos (Figura 3b). Também nesses tratamentos, a baixa acumulação de Mg (Figura 3e) foi devido à falta de sua aplicação. O K, nutriente que tem a disponibilidade pouco influenciada pelo pH do solo, sua acumulação (Figura 3c) seguiu basicamente a produção de matéria seca pela planta (Figura 2).

Os demais tratamentos de correção, calcário, silicato, calcário + gesso e silicato + gesso, os quais promovem aumento do pH, neutralização do Al tóxico e fornecimento de Ca e Mg, possibilitaram maior crescimento do braquiário e, em conseqüência, maior acúmulo dos macronutrientes (Figura 3). O maior acúmulo observado de Ca, Mg e S devem-se pela presença desses nutrientes nesses corretivos.

Dentre os macronutrientes, em termos de disponibilidade, o P é o mais beneficiado pela correção da acidez do solo pelos corretivos. Com a elevação do pH e a conseqüente imobilização de Fe e Al, há menor precipitação de P com esses cátions e maior absorção e acumulação pelas plantas (Figura 3 b). Esse efeito foi mais pronunciado nos tratamentos com silicato (silicato e silicato + gesso) nas menores densidades. Isso deve-se à competição do Si pelos sítios de adsorção de P no solo (Kingston et al., 1972), tornando esse último mais disponível (Matichenkov & Bocharnikora, 2001). A superioridade dos silicatos em relação ao calcário também foi observado por Smyth & Sanchez (1980) em um latossolo caulínico do Cerrado brasileiro (pH 4,8). Esses autores verificaram reduções de 24% na retenção de fósforo para o silicato de cálcio e 18% para o calcário, corroborando assim, os resultados obtidos para o braquiário. Porém, pesquisas demonstram que o silício pode não deslocar o fósforo em condições de baixa concentração desse nutriente no solo (Carvalho et al., 2000). O menor efeito dos silicatos nas maiores densidades foi devido à limitação física do solo ao crescimento radicular e da parte aérea, não

permitindo diferenças pronunciadas na produção de matéria seca do braquiário e, à maior adsorção de P nessas condições, como será discutido adiante.

As três últimas colunas das tabelas 6, 7 e 8 mostram os valores estimados do acúmulo dos macronutrientes, micronutrientes e silício na parte aérea do braquiário nas densidades 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e a redução percentual dos valores da maior para a menor densidade, para todos os tratamentos de correção estudados. Tal como observado para o crescimento radicular (Tabela 3) e caracteres morfológicos da parte aérea do braquiário (Tabelas 4 e 5), a densidade de 1,6 Mg m⁻³ diminuiu a acumulação dos nutrientes e do Si na parte aérea da forrageira.

Chama a atenção a baixa acumulação de P nas plantas crescidas na densidade 1,6 Mg m⁻³ (Tabela 6) e a grande redução em relação à densidade 1,0, cujos valores variaram de 74% no gesso a 87% no silicato + gesso. De acordo com Novais & Smith (1999), em solos compactados há quebra dos agregados e aumento da participação de microporos, resultando em maior área de contato para o fosfato com a fração sólida do solo positivamente carregadas, que o adsorvem. Dessa forma, há diminuição da disponibilidade do nutriente para a planta, refletindo na sua absorção e acumulação. Além da maior fixação de P nessas condições, o aumento da impedância mecânica pode reduzir a habilidade das raízes em absorver o nutriente, como verificado para o milho (Shierlaw & Alston, 1984; Foloni et al., 2003). Como já apresentado e discutido no item 3.1 para todos os tratamentos de correção, o aumento da densidade do solo limitou grandemente o crescimento radicular do braquiário, diminuindo a produção de massa seca das raízes na densidade 1,6 em mais de 50% em relação a densidade 1,0 (Tabela 3). Dessa forma, com o menor volume de solo explorado pelas raízes, o P nutriente que se movimenta no solo em direção às raízes por difusão, portanto, a curtas distâncias (Novais & Smith, 1999), foi o nutriente mais prejudicado pela compactação.

Dentre os micronutrientes, o Cu e o Zn foram aqueles que apresentaram drástica redução em suas acumulações com o aumento da densidade do solo (Figura 4a, d e Tabela 8), para todos os tratamentos de correção. De acordo com Malavolta (1980) e Abreu et al. (2001), o Zn e o Cu apresentaram retenções fortes aos componentes sólidos do solo e a maior proporção desses micronutrientes aparece adsorvida aos minerais de argila, aos hidróxidos e ferro e à matéria orgânica. Assim, suas concentrações na solução são muito baixas e a mobilidade no solo muito pequena. Portanto, tal como ocorre com o P, o aumento da densidade do solo promove maior área de contato desses nutrientes com a fase sólida do solo, aumentando a retenção e diminuindo a disponibilidade. Associado ao menor crescimento radicular, esses fatores, certamente, contribuíram para uma menor absorção e acumulação de Zn e Cu com o aumento da densidade do solo.

6 CONCLUSÕES

- ✓ O uso de corretivos amenizou os efeitos da compactação, mas a compactação do solo foi o fator mais limitante ao crescimento do braquiário.
- ✓ A compactação do solo promoveu redução dos caracteres morfológicos, no acúmulo de silício e de nutrientes em especial o P, Zn e Cu
- ✓ Dentre tratamentos de correção, o silicato e silicato + gesso foram os que proporcionaram maiores crescimento radicular e da parte aérea do braquiário e maiores acúmulos dos nutrientes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAYE, A. O.; ALLEN, V. G.; FONTENOT, J. P. Grazing sheep and cattle together or separately: effect on soils and plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 380-386, 1997.

ABREU, C. A.; FERREIRA, M. E.; BORKERT, C. M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 125-150.

ALVES, V. G.; ANDRADE, M. J. B.; CORRÊA, J. B. D.; MORAES, A. R.; SILVA, M. V. Crescimento e produção de vagens do feijoeiro em diferentes graus de compactação e classes de solos. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1051-1062, 2001.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A. D.; SHEPHERDT, G.; BARKER, D. J.; BUDDING, P. J.; DEVANTIER, B. P.; COSTALL, D. A. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 37, p. 743-760, 1999.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Efeitos da compactação em atributos do solo**. 2006. Disponível em:
<<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C4/Comp4.htm>>. Acesso em: 17 maio 2007.

CARVALHO, R.; FURTINE NETO, A. E.; NILTON, C.; FERNANDES, L. A. Dessorção de fósforo por silício em solos ácidos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 69-74, 2000.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965. Pt. 1, p. 545-567.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos. Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos e fertilizantes**. Brasília, DF, 1999. 370 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar 4.3**. 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/sisvar>>. Acesso em: 13 jul. 2007.

FOLONI, J. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 947-955, 2003.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; BEUTLER, A. N. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo no crescimento da parte aérea e produtividade da cultura do milho. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 272-287, abr./jun. 2008.

GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 703-707, 2001.

GUIMARÃES, M. C.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: II., efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 213-218, 2003.

HODSON, M. J.; EVANS, D. E. Aluminum silicon interactions in higher plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 46, p. 161-171, 1995.

KINGSTON, F. J.; POSNER, A. M.; QUIRK, J. P. Anion adsorption by goethite and gibbsite: I., the role of the proton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science**, Baltimore, v. 23, p. 177-192, 1972.

KORNDÖRFER, C. M.; ABDALLA, L. A.; BUENO, I. C. S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 153-163, 2001.

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. 70 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo. ANDA/POTAFÓS, 1989. 153 p.

MALAVOLTA, E. **Elemento de nutrição de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 674 p.

MATICHENKOV, V. V.; BOCHARNIKOVA, E. A. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 133-147. (Studies in plant science, 8).

MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. Compactação do solo e manejo da água: 1., efeitos sobre a absorção de n, p, k, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 940-947, 2005.

MELO, S. P. de. **Silício e fósforo para estabelecimento do capim-Marandu num Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2005. 110 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MONTEIRO, F. A.; COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C. Enxofre e micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 279-301.

NIE, Z. N.; WARD, G. N.; MICHAEL, A. T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on south-western Victoria. **Australian Journal Agricultural of Soil Research**, Melbourne, v. 52, p. 37-43, 2001.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

PRADO, R. M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. 2000. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistema de Produção) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”, Ilha Solteira.

PROFFITT, A. P. B.; BENTOTTI, S.; HOWELL, M. R.; EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brown earth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 44, n. 2, p. 317-331, 1993.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Respostas estomáticas e mudanças nos níveis de reservas de plantas intactas e de brotações de *E. camaldulensis* Dehn submetidas à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 112-125, 1991.

RUSSELL, R. S. Mechanical impedance of root growth. In: _____. **Plant root systems: their function and interaction with the soil**. London: McGraw-Hill Book, 1977. 298 p.

SHIERLAW, J.; ALSTON, A. M. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, The Hague, v. 77, p. 15-26, 1984.

SILVA, A. P. **Qualidade física do solo e o desenvolvimento de plantas de milho**. 1998. 80 f. Tese (Livre Docência em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SMYTH, T. J.; SANCHEZ, P. A. Effects of lime, silicate, and phosphorus applications to an Oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 500-505, 1980.

VALE, L. S.; COSTA, J. V. T.; LIMA, R. L. S.; SILVA, M. I. L.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. Crescimento da mamoneira em solo compactado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2004. 1 CD-ROM.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C. Calagem e uso de gesso agrícola em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. p. 63-111.

CAPÍTULO 2

CORRETIVOS DA ACIDEZ, GESSO E CULTIVO PRÉVIO DO BRAQUIARÃO NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DA SOJA

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de corretivos da acidez do solo e do cultivo prévio do braquiário sobre os efeitos da compactação no crescimento, produção e nutrição da soja cultivada em sucessão. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação utilizando amostras do horizonte B do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico textura argilosa. Os vasos (colunas) foram constituídos de dois anéis de tubo de PVC com 20 cm de diâmetro, sendo que o anel inferior, de 40 cm de altura, recebeu o solo sob condições naturais e densidade de $1,0 \text{ Mg m}^{-3}$ e o anel superior, de 20 cm de altura recebeu os tratamentos de densidades, correção e gesso. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial $4 \times 6 \times 2$ com três repetições, sendo quatro tratamentos de densidades (1,0; 1,20; 1,40 e $1,60 \text{ Mg m}^{-3}$), seis tratamentos relacionados à correção do solo (testemunha-sem correção; gesso; calcário; silicato; calcário + gesso e silicato + gesso) e dois tratamentos, aqui denominados de sistema de cultivo, representados pelo cultivo prévio ou não do braquiário sobre os tratamentos de densidade e correção. O sistema sem cultivo permaneceu em pousio durante o cultivo do braquiário. Em seguida ao cultivo do braquiário, a soja foi cultivada em ambos os sistemas. Na época do florescimento da soja foram realizadas avaliações morfológicas: diâmetro de caule, área foliar dos folíolos e ao término do ciclo da cultura foi quantificado a matéria seca da parte aérea, folhas, caule, acúmulo de macro e micronutrientes e produção de grãos. Finalizadas as mensurações e quantificações das variáveis procedeu-se a análise estatística concluindo que o uso do cultivo prévio do braquiário e os corretivos de solo amenizaram os efeitos da compactação do solo no crescimento, nutrição e produção da soja.

Comitê Orientador: Dr. Valdemar Faquin (Orientador), Dr. Geraldo César de Oliveira (Co-orientador).

2 ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the use of soil acidity amendments and of the previous cultivation of the brachiariagrass on the effects of compaction on the growth, production and nutrition of soybean grown in succession. The experiment was conducted in greenhouse utilizing samples of the B horizon of RED LATOSOL Dystrophic, clayey texture. The pots (columns) consisted of two PVC pipe rings 20 cm in diameter, the lower ring 40 cm in height, was given the soil under natural conditions and density of 1.0 Mg m^{-3} and the upper ring, 20 cm high, received the treatments of densities, amendment and gypsum. The experimental design was completely randomized in factorial scheme $4 \times 6 \times 2$ with three replicates, that is, four density treatments (1.0 ; 1.20 ; 1.40 and 1.60 Mg m^{-3}), six treatments related to soil amendment (control- with no amendment; gypsum; limestone; silicate; limestone + gypsum and silicate + gypsum) and two treatments, here named growing system, stood for by the previous cultivation or not of the brachiariagrass on the density and amendment treatments. The no-cultivation system remained in fallow during the growing of brachiariagrass. After the growing of the brachiariagrass, soybean was cultivated in both the systems. At the time of the blooming of soybean, morphologic evaluations were done: stem diameter, leaf area of leaflets and the end of the crop cycle, the dry matter of the shoot, leaves, stem, accumulation of macro and micronutrients and grain yield. Ended the measurements and quantifications of the variables, the statistical analysis was proceeded, concluding that the use of the previous cultivation of brachiariagrass and soil amendments ameliorated the effects of soil compaction on the growth, nutrition and yield of soybean

Guidance Committee: Dr. Valdemar Faquin (Adviser), Dr. Geraldo César de Oliveira (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

Na agricultura moderna o uso freqüente de máquinas e implementos agrícolas pesados, com o tempo, inevitavelmente resulta na compactação do solo. A compactação do solo promove alterações nos atributos físicos resultando em aumento da densidade, resistência à penetração de raízes e diminuição da infiltração de água, comprometendo assim, o crescimento e a nutrição de plantas. Portanto, é muito importante o estudo de práticas e alternativas que aliviem ou minimizem os efeitos da compactação.

Segundo Vieira & Muzilli (1985) os diferentes sistemas de cultivo apresentam comportamentos diversos quanto à compactação. Seus efeitos sobre os atributos físicos podem ser bastante diferenciados, isto porque, depende do tipo de preparo realizado, da intensidade de movimentação, trânsito de máquinas e do manejo dos resíduos vegetais.

Entre os sistemas de cultivo, o convencional destaca-se pelo preparo do solo com uso de arado, grade e subsolador. Esse sistema de manejo quebra a estrutura do solo, afeta a densidade e a porosidade, reduzindo com isso, a sua capacidade de suporte favorecendo a perda dos atributos físicos, principalmente quando mal manejado (Anjos et al., 1994). De acordo com Kemper & Derpsch (1981) apenas o melhoramento no preparo mecânico dos solos, por si só, é insuficiente para evitar a compactação, sendo necessário a suplementação com o por exemplo, rotação de culturas e plantas de cobertura.

Nesse contexto, destaque é dado aos sistemas conservacionistas como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária. O uso de rotação e sucessão de culturas nesses sistemas promove melhor aproveitamento dos insumos tornando-os mais sustentáveis (Siqueira Júnior, 2005), além de aumentar a fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes e recuperação da estrutura do solo (Garcia et al., 2004).

Nesses sistemas, destaque é dado ao uso de gramíneas e leguminosas, pois a gramínea além de fornecer alimento para o gado deixa o solo coberto, apresenta decomposição mais lenta e aumenta a agregação do solo pela atuação do seu sistema radicular (Mitchell & Tell, 1977); enquanto a leguminosa, por fixar nitrogênio atmosférico e reduzir a relação C/N disponibiliza nutrientes para a cultura sucessora (Capernedo & Mielniczuk, 1990) aumentando assim, a sustentabilidade do ecossistema.

Além do sistema de manejo, a adoção de corretivos pode promover alterações benéficas aos atributos físicos e químicos do solo, aumentando, conseqüentemente, a produção das culturas (Lopes, 1989). Atualmente a correção do solo é realizada com uso de calcário seja ele dolomítico, calcítico ou magnésiano. Recentemente os silicatos de cálcio e magnésio são utilizados como corretivos de solo aumentando a produtividade das culturas, em especial as acumuladoras de silício como o arroz (Faria, 2000). Embora não seja um corretivo de solo, o emprego do gesso agrícola melhora o ambiente radicular em profundidade, diminuindo a toxidez por alumínio e fornecendo cálcio e enxofre ao sistema radicular, potencializando maior absorção de água e nutrientes refletindo em maior crescimento e produção das culturas.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar corretivos de acidez e gesso na mitigação dos efeitos da compactação do solo no crescimento, nutrição e produção da soja cultivada com cultivo prévio ou não do braquiário.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos (colunas) em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando amostras do horizonte B do Latossolo vermelho distrófico textura argilosa, coletado no campus da UFLA, Lavras-MG, sob vegetação

natural. Aproximadamente cinco m³ de horizonte B do Latossolo foram secos ao ar e peneirado em malha de 2 mm. Posteriormente, subamostras foram tomadas para caracterizações físicas, químicas e mineralógicas como apresentado na Tabela 1 do Capítulo 1.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 6 x 2, com três repetições, sendo quatro densidades do solo (1,0, 1,20, 1,40 e 1,60 Mg m³), seis tratamentos de correção (testemunha-sem correção, calcário, silicato de cálcio, gesso, calcário + gesso e silicato + gesso) e dois sistemas de cultivo: cultivo prévio do braquiário e sem cultivo. Os detalhes dos vasos (colunas) utilizados, do estabelecimento dos tratamentos de densidades, das doses e aplicação dos corretivos e do cultivo prévio do braquiário estão descritos em Material e Métodos do Capítulo 1. Na mesma época do preparo dos vasos para o cultivo do braquiário, foram preparados também, três repetições adicionais de cada tratamento, as quais permaneceram em pousio com umidade na capacidade de campo, estabelecendo assim, o sistema sem cultivo.

Antes do semeio da soja, após o último corte do braquiário, o mesmo permaneceu em rebrota por 15 dias, quando realizou-se a dessecação com glyphosato na dose de quatro litros por hectare. A massa seca produzida foi quantificada e picada em pedaços de três a cinco centímetros e depositada na superfície dos vasos correspondentes, na dose de 6,4 t ha⁻¹ (22,16 g vaso⁻¹), próximo da usada por Corrêa et al. (2004), de 8,0 t ha⁻¹. Esses vasos permaneceram em pousio por 60 dias com umidade na capacidade de campo. Esses vasos receberam também, antes do plantio da soja, uma adubação básica de macro e micronutrientes com 50% da dose recomendada por Malavolta (1980), visando repor o extraído pela parte aérea colhida do braquiário.

Em seguida, tanto nos vasos cultivados com braquiário (sistema cultivado) quanto nos que permaneceram em pousio (sistema não cultivado),

semearam-se cerca de 10 sementes de soja (*Glycine Max* L, cv. conquista) por vaso, desbastando-se para três plântulas 10 dias após a emergência. Irrigações diárias foram realizadas com água deionizada visando manter a umidade do solo na capacidade de campo. Coberturas nitrogenadas e potássicas também foram realizadas durante o período de crescimento da soja em ambos os sistemas, de acordo com Malavolta (1980).

Foram realizadas mensurações da área foliar do folíolo tomando-se três folíolos por planta no terço médio, totalizando nove observações por parcela na época de florescimento, com uso do Laser Área Meter CI – 203. Nessa mesma época foi realizado a medição do diâmetro de caule utilizando um paquímetro digital realizando-se três mensurações por parcela totalizando nove observações por tratamento. Após a finalização do ciclo da cultura, em ambos os sistemas foram quantificados a matéria seca das folhas, caules, grãos e total, após secagem em estufa a 65 – 70 °C até atingirem peso constante. Nessas partes, após a moagem, realizaram-se a análise química dos tecidos para macro e micronutrientes de acordo com a metodologia descrita pela Malavolta et al. (1997). Relacionando-se os teores dos nutrientes com a matéria seca produzida, determinaram-se os acúmulos em cada parte e pela soma das partes os acúmulos totais dos nutrientes na parte aérea da soja.

Foi realizada a análise estatística constituída por regressão para o fator densidade utilizando o software SISVAR 4.3 (Ferreira, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Destaca-se que no tratamento sem cultivo (pousio) que não recebeu nenhuma correção (Testemunha), em todos os graus de compactação, as plântulas de soja, logo após a emergência, apresentaram sintomas típicos de toxidez de Mn, pequeno crescimento, sendo que as mesmas secaram

completamente cerca de 10 dias da emergência. Esse mesmo tratamento (Testemunha), mas com cultivo prévio do braquiário, embora com crescimento menor que os tratamentos com correção, a soja completou seu ciclo chegando à produção grãos. A Figura 1 mostra fotos ilustrando esses efeitos.

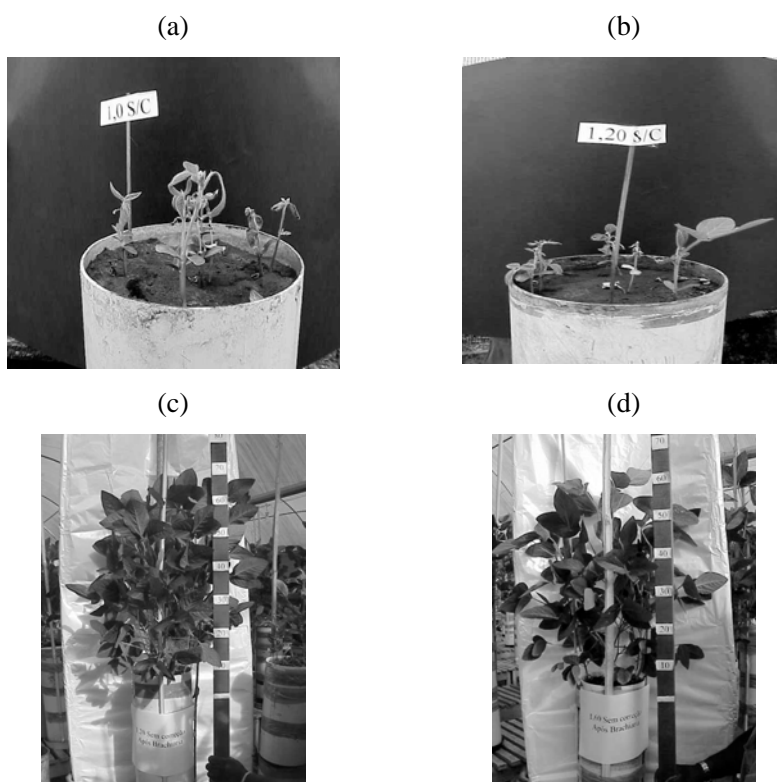


FIGURA 1 Detalhes do crescimento e o aspecto das plantas do tratamento testemunha (S/C = sem correção) no sistema sem cultivo nas densidades 1,0 (a) e 1,20 Mg m^{-3} (b) aos 10 dias e no sistema cultivado com braquiário nas densidades 1,2 (c) e 1,6 Mg m^{-3} (d) no início do florescimento.

Esses resultados mostram que para o cultivo da soja nas condições do solo utilizado, a correção da acidez é uma prática fundamental para o sucesso do empreendimento. Também, nessas mesmas condições, o cultivo prévio do braquiário, mostrou-se uma prática amenizadora tanto das condições químicas quanto físicas desfavoráveis desse tratamento.

Dado a esse pequeno crescimento e morte das plântulas, não foi possível no tratamento testemunha, sem cultivo, a obtenção dos dados das variáveis propostas no trabalho. Dessa forma, o tratamento testemunha, tanto com quanto sem o cultivo prévio do braquiário, não foi incluído na análise estatística.

Os sistemas de cultivo (com e sem cultivo prévio do braquiário), as densidades do solo, os tratamentos de correção bem como a interação entre esses fatores influenciaram significativamente ($P < 0,05$) todas as variáveis avaliadas na soja.

As figuras 2, 3 e 4, cujas equações de regressão são apresentadas nas tabelas 1, 2 e 3, mostram que o cultivo prévio do braquiário, independente dos tratamentos de correção, promoveu aumentos significativos das variáveis de crescimento (Figura 2), acúmulo dos macronutrientes (Figura 3) e micronutrientes e silício (Figura 4) da soja, à exceção dos acúmulos de Ca (Figura 3d) e de Mg (Figura 3e) nas densidades 1,0 e 1,20 Mg m⁻³. Observa-se, também, nas figuras 2, 3 e 4, em ambos os sistemas de cultivo, que o aumento da densidade do solo promoveu uma diminuição significativa nos valores de todas as variáveis, à exceção dos acúmulos de Ca, Mg e Mn no tratamento com cultivo prévio do braquiário.

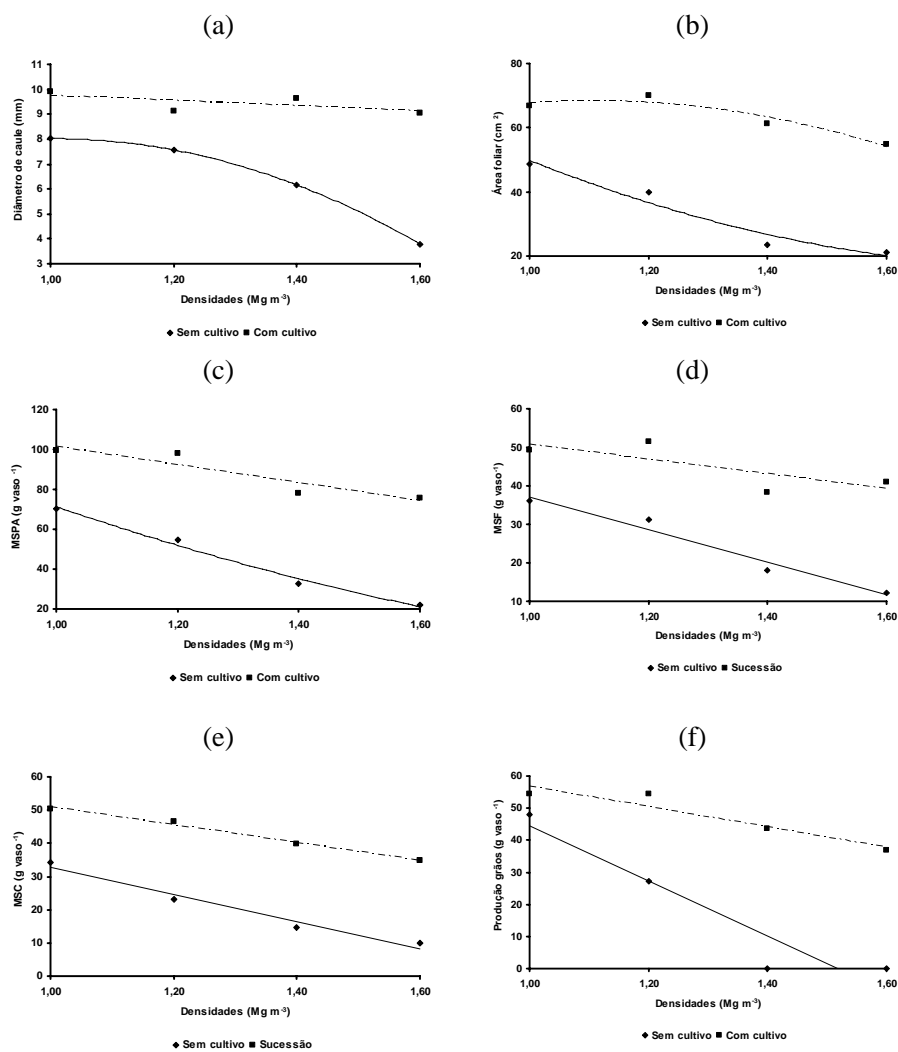


FIGURA 2 Diâmetro do caule (a), área foliar do folíolo(b), matéria seca da parte aérea – MSPA (c), matéria seca das folhas- MSF (d), matéria seca do caule- MSC (e) e produção de grãos (f) da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiarião em função das densidades do solo.

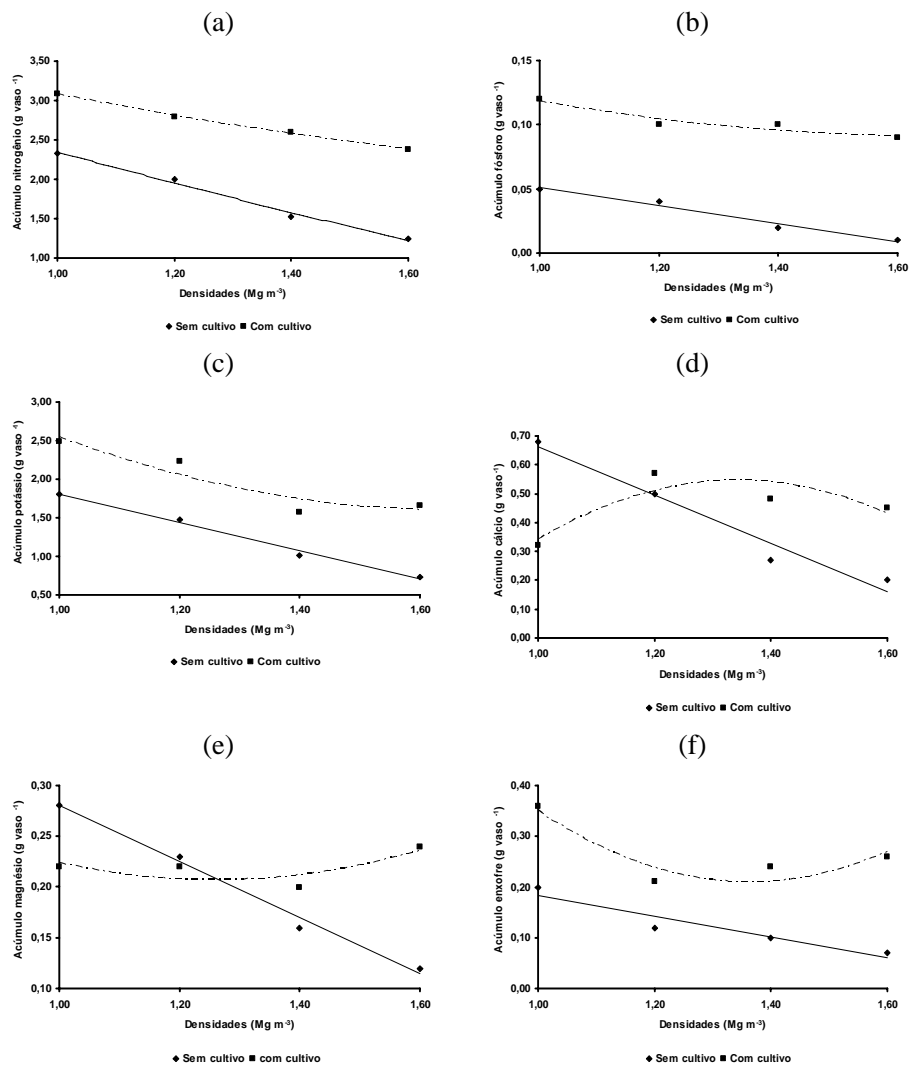


FIGURA 3 Acúmulo de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e), enxofre (f) e silício (g) na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiarião em função das densidades do solo.

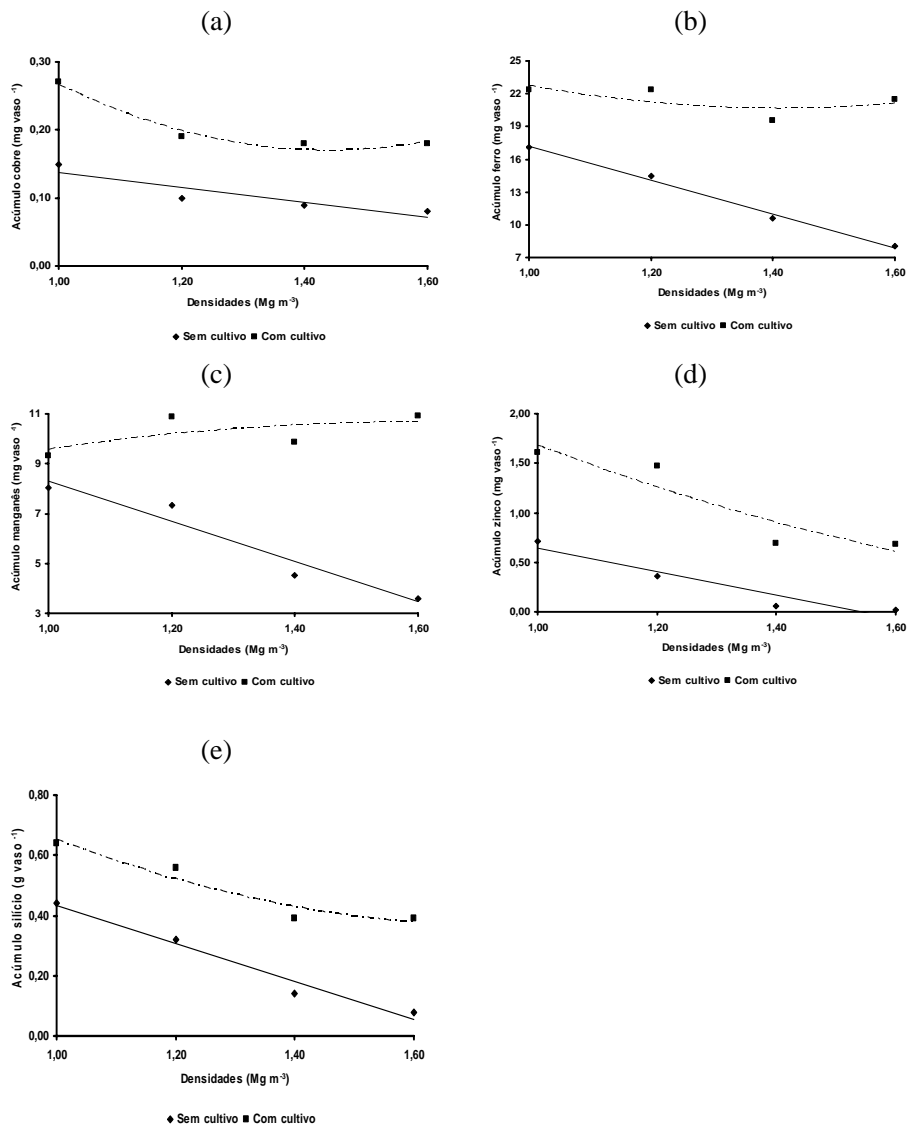


FIGURA 4 Acúmulo de cobre (a), ferro (b), manganês (c), zinco (d) e silício (e) na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiário em função das densidades do solo.

TABELA 1 Equações de regressão para as variáveis de crescimento e produção de grãos da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Sistemas	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Diâmetro de caule (mm)					
Sem cultivo	Y= -12x ² + 24,00x - 4,11	0,99*	7,89	3,57	55
Com cultivo	Y= - 1,02x + 10,761	0,41*	9,74	9,13	6
Área foliar (cm²)					
Sem cultivo	40,94x ² -155,89x +164,8	0,96*	49,85	20,18	59
Com cultivo	Y= -59,31x ² +131,48x -4,52	0,93*	67,65	54,01	20
MSPA (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y= 33,06x ² - 169,48x + 207,65	0,99*	71,23	21,11	70
Com cultivo	Y= - 46,07x + 147,75	0,87*	101,68	74,04	23
MSF (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y= - 42,44 x + 79,54	0,96*	37,1	11,64	69
Com cultivo	Y= - 19,33x + 70,17	0,60*	50,84	39,24	23
MSC (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y= - 41,075x + 73,89	0,96*	32,82	8,17	75
Com cultivo	Y= -26,67x + 77,47	0,99*	50,80	34,80	31
Produção (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y= - 85,69x + 130,22	0,90*	44,53	0,00	100
Com cultivo	Y= -31,61x + 88,40	0,90*	56,79	37,82	33

* Significativo a 5% pelo teste F

TABELA 2 Equações de regressão para o acúmulo de macronutrientes e silício na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Sistemas	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Nitrogênio (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = 0,25x ² - 2,52x + 4,61	0,99*	2,3	1,2	47
Com cultivo	Y = 0,5x ² - 2,46x + 5,04	0,99*	3,0	2,3	23
Fósforo (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -0,07x + 0,121	0,98*	0,05	0,009	82
Com cultivo	Y = 0,06x ² - 0,21x + 0,26	0,91*	0,11	0,08	27
Potássio (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -1,83x + 3,638	0,99*	1,8	0,7	61
Com cultivo	Y = 2,19x ² - 7,26x + 7,62	0,89*	2,55	1,61	37
Cálcio (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -0,83x + 1,498	0,96*	0,66	0,16	76
Com cultivo	Y = -1,75x ² + 4,7x - 2,61	0,75*	0,34	0,43	+26
Magnésio (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -0,27x + 0,555	0,99*	0,16	0,12	25
Com cultivo	Y = 0,25x ² - 0,63x + 0,60	0,60*	0,22	0,23	+4
Enxofre (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -0,20x + 0,389	0,90*	0,18	0,06	67
Com cultivo	Y = 1,06x ² - 2,90x + 2,18	0,85*	0,34	0,25	26
Silício (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -0,63x + 1,064	0,97*	0,43	0,03	93
Com cultivo	Y = 0,5x ² - 1,76x + 1,91	0,93*	0,65	0,37	43

* Significativo a 5% pelo teste F (+) ganhos em relação a densidade padrão

TABELA 3 Equações de regressão para do acúmulo de micronutrientes na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução (exceto Fe e Zn) da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Sistemas	Equação	R ²	Densidades (Mgm ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Cobre (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = 0,25x ² - 2,52x + 4,61	0,99*	2,34	1,22	47
Com cultivo	Y = 0,5x ² - 2,46x + 5,04	0,99*	3,08	2,38	22
Ferro (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -0,07x + 0,121	0,98*	0,05	0,09	+ 80
Com cultivo	Y = 0,06x ² - 0,21x + 0,26	0,91*	0,11	0,08	27
Manganês (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -1,84x + 3,638	0,99*	1,81	0,70	61
Com cultivo	Y = 2,19x ² - 7,26x + 7,62	0,89*	2,55	1,61	36
Zinco (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo	Y = -0,835x + 1,498	0,96*	0,66	0,16	75
Com cultivo	Y = -1,75x ² + 4,7x - 2,61	0,75*	0,34	0,43	+26

* Significativo a 5% pelo teste F (+) ganhos em relação a densidade padrão

De maneira geral, o acúmulo dos nutrientes nos vegetais é mais dependente da matéria seca produzida do que de seus teores nos tecidos. Dessa maneira, o acúmulo dos macronutrientes (Figura 3) e dos micronutrientes e silício (Figura 4) seguiram o mesmo comportamento do crescimento da soja em função dos sistemas de cultivos e das densidades do solo estudadas. Assim, os maiores acúmulos dos nutrientes foram observados na soja cultivada no solo com cultivo prévio do braquiário e, em ambos os sistemas de cultivo, o aumento da densidade do solo promoveu reduções nos seus acúmulos, à exceção de Ca, Mg e Mn.

A tabela 1 mostra, além das equações de regressão, os valores estimados das variáveis de crescimento da soja para as densidades 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e, o percentual de redução dessas variáveis na densidade 1,6 em relação à 1,0 Mg m⁻³, para os sistemas sem e com cultivo prévio do braquiário. Observa-se que a densidade de 1,6 no solo sem cultivo foi altamente limitante ao crescimento e produção da soja, promovendo reduções que variaram de 55% no diâmetro de caule até 100% na produção de grãos. Para o solo com cultivo esses valores foram bem menores, variando de 6% no diâmetro de caule até 33% na produção de grãos. Essas reduções ocorrem em função do aumento da densidade resultando em menor crescimento tanto aéreo quanto radicular da soja. A alta impedância mecânica gera um ambiente desfavorável para o crescimento de plantas pela redução da aeração do solo e da disponibilidade de água e nutrientes (Goedert et al., 2002).

Esses mesmos efeitos foram observados para os acúmulos dos nutrientes e silício na parte aérea da soja, como pode ser observado nas tabelas 2 e 3. Esses resultados mostram que o cultivo prévio do braquiário foi uma prática bastante efetiva na amenização dos efeitos negativos da densidade sobre a nutrição, crescimento e produção da soja.

Segundo Nuemberg et al. (1986) a rotação de culturas com emprego de gramíneas e leguminosas pode recuperar a estrutura física do solo e condicionar um bom desenvolvimento radicular da cultura sucessora, refletindo no seu crescimento aéreo. Também Mielniczuk (1996) afirma que a agressividade do sistema radicular da *Brachiaria brizantha*, utilizada nesse experimento, beneficia o desenvolvimento de cultura em sucessão. Pois ao ultrapassar a camada compactada e após a sua decomposição, elas deixam canais no solo, os quais aumentam aeração e a permeabilidade, facilitando a penetração de raízes da cultura sucessora (Barley, 1954).

Também Osterroht (2002) afirma que algumas plantas utilizadas como cobertura do solo possuem sistema radicular profundo, muito além das culturas comercialmente utilizada, facilitando assim, o estabelecimento das culturas sucessoras por romper a camada compactada, aumentando o fluxo vertical de matéria orgânica e a estruturação do mesmo, tornando-o mais poroso. Dessa forma, as plantas de sucessão encontram maior facilidade ao se estabelecer em solos com problemas de ordem física, pois os canais deixados pelas raízes da antecessora e fendas no solo geradas durante o seu crescimento radicular na camada compactada, reduzem o efeito da compactação do solo (Keisling et al., 1995).

Segundo Carvalho et al., (2004) as sucessões de cultivos com plantas que apresentem distintos crescimentos aéreo e radicular contribuem para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da fertilidade, maximizando a utilização de insumos agrícolas, além de aumentar a infiltração de água no solo, aeração (Lal, 1986) e a atividade biológica (Hermani et al., 1995). De acordo com Texeira et al., (2003) a utilização de gramíneas forrageiras tropicais nos sistemas agrícolas podem em pouco tempo alterar o conteúdo de matéria orgânica, nutrientes e elementos tóxicos no solo, reduzindo assim, o tempo necessário para a recuperação de solos degradados.

A utilização de sistemas misto de produção como a integração lavoura-pecuária são mais eficientes na manutenção da estrutura físico-química do solo, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas (Fittipaldi, 2006). A liberação de substâncias húmicas e o aumento da atividade biológica promovido pelo sistema radicular das forrageiras constituem em importantes agentes de agregação e reestruturação do solo (Paladini & Mielniczuk, 1991).

As figuras 5 e 6, cujas equações de regressão são apresentadas nas tabelas 4 e 5, mostram o efeito individual dos corretivos sobre as variáveis de crescimento e produção da soja, em função das densidades do solo, dentro de

cada sistema de cultivo. Lembra-se que, como já ressaltado, devido à morte das plântulas, o tratamento sem aplicação de corretivos não foi incluído na análise estatística. Observa-se que, de maneira geral, no sistema sem o cultivo prévio do braquiário (Figura 5a, c, e; e Figura 6a, c, e), na maioria das variáveis, não houve diferenças significativas entre os corretivos e, quando houve, essas foram de pequena magnitude e nas menores densidades do solo estudadas. Para a produção de grãos (Figura 6e) o efeito da densidade foi tão drástico que, para todos os corretivos, nos valores de 1,40 e 1,60 Mg dm⁻³, nenhuma produção foi obtida.

Já, no sistema com cultivo prévio do braquiário (Figura 5b, d, f; e Figura 6b, d, f), observaram-se efeitos significativos mais pronunciados dos corretivos sobre as variáveis, inclusive no maior valor de densidade estudado, 1,60 Mg.dm⁻³.

Dentre os corretivos, em ambos os sistemas de cultivo, a aplicação do gesso isoladamente, de maneira geral, foi o tratamento que proporcionou os menores valores para as variáveis de crescimento e produção da soja (Figuras 5 e 6). Para os outros tratamentos de correção, não foi observado um efeito definido ou destacado para algum deles, mas a mistura de calcário + gesso e silicato + gesso, de maneira geral, promoveram os maiores valores para as variáveis de crescimento e produção avaliadas na soja.

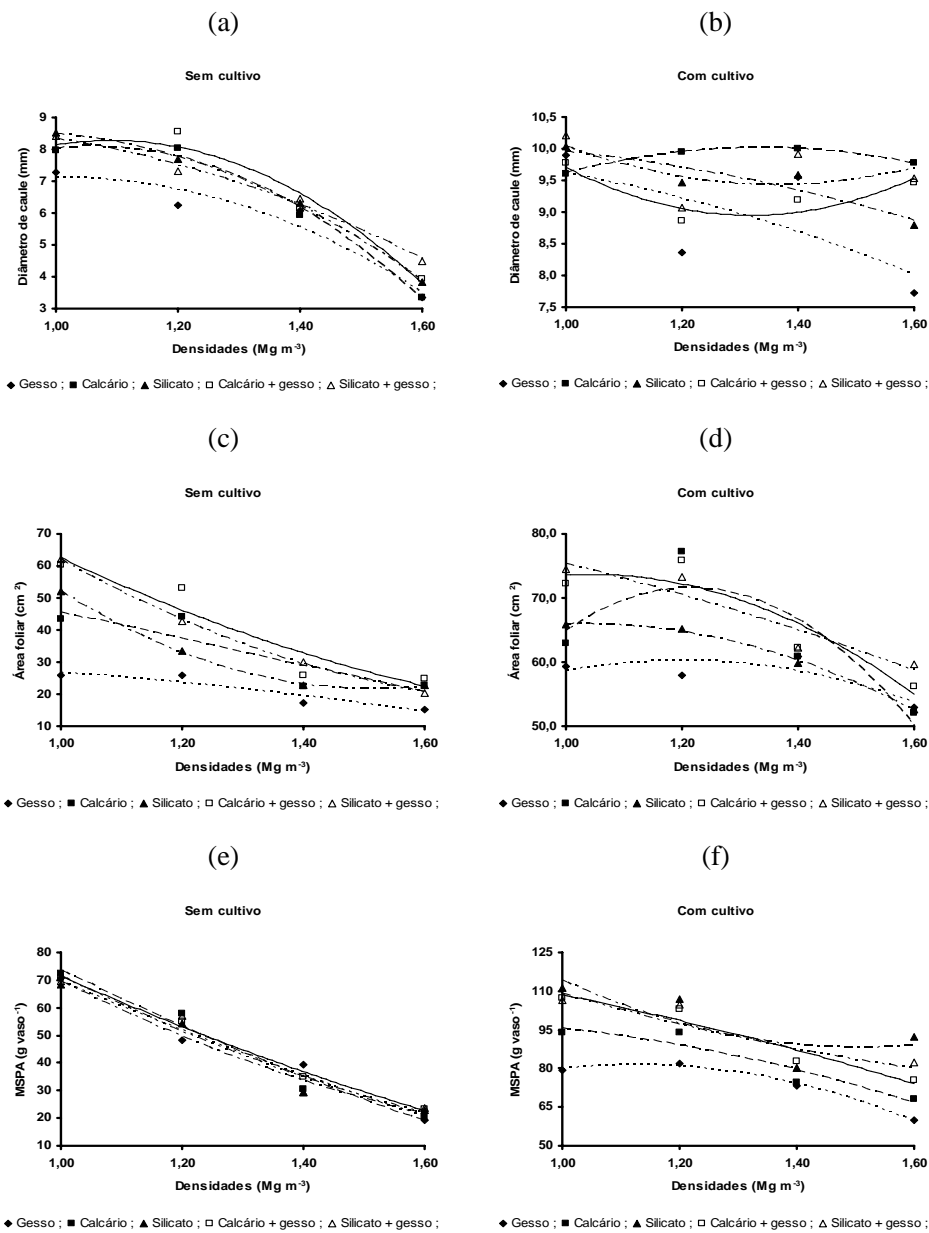


FIGURA 5 Diâmetro de caule (a) e (b), área foliar do folíolo (c) e (d), matéria seca da parte aérea – MSPA (e) e (f) da soja, submetido a diferente corretivos no sistema com e sem cultivo prévio do braquiário em função das densidades do solo.

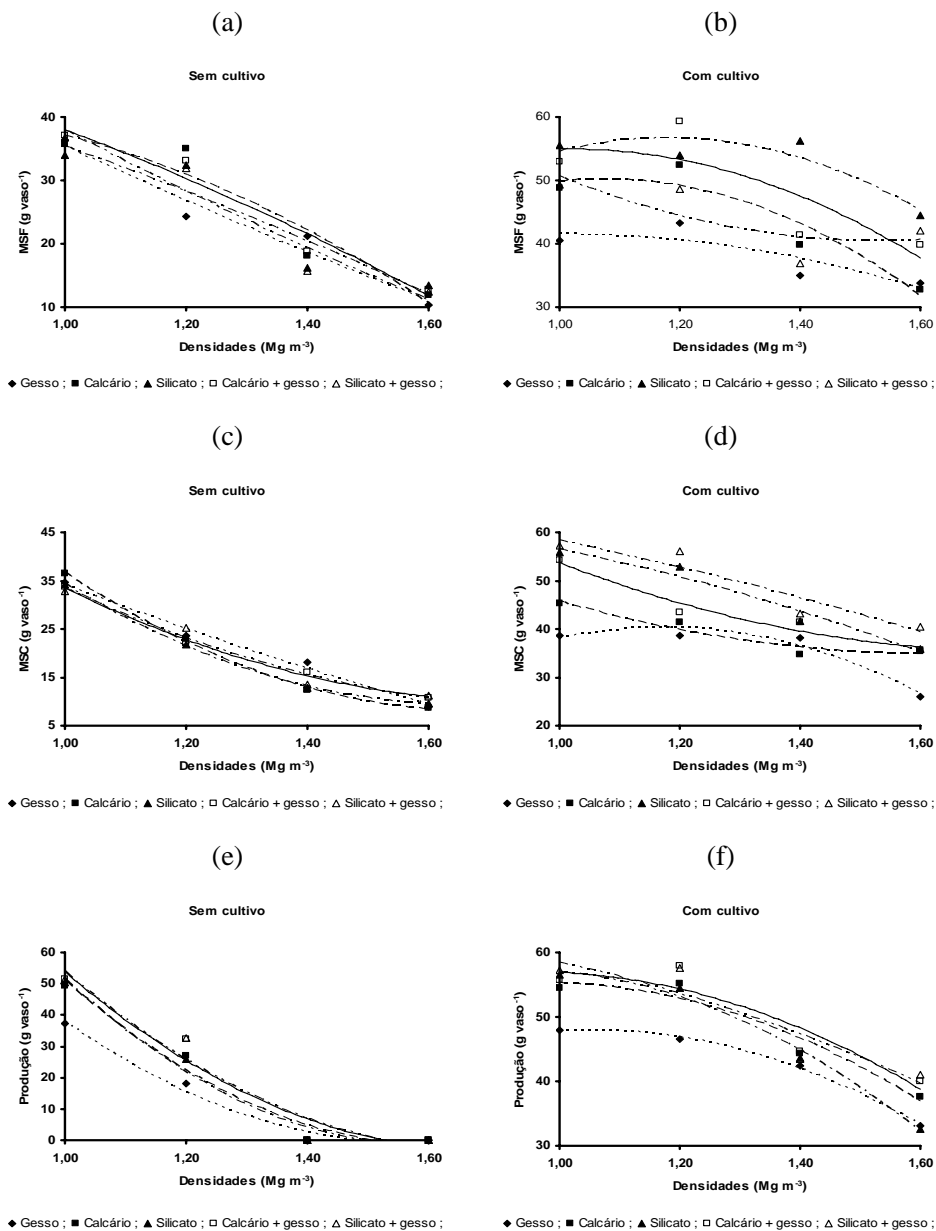


FIGURA 6 Matéria seca das folhas (a) e (b), matéria seca do caule – MSC (c) e (d), produção de grãos (e) e (f), submetido a diferentes corretivos no sistema com e sem cultivo prévio do braquiarião em função das densidades do solo.

TABELA 4 Equações de regressão para diâmetro de caule, área foliar do folíolo e matéria seca da parte aérea – MSPA da soja cultivada em vaso com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Corretivos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Diâmetro de caule (mm)					
Sem cultivo					
Gesso	Y= -10,63x ² +21,64x - 3,91	0,93*	7,1	3,5	50
Calcário	Y= -16,56x ² +35,08x - 10,5	0,99*	8,0	3,2	59
Silicato	Y= -10,19x ² + 18,78x - 0,10	0,99*	8,4	3,8	54
Calcário + gesso	Y= -17,31x ² + 37,76x - 12,31	0,96*	8,1	3,7	53
Silicato + gesso	Y= -5,38x ² + 7,69x + 6,03	0,99*	8,3	4,5	45
Com cultivo					
Gesso	Y= -1,75x ² + 1,89x + 9,47	0,47*	9,6	8,0	16
Calcário	Y= -3,56x ² + 9,53x + 3,65	0,99*	9,7	9,6	0,9
Silicato	Y= -1,44x ² + 1,93x + 9,46	0,84*	9,9	8,8	10
Calcário + gesso	Y= 7,44x ² - 19,62x + 21,89	0,82*	9,7	9,5	1
Silicato + gesso	Y= 4,63x ² - 12,61x + 18,01	0,28*	10,0	9,6	6
Área foliar do folíolo (cm²)					
Sem cultivo					
Gesso	Y= -10,75x ² + 7,48x + 30,09	0,87*	26,8	14,5	45
Calcário	Y= -1,38x ² - 38,18x + 85,17	0,77*	45,6	20,5	54
Silicato	Y= 116,19x ² - 351,39x + 287,3	0,99*	52,1	22,5	56
Calcário + gesso	Y= 38,38x ² - 166,63x + 190,91	0,89*	62,6	22,5	64
Silicato + gesso	Y= 62,38x ² - 231,07x + 230,72	0,99*	62,0	20,7	66
Com cultivo					
Gesso	Y= -41,06x ² + 98,67x + 0,96	0,67*	58,5	53,7	8
Calcário	Y= -145,62x ² + 354,1x - 143,69	0,78*	64,7	50,0	22

...continua...

TABELA 4, Cont.

Silicato	$Y = -41,19x^2 + 84,66x + 22,45$	0,99*	65,9	52,4	20
Calcário + gesso	$Y = -60,5x^2 + 126,37x + 7,68$	0,87*	73,5	54	25
Silicato + gesso	$Y = -8,38x^2 - 5,90x + 89,65$	0,90*	75,3	58	22
MSPA (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 17,56x^2 - 127,51x + 179,59$	0,98*	69,6	20,5	70
Calcário	$Y = 27,38x^2 - 162,59x + 208,98$	0,97*	73,7	18,9	74
Silicato	$Y = 49,75x^2 - 209,65x + 229,63$	0,95*	69,7	21,5	69
Calcário + gesso	$Y = 26,82x^2 - 150,9x + 195,59$	0,99*	71,5	22,8	68
Silicato + gesso	$Y = 43,5x^2 - 195,82x + 223,82$	0,95*	71,5	21,0	69
Com cultivo					
Gesso	$Y = -99,25x^2 + 224,47x - 45,54$	0,99*	79,6	59,5	25
Calcário	$Y = -39,19x^2 + 53,61x + 81,13$	0,90*	95,5	95,5	36
Silicato	$Y = 102,81x^2 - 309,66x + 321,2$	0,69*	114,3	88,9	22
Calcário + gesso	$Y = -19,12x^2 + 7,97x + 135,74$	0,94*	108,6	73,7	3
Silicato + gesso	$Y = 27,31x^2 - 119,42x + 201,15$	0,80*	109,0	79,9	26

* Significativo a 5% pelo teste F

TABELA 5 Equações de regressão matéria seca das folhas – MSF, matéria seca do caule – MSC e produção de grãos da soja cultivada com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³

Corretivos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,0	1,60	
MSF (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	Y= 6,93x ² - 58,63x + 87,17	0,96*	35,4	11,1	68
Calcário	Y= -33,81x ² + 43,61x + 27,31	0,92*	37,1	10,5	71
Silicato	Y= -8,25x ² - 17,55x + 61,2	0,89*	35,4	12,0	66
Calcário + gesso	Y= -13,188x ² - 9,36x + 60,53	0,96*	37,9	10,0	73
Silicato + gesso	Y= 9,75x ² - 70,01x + 98,30	0,93*	38,0	11,2	70
Com cultivo					
Gesso	Y= -24,44x ² + 49,23x + 16,69	0,73*	41,4	32,89	20
Calcário	Y= -67,5x ² + 145,29 - 27,96	0,90*	49,8	37,7	24
Silicato	Y= -64,56x ² + 152,37x - 33,24	0,83*	54,5	45,2	17
Calcário + gesso	Y= -50,69x ² + 103,11x + 2,52	0,69*	54,9	37,7	31
Silicato + gesso	Y= 36,28x ² - 110,97x + 125,38	0,63*	50,6	40,7	19
MSC (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	Y= 10,63x ² - 68,87x + 92,41	0,99*	34,1	9,4	72
Calcário	Y= 61,25x ² - 206,38x + 181,79	0,99*	36,6	8,3	77
Silicato	Y= 57,94x ² - 191,95x + 168,34	0,99*	34,3	9,5	72
Calcário + gesso	Y= 40x ² - 14,54x + 135,06	0,99*	33,5	11,0	67
Silicato + gesso	Y= 33,69x ² - 125,66x + 125,47	0,97*	33,5	10,6	68
Com cultivo					
Gesso	Y= -76,06x ² + 178,78x - 64,71	0,95*	38,0	25,5	32
Calcário	Y= 28,375x ² - 91,84x + 109,18	0,94*	45,7	34,8	23

...continua...

TABELA 5, Cont.

Silicato	$Y = -16,75x^2 + 7,92x + 65,37$	0,96*	56,5	35,1	37
Calcário + gesso	$Y = 31,5x^2 - 110,91x + 133,11$	0,94*	53	36,2	32
Silicato + gesso	$Y = -9,06x^2 - 8,12x + 75,57$	0,89*	58,3	39,3	32
Produção de grãos (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 118,62x^2 - 373,17x + 292,53$	0,98*	37,9	0,0	100
Calcário	$Y = 139,69x^2 - 450,99x + 362,39$	0,97*	51,0	0,0	100
Silicato	$Y = 152,31x^2 - 484,37x + 334,43$	0,98*	51,6	0,0	100
Calcário + gesso	$Y = 120,81x^2 - 407,65x + 340,7$	0,95*	53,8	0,0	100
Silicato + gesso	$Y = 116,81x^2 - 397,39x + 334,43$	0,94*	53,7	0,0	100
Com cultivo					
Gesso	$Y = -48,38x^2 + 101,42x - 5,17$	0,99*	47,8	33,2	30
Calcário	$Y = -46x^2 + 88,88x + 12,40$	0,94*	55,2	36,8	33
Silicato	$Y = -55,25x^2 + 102,2x + 10,05$	0,98*	57,4	32,5	43
Calcário + gesso	$Y = -43,31x^2 + 82,39x + 17,83$	0,87*	56,9	38,7	31
Silicato + gesso	$Y = -17,13x^2 + 13,18x + 62,48$	0,85*	58,5	39,7	32

* Significativo a 5% pelo teste F

O menor efeito do gesso, certamente, se deu pela elevada acidez do solo nesse tratamento e, com isso, elevados teores de Mn e Al disponíveis, tornando-se os fatores mais limitantes para o estabelecimento da soja (Tabela 1, Capítulo 1). Mesmo com essas limitações, esse tratamento permitiu que a soja atingisse o final do ciclo, o que, como destacado, não ocorreu com o tratamento testemunha (sem correção), provavelmente pela amenização da toxidez por Al e fornecimento de Ca e S, melhorando o ambiente radicular da cultura (Shainberg et al., 1989). Essas limitações químicas aliadas à baixa saturação por bases são os fatores que mais limitam a produção agrícola em solos ácidos dos trópicos (Coleman & Thomas, 1967).

Com o cultivo prévio do braquiário, provavelmente ocorreu amenização do estresse físico do solo, pela redução da impedância mecânica da camada compactada, principalmente nas densidades mais elevadas (1,40 e 1,60 Mg m⁻³). Aliado a esse fato, alterações promovidas pelo efeito da matéria orgânica do solo, representada pelas raízes do braquiário, permitiram maior aeração e permeabilidade em consequência dos canalículos deixados após sua decomposição. Dessa forma, ocorreu uma aliviação dos fatores físicos e químicos do solo que resultou em melhor aproveitamento dos nutrientes e ciclagem dos mesmos (Keinsling et al., 1995; Mielniczuk, 1996; Osterroht, 1982), permitindo assim, que a soja como cultura sucessora, se beneficiasse dos efeitos dos corretivos da acidez do solo e de suas misturas com o gesso.

As últimas três colunas das tabelas 4 e 5 mostram, para cada variável, os valores estimados para as densidades 1,0 e 1,6 Mg dm⁻³ e a redução percentual dessas variáveis da maior para a menor densidade, para cada corretivo utilizado, nos solos cultivados e não cultivados previamente com braquiário. Observa-se para todas as variáveis, um efeito drástico da compactação para o solo sem cultivo, sendo esse efeito amenizado pelo cultivo prévio do braquiário, fato já destacado na discussão da tabela 1. Comparando-se os corretivos nas densidades 1,0 e 1,6 Mg dm⁻³ (Tabelas 4 e 5), observa-se para todas as variáveis, que o menor efeito do gesso em relação aos outros tratamentos de correção foi bastante evidente na densidade 1,0. Já na densidade 1,6 Mg dm⁻³, o efeito dos corretivos foi nivelado, à exceção da MSPA (Tabela 4) e de Grãos (Tabela 5) no sistema com cultivo, onde o tratamento com apenas gesso promoveu menores valores que os demais corretivos. Essa observação demonstra que com o aumento da compactação do solo e, conseqüentemente, aumento da resistência à penetração há menor crescimento das raízes pela diminuição da aeração e da permeabilidade do solo, diminuindo também, o efeito benéfico dos corretivos na melhoria das condições químicas e no fornecimento de nutrientes às plantas.

Sendo assim, de modo geral, houve uma tendência de menor redução percentual nos valores das variáveis do tratamento com gesso em relação aos demais corretivos (Tabelas 4 e 5).

Como o acúmulo de nutrientes nos tecidos das plantas é mais dependente da matéria seca produzida do que de seus teores, os acúmulos dos macronutrientes (Figuras 7 e 8) do Cu, Fe e Mn (Figura 9), do Zn e silício (Figura 10) tiveram um comportamento semelhante às variáveis de crescimento e produção da soja, em função dos sistemas de cultivo, densidades e dos tratamentos de corretivos utilizados. Assim, a diferença entre os corretivos no acúmulo dos nutrientes e silício foi pouco pronunciada no solo não cultivado previamente com o braquiário e, em ambos os sistemas, o acúmulo foi diminuído com a elevação dos valores das densidades do solo.

O pH é o fator que mais influencia a disponibilidade e, em consequência, a absorção de nutrientes pelas plantas (Malavolta, 1980). Assim, no tratamento com gesso, o pH do solo permanecendo ácido (Tabela 1, Capítulo 1), favoreceu a disponibilidade e em consequência, o acúmulo dos micronutrientes catiônicos - Cu, Fe, Mn e Zn (Figuras 9 e 10). O contrário foi observado para o P nas menores densidades (Figura 7c, d). Em solos ácidos, ocorre menor disponibilidade de P pela sua precipitação com Fe e Al, solúveis nessa condição de pH (Malavolta, 1980), reduzindo, assim, a sua absorção e acumulação pela planta. Nas maiores densidades esse efeito não foi observado, devido à limitação física do solo ao crescimento das plantas, não permitindo diferenças pronunciadas na produção de matéria seca entre os corretivos utilizados, como visto nas figuras 4 e 5.

O Mg foi outro nutriente que apresentou baixa acumulação pela soja quando do uso do gesso, em ambos os sistemas de cultivo (Figura 8c, d). Esse fato pode ser atribuído a que o gesso é somente fonte de cálcio e, possivelmente,

devido a uma inibição competitiva do Ca do gesso com o Mg no processo de absorção (Malavolta, 1980).

Como era de se esperar, o uso do silicato na correção do solo promoveu maiores acumulações de silício em relação aos demais corretivos (Figura 10a, b) principalmente no solo previamente cultivado, devido sua presença no produto. No solo sem cultivo, esse efeito foi observado apenas nas menores densidades.

No presente trabalho, embora de maneira pouco pronunciada, os corretivos com silício (silicato e silicato + gesso), promoveram maior acúmulo de P, de forma mais acentuada no solo com cultivo (Figura 7c, d). Pesquisas têm demonstrado que à semelhança do P, o Si sofre a adsorção específica às superfícies dos óxidos de Fe e Al do solo (Kingston et al., 1972). Assim, o P e o Si competem entre si pelos mesmos sítios de adsorção, de maneira que o segundo pode deslocar o primeiro e vice-versa, da fase sólida para a líquida do solo (Carvalho et al., 2000). De acordo com esses autores, o aumento do pH do solo pela aplicação do silicato, com a conseqüente insolubilização do Fe e Al, reduz a precipitação do P com esses cátions, é outro fator que favorece a disponibilidade do P e a sua absorção pelas plantas.

Os acúmulos de N e K (Figura 7), para ambos os sistemas de cultivo, seguiram basicamente a produção de matéria seca e o Ca e o S (Figura 8), além da matéria seca, os maiores acúmulos foram observados nos tratamentos nos quais estavam presentes no corretivo, principalmente calcário + gesso e silicato + gesso.

As três últimas colunas das tabelas 6, 7 e 8 mostram os valores estimados dos acúmulos dos nutrientes para as densidades 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e a redução da maior para menor densidade, para todos os corretivos, em ambos os sistemas de cultivo. Observa-se que à exceção do Ca (Tabela 7) e Mn (Tabela 8), ambos no sistema com cultivo, tal como observado para as variáveis de

crescimento, a densidade $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$ reduziu sensivelmente a acumulação dos nutrientes para todos os tratamentos de corretivos utilizados.

Chama à atenção a baixa acumulação de P na soja cultivada na densidade $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$ no solo sem cultivo (Tabela 6) e a grande redução em relação à densidade 1,0 à exceção do tratamento com gesso. Em solos compactados, como já discutido para o braquiário (Capítulo 1), há quebra de agregados e aumento de microporos e, o conseqüente aumento de contato do fosfato com a fração sólida do solo carregada positivamente, ocorre aumento da fixação (Novais & Smith, 1999). Com isso, há menor disponibilidade, absorção e acúmulo de P pelas plantas. Além disso, o aumento da impedância mecânica reduz o crescimento radicular e a capacidade das raízes absorver o nutriente, como verificado para milho (Shierlaw & Alston, 1994; Foloni et al., 2003). Dessa forma, o menor volume de solo explorado pelas raízes e o movimento a curtas distâncias no solo, por difusão, fizeram que o P fosse o nutriente mais afetado pela compactação. Já no solo previamente cultivado pelo braquiário, as limitações físicas do solo ao crescimento da soja foram aliviadas (Tabela 4 e 5) e com isso, maior absorção de P e menor limitação da densidade $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$ no acúmulo do nutriente pelas plantas (Tabela 6)

Silva & Rosolem (2001) verificaram reduções no acúmulo de potássio, cálcio e magnésio quando da elevação da densidade do solo de 1,12 para $1,36 \text{ Mg m}^{-3}$ no cultivo da soja em sucessão a diferentes plantas de cobertura. Embora não trabalhando com o acúmulo de macro e micronutrientes, Ribeiro et al. (1985) observaram reduções da concentração de fósforo na parte aérea da soja pela elevação da densidade do solo.

Também Corrêa et al., (2001a) observaram reduções dos teores de Zn, B, Fe, Ca e Mg para a cana-de-açúcar em diferentes classes de solo quando submetido à compactação. Em outro trabalho Corrêa et al., (2001b) observaram reduções nas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e magnésio

na parte aérea do cafeeiro com aumento da compactação do solo. Embora esses autores não tenham quantificado o acúmulo de nutrientes, o que evitaria o efeito diluição pelo crescimento vegetativo, os resultados encontrados vem a corroborar os resultados obtidos nesse trabalho quanto aos efeitos negativo da compactação do solo na absorção de nutrientes.

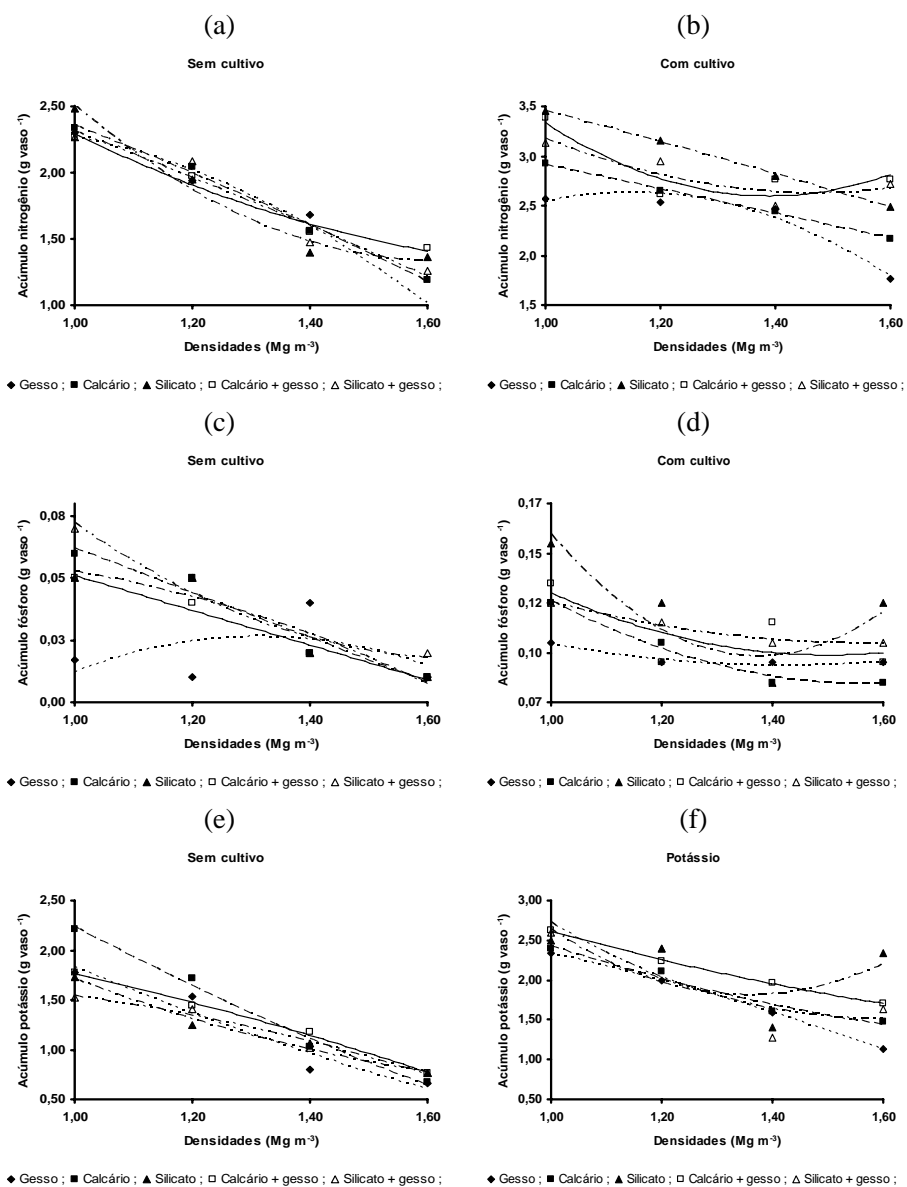


FIGURA 7 Acúmulo de nitrogênio (a) e (b), fósforo (c) e (d) e potássio (e) e (f) na parte aérea da soja cultivado em vasos com e sem cultivo prévio do braquiarião submetidos diferentes corretivos em função das densidades do solo.

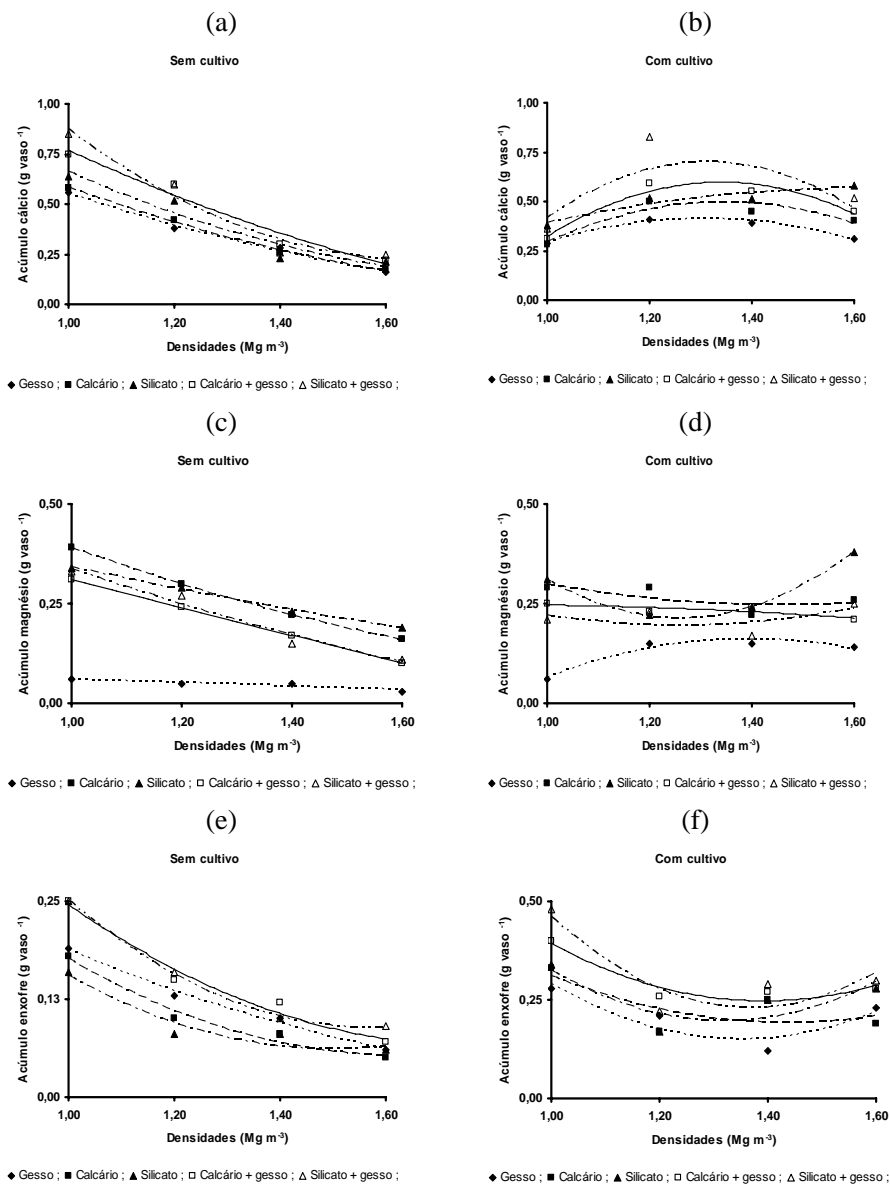


FIGURA 8 Acúmulo de cálcio (a) e (b), magnésio (c) e (d), enxofre (e) e (f) e silício (g) e (h) na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiarião submetida a diferentes corretivos em função das densidades do solo.

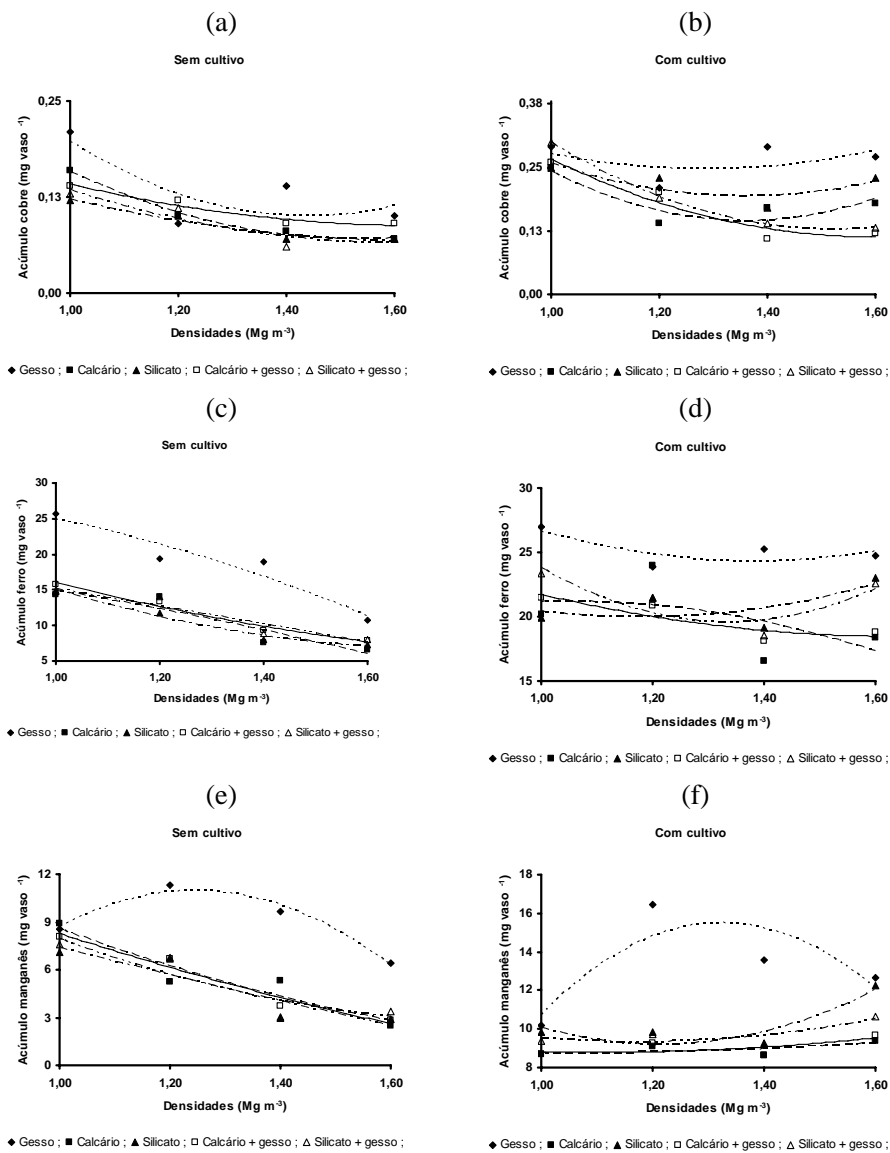


FIGURA 9 Acúmulo de cobre (a) e (b), ferro (c) e (d), manganês (e) e (f) na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiário submetidos diferentes corretivos em função das densidades do solo.

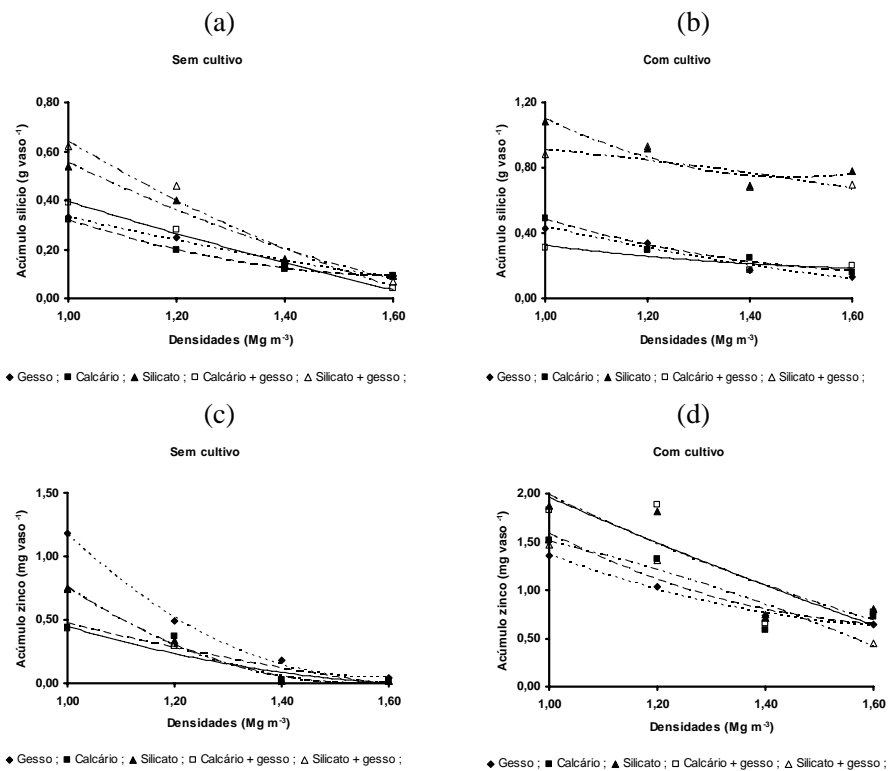


FIGURA 10 Acúmulo de silício (a) e (b), e zinco (c) e (d) na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiário submetida a diferentes corretivos em função das densidades do solo.

TABELA 6 Equações de regressão para o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da soja cultivada em vasos com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Corretivos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Acúmulo de nitrogênio (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	Y = - 2,12x ² + 3,41x + 0,98	0,98*	2,27	1,00	55
Calcário	Y = - 0,44x ² - 0,83x + 3,62	0,99*	2,35	1,17	50
Silicato	Y = 3,06x ² - 9,92x + 9,36	0,98*	2,50	1,32	47
Calcário + gesso	Y = 1,13x ² - 4,39x + 5,56	0,98*	2,30	1,43	37
Silicato + gesso	Y = - 0,19x ² - 1,34x + 3,84	0,95*	2,31	1,21	47
Com cultivo					
Gesso	Y = - 4,19x ² + 9,63x - 2,90	0,96*	2,54	1,78	29
Calcário	Y = - 1,23x + 4,144	0,99*	5,37	2,17	59
Silicato	Y = - 0,13x ² - 1,30x + 4,87	0,99*	3,44	2,46	28
Calcário + gesso	Y = 4,89x ² - 13,54x + 12,00	0,84*	3,35	2,86	14
Silicato + gesso	Y = 2,50x ² - 7,34x + 8,01	0,80*	3,17	2,67	15
Acúmulo de fósforo (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	Y = -0,14x ² + 0,37x - 0,22	0,22*	0,01	0,01	0
Calcário	Y = -4e-16x ² - 0,09x + 0,15	0,95*	0,06	0,003	95
Silicato	Y = -0,06x ² + 0,09x + 0,03	0,90*	0,06	0,020	66
Calcário + gesso	Y = -2E-16x ² - 0,07x + 0,12	0,98*	0,05	0,008	84
Silicato + gesso	Y = 0,13x ² - 0,42x + 0,36	0,96*	0,07	0,02	71
Com cultivo					
Gesso	Y = 0,06x ² - 0,18x + 0,21	0,93*	0,09	0,07	22
Calcário	Y = 0,13x ² - 0,40x + 0,39	0,98*	0,12	0,08	33
Silicato	Y = 0,44x ² - 1,20x + 0,92	0,84*	0,16	0,13	18
Calcário + gesso	Y = 0,13x ² - 0,38x + 0,38	0,55*	0,13	0,10	23
Silicato + gesso	Y = 0,06x ² - 0,20x + 0,26	0,98*	0,12	0,09	25

...continua...

TABELA 6, Cont.

Acúmulo de potássio (g vaso ⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 0,69x^2 - 3,83x + 4,98$	0,94*	2,29	0,62	72
Calcário	$Y = 0,82x^2 - 4,77x + 6,20$	0,99*	2,25	0,67	70
Silicato	$Y = 1,13x^2 - 4,48x + 5,06$	0,98*	1,71	0,78	54
Calcário + gesso	$Y = -0,5x^2 - 0,36x + 2,63$	0,99*	1,77	0,77	56
Silicato + gesso	$Y = -0,89x^2 + 0,95x + 1,46$	0,98*	1,52	0,70	53
Com cultivo					
Gesso	$Y = -0,75x^2 - 0,07x + 3,161$	0,99*	3,84	1,13	70
Calcário	$Y = x^2 - 4,25x + 5,68$	0,97*	2,43	1,44	40
Silicato	$Y = 6,5x^2 - 17,64x + 13,78$	0,49*	2,64	2,20	16
Calcário + gesso	$Y = 0,69x^2 - 3,30x + 5,23$	0,99*	2,62	1,72	34
Silicato + gesso	$Y = 3,5x^2 - 11,1x + 10,32$	0,75*	2,72	1,52	44

* Significativo a 5% pelo teste F

TABELA 7 Equações de regressão para o acúmulo de cálcio, magnésio, enxofre e silício na parte aérea da soja cultivada com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Corretivos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Acúmulo de cálcio (g vaso ⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 0,38x^2 - 1,63x + 1,80$	0,99*	0,55	0,16	70
Calcário	$Y = 0,438x^2 - 1,83x + 1,97$	0,99*	0,58	0,16	72
Silicato	$Y = 0,63x^2 - 2,42x + 2,45$	0,93*	0,66	0,19	71
Calcário + gesso	$Y = 0,438x^2 - 2,08x + 2,41$	0,96*	0,77	0,20	74
Silicato + gesso	$Y = 1,5x^2 - 4,97x + 4,341$	0,97*	0,87	0,23	73
Com cultivo					
Gesso	$Y = -1,25x^2 + 3,27x - 1,73$	0,97*	0,29	0,30	+ 3
Calcário	$Y = -1,69x^2 + 4,54x - 2,56$	0,86*	0,29	0,38	+ 31
Silicato	$Y = -0,44x^2 + 1,43x - 0,60$	0,87*	0,39	0,56	+ 43

...continua...

TABELA 7, Cont.

Calcário + gesso	$Y = -2,38x^2 + 6,37x - 3,67$	0,93*	0,33	0,43	+ 30
Silicato + gesso	$Y = -2,88x^2 + 7,55x - 4,264$	0,46*	0,41	0,44	+ 7
Acúmulo de magnésio (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = -0,05x + 0,106$	0,85*	0,06	0,03	50
Calcário	$Y = 0,19x^2 - 0,87x + 1,08$	0,99*	0,40	0,17	57
Silicato	$Y = 0,06x^2 - 0,42x + 0,70$	0,99*	0,34	0,19	44
Calcário + gesso	$Y = 2e-15x^2 - 0,35x + 0,66$	0,99*	0,31	0,10	67
Silicato + gesso	$Y = 0,13x^2 - 0,72x + 0,93$	0,97*	0,34	0,11	67
Com cultivo					
Gesso	$Y = -0,63x^2 + 1,75x - 1,06$	0,94*	0,06	0,13	+ 116
Calcário	$Y = 0,25x^2 - 0,73x + 0,78$	0,51*	0,30	0,25	16
Silicato	$Y = 1,44x^2 - 3,62x + 2,50$	0,99*	0,32	0,39	21
Calcário + gesso	$Y = -0,06x^2 + 0,11x + 0,20$	0,72*	0,25	0,22	12
Silicato + gesso	$Y = 0,38x^2 - 0,945x + 0,791$	0,31*	0,23	0,25	8
Acúmulo de enxofre (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 0,13x^2 - 0,54x + 0,60$	0,99*	0,19	0,07	63
Calcário	$Y = 0,32x^2 - 1,02x + 0,88$	0,97*	0,18	0,07	61
Silicato	$Y = 0,38x^2 - 1,13x + 0,91$	0,92*	0,16	0,07	56
Calcário + gesso	$Y = 0,31x^2 - 1,10x + 1,03$	0,98*	0,24	0,06	75
Silicato + gesso	$Y = 0,5x^2 - 1,57x + 1,32$	0,99*	0,25	0,09	64
Com cultivo					
Gesso	$Y = 1,13x^2 - 3,05x + 2,211$	0,81*	0,29	0,22	24
Calcário	$Y = 0,63x^2 - 1,80x + 1,48$	0,53*	0,31	0,21	32
Silicato	$Y = 1,25x^2 - 3,30x + 2,38$	0,70*	0,33	0,33	0
Calcário + gesso	$Y = 0,94x^2 - 2,61x + 2,07$	0,91*	0,40	0,30	25
Silicato + gesso	$Y = 1,69x^2 - 4,62x + 3,40$	0,79*	0,47	0,33	29
Acúmulo de silício (g vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 0,19x^2 - 0,90x + 1,05$	0,99*	0,34	0,10	70
Calcário	$Y = 0,56x^2 - 1,85x + 1,60$	0,99*	0,31	0,07	77
Silicato	$Y = 0,44x^2 - 1,93x + 2,05$	0,97*	0,56	0,09	83
Calcário + gesso	$Y = 0,13x^2 - 0,93x + 1,20$	0,99*	0,40	0,04	90

...continua...

TABELA 7, Cont.

Silicato + gesso	$Y = 0,56x^2 - 2,45x + 2,52$	0,96*	0,63	0,03	95
Com cultivo					
Gesso	$Y = 0,31x^2 - 1,35x + 1,48$	0,96*	0,44	0,11	75
Calcário	$Y = 0,63x^2 - 2,15x + 2,00$	0,97*	0,48	0,17	64
Silicato	$Y = 1,56x^2 - 4,63x + 4,16$	0,93*	1,09	0,75	31
Calcário + gesso	$Y = 0,25x^2 - 0,88x + 0,95$	0,74*	0,32	0,19	40
Silicato + gesso	$Y = -0,19x^2 + 0,09x + 1,00$	0,66*	0,90	0,66	26

* Significativo a 5% pelo teste F; (+) ganhos em relação a densidade padrão

TABELA 8 Equações de regressão para o acúmulo de cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea da soja cultivada com e sem cultivo prévio do braquiário e os valores estimados de cada variável para as densidades de 1,0 e 1,60 Mg m⁻³ e o percentual de redução da densidade 1,6 em relação 1,0 Mg m⁻³.

Corretivos	Equação	R ²	Densidades (Mg m ⁻³)		Redução (%)
			1,00	1,60	
Acúmulo de cobre (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 0,5x^2 - 1,44x + 1,137$	0,62*	0,20	0,11	45
Calcário	$Y = 0,313x^2 - 0,96x + 0,80$	0,99*	0,15	0,07	53
Silicato	$Y = 0,13x^2 - 0,42x + 0,41$	0,96*	0,12	0,07	41
Calcário + gesso	$Y = 0,13x^2 - 0,42x + 0,43$	0,96*	0,14	0,09	35
Silicato + gesso	$Y = 0,19x^2 - 0,60x + 0,55$	0,88*	0,14	0,08	42
Com cultivo					
Gesso	$Y = 0,38x^2 - 0,965x + 0,867$	0,21*	0,28	0,30	+ 7
Calcário	$Y = 0,75x^2 - 2,04x + 1,532$	0,80*	0,24	0,19	20
Silicato	$Y = 0,5x^2 - 1,36x + 1,118$	0,64*	0,26	0,22	15
Calcário + gesso	$Y = 0,438x^2 - 1,39x + 1,22$	0,94*	0,27	0,12	55
Silicato + gesso	$Y = 0,63x^2 - 1,905x + 1,579$	0,99*	0,30	0,14	53
Acúmulo de ferro (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = -11,94x^2 + 8,37x + 28,54$	0,91*	24,98	11,38	54
Calcário	$Y = -4,69x^2 - 2,75x + 22,36$	0,88*	14,92	5,95	60

...continua...

TABELA 8, Cont.

Silicato	$Y = 14,88x^2 - 52,03x + 52,25$	0,99*	15,10	7,09	53
Calcário + gesso	$Y = 7,38x^2 - 33,01x + 41,67$	0,98*	16,04	7,75	51
Silicato + gesso	$Y = -1,25x^2 - 9,32x + 25,70$	0,90*	15,13	7,59	49
Com cultivo					
Gesso	$Y = 16x^2 - 44,25x + 54,92$	0,60*	26,67	25,08	5
Calcário	$Y = -12,81x^2 + 26,88x + 7,09$	0,31*	21,16	17,30	18
Silicato	$Y = 14,38x^2 - 33,90x + 39,94$	0,43*	20,12	22,22	+ 10
Calcário + gesso	$Y = 7,94x^2 - 26,06x + 39,86$	0,80*	21,74	18,49	14
Silicato + gesso	$Y = 37,19x^2 - 99,42x + 6,04$	0,76*	23,81	22,53	5
Acúmulo de Manganês (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = -37,81x^2 + 94,29x - 47,81$	0,97*	8,67	6,26	27
Calcário	$Y = 5,25x^2 - 23,25x + 26,575$	0,90*	8,58	2,82	67
Silicato	$Y = 1,69x^2 - 12,53x + 18,26$	0,85*	7,42	2,54	65
Calcário + gesso	$Y = 2,94x^2 - 17,06x + 22,40$	0,96*	8,28	2,63	68
Silicato + gesso	$Y = 7,56x^2 - 27,80x + 28,17$	0,85*	7,93	3,04	61
Com cultivo					
Gesso	$Y = -45,31x^2 + 120,08x - 64,049$	0,70*	10,72	12,08	+ 12
Calcário	$Y = 2,06x^2 - 4,51x + 11,22$	0,42*	8,77	9,28	+ 5
Silicato	$Y = 18,88x^2 - 45,84x + 37,03$	0,82*	10,07	12,02	+ 19
Calcário + gesso	$Y = 3x^2 - 6,58x + 12,39$	0,46*	8,81	9,54	+ 8
Silicato + gesso	$Y = 6,38x^2 - 14,92x +$	0,69*	9,53	10,52	10
Acúmulo de zinco (mg vaso⁻¹)					
Sem cultivo					
Gesso	$Y = 3,44x^2 - 10,80x + 8,53$	0,99*	1,17	0,06	94
Calcário	$Y = 0,38x^2 - 1,78x + 1,87$	0,88*	0,47	0,01	97
Silicato	$Y = 2,5x^2 - 7,74x + 5,992$	0,99*	0,75	0,01	98
Calcário + gesso	$Y = 0,81x^2 - 2,86x + 2,49$	0,94*	0,44	0,01	97
Silicato + gesso	$Y = 2,63x^2 - 8,07x + 6,20$	0,99*	0,76	0,02	97
Com cultivo					
Gesso	$Y = 1,44x^2 - 4,96x + 4,89$	0,99*	1,37	0,64	53
Calcário	$Y = 2,06x^2 - 6,93x + 6,4545$	0,84*	1,58	0,64	59

...continua...

TABELA 8, Cont.

Silicato	$Y = 0,88x^2 - 4,43x + 5,54$	0,79*	1,99	0,70	64
Calcário + gesso	$Y = 0,38x^2 - 3,19x + 4,77$	0,73*	1,96	0,69	64
Silicato + gesso	$Y = -0,89x^2 + 0,47x + 1,91$	0,97*	1,46	1,49	+ 2

* Significativo a 5% pelo teste F (+) ganhos em relação a densidade padrão

6 CONCLUSÕES

- ✓ O cultivo prévio do braquiário reduziu os efeitos da compactação do solo e amenizou as limitações químicas para a cultura da soja
- ✓ O uso de corretivo de solo amenizou os efeitos da compactação
- ✓ A compactação do solo persistiu parcialmente na condição do cultivo prévio.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 139-145, 1994.
- BARLEY, K. P. Effect of root growth and decay on the permeability of a synthetic sandy loam. **Soil Science**, Baltimore, v. 78, n. 2, p. 205-210, 1954.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estudo de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 99-105, 1990.
- CARVALHO, M. A.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1141-1148, nov. 2004.
- COLEMAN, N. T.; THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W.; ADAMS, F. (Ed.). **Soil acidity and liming**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 1-41.
- CORRÊA, J. B. D.; ANDRADE, L. A.; DIAS JUNIOR, M. de S.; ALVES, V. G. Influência da compactação na concentração de nutrientes da parte aérea da cana-de-açúcar, em três tipos de solos. **Revista Stab-Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 19, p. 34-37, 2001a.
- CORRÊA, J. B. D.; MELO, de B.; SOUZA, C. A. S.; ALVES, V. G. Concentração de macronutrientes na parte aérea do cafeeiro em diferentes graus de compactação e classes de solos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, 2001b. CD-ROM.
- CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento da soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, dez. 2004.
- FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERREIRA, D. F. **Sisvar 4.3**. 2000. Disponível em:
<<http://www.dex.ufla.br/danielff/sisvar>>. Acesso em: 13 jul. 2007.

FITTIPALDI, W. L. S. L. **Sistemas de cultivo e gesso nas características químicas do solo e produtividade de milho consorciado com braquiária**. 2006. 51 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de Marília, Marília.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 947-955, 2003.

GARCIA, R.; ROCHA, F. C.; BERNARDINO, F. S.; GOBBI, K. F. Forrageira utilizadas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A. da; AGNES, E. L. (Ed.). **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 331-352.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. de. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 223-227, 2002.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITTOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do sul**. Dourados: Embrapa-CNPAC, 1995. 93 p.

KEISLING, T.; BATCHELOR, J. T.; POTER, O. A. Soybean root morphology in soils with and without tillage pans in the lower Mississippi River Valley. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 3, p. 373-384, 1995.

KEMPER, B.; DERPSCH, R. Soil compaction and root growth in Paraná. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MELITA, Y. R. (Ed.). **The soil-root system in relation to Brazilian agriculture**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1981. p. 81-102.

KINGSTON, F. J.; POSNER, A. M.; QUIRK, J. P. Anion adsorption by goethite and gibbsite: I, the role of the proton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science**, Baltimore, v. 23, p. 177-192, 1972.

LAL, R. Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. **Advances in Soil Science**, v. 5, p. 1-109, 1986.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFÓS, 1989. 153 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MIELNICZUK, J. Desenvolvimento de raízes, como método de avaliação das práticas de manejo do solo. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p. 219-224.

MITCHELL, W. H.; TELL, M. R. Winter annual cover crops for no tillage corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 569-573, 1977.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

NUERNBERG, N. J.; STAMMEL, J. G.; CABEDA, M. S. V. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo em encosta basáltica Sul Rio-Grandense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 185-190, 1986.

OSTERROHT, M. V. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia**, Botucatu, v. 6, n. 1, p. 35-42, 1982.

PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 135-140, 1991.

RIBEIRO, M. A. V.; FABRES, A. S.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M. Efeito de compactação do solo e níveis de fósforo sobre o crescimento de soja em casa de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., 1985, Belém, PA. **Programas e resumos...** Campinas: SBPC, 1985. p. 125.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1269-1275, 2001.

SIQUEIRA JÚNIOR, L. A. de. **Alterações de características do solo na implantação de um sistema de integração agricultura-pecuária leiteira.** 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SHAINBERG, I.; SUMMER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A.; FEY, M. V. Use of gypsum on soils: a review. **Advice Soil Sciences**, v. 9, p. 1-111, 1989.

SHIERLAW, J.; ALSTON, A. M. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 77, p. 15-28, 1984.

TEXEIRA, C. F. A.; PAULETTO, E. A.; SILVA, J. B. Resistência mecânica à penetração de um argissolo distrófico típico sob diferentes sistemas de produção em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1165-1167, 2003.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1984.