

FESURV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

CARACTERÍSTICAS DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A
PRODUTIVIDADE DA SOJA EM ÁREAS SOB PLANTIO DIRETO NO
SUDOESTE GOIANO

GRACIELY VILELA GOMES

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS-BRASIL

2009

GRACIELY VILELA GOMES

**CARACTERÍSTICAS DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A
PRODUTIVIDADE DA SOJA EM ÁREAS SOB PLANTIO DIRETO NO
SUDOESTE GOIANO**

Dissertação apresentada à Fesurv – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE
GOIÁS-BRASIL**

2009

GRACIELY VILELA GOMES

**CARACTERÍSTICAS DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A
PRODUTIVIDADE DA SOJA EM ÁREAS SOB PLANTIO DIRETO NO
SUDOESTE GOIANO**

Dissertação apresentada à Fesurv – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVAÇÃO: 18 de fevereiro de 2009.

Prof. Dr. Gilson Pereira Silva
(Membro da banca)

Profª. Dra. June Faria Scherrer Menezes
(Membro da banca)

Prof. Dr. Gilberto Colodro
(Membro da banca)

Dr. José Carlos Polidoro
(Membro da banca)

Prof. Dr. Vinícius de Melo Benites
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por ter me concedido coragem para buscar novos desafios em minha vida e força para vencê-los.

Aos meus pais, Sebastião Vilela Cardoso e Ivanilde Rodrigues Gomes Cardoso pela constante preocupação, apoio e amor.

À Fesurv, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação Agrisus, pelo apoio financeiro através de concessão de bolsa de estudo.

À Embrapa Solos e IPI-International Potash Institute (IPI) pelo financiamento por meio do projeto Aduba Brasil.

Ao Gapes - Grupo de Apoio à Pesquisa do Sudoeste Goiano, pela orientação em relação à escolha das áreas a serem estudadas.

Ao meu orientador, Dr. Vinícius de Melo Benites, pelas indispensáveis orientações para realização deste projeto.

Aos professores Alessandro Guerra da Silva, Antônio Joaquim Braga Pereira Braz, Gustavo André Simon, Gilson Pereira Silva, June Faria Scherrer Menezes, Renato Lara de Assis, pela dedicação e transmissão de seus conhecimentos.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rizzia Ribeiro Arantes pela constante atenção.

Aos alunos de graduação em Agronomia, Camilo Schiochet Júnior, Deivide da Silva Castro, Deivit, Elza A.C. Araújo e Silvio M. Ferreira Filho, pelo apoio nos trabalhos de campo, em especial, Marconi Betta.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Solos e Folha da Fesurv, José Carlos Bento, Éder de Souza Araújo e Fernando de Souza Ferreira, pelo auxílio na realização das análises de solo e foliar.

Aos meus irmãos, Ivan Carlos Gomes Vilela e Sávio Vilela Gomes, pelo carinho e amizade.

As colegas de curso, pela amizade e companheirismo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO GERAL.....	viii
GENERAL ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1. FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE CULTIVO DE SOJA SOB PLANTIO DIRETO EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS NO SUDOESTE GOIANO.....	3
RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
3.1. Análise descritiva da fertilidade do solo.....	9
3.1.1. Variabilidade de macronutrientes e matéria orgânica.....	9
3.1.2. Classificação de pH, Al, Ca, Mg, K, P, V e MO.....	9
3.1.3. Classificação dos teores de micronutrientes.....	16
3.2. Distribuição vertical de nutrientes.....	17
3.2.1. pH, Al, Ca, Mg, K, P.....	17
3.2.2. Micronutrientes , MO e CTC do solo.....	21
3.3. Efeito de uso do solo em relação à sua fertilidade.....	23
4. CONCLUSÕES.....	25
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO 2. RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA CULTIVADA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO NA REGIÃO DO SUDOESTE GOIANO.....	30
RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	32
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.1. Produtividade da soja.....	38
3.2. Adubação potássica e fosfatada.....	39
3.3. Correlação dos atributos de fertilidade do solo com a produtividade da soja.....	43
3.4. Atributos físicos do solo.....	44
3.5. Correlação dos atributos físicos do solo com a produtividade da soja.....	46
3.6. Análise de regressão múltipla para estimativa da produtividade.....	47
4. CONCLUSÕES.....	50
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
ANEXOS.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Localização e uso do solo das áreas estudadas no Sudoeste Goiano....	8
TABELA 2	Análise descritiva de atributos de fertilidade do solo, na camada de 0,00-0,20 m, em áreas de vegetação nativa (n=8) e sob cultivo de grãos (n=29), no Sudoeste Goiano.....	12
TABELA 3	Análise descritiva dos teores de micronutrientes e textura na camada de 0,00-0,20 m, em áreas de vegetação nativa (n=8) e cultivo de grãos (n=31) no Sudoeste Goiano.....	17
TABELA 4	Valores médios de atributos de fertilidade do solo, dentro de cada sistema de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00-0,20 m e contrastes dos valores médios de atributos de fertilidade do solo entre os diferentes sistemas sucessão de culturas.....	24
TABELA 5	Valores médios de pH, matéria orgânica, micronutrientes e textura do solo, dentro de cada sistema de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00-0,20 m e contrastes dos valores médios de atributos de fertilidade do solo entre os diferentes sistemas de sucessão de culturas.....	25
TABELA 6	Localização e uso do solo das áreas estudadas no Sudoeste Goiano....	37
TABELA 7	Produtividade mínima da soja, obtidas nas áreas estudadas, em quatro municípios do Sudoeste Goiano.....	38
TABELA 8	Análise do manejo da adubação potássica em áreas de cultivo de grãos, no sudoeste Goiano, (profundidade 0,00-0,20 m), com base na interpretação e indicação da adubação para região de cerrados e Minas Gerais.....	41
TABELA 9	Análise do manejo da adubação fosfatada em áreas de cultivo de grãos, no sudoeste Goiano, profundidade 0,00-0,20 m, com base na interpretação e indicação da adubação corretiva gradual ou manutenção para região de cerrados e Minas Gerais.....	42
TABELA 10	Coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade medida da soja e os atributos de fertilidade do solo (n=28) ao nível de 5% de probabilidade ($p>0,05$).....	43

TABELA 11	Valores médios de atributos físicos do solo, nas profundidades de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m, em áreas de vegetação nativa e cultivo de grãos no Sudoeste Goiano.....	45
TABELA 12	Médias e contrastes das médias entre as profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 dos atributos físicos do solo em áreas de cultivos de grãos no Sudoeste Goiano.....	45
TABELA 13	Coefficientes de correlação de Pearson, obtidos entre a produtividade da soja e alguns atributos físicos do solo.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Histograma de frequência da classificação dos níveis de cálcio em solos com CTC menor que $8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (a), em solos com CTC maior que $8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (b), de magnésio (c) e de potássio (d), na profundidade de 0,00-0,20 m, em áreas de produção de grãos no Sudoeste Goiano.....	13
FIGURA 2	Classificação dos teores de P no solo em função do teor de argila do solo em solos de cultivo de grãos e vegetação nativa, na profundidade de 0,00-0,20 m, no Sudoeste Goiano.....	13
FIGURA 3	Histograma de frequência da classificação dos níveis de matéria orgânica do solo, na profundidade de 0,00 a 0,20 m, em áreas de produção de grãos no Sudoeste Goiano.....	14
FIGURA 4	Correlação entre matéria orgânica e CTC do solo, na profundidade de 0,00 a 0,20m, em áreas de produção de grãos no Sudoeste Goiano.....	14
FIGURA 5	Saturação da CTC do solo por potássio (a), magnésio (b) e cálcio em solos com CTC menor que $8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (c) e em solos com CTC maior que $8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (d), na profundidade de 0,00-0,20 m, em áreas de vegetação nativa e de cultivo de grãos, no Sudoeste Goiano.....	15
FIGURA 6	Teor médio e respectivo erro padrão da média de Ca, Mg, K, P, Al e pH nas diferentes camadas de solo em áreas de vegetação nativa e áreas de cultivo de grãos no Sudoeste Goiano.....	20
FIGURA 7	Capacidade de troca de cátions (CTC) do solo média, teor médio de matéria orgânica e micronutrientes, nas diferentes camadas de solo, em áreas de vegetação nativa e de cultivo de grãos no Sudoeste Goiano.....	22
FIGURA 8	Histograma de frequência da classificação da produtividade da soja como baixa, média e alta, obtida em 28 áreas no Sudoeste Goiano.....	39
FIGURA 9	Correlação observada entre a produtividade da soja e o diâmetro médio geométrico de agregados, na profundidade 0,0-0,10 m, em 30 áreas de produção de soja no Sudoeste Goiano.....	47

FIGURA 10	Estimativa da produtividade da soja calculada em função dos dados de produtividade medida em uma parcela de 6 m ² na região do Sudoeste Goiano.....	48
FIGURA 11	Distribuição normal do erro da estimativa da produtividade da soja na região do Sudoeste Goiano.....	49
FIGURA 12	Correlação entre o Diâmetro Médio Geométrico e matéria orgânica do solo em áreas de produção de soja sob plantio direto no Sudoeste Goiano.....	49

RESUMO GERAL

GOMES, Graciely Vilela, M.s., Universidade de Rio Verde, fevereiro de 2009. **Características do solo e sua relação com a produtividade da soja em áreas sob plantio direto no Sudoeste Goiano.** Orientador: Vinícius de Melo Benites. Co-orientador: Gilson Pereira Silva.

Os solos da região do cerrado são naturalmente deficientes em nutrientes, necessitando de correções e de adubações sucessivas, para construção e manutenção da fertilidade e para que haja produtividade economicamente viável dos mais diversos cultivos agrícolas. Mudanças no sistema de cultivo de preparo convencional para o sistema de plantio direto (SPD) tem provocado alterações na dinâmica de nutrientes no solo, bem como na utilização e aplicação de fertilizantes. Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar a fertilidade do solo em áreas agrícolas e comparar com áreas de vegetação nativa; bem como verificar correlações entre a produtividade da soja e o teor de nutrientes, aplicação de fertilizantes e atributos físicos do solo, sob plantio direto (PD) no Sudoeste Goiano. Foram selecionadas 31 áreas de produção de soja e 8 áreas de referência sob vegetação nativa, em quatro municípios do Sudoeste Goiano: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena e Castelândia. As áreas de produção de soja na safra de verão, todas sob PD, foram agrupadas segundo a cultura utilizada em sucessão da soja nos últimos três anos, sendo: pousio (SP) (vegetação espontânea), milho (SM), sorgo/milheto (S-M/S) e braquiária+milho (S-B+M). A coleta de solo foi realizada antecedendo a safra de verão 2007/2008, sendo amostradas as camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; e 0,20-0,40 m para análise de fertilidade e amostradas as camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m para análises de atributos físicos, em cinco repetições, em uma área de 2500 m². A produtividade da soja foi estimada pela colheita de grãos em parcelas de 6m², com cinco repetições, e comparada com a produtividade declarada pelo produtor. As amostras de solo foram submetidas à análise de rotina de fertilidade e às análises de densidade do solo, estabilidade de agregados em água, poros totais macro e microporosidade. Foi realizada análise estatística descritiva para os parâmetros de fertilidade. Para os parâmetros de fertilidade e físicos foram realizadas análises estatística de comparação entre médias (teste t), correlação simples com os dados de produtividade da soja e análise de regressão múltipla, visando estimar a produtividade da soja a partir desses atributos. Foram observadas grandes variações nos níveis de fertilidade das áreas sob uso agrícola. Em algumas áreas, os níveis de fertilidade foram próximos aos níveis observados nas áreas nativas. Observou-se que a maioria das áreas apresenta baixos níveis de P e níveis adequados de K. O pH médio foi menor do que o considerado ideal, indicando maior atenção para uso de corretivos da acidez do solo. Os níveis de micronutrientes mostraram-se elevados, em especial para Zn e Mn. A análise da distribuição dos nutrientes nas diferentes camadas de solo indicou uma grande concentração de macronutrientes na camada de 0,00-0,10 m. As áreas sob soja-braquiária+milho apresentaram maior acúmulo de K e Mg no solo. As sucessões soja-milho e soja-braquiária+milho apresentaram as maiores concentrações de matéria

orgânica do solo em relação ao sistema SP. O solo, que permanece em pousio na safra de inverno, apresentou menor teor de P e matéria orgânica em relação às áreas cultivadas com gramíneas. Não houve correlação significativa entre produtividade da soja e os atributos de fertilidade do solo. As áreas sob plantio direto apresentaram maior densidade do solo, em relação às áreas de vegetação nativa na profundidade de 0,10-0,20 m. Foi observada correlação significativa entre DMG de agregados em água e a produtividade da soja. A matéria orgânica correlacionou-se positivamente com o DMG. Pela análise de regressão múltipla dos dados, observou-se que o diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados e o teor de fósforo no solo influenciaram positivamente a produtividade da soja, explicando 36,0 % da sua variação. A utilização de práticas de manejo que visam ao aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo e a sua melhoria da qualidade física, conciliado com bom manejo da adubação, é imprescindível para melhor eficiência no uso de fertilizantes, construção da fertilidade, manutenção da produtividade da soja e sustentabilidade do sistema, em áreas de produção de soja.

Palavras-chave: fertilidade, atributos físicos, correlação, regressão múltipla.

GENERAL ABSTRACT

GOMES, Graciely Vilela, M. S., University of Rio Verde, February 2007. **Characteristics of the soil and its relation to the productivity of soy in areas under no tillage in the Southwest of Goiás.** Advisor: Vinícius de Melo Benites. Co-advisor: Gilson Pereira Silva.

The savannah soils are naturally deficient in nutrients, needing corrections and successive fertilization for construction and maintenance of fertility so that there is economically viable productivity of the most several agricultural cultivations. Changes in the system of cultivation of conventional preparation for the system of no tillage (SNT) have been provoking alterations in the dynamics of nutrients in the soil, as well as in the use and application of fertilizers. Because of this, the present study was aimed at evaluating the fertility of the soil in agricultural areas and at comparing to areas of native vegetation; as well as to verify correlations among the productivity of the soy and the tenor of nutrients, application of fertilizers and physical attributes of the soil, under no tillage (NT) in the Southwest of Goiás. 31 areas of soy production and 8 reference areas were selected under native vegetation, in four municipal districts of the Southwest of Goiás: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena and Castelândia. The areas of soy production in the summer harvest, all under DS, were grouped according to the winter culture used in succession of the soy in the last three years, being: pousio (SP - spontaneous vegetation), corn(SM), sorghum/millet (S-M/S) and brachiaria +corn(S-B+M). The soil collection was accomplished preceding the summer harvest of 2007/2008, being the layers of 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; and 0,20-0,40 m sampled for fertility analysis and the layers of 0,00-0,10; 0,10-0,20 and 0,20-0,40 m sampled for analyses of physical attributes, in five repetitions, in an areas of 2500 m². The productivity of the soy was esteemed by the harvest of grain in portions of 6m², with five repetitions, and compared to the productivity declared by the producer. The soil samples were submitted to the analysis of fertility routine and to analyses of density of soil, stability of attachés in water, total porosity, macro and micro porosity. A descriptive statistical analysis was made for the fertility parameters. . For the fertility and physical parameters statistical analysis of comparison among the averages were used (T test), simple correlation with the data of soy productivity and analysis of multiple regression, seeking to the estimate of the productivity of the soy from those attributes. Great variations were observed in the levels of fertility of the areas under agricultural use. In some areas the levels of fertility were next to the levels observed in native areas. It was observed that most of the areas present low levels of P and appropriate levels of K. The average pH was lower than what is considered ideal, indicating a higher attention to the use of correctives of soil acidity. The levels of macro nutrients showed to be elevated, in special to Zn and Mn. The analyses of the distribution of the nutrients in the different layers of the soil indicated a great concentration of micro nutrients in the layer of 0,00-0,10 m. The areas under soy-brachiaria + corn presented a higher accumulation of K and Mg in the soil. The successions soy-corn and

soy-brachiaria + corn presented the higher concentrations of dry matter in the soil compared to the DS system. The soil that remains in pousio in the winter crop had lower P content and organic matter in relation to the areas planted with grass. There was no significant correlation between soybean productivity and attributes of soil fertility. The areas under no-tillage presented higher bulk density, in relation to areas of native vegetation in the 0.10-0.20 m. A significant correlation was observed between DMG of water aggregate and soy productivity. Organic matter was positively correlated to the DMG. By multiple regression analysis of data it was observed that the geometric mean diameter (GMD) of aggregates and phosphorus in the soil influenced the positively the productivity of soybean, explaining 36.0% of the variation. The use of management practices aimed at increasing the content of soil organic matter and the improvement of the physical quality, along with proper fertilizer management is essential for improved efficiency in fertilizer use, construction of soil fertility and maintenance of soybean productivity and sustainability of the system in areas of soybean production.

Key-words: fertility, Physical attributes, correlation, multiple regression.

INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, observou-se grande mudança no sistema de plantio da agricultura no Sudoeste Goiano, em que o sistema plantio direto (SPD) substituiu o sistema de plantio convencional. Essa mudança provocou modificações nos atributos químicos e físicos do solo, sobretudo nos níveis de nutrientes no solo.

O marco da introdução do plantio direto no Brasil ocorreu em 1969, no Estado do Rio Grande do Sul. No estado do Paraná, o SPD se iniciou e teve continuidade em 1972. Porém, foi na década de 90, que o SPD apresentou maior expansão no país, particularmente na região Centro-Oeste, onde se iniciou em 1982, no Sudoeste de Goiás (Rio Verde, Montividiu), tendo como exemplo o SPD da região sul (EMBRAPA, 2009). O SPD é uma forma de cultivar o solo visando a sustentabilidade do sistema produtivo. Esse sistema tem como princípios básicos a mobilização do solo apenas na linha de semeadura, manutenção permanente de cobertura do solo e diversificação de espécies, feita através de rotação de culturas.

A classe de solo predominante na região do Sudoeste Goiano é o Latossolo Vermelho distrófico e distroférico, sendo, naturalmente, deficientes em nutrientes, necessitando de correções e de adubações sucessivas, para melhoria e manutenção da fertilidade e para que haja produtividade economicamente viável dos mais diversos cultivos agrícolas. Alguns estudos conduzidos sob essa classe de solo mostraram que a adoção do plantio direto ocasiona concentração de nutrientes na camada superficial do solo, em função do não-revolvimento e da aplicação superficial de nutrientes. Inicialmente, esta forma de cultivo ocasiona elevação da densidade do solo e alteração na distribuição de poros por tamanho, em razão do não revolvimento do solo, principalmente na camada subsuperficial, em consequência do tráfego de máquinas nas operações de cultivo. Com o aumento do tempo de adoção do SPD, ocorre melhoria na qualidade física do solo, principalmente pela elevação nos teores de matéria orgânica e aumento da agregação do solo.

Na região do Sudoeste Goiano, embora a maior parte dos agricultores possua elevado nível tecnológico, na maioria dos casos, a forma como cultivam o solo não está de acordo com alguns dos princípios básicos do SPD. Observa-se que na região não se utiliza a diversificação de culturas em uma mesma área, as mesmas culturas são cultivadas em uma mesma área por vários anos. A sucessão de culturas mais utilizadas nessa Região é de soja no verão e milho na safra de inverno. O uso de fertilizantes, na região do Sudoeste Goiano, que

representa o maior componente do custo variável de produção também é questionável. Utiliza-se, via de regra, uma mesma formulação para quase toda a região, embora saibam-se da existência de variações significativas nos teores de macronutrientes e micronutrientes disponíveis no solo. Essa prática pode ter como consequência quantidades de nutrientes no solo fora dos níveis considerados ideais para o desenvolvimento das culturas. Na região Sul do país, o cenário do sistema de plantio direto não está muito diferente do que está acontecendo no Sudoeste Goiano. Segundo Denardin, Faganello & Santi (s.d.), observa-se, nesta região, incipiente rotação de culturas, insuficiente cobertura do solo, pequena adição de fitomassa ao solo, manejo inadequado do sistema integração lavoura-pecuária, ausência de práticas mecânicas para manejo da enxurrada, abandono da semeadura em contorno, etc.

O objetivo deste estudo foi avaliar a fertilidade do solo em áreas agrícolas, consideradas como SPD, e compara-las com áreas de vegetação nativa; bem como verificar correlações entre a produtividade da soja e o teor de nutrientes e entre atributos físicos do solo, no Sudoeste Goiano.

CAPÍTULO 1

FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE CULTIVO DE SOJA SOB PLANTIO DIRETO EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS NO SUDOESTE GOIANO

RESUMO

A fertilidade dos solos em áreas sob plantio direto e a sustentabilidade do sistema é influenciada por diversos fatores como condições edafo-climáticas, tempo de adoção, sistema de sucessão ou rotação de culturas e adubação. O objetivo deste estudo foi avaliar a fertilidade dos solos em áreas de produção de soja no verão, fertilidade do solo cultivado com diferentes sucessões de cultura na safra de inverno, sob plantio direto em comparação com áreas de vegetação nativa no Sudoeste Goiano. Foram selecionadas 31 áreas de produção de soja e 8 áreas de referência sob vegetação nativa em quatro municípios do Sudoeste Goiano: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena e Castelândia. As áreas de produção de soja, todas sob plantio direto, foram agrupadas segundo a cultura de inverno utilizada na sucessão com a soja nos últimos três anos, sendo: pousio (SP) (vegetação espontânea), milho (SM), milheto/sorgo (S-M/S) e braquiária+milho (S-B+M). A coleta de solo foi realizada antecedendo a safra de verão 2007/2008. Os pontos de coleta do solo foram concentrados em uma área de 2500 m², alocados em uma posição representativa da área, com cinco repetições, nas profundidades 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Foi realizada análise estatística descritiva e teste (teste t), para comparação dos parâmetros de fertilidade entre as áreas de vegetação nativa e cultivo de grãos e entre os diferentes coberturas de inverno. Foram observadas grandes variações nos níveis de fertilidade das áreas sob uso agrícola. Em algumas áreas, os níveis de fertilidade foram próximos aos níveis observados nas áreas nativas. Observou-se que a maioria das áreas apresenta baixos níveis de P e níveis adequados de K. O pH médio foi menor do que os considerados ideais, indicando maior atenção para uso de corretivos da acidez do solo. Os níveis de micronutrientes mostraram-se elevados em especial para Zn e Mn. A análise da distribuição dos nutrientes, nas diferentes camadas de solo, indicou uma grande concentração de macronutrientes na camada de 0,00-0,10 m. As áreas sob soja-braquiária+milho) apresentaram maior acúmulo de K e Mg no solo. As sucessões SM e (S-B+M) apresentaram as maiores concentrações de matéria orgânica do solo em relação ao sistema SP. O solo que permanece em pousio na safra de inverno apresentou menor teor de P e matéria orgânica em relação às áreas cultivadas com gramíneas. A forma de cultivar o solo na região do Sudoeste Goiano está atribuindo a este um ambiente com algumas características de fertilidade abaixo do nível classificado como adequado para o desenvolvimento da cultura da soja, o que sugere que os produtores se adaptem a algumas práticas de sistema plantio direto, tais como: a diversificação de culturas, por meio da rotação de culturas; manutenção do solo coberto o ano todo; utilizar de gramíneas e fazer manejo criterioso da aplicação de corretivos e adubos. Estas práticas de cultivo poderão levar ao produtor obtenção de maior

eficiência no uso de fertilizantes, melhor preservação da qualidade física do solo e, consequentemente, manutenção da produtividade da soja e sustentabilidade do sistema.

Palavras-chave: nutrientes, cerrado, culturas de inverno.

SOIL FERTILITY IN AREAS OF CULTIVATION OF SOY UNDER NO TILLAGE IN DIFFERENT SUCCESSIONS OF CULTURES IN THE SOUTHWEST OF GOIÁS

ABSTRACT

The fertility of soils in areas under no tillage and the sustainability of the system are influenced by several factors, as edafoclimatic conditions, adoption time, succession or rotation system and fertilization. The aim of this study was to assess the fertility of the soils in areas of soy production in the summer, fertility of the soil cultivated with different successions of culture in the winter harvest, under no tillage compares to areas of native vegetation in the Southwest of Goiás. 31 areas of soy production and 8 reference areas were selected under native vegetation, in four municipal districts of the Southwest of Goiás: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena and Castelândia. The areas of soy production in the summer harvest, all under DS, were grouped according to the winter crop used in succession of the soy in the last three years, being: pousio (SP - spontaneous vegetation), corn(SM), sorghum/millet (S-M/S) and brachiaria +corn(S-B+M). The soil collection was accomplished preceding the summer harvest of 2007/2008. The points for soil collection were concentrated in area of 2500 m² placed in a representative position of the area, with five repetitions, in the deepnesses 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. A statistical descriptive analyses and test (T test) were performed for the comparison of the parameters of fertility among the areas of native vegetation and cultivation of grain among the different winter *covers*. Great variations were observed in the levels of fertility in the areas under agricultural usage. In some areas the levels of fertility were next to the levels observed in the native areas. It was observed that most of the areas present low levels of P and adequate levels of K. The average pH was lower than the ones considered ideal, indicating higher attention to the use of correctives for soil acidity. The levels of micro nutrients showed to be elevated, in special to Zn and Mn. The analyses of the distribution of the nutrients in the different layers of the soil indicated a great concentration of macro nutrients in the layer of 0,00-0,10 m. The areas under soy-brachiaria + corn presented a higher accumulation of K and Mg in the soil. The successions soy-corn and soy-brachiaria + corn presented the higher concentrations of dry matter in the soil compared to the DS system. The soil that remains in pousio in the winter crop had lower P content and organic matter in relation to the areas planted with grass. the way of cultivation the soil in the Southwest of Goiás has been contributing to this environment with some characteristics of fertility under the level classified as adequate to the development of the soy crops, which suggests that the farmers adapt to some practices of no tillage, such as the diversification of cultures through crop rotation, maintenance of the soil covered year-round and the use of grass, which has the characteristic of a great production in dry matter and well developed root system and of making the maintenance with more criteria to the application of corrective and fertilizers. These cultivation practices may lead the farmer to obtain a higher efficiency in the use of fertilizers, better preservation of the physical quality of the soil and consequently maintenance of the soy productivity and sustainability of the system.

Key-words: nutrients, savannah, winter crops.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto (SPD) é um sistema de exploração agropecuário que envolve diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas na lavoura, mediante a mobilização do solo exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo. O SPD também é composto por um conjunto ordenado de ações cujo resultado almejado é a sustentabilidade do negócio agrícola. Portanto, o SPD busca expressar o potencial genético das culturas em sua plenitude através da maximização do fator ambiente e do fator solo reduzindo, contudo, a degradação dos recursos naturais (EMBRAPA, 1993).

O uso contínuo das tecnologias que compõem o SPD proporciona efeitos significativos na conservação e na melhoria do solo, da água, no aproveitamento dos recursos e insumos como os fertilizantes, na redução dos custos de produção, na estabilidade de produção e nas condições de vida do produtor rural e da sociedade (EMBRAPA, 2007).

No sistema de plantio direto, por não haver revolvimento do solo, incorporação da palhada e de nutrientes, tem apresentado acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo (GUIMARÃES et al., 2003; MARTINAZZO, 2006; CAVALCANTE et al., 2007). Esse fato se torna preocupante na região Centro-Oeste do Brasil, onde o clima possibilita a ocorrência de veranicos na época de cultivo da soja e quando há deficiência hídrica. Segundo Vilela & Anghinoni, (1984) o acúmulo de nutrientes na superfície do solo pode prejudicar o desenvolvimento das culturas.

O sucesso do SPD depende de um conjunto de ações fundamentais que servem de requisitos para sua implantação e manutenção. As ações consideradas como requisitos mais essenciais para o SPD são: sistematização da lavoura, manejo da fertilidade do solo, planejamento de um sistema de rotação de culturas, manejo de restos culturais e de culturas de cobertura do solo, estrutura de máquinas e implementos, assistência técnica e atualização do usuário (EMBRAPA, 1993). Atualmente, no Sudoeste Goiano, diferentes formas de cultivar o solo são consideradas como sistema de plantio direto, contudo nem todas essas formas atendem aos requisitos preconizados por este sistema como, por exemplo, a diversificação de culturas por meio da rotação de culturas, manutenção do solo coberto o ano todo e utilização

de espécies de plantas de cobertura consideradas como plantas descompactadoras do solo e recicladoras de nutrientes. A escolha dos sistemas de sucessão no Sudoeste Goiano está mais associada a questões econômicas do que a questões técnicas. Alguns sistemas, em que se almeja uma relação de lucro/benefício numa visão de curto prazo, podem levar o solo a uma perda da fertilidade, perda da qualidade física e, conseqüentemente, perdas de produtividade, tornando-o insustentável.

A fertilidade dos solos em áreas sob plantio direto e a sustentabilidade do sistema são influenciadas por diversos fatores, como: condições edafo-climáticas; tempo de adoção; sistema de sucessão ou rotação de culturas e adubação (EMBRAPA, 2007). O objetivo deste estudo foi avaliar a fertilidade dos solos em áreas de produção de soja no verão, fertilidade do solo cultivado com diferentes sucessões de culturas, sob plantio direto em comparação com áreas de vegetação nativa, no Sudoeste Goiano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram selecionadas 31 áreas de produção de soja, e 8 áreas de referência sob vegetação nativa, em quatro municípios do Sudoeste Goiano: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena e Castelândia (Tabela 1). As classes de solo predominantes nas áreas estudadas são os Latossolos Vermelhos distróficos e distroféricos, de textura média e argilosa (EMBRAPA, 2005).

As áreas de produção de soja foram escolhidas de acordo com o sistema de cultivo utilizado (sucessão de culturas) e localização (município). Os sistemas de sucessões de culturas estudados foram: soja-pousio (SP), soja-milho (SM), soja-milheto/sorgo (S-M/S), soja-braquiária+miho (S-B+M) (Figura 1).

Em cada local selecionado, foi realizada a coleta de solo, antecedendo o plantio da soja da safra de verão 2007/2008, para análises químicas e textura. Os pontos de coleta se localizavam em uma área de 2500 m², alocados em uma posição representativa de uma determinada área de produção de soja. O ponto central do local de coleta do solo foi marcado com aparelho de GPS. O solo foi coletado em uma linha transversal à linha de plantio da soja, na qual se cavou minitrincheiras com, aproximadamente, 0,40 m de largura e 0,40 m de profundidade. Coletou-se o solo na espessura de 0,05 m com auxílio de uma faca e nas

profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, em minitrincheiras dentro do local selecionado, perfazendo um total de 780 amostras de solo, sendo, 4 profundidades amostradas, 5 repetições e 39 áreas.

As amostras de cada profundidade foram colocadas em um recipiente limpo, homogeneizadas e retiradas aproximadamente, 250 cm³, que foram acondicionadas em sacos plásticos e enviadas ao laboratório para análise.

Antes de serem analisadas, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com diâmetro de 2 mm e homogeneizadas. Foram realizadas análises de pH (CaCl₂), P(Mehlich), K, Ca, Mg, Al, H+Al, matéria orgânica (MO) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), cálculo da soma de bases (SB) saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e capacidade de troca de cátions (CTC) segundo a metodologia descrita por Embrapa (1997).

Foi determinada análise de textura do solo pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Os resultados de textura permitiram o agrupamento dos solos em muito argilosos (solos com mais de 60 % de argila), argilosos (solos com 35 a 60 % de argila) e textura média/arenosa (solos com menos de 35 % de argila).

Com auxílio do programa STATISTICA, (STATSOFT Inc, 1990) os resultados médios das análises de fertilidade e textura do solo, de cada área, correspondentes à camada de 0,00-0,20 m, obtidos da média ponderada das camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, foram submetidos a uma análise descritiva (mínimo, média e máximo), na qual foram classificados de acordo com a Embrapa (2007) e/ou Lobato & Souza (2004). Com os resultados das análises do solo de cada área, correspondentes às camadas 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m foram calculadas as médias e erro padrão da média dos atributos de fertilidade para a observação da distribuição dos nutrientes nas diferentes camadas de solo.

Por meio do programa SISVAR 4.1., (FERREIRA, 1998) foi realizado teste t (contraste) para comparação das médias dos atributos fertilidade, na profundidade de 0,00-0,20 m, entre áreas agrícolas e as áreas de vegetação nativa e entre aos diferentes sistemas de sucessão de culturas estudados.

Tabela 1. Localização e uso do solo das áreas estudadas no Sudoeste Goiano

Área	Município	Nº Fazenda	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Uso do solo
1	Montividiu	2	17° 26' 40,7"	51° 13' 55,0"	821	Soja-pousio
2	Montividiu	7	17° 27' 23,8"	51° 04' 52,7"	873	Soja-pousio
3	Rio Verde	9	17° 33' 7,6"	51° 11' 57"	880	Soja-pousio
4	Rio Verde	10	17° 32' 39"	51° 10' 15"	883	Soja-pousio
5	Montividiu	20	17° 31' 13,5"	51° 32' 13,7"	899	Soja-pousio
6	Montividiu	3	17° 28' 29,6"	51° 16' 13,4"	896	Soja-milho
7	Montividiu	4	17° 17' 22,7"	51° 21' 02,7"	835	Soja-milho
8	Montividiu	5	17° 18' 55,6"	51° 21' 41,9"	849	Soja-milho
9	Montividiu	6	17° 30' 16,8"	51° 14' 13,7"	895	Soja-milho
10	Rio Verde	11	18° 5' 1,3"	50° 53' 28,7"	820	Soja-milho
11	Rio Verde	12	18° 04' 57,5"	50° 53' 27,5"	820	Soja-milho
12	Montividiu	14	17° 26' 46,3"	51° 22' 44,9"	941	Soja-milho
13	Rio Verde	16	17° 33' 7,8"	51° 12' 41,4"	869	Soja-milho
14	Rio Verde	18	17° 30' 11,6"	51° 23' 29,1"	942	Soja-milho
15	Montividiu	21	17° 31' 2,9"	51° 31' 1,8"	-	Soja-milho
16	S. Helena	31	17°45'45.6"	50° 33.3' 31.0"	575	Soja-milho
17	Montividiu	8	17° 27' 5,3"	51° 04' 54,3"	853	S-B+M
18	Montividiu	13	17° 22' 46,5"	51° 28' 7,6"	911	S-B+M
19	Montividiu	19	17° 30' 26,2"	51° 31' 1,4"	910	S-B+M
20	Montividiu	22	17° 23' 11,3"	51° 25' 56"	937	S-B+M
21	Montividiu	23	17° 23' 59,8"	51° 24' 17,7"	903	S-B+M
22	Rio Verde	24	17° 36' 50"	51° 18' 11,7"	876	S-B+M
23	Rio Verde	25	17° 42' 34,4"	50° 48' 41,2"	668	Soja-milho
24	Rio Verde	26	17° 42' 8,8"	50° 50' 40"	687	Soja-milho
25	Rio Verde	33	17°26'39.8"	51°15' 22.6"	878	Soja-milho
26	Rio Verde	34	17°26'39.8"	51°15' 22.6"	878	Soja-milho
27	Rio-verde	27	17° 46.5' 9.5"	51° 01' 49,2"	818	Soja-sorgo
28	Rio-verde	28	17°46'29"	51° 02' 2,4"	-	Soja-sorgo
29	Castelândia	29	18° 4' 48.9"	50° 10' 59.2"	457	Soja-sorgo
30	Castelândia	30	18°9'48.2"	50° 14' 34.3"	454	Soja-sorgo
31	S. Helena	32	17°45'24.9"	50° 34' 35.7"	575	Soja-sorgo
32	Rio Verde	1	17° 48' 27,7"	50° 57' 52,7"	708	V. nativa
33	Montividiu	15	17° 21' 47,9"	51° 28' 45,6"	943	V. nativa
34	Rio Verde	17	17° 34' 0,9"	51° 12' 49,6"	836	V. nativa
35	Montividiu	35	17°26'36.7"	51°16' 12.6"	854	V. nativa
36	Rio Verde	36	-	-	-	V. nativa
37	Rio Verde	37	17°37'35.1"	51°16'35.5"	856	V. nativa

38	Rio Verde	38	-	-	-	V. nativa
39	Rio Verde	39	-	-	-	V. nativa

V. nativa- vegetação nativa
S-B+M- soja-braquiária+milho

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise descritiva da fertilidade do solo

3.1.1. Variabilidade de macronutrientes

Foi observado coeficiente de variação de 73, 47, 47 e 35% para os teores de P, K, Ca e Mg, respectivamente, entre as áreas de cultivo de grãos (Tabela 2), indicando que são encontrados diferentes teores destes nutrientes nestas áreas. A variação nos teores de nutrientes observada neste estudo pode ser devido ao manejo da adubação e aplicação de corretivos ao solo, a utilização de diferentes espécies de sucessão de culturas, ao tempo de cultivo e também devido à textura do solo.

As áreas estudadas sob plantio direto no Sudoeste Goiano, apesar de estarem submetidas a um mesmo sistema de cultivo (plantio direto), em uma mesma região e, tendo a soja como cultura principal, não apresentou homogeneidade em relação à fertilidade do solo. Isto pode estar indicando que, apesar de ser uma região na qual aos produtores utilizam alta tecnologia, percebe-se que em relação à fertilidade do solo, a região do Sudoeste Goiano pode sofrer melhorias, incluindo ao manejo de cultivo, práticas que poderiam levar a um solo mais fértil.

3.1.2. Classificação de pH, Al, Ca, Mg, K, P, V e MO

O pH médio do solo, em CaCl_2 , na profundidade de 0,0-0,20 m, foi de 4,1 nas áreas de vegetação nativa (Tabela 2), o que mostra que os solos da região do cerrado naturalmente apresentam problema com acidez, pois segundo Souza & Lobato (2004), o valor de pH ideal para uma produção de grãos economicamente viável é de 4,9 a 5,5. Nessa faixa, há maior disponibilidade de nutrientes no solo para absorção pelas plantas, com isto nos solos da região do cerrado faz-se necessária a correção da acidez para obter melhores produtividades e maior eficiência do uso da água e nutrientes (SOUZA & LOBATO, 2004). Observou-se uma

elevação do pH nas áreas de cultivo de grãos, devido à correção da acidez nessas áreas, nas quais o pH médio foi de 4,8 (Tabela 2). Porém esse índice de pH está um pouco abaixo do adequado segundo Souza & Lobato, (2004) (Tabela 2). No SPD, alguns estudos têm mostrado que a soja apresenta poucas respostas à aplicação de calcário na superfície do solo, sendo uma cultura que se desenvolve em variadas condições de acidez do solo (CAIRES E FONSECA, 2000). Logo, no Sudoeste Goiano, em áreas sob SPD, a soja pode apresentar bom desenvolvimento em solos com pH do solo um pouco abaixo do considerado ideal (profundidade de 0,00-0,20 m), porque neste sistema de cultivo, o solo permanece mais úmido, devido ao acúmulo de restos culturais na sua superfície, favorecendo a absorção dos nutrientes. E também este sistema pode apresentar maiores teores de MO em relação à outras formas de cultivar o solo, como, por exemplo, pastagens degradadas (FIGUEIREDO et al., 2008) e sistema de plantio convencional (BAYER et al., 2004) e com maior acúmulo de MO do solo ocorre diminuição do efeito tóxico do alumínio, o qual é complexado pelas moléculas dos ácidos orgânicos resultantes dos restos culturas depositados na superfície do solo (ANDRADE et al., 2003).

O teor médio de Al observado nas áreas de vegetação nativa foi de $0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo, estatisticamente superior ao teor médio observado nas áreas de cultivo de grãos. O elevado teor de Al, nas áreas de vegetação nativa no Sudoeste Goiano, é um dos fatores que contribuem para elevada acidez natural dos solos desta região. Por reação de hidrólise, os íons presentes na solução do solo liberam íons de H^+ , que podem baixar o pH do solo. O Al em solução aquosa, através de uma sequência de reações de hidrólise, precipita sobre a forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$, produzindo em cada etapa, íon de H^+ . Nas áreas de cultivo de grãos, o teor médio de Al está classificado como médio (EMBRAPA, 2007), em função da aplicação de corretivos ao solo.

Nas áreas vegetação de nativa os teores médios de Ca, Mg, K e P, na profundidade de 0,00-0, 20, foram, estatisticamente, inferiores aos teores das áreas de cultivo de grãos (Tabela 2). Nos solos de vegetação nativa, os teores desses nutrientes são classificados como baixo ou muito baixo (EMBRAPA, 2007), indicando baixa fertilidade natural dos solos da região do cerrado. O baixo teor de Ca, Mg e K e o alto teor de Al, nos solos da região do cerrado, ocorre devido ao processo de formação do solo, em que alguns elementos, por formarem compostos mais solúveis podem ser facilmente percolados no perfil do solo. Enquanto isso, o Al vai se concentrando devido à sua propriedade de formar compostos de muito baixa solubilidade nos solos que se foram em boas condições de oxigenação. Também durante o processo de

formação do solo, originam-se minerais e substâncias húmicas que têm a capacidade de atrair íons, o que evita que os mesmos sejam percolados e perdidos do solo. Entretanto, a atração é dependente da valência dos íons. Assim, por exemplo, íons como o Al (valência +3) são fortemente atraídos para as proximidades das partículas com cargas negativas, em detrimento o Ca e Mg (valência +2). Com isso, o Al permanece mais no solo, enquanto os outros cátions tendem a ser percolados no perfil (BISSANI et al., 2004).

Das áreas de cultivo de grãos estudadas, na profundidade de 0,0-0,20 m, 74% apresentaram teores de Ca no solo classificados como médio (Figura 1), 84% apresentaram teores de Mg classificados como médio e alto (Figura 1) (EMBRAPA, 2007) e 66% delas apresentam nível de K, classificado como adequado e alto de 0,13 a 0,20 cmol_c dm⁻³ e maior que 0,20 cmol_c respectivamente (Figura 1) (Souza e Lobato, 2004), 51% dessas áreas apresentam teores de P no solo classificados como baixo e 32% classificados como alto (Figura 2) (EMBRAPA, 2007).

Observou-se que a maioria das áreas estudadas de cultivo de grãos, ainda não apresenta solos com a fertilidade corrigida por fósforo. Um dos fatores que mais limitam o desenvolvimento das culturas é a deficiência de P e os solos da região dos cerrados são naturalmente, pobres nesse elemento (LOPES, 1984). Logo, deve se dar bastante atenção para o manejo da adubação fosfatada nas áreas de produção de soja no Sudoeste Goiano. Na região sul do país, são observados teores de P em áreas sob SPD muito superior ao observado neste presente estudo, chegando a 161 mg dm⁻³ na profundidade de 2,5 a 7,5 cm Rheinheimer & Anghinoni, (2001).

Quanto ao teor de MO do solo, 83 % das áreas de cultivo de grãos estudadas apresentaram nível classificado como alto, maior que 25 g kg⁻¹ (Figura 3), segundo Embrapa, (2007). Apesar da maioria das áreas apresentarem nível alto de MO, algumas áreas apresentam nível classificado como médio e baixo (Figura 3), verificando, assim, que nessas áreas, o sistema de uso do solo não está produzindo quantidades suficientes de MO. Segundo Séguy et al. (2002), em áreas sob SPD, no cerrado, os estoques de carbono crescem na camada 0,00-0,10 m quando são usadas espécies de forrageiras tais como *Brachiaria*, *Eleusine*, *Cynodon* e *Pennisetum*, que se combinam às safras de milho e soja. A M O é muito importante para a melhoria da qualidade do solo, pois essa exerce efeito sobre suas propriedades química, física e biológica. A MO é fonte de nutrientes para as plantas, quando mineralizada pelos microorganismos; contribui para elevação da capacidade de troca de cátions CTC dos solos (20 a 70 %) da maioria dos solos tropicais; oferece resistência às

modificações de pH do solo (“poder tampão da acidez”); seus compostos orgânicos atuam como agentes cimentantes das unidades estruturais do solo (agregação), contribuindo dessa forma, para melhores condições de infiltração de água e melhor troca de gases entre solo e atmosfera e aumento da resistência à erosão (SILVA, et al. 2006). Foi observado, neste estudo, correlação positiva entre teor de MO e CTC do solo nas áreas de cultivo de grãos estudadas, mostrando o efeito da elevação da CTC do solo em função do aumento da MO (Figura 4).

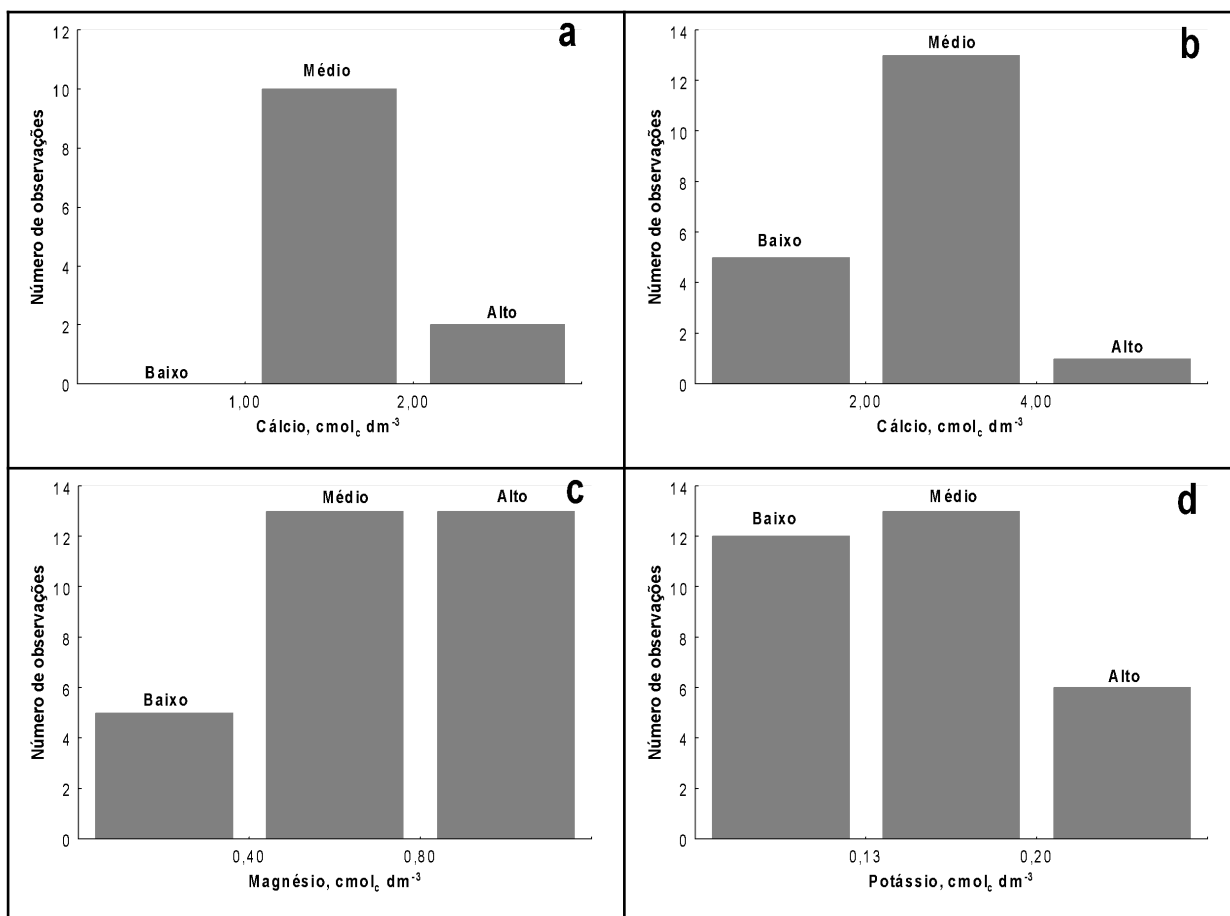
O aumento da CTC do solo, em função da MO, acontece porque a energia de ligação do íon H^+ com os grupos funcionais dos argilominerais e dos óxidos é muito maior que a energia de ligação do mesmo com grupos funcionais da matéria orgânica. Assim a MO dissocia seus íons facilmente, criando cargas negativas em pH relativamente baixo. Essa propriedade aliada a maior área superficial específica, faz com que a MO seja a principal fonte de cargas negativas nos solos da região do cerrado, nos quais predominam minerais do tipo 1:1, que apresentam poucas cargas negativas (SILVA et al., 2006).

Tabela 2. Análise descritiva de atributos de fertilidade do solo, na camada de 0,00-0,20 m, em áreas de vegetação nativa (n=8) e sob cultivo de grãos (n=29), no Sudoeste Goiano

Parâmetros	Áreas de vegetação nativa						m	V	pH	M.O. g kg ⁻¹
	P -----mg dm ⁻³ ----	K	Ca	Mg	Al	CTC				
Mínimo	0,29	11,73	0,14	0,04	0,26	5,88	33,85	2,94	3,89	19,32
Média	0,64	19,55	0,61	0,22	0,75	8,59	61,22	8,42	4,12	31,38
Máximo	1,21	31,28	1,98	0,53	1,11	11,74	82,28	18,10	4,36	49,59
C V %	43	40	100	84	43	25	33	76	4	29
	Áreas sob cultivo de grãos						m	V	pH	M.O. g kg ⁻¹
	P -----mg dm ⁻³ ----	K	Ca	Mg	Al	CTC				
Mínimo	0,77	15,64	1,18	0,27	0,01	5,23	0,12	20,97	4,43	13,51
Média	6,30	58,65	2,26	0,74	0,13	8,37	7,86	35,49	4,81	30,27
Máximo	22,86	125,12	6,92	1,34	0,35	13,37	30,49	63,58	5,64	40,08
C V %	73	47	47	35	72	19	86	23	6	20
Contraste										
Nativa x Grãos	*	*	*	*	*	Ns	*	*	*	Ns

* médias que se diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância.

^{ns} médias que não se diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância.



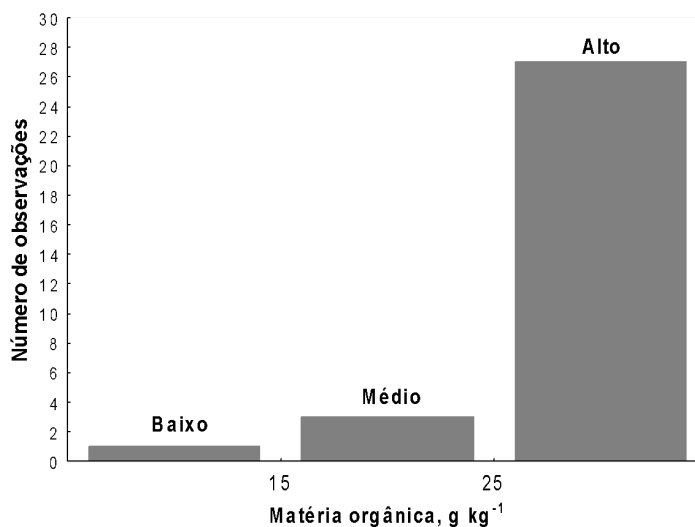
a b c - Classificação segundo Embrapa , (2007)

d - Classificação segundo Souza e Lobato (2004)

Figura 1. Histograma de frequência da classificação dos níveis de cálcio em solos com CTC menor que 8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (a), em solos com CTC maior que 8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (b), de magnésio (c) e de potássio (d), na profundidade de 0,00-0,20 m, em áreas de produção de grãos no Sudoeste Goiano.

As áreas que estão situadas entre a linha azul e a linha vermelha apresentam teores de P classificados como médio, abaixo da linha vermelha teores classificados como baixo e muito baixo e acima da linha azul teores classificados como bom, de acordo com a textura do solo, segundo Embrapa , (2007).

Figura 2. Classificação dos teores de P no solo em função do teor de argila do solo em solos de cultivo de grãos e vegetação nativa, na profundidade de 0,00-0,20 m, no Sudoeste Goiano.



Classificação segundo Embrapa, (2007)

Figura 3. Histograma de frequência da classificação dos níveis de matéria orgânica do solo, na profundidade de 0,00 a 0,20 m, em áreas de produção de grãos no Sudoeste Goiano.

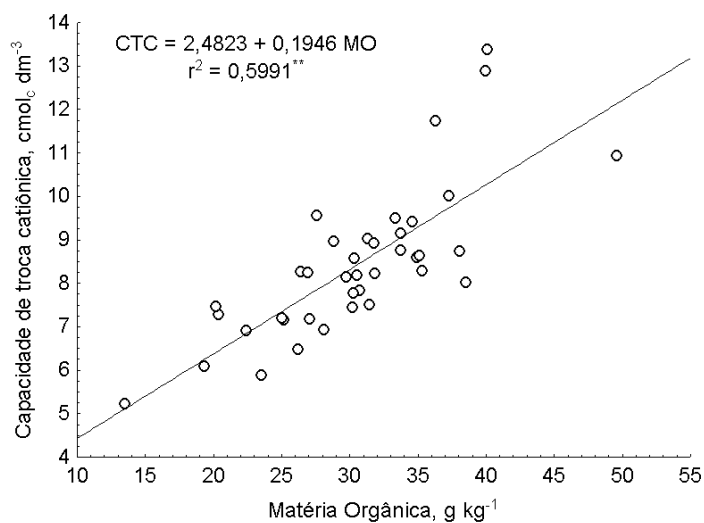


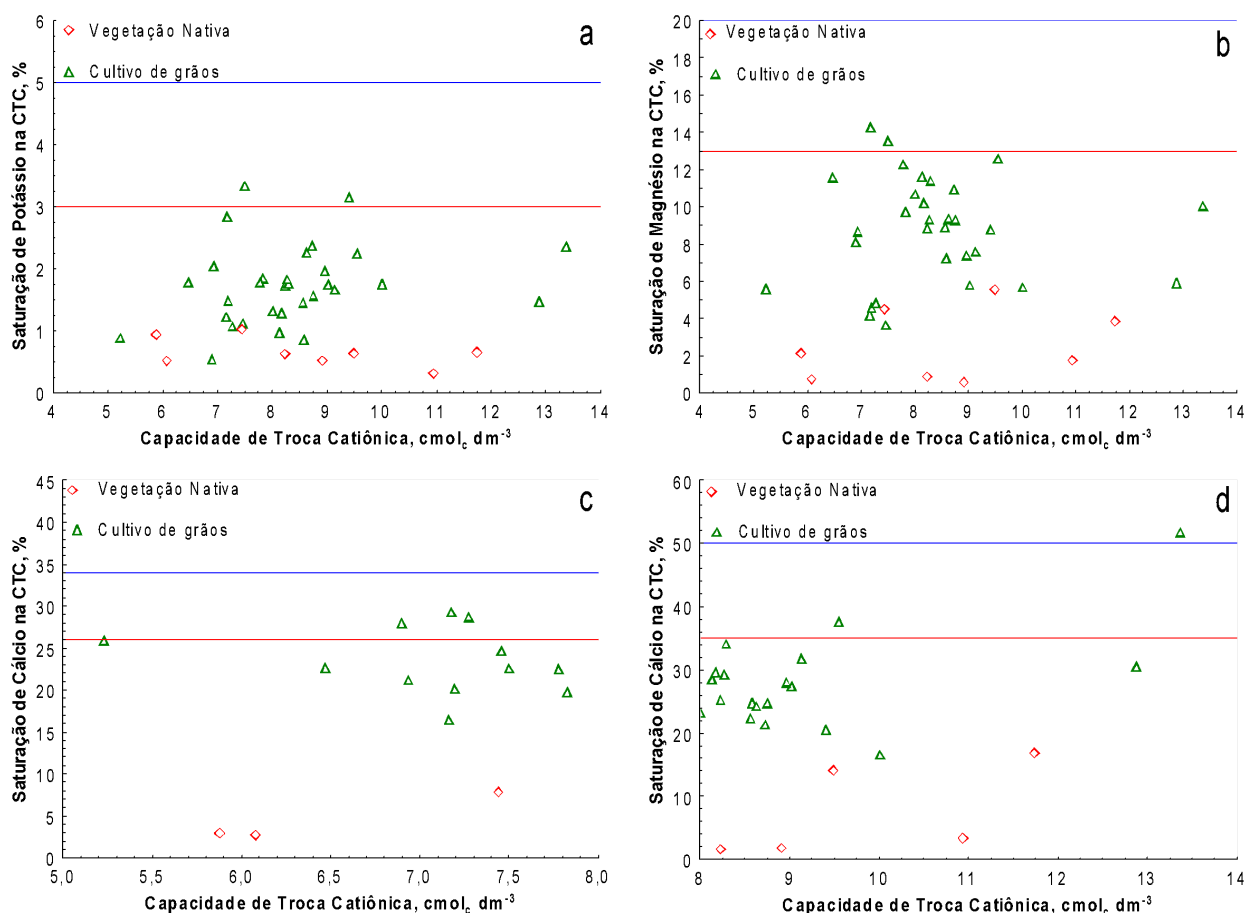
Figura 4. Correlação entre matéria orgânica e CTC do solo, na profundidade de 0,00 a 0,20m, em áreas de produção de grãos no Sudoeste Goiano.

Em média, a saturação por bases (V) observada nas áreas de cultivo de grãos foi de 35,49 % (Tabela 2). Segundo Souza e Lobato, (2004), a saturação de bases ideal para o bom desenvolvimento das culturas no cerrado está entre 36 a 60 %. Portanto, observou-se que em média a V nas áreas de cultivo de grãos está abaixo da considerada ideal. Foi observado por

Nolla et al. (2005), que a saturação de bases a qual promoveu máxima eficiência econômica para a cultura da soja foi de 70,5%.

A maioria das áreas de cultivo de grãos estudadas apresenta solo com CTC entre 7 e 10 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Figura 5). Entre as áreas de cultivo de grãos estudadas, apenas duas apresentaram saturação da CTC por magnésio e potássio consideradas como adequadas (Figura 5), sendo que o restante das áreas apresentou baixo nível desses elementos no complexo de troca. Quanto à saturação da CTC por cálcio, apenas uma área apresentou nível alto e quatro áreas se encontram com nível médio (Figura 5) (EMBRAPA, 2007).

Analizando, os teores de Ca, Mg e K (Figura 1) e a saturação da CTC por estes cátions, observou-se que o solo da maioria das áreas estudadas está com níveis médios e altos desses nutrientes, porém a saturação da CTC desses solos, por esses nutrientes, na maioria das áreas, é baixa. Com isso pode ser que a CTC dos solos das áreas estudadas está sendo ocupada por outros íons. Provavelmente, como o pH, em média, está um pouco abaixo da faixa considerada ideal para que as plantas tenham boas condições de assimilação dos nutrientes, a CTC desses solos deve estar saturada por íons de H^+ e Al^{+3} .



As áreas que estão situadas entre a linha azul e a linha vermelha apresentam saturação da CTC do solo pelos respectivos nutrientes classificada como média, abaixo da linha azul saturação classificada como baixa e acima saturação classificada como alta, segundo Embrapa, (2007).

Figura 5. Saturação da CTC do solo por potássio (a), magnésio (b) e cálcio em solos com CTC menor que $8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (c) e em solos com CTC maior que $8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (d), na profundidade de 0,00-0,20 m, em áreas de vegetação nativa e de cultivo de grãos, no Sudoeste Goiano.

3.1.3. Classificação dos teores de micronutrientes

Analisando os resultados de micronutrientes, nas áreas de vegetação nativa, observou-se que os solos da região do Sudoeste Goiano apresentam baixos teores de Zn e altos teores de Fe (Tabela 3). Quanto ao teor de Cu e Mn, observou-se que, em média, os teores desses nutrientes nas áreas de vegetação nativa estão classificados como médio e alto respectivamente (EMBRAPA, 2007). Nas áreas de cultivo de grãos, os valores médios de Cu, Fe, Mn e Zn foram classificados como alto (EMBRAPA, 2007). Observa-se na (Tabela 3) que, nas áreas de cultivo de grãos, o teor de ferro no solo é menor que nas áreas de vegetação nativa, indicando o efeito da elevação do pH do solo na disponibilidade do Fe.

O teor máximo de Zn no solo das áreas de cultivo de grãos (16 mg dm^{-3}) (Tabela 3) está muito acima do teor classificado como alto $1,6 \text{ mg dm}^{-3}$ (EMBRAPA, 2007). Segundo Malavolta, (1987) o excesso de Zn no solo pode causar a diminuição da absorção de alguns macronutrientes, como, por exemplo, P, Ca e Mg e também do micronutriente Cu. Quanto ao Mn, quando apresenta alto teor em solos com pH mais ácido, situação a qual é encontrada em algumas áreas de produção de soja no Sudoeste Goiano, pode levar à problemas de fixação do P por compostos solúveis de Mn (COELHO & VERLENGIA, 1973).

Contudo o Zn é um dos micronutrientes que merece maior atenção nos solos da região do Sudoeste Goiano, pois os solos dessa região são pobres naturalmente nesse nutriente, por isso, geralmente são utilizadas fórmulas de adubos contendo esse elemento, o que pode estar causando excesso no solo.

Tabela 3. Análise descritiva dos teores de micronutrientes e textura na camada de 0,00-0,20 m, em áreas de vegetação nativa (n=8) e cultivo de grãos (n=31) no Sudoeste Goiano

Parâmetros	Áreas de Vegetação nativa						
	Fé	Mn	Cu	Zn	Argila	Silte	Areia
	-----mg dm ⁻³ -----				-----%-----		
Mínimo	63,38	3,34	0,10	0,14	18,29	2,73	21,98
Média	103,10	25,76	1,06	0,44	42,94	13,66	43,72
Máximo	222,73	51,38	3,00	0,71	63,78	23,63	79,35
C V %	49	63	100	49	40	51	50
	Áreas sob cultivo de grãos						
Mínimo	12,88	4,92	0,38	0,92	19,68	4,91	7,34
Média	59,58*	27,20 ^{ns}	1,71 ^{ns}	4,52*	49,08	23,92	26,99
Máximo	107,78	115,83	5,96	16,06	65,90	36,32	75,41
C V %	40	97	72	73	22	40	63
Contrastes							
Nativa x Grãos	*	ns	ns	*	-	-	-

C V coeficiente de variação

* médias que se diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância

^{ns} médias que não se diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância

3.2. Distribuição vertical de nutrientes

3.2.1. pH, Al, Ca, Mg, K, P

Nas áreas de cultivo de grãos, apenas na profundidade de 0,0-0,05 m o pH é maior que 5,0, na profundidade de 0,05-0,10 m o pH do solo está em torno de 4,9 (Figura 6). Porém, nas camadas abaixo de 0,10 m, o pH do solo encontra-se com valor menor que 4,9, que é o limite inferior de pH do solo considerado ideal para melhor desenvolvimento da cultura da soja (Figura 6) (SOUZA E LOBATO, 2004). Analisando esses resultados, pôde-se considerar que os solos das áreas de cultivo de grãos da região do Sudoeste Goiano apresentam correção da acidez do solo classificada como ideal para o desenvolvimento da cultura da soja, apenas na profundidade de 0,0-0,10 m (SOUZA E LOBATO, 2004).

Observou-se diminuição em profundidade nos teores de Ca, Mg, K e P nas áreas de vegetação nativa e cultivo de grãos (Figura 6). Nas áreas de cultivo de grãos, aproximadamente, 70% do total de P, K, Ca e Mg contidos na camada de 0,00-0,40 m, estão concentrados na profundidade de 0,00-0,10 m (Figura 6). Esses resultados corroboram com Guimarães et al. (2003), Cavalcante et al. (2007) e Silveira et al. (2000). Observa-se (Figura 6) que abaixo de 0,10 m de profundidade, os teores P, K, Ca e Mg são inferiores as faixas consideradas ideais para o desenvolvimento da cultura da soja (EMBRAPA, 2007).

Com relação ao K, nas áreas de cultivo de grãos, 62 % do total (0,00-0,40 m) se encontram na camada de 0,00-0,05 m (Figura 6). Esse fato pode ser explicado pela alta taxa de liberação deste nutriente dos restos culturais, devido a esse nutriente não fazer parte da estrutura de nenhum composto orgânico das plantas, sendo liberado rapidamente para o solo (EPSTEIN E BLOOM, 2006) e também pela profundidade de colocação do adubo potássico. Esse resultado mostra que, provavelmente, no plantio direto, ocorrem poucas perdas de K por lixiviação, pois esse nutriente está concentrado nas camadas superficiais do solo.

Para o fósforo, 81% do total da camada 0,00-0,40 m, nas áreas de produção de soja se concentraram-se na camada de 0,0-0,10 m; esse resultado está de acordo com Sá (2004) e Rheinheimer & Anghinoni, (2001) os quais observaram concentração de P na superfície do solo cultivado sob sistema de plantio direto. Abaixo de 0,20 m, os teores de P foram semelhantes aos encontrados em solos em áreas de cerrado (Figura 6). A concentração de P na camada de 0,00-0,10 m acontece devido à aplicação de P no sulco de plantio e também pela baixa mobilidade desse elemento em solos tropicais (NOVAIS & SMYTH, 1999). Uma alternativa para amenizar a concentração de P na superfície do solo, em plantio direto no Sudoeste Goiano, seria o cultivo de plantas de cobertura do solo na safrinha, com sistema radicular que seja fasciculado e profundo, como o milheto, por exemplo. Segundo Sá (2004), a introdução de culturas com sistema radicular fasciculado, como aveia preta e milheto, para formação de cobertura vegetal favorece a diluição do efeito localizado de P na linha de semeadura, com redistribuição do P em função do tempo de SPD. Corrêa et al. (2004), no experimento em casa de vegetação sob Latossolo Vermelho distrófico, concluíram que as espécies de cobertura influenciam a movimentação do fósforo em profundidade e que o milheto proporciona distribuição mais uniforme de P no solo.

Broch e Chueiri (2005) relatam que o acúmulo de P na superfície do solo sob sistema de plantio direto não compromete sua absorção pelas plantas, pois com o tempo a disponibilidade de P será aumentada através do maior desenvolvimento radicular das plantas

nas camadas superficiais, maior acúmulo de água e maior mineralização de formas orgânicas de P nessas camadas. Segundo Vilela & Anghinoni (1984), mesmo quando apenas um volume restrito de raízes se desenvolva em um meio com condições adequadas de nutrientes, as culturas podem produzir, satisfatoriamente, quando há boa disponibilidade hídrica. Porém, em condições onde há necessidade de aprofundamento de raízes, as plantas poderão não apresentar um bom desenvolvimento devido à falta de nutrientes e o excesso de alumínio nas camadas subsuperficiais. Diante disso, pode-se relatar que a concentração de nutrientes na camada superficial, pode ser prejudicial ou não ao desenvolvimento das culturas em função do manejo adotado no sistema de plantio direto, tempo de condução do sistema e disponibilidade hídrica. Na região do Sudoeste Goiano, onde se tem risco de ocorrência de veranicos na época de desenvolvimento da cultura da soja na safra de verão, e principalmente, do milho cultivado na safrinha, a concentração de nutrientes, na camada superficial do solo, pode levar a uma menor produtividade das culturas em algumas áreas sob plantio direto.

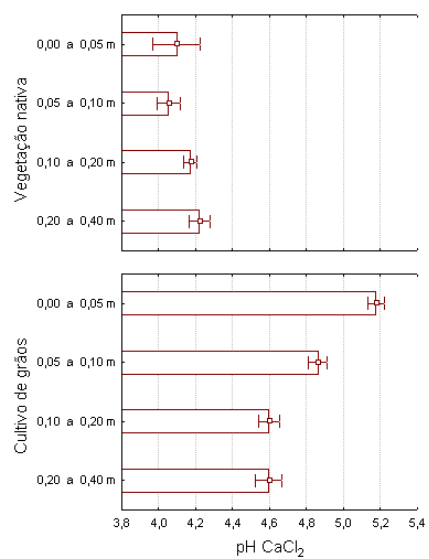
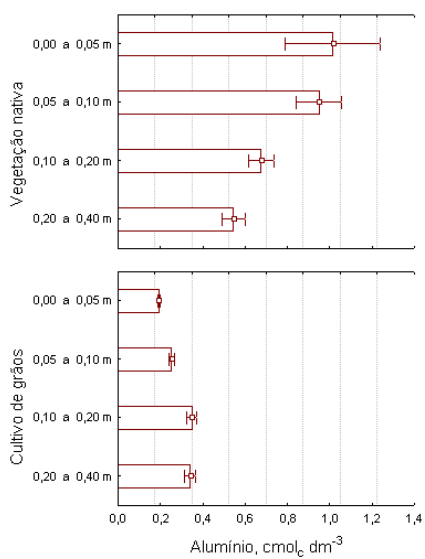
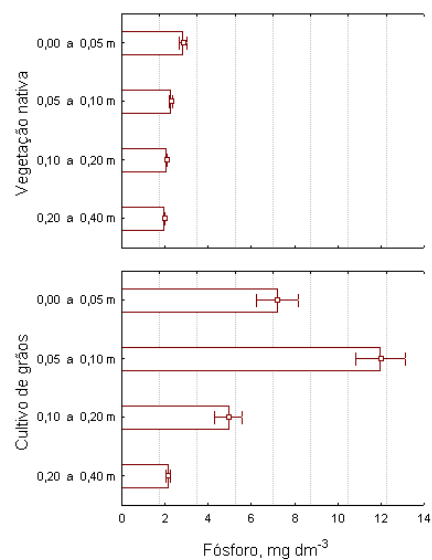
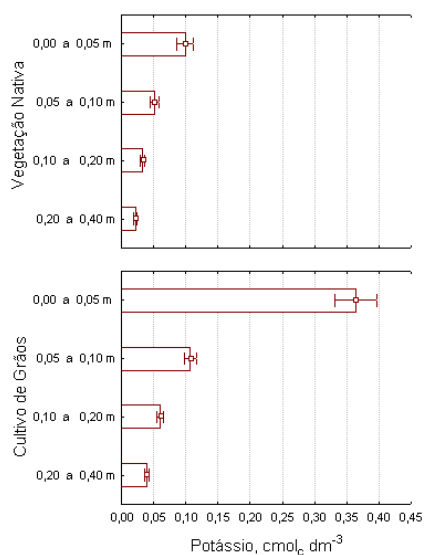
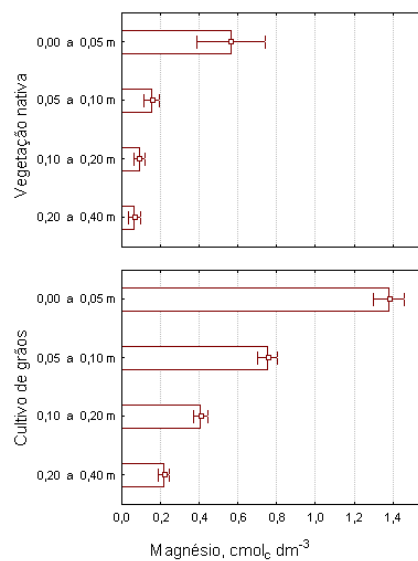
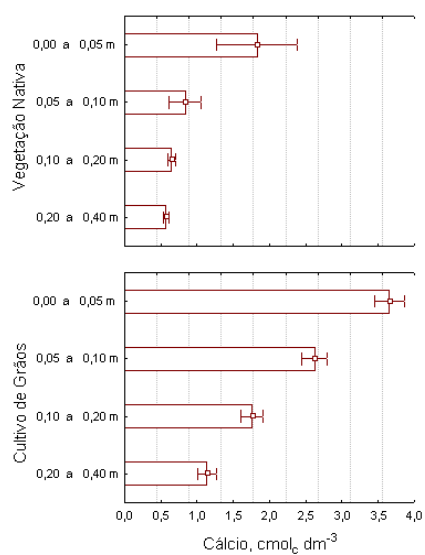


Figura 6. Teor médio e respectivo erro padrão da média de Ca, Mg, K, P, Al e pH nas diferentes camadas de solo em áreas de vegetação nativa e áreas de cultivo de grãos no Sudoeste Goiano.

3.2.2. Micronutrientes, MO e CTC do solo

Os teores de matéria orgânica do solo foram mais elevados na camada de 0,00-0,10 m nas áreas de cultivo de grãos e nas áreas de vegetação nativa. Esse resultado está de acordo com Siqueira Neto et al., (2006), avaliando o estoque de carbono em solos do cerrado com diferentes manejos na região de Rio Verde, verificaram decréscimo no teor de carbono com o aumento da profundidade em todos os manejos estudados (floresta, pastagem, plantio direto e plantio convencional). A maior concentração da MO na superfície do solo, ocorre em função do acúmulo de restos culturais na superfície do solo e do não revolvimento do solo.

A CTC do solo é maior nas camadas mais superficiais do solo, nas áreas de cultivo de grãos e vegetação nativa (Figura 7), provavelmente devido ao efeito da MO do solo.

O teor de Fe é homogêneo em todo o perfil de solo estudado (0,00-0,40 m), tanto nas áreas de vegetação nativa como nas de cultivo de grãos (Figura 7). Nas áreas de cultivos de grãos não ocorre concentração na superfície desse nutriente porque, não é feita adubação com ferro na região do Sudoeste Goiano, pois os solos dessa região apresentam teores elevados desse nutriente. O teor de Fe no solo foi menor em todas as profundidades estudadas nas áreas de cultivo de grãos, provavelmente em função da elevação do pH do solo nestas áreas. De acordo com Borkert et al. (2001), a disponibilidade de Fe para as plantas depende muito das condições de pH e aeração do solo.

Foram observados maiores teores de Mn, Cu e Zn nas camadas mais superficiais do solo, nas áreas de cultivo de grãos (Figura 7). Em relação ao Zn, verificou-se que a adubação com esse nutriente está tendo efeito até 0,20 m de profundidade, abaixo dessa camada, o teor de Zn no solo está próximo ao teor das áreas de vegetação nativa, sendo classificado como baixo (EMBRAPA, 2007). Esses resultados estão de acordo com Zanão Junior et al. (2007) que trabalhando num Latossolo Vermelho distrófico, textura muito argilosa, cultivado desde 1995 sob semeadura direta, em Uberlândia – MG, verificaram maiores teores de Zn e Mn nos primeiros 10 cm de profundidade e que o Zn está acima do nível crítico até 20 cm de profundidade.

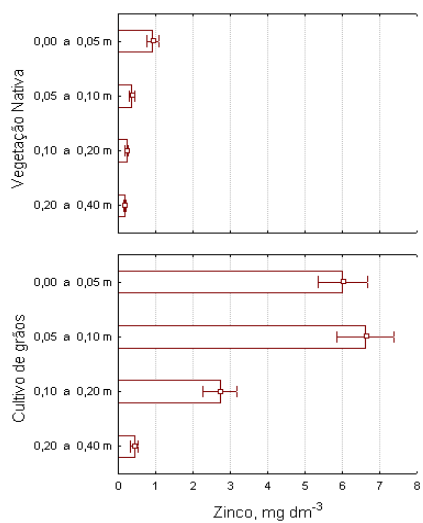
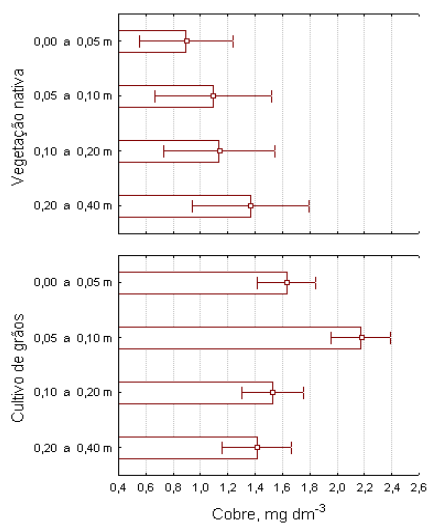
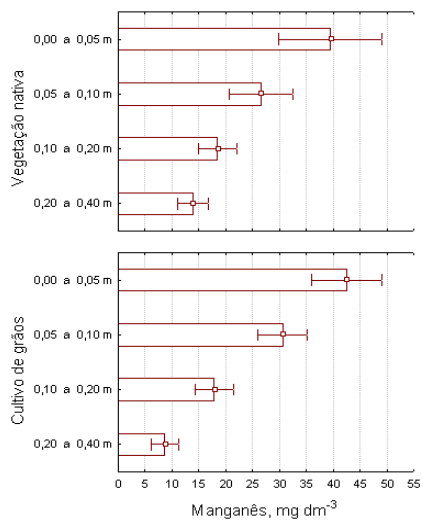
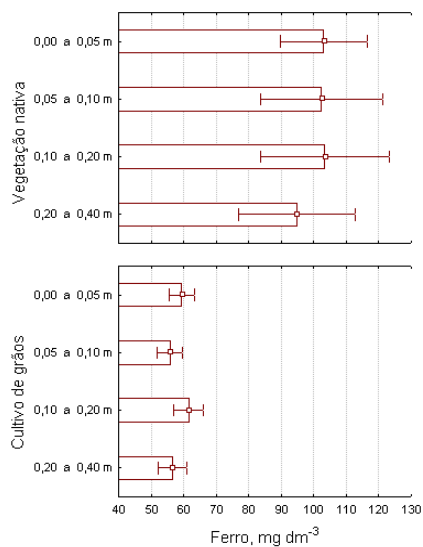
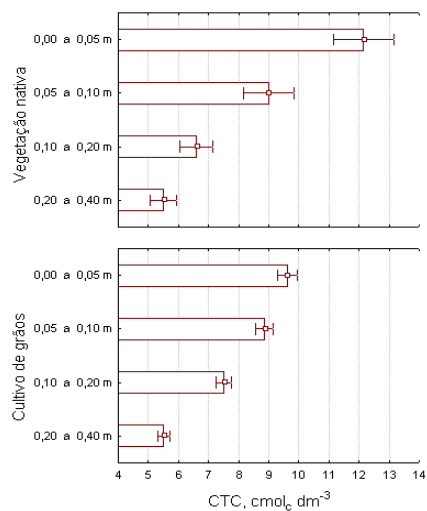
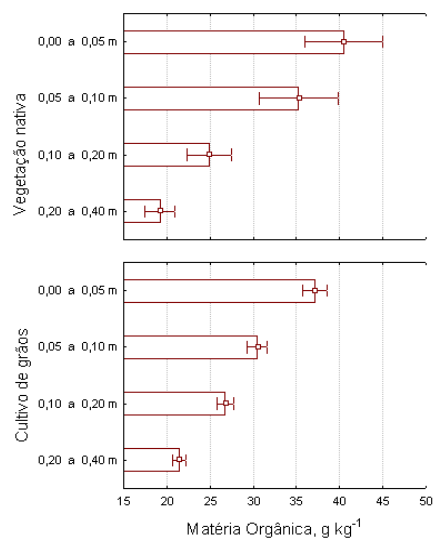


Figura 7. Capacidade de troca de cátions (CTC) do solo média, teor médio de matéria orgânica e micronutrientes, nas diferentes camadas de solo, em áreas de vegetação nativa e de cultivo de grãos no Sudoeste Goiano.

3.3. Efeito de uso do solo em relação à sua fertilidade

A média de P no solo foi menor no sistema soja-pousio em comparação com os sistemas soja-milho e soja-sorgo/milheto e não se diferiu do sistema soja-braquiária+milho, talvez devido ao alto valor do desvio padrão da média para o P nas áreas com este tipo de uso (Tabelas 4). O que pode ter contribuído para maior média de P seria o maior teor de MO e também o maior volume de raízes que, certamente, apresentam esses sistemas em relação ao sistema SP. Um dos principais atributos do solo que contribui para a diminuição da adsorção de P é o seu teor de MO (GONÇALVES et al. 1985). A MO do solo interage com os óxidos de Fe e Al resultando em redução dos sítios de fixação de P em função do recobrimento da superfície desses óxidos por moléculas de ácidos orgânicos, ou pela formação de compostos com o P na solução do solo ou, ainda, por complexar o Al e o Fe que adsorvem o fósforo (ANDRADE et al., 2003).

O sistema soja-braquiária+milho apresentou maior teor médio de K e Mg em comparação com os sistemas soja-pousio e soja-milho (Tabela 4). Guimarães et al. (2003), em experimento com milho e soja como cultura de verão e milheto, braquiária, mucuna preta, feijão IAC Carioca e pousio no inverno/primavera, verificaram que o maior residual de K no solo se deu com o uso de braquiária. Portanto, a inclusão da braquiária em áreas de produção de soja seria uma boa alternativa, visando melhor eficiência no uso de fertilizantes, melhoria da fertilidade do solo e sustentabilidade do sistema, principalmente, em solos arenosos onde ocorrem maiores perdas de K por lixiviação.

Tabela 4. Valores médios de atributos de fertilidade do solo, dentro de cada sistema de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00-0,20 m e contrastes dos valores médios de atributos de fertilidade do solo entre os diferentes sistemas sucessão de culturas

Uso do solo	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V	m	Ca/Mg
	-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----%-----		Relação
SP (n=7)	3,3 (2,2) ¹	43 (0,0)	1,8 (0,3) ¹	0,7 (0,2) ¹	0,1 (0,1) ¹	7 (0,6) ¹	33 (3,0) ¹	9,0 (9,6) ¹	3,3 (1,8) ¹
SM (n=11)	6,9 (3,1) ¹	54 (0,0) ¹	2,1 (0,5) ¹	0,7 (0,2) ¹	0,1 (0,1) ¹	9 (0,8) ¹	33 (7,0) ¹	8,0 (5,6) ¹	3,3 (0,9) ¹
S-S/M (n=7)	9,0 (3,9) ¹	54 (0,1) ¹	2,8 (1,0) ¹	0,8 (0,3) ¹	0,1 (0,1) ¹	9 (2,8) ¹	40 (8,0) ¹	8,3 (6,8) ¹	3,8 (1,1) ¹
S-B+M (n=6)	7,4 (7,9) ¹	90 (0,1) ¹	2,9 (2,0) ¹	0,9 (0,2) ¹	0,1 (0,1) ¹	9 (2,2) ¹	41 (12,0) ¹	5,6 (4,2) ¹	2,9 (1,3) ¹
Contrastes									
SP X SM	*	Ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
SP X S-B+M	Ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
SP X S-S/M	*	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SM X S- B+M	Ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
SM X S-S/M	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S-B+M X S-S/M	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

VN- áreas de vegetação nativa

¹ desvio padrão da média

S/M- sorgo/milho; B+M-braquiária+milho

* contrastes significativos com intervalo de confiança de 95%.

ns contrastes não significativos com intervalo de confiança de 95%.

Os sistemas de sucessão soja-milho e soja-braquiária+milho apresentaram os maiores teores de MO, em relação ao sistema SP (Tabela 5). Fato que pode ser explicado pela grande quantidade de restos vegetais produzidos pela cultura do milho e da braquiária, considerando que a maioria das áreas estudadas utiliza esses sistemas por mais de cinco anos, tempo necessário para a transformação dos restos culturais em substâncias húmicas. Esse resultado indica que o teor de MO do solo é dependente das culturas utilizadas. Portanto escolha da cultura a ser utilizada deve ser feita com critérios, visando a sustentabilidade do sistema. Para isso, é importante se ter em mãos o histórico da área para saber quais são os principais limitações e necessidades do determinado sistema de produção, levando em consideração, a ocorrência de pragas e doenças na área, a fertilidade do solo e por último às questões econômicas.

Não houve diferença, estatisticamente significativa, para os teores de micronutrientes e índice de pH entre os diferentes sistemas de sucessão de culturas (Tabela 5). Todos os sistemas de sucessão de culturas estudados apresentaram teores de Fe, Cu, Mn e Zn classificados como alto (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios de pH, matéria orgânica, micronutrientes e textura do solo, dentro de cada sistema de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00-0,20 m e contrastes dos valores médios de atributos de fertilidade do solo entre os diferentes sistemas de sucessão de culturas

Uso do solo	pH	M O g dm ⁻³	Fe -----mg dm ⁻³ -----	Mn	Cu	Zn	Argila	Silte	Areia
							-----%		
SP (n=7)	4,8 (0,3) ¹	27 (5,0) ¹	71 (24,0) ¹	19,5 (14,6) ¹	2,0 (1,8) ¹	2,9 (2,9) ¹	44,8 (12,2) ¹	18,4 (9,3) ¹	36,9 (14,8) ¹
SM (n=11)	4,7 (0,2) ¹	34 (5,0) ¹	58 (14,0) ¹	18,0 (7,4) ¹	1,5 (0,7) ¹	5,9 (3,9) ¹	53,7 (9,6) ¹	25,7 (8,0) ¹	20,6 (13,6) ¹
S-S/M (n=7)	4,8 (0,2) ¹	28 (10,0) ¹	52 (40,0) ¹	55,3 (33,6) ¹	2,3 (1,3) ¹	3,3(1,6) ¹	45,7 (14,7) ¹	22,6 (14,0) ¹	31,7 (27,4) ¹
S-B+M (n=6)	4,9 (0,4) ¹	32 (5,0) ¹	52 (21,0) ¹	32,3 (41,4) ¹	1,3 (0,8) ¹	5,3 (2,7) ¹	49,9 (6,0) ¹	30,1 (4,2) ¹	19,91 (82) ¹
Contrastes									
SP X SM	Ns	*	ns	ns	ns	ns	-	-	-
SP X S-B+M	Ns	*	ns	ns	ns	ns	-	-	-
SP X S-S/M	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
SM XS- B+M	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
SM X S-S/M	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
S-B+M X S-S/M	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-

VN –áreas de vegetação nativa

¹ desvio padrão da média

S/M- sorgo/milheto; B+M-braquiária+milho

* contrastes significativos com intervalo de confiança de 95%.

ns contrastes não significativos com intervalo de confiança de 95%.

4. CONCLUSÕES

A forma de cultivar o solo na região do Sudoeste Goiano está atribuindo ao solo um ambiente com algumas características de fertilidade abaixo do nível classificado como adequado para o desenvolvimento da cultura da soja.

De modo geral, o sistema de cultivo utilizado, nas áreas estudadas, está sendo sustentável, quanto ao teor de matéria orgânica.

As culturas utilizadas na segunda safra influenciam na quantidade de nutrientes disponível para as plantas e no teor de matéria orgânica do solo.

O uso de braquiária aumenta a eficiência do uso de fertilizantes favorecendo, assim, a sustentabilidade do sistema.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS, R. F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1003-1011, 2003.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BISSANI, A.C.; MEUER, J. E.; BOHNEN, H. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E.J.(Editor). **Fundamentos da química do solo**, 3 ed. Porto Alegre:Genesis, 2006. Cap.6. p. 118- 160.

BORKERT, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA, O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: Ferro e Manganês. In: FERREIRA, E.M.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.V.(Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPQ / FAPESP / POTAFOS, 2001, Cap. 7, p.151-178.

BROCH D.L.; CHUEIRI, W.A. **Estratégia de Adubação Cultural da soja cultivada sob sistema de Plantio Direto**, Maracaju , 2005, 53p.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A . F. Absorção de nutrientes pela soja cultura no sistema de plantio direto em função da colagem de superfície. **Bragantia**, v.59, n.2, p. 213-210, 2000.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1329-1339, 2007.

COELHO, F.S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2 ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 383p.

CORRÊA, J.C.; MUNIR MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, dezembro, 2004.

DENARDIN, J.E.; FAGANELO, A.; SANTI, A. Falhas na implementação do Sistema de Plantio Direto levam à degradação do solo. Disponível em:
<www.paginarural.com.br/artigos_detalhes.php?id=1799> Acesso em : 17/04/2009

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, FUNDACEP-FECOTTRIGO, FUNDAÇÃO ABC (Ed.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993.p.166 (EMBRAPA/CNPT).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solos**, 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.(EMBRAPA CNPS).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa. Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2005, 412p. (EMPRAPA/CNPS).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2008**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 225p. (EMBRAPA SOJA, Sistemas de Produção, 11).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em:
<www22.sede.embrapa.br/plantiodireto/IntroducaoHistorico/Hist5.htm> Acesso em:
16/04/2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e perspectivas**. 2 ed. Trad. Maria Edna Tenório Nunes, Londrina : Planta, 2006, 401p.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância de dados balanceados**. Pacote computacional. DEX – UFLA. Lavras. 1998.

FIGUEIREDO, C.C.; RAMOS, M.L.G.; TOST, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Biosciencie Jornal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, 2008.

GONÇALVES, J.L.M.; FIRME, D.J.; NOVAIS, R.F.; RIBEIRO, A.C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.107-111, 1985.

GUIMARÃES, G.L.; BUZETTI, S.; SILVA, E.C.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto Maringá. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo.** Piracicaba:Potafos, 162p. 1984.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas.** Ceres, 496p.1987.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado.** 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NOLLA, A.; SCHLINDWEIN, J. A.; AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Indicadores para a tomada de decisão de calagem no sistema plantio direto. **Revista brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 471-476, outubro-dezembro, 2005.

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

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, A. Distribuição de P inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.151-160, janeiro, 2001.

SÁ, J.C.M. Adubação fosfatada no sistema de plantio direto. In: **Fósforo na agricultura brasileira.** Cap.7, p. 202-222. YAMADA, T.; STIPP, S.R.; ABDALA (Ed.). Potafos: Piracicaba, 2004.

SÉGUY,L.; SCOPEL, E.;BOUZINAC, S. Manejo da matéria orgânica no sistema de plantio direto: a experiência no cerrado úmido. In: YAMADA et al. **Congresso Nacional da Potafos**, Piracicaba, 10-12 julho, 2002, 19p.

SILVA , L.S; CAMARGO, F.A.O; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J.(Ed.). **Fundamentos da química do solo**, 3 ed. Porto Alegre, 2006. cap.3. p.73-99.

SILVEIRA, P.M.; ZIMMERMANN, F.J.P.; SILVA, S.C.; CUNHA, A.A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.2057-2064, outubro, 2000.

SIQUEIRA NETO, M. **Estoque de carbono e nitrogênio do solo com diferentes manejos no cerrado goiano**. 159f. 2006. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura). Universidade de São Paulo. Piracicaba 2006.

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

STATSOFT INC. **Statistica software for windows: user's guide**. Statsoft Incorporation, 1990.293p.

VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 91-96, 1984.

ZANÃO JUNIOR, L.A.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1000-1007, julho-agosto, 2007.

CAPÍTULO 2

RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA CULTIVADA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO NA REGIÃO DO SUDOESTE GOIANO

RESUMO

A fertilidade do solo e a sua qualidade física são atributos que podem influenciar diretamente na produtividade da soja. A quantidade de fertilizantes aplicados é um dos fatores que contribuem para a construção da fertilidade do solo, e que pode, assim, interferir na produtividade das culturas. Este trabalho teve por objetivo verificar se os teores de nutrientes, e alguns atributos físicos do solo apresentam correlação com a produtividade da soja, estudar se a quantidade de fertilizantes fosfatados e potássicos depositados no solo, estão de acordo com a recomendação para a região, e observar o efeito do sistema de plantio direto em relação à qualidade física do solo, em comparação com áreas de vegetação nativa, em áreas de cultivo de grãos na região do Sudoeste Goiano. Foram selecionadas 31 áreas de produção de soja e 8 áreas de referência sob vegetação nativa em quatro municípios do Sudoeste Goiano: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena e Castelândia. O solo foi coletado nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m para análise de fertilidade e 0,0-0,10; 0,10-0,20 ; 0,20-0,40 m para análises de atributos físicos, com cinco repetições. As amostras de solo foram submetidas à análise de rotina de fertilidade e à análise de densidade do solo, estabilidade de agregados em água, macro e microporosidade. A produtividade da soja foi estimada pela colheita de parcelas de 6 m², em cinco repetições, e comparada com a produtividade declarada pelo produtor. Foi realizado teste t (contraste) para comparação das médias da produtividade da soja colhida na parcela de 6 m² com a produtividade declarada pelo produtor. Com os teores médios de P e K obtidos nas áreas de cultivo de grãos, fez-se a recomendação da adubação fosfatada e potássica para cada área, posteriormente, fez-se o balanço entre a quantidade de adubo indicada e a quantidade de adubo recebida em cada área estudada. Realizou-se teste t para comparação dos valores médios dos atributos físicos do solo entre as áreas de vegetação nativa e as áreas de cultivo de grãos, nas três profundidades estudadas. E comparação dos valores médios dos atributos físicos do solo entre as três profundidades estudadas para as áreas de cultivo de grãos. Os valores médios dos atributos químicos e físicos foram submetidos a uma análise de correlação simples com a produtividade da soja e análise de regressão múltipla, visando à estimativa da produtividade a partir desses atributos. Na maioria das áreas estudadas, a produtividade da soja variou de 3360 a 3930 kg ha⁻¹. Observou-se que ocorre adubação desequilibrada com potássio e fósforo em algumas áreas estudadas. Não houve correlação simples significativa entre os atributos de fertilidade do solo, com a produtividade da soja. As áreas sob plantio direto apresentaram maior densidade do solo, em relação às áreas de vegetação nativa na profundidade de 0,10-0,20 m

Foi observada correlação significativa entre DMG de agregados em água e a produtividade da soja. A matéria orgânica correlacionou-se positivamente com o DMG. Pela análise de regressão múltipla dos dados, observou-se que o diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados e o teor de fósforo no solo influenciaram positivamente à produtividade da soja, explicando 36,0 % da sua variação. A utilização de práticas de manejo que visam o aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo e à sua melhoria da qualidade física, conciliado com bom manejo da adubação, é imprescindível para construção e manutenção da fertilidade em áreas de produção de soja, sob plantio direto, no Sudoeste Goiano.

Palavras-chave: *Glycine max*, fertilidade, estrutura do solo.

RELATION BETWEEN THE PRODUCTIVITY OF THE SOY CULTIVATED UNDER NO TILLAGE AND CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES IN THE SOIL IN THE SOUTHWEST OF GOIÁS

ABSTRACT

The fertility of the soil and its physical quality are attributes that may directly influence the productivity of the soy. The quantity of fertilizers applied is one of the factors that contribute to the construction of the soil fertility and that may interfere in the productivity of the crops. This study was aimed at assessing if the tenors of the nutrients and some physical attributes of the soil show correlation to the productivity of the soy and checking if the quantity of phosphate and potassium fertilizers in the soil are in accordance to the recommendation for that region, and at observing the effect of the system of no tillage in relation to the physical quality of the soil, compared to areas of native vegetation, in grain crops in the Southwest of Goiás. 31 areas of soy production and 8 reference areas were selected under native vegetation, in four municipal districts of the Southwest of Goiás: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena and Castelândia. The soil was collected in the deepnesses of 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m for fertility analyses and 0,0-0,10; 0,10-0,20 ; 0,20-0,40 m for the analyses of physical attributes, with five repetitions. The soil samples were submitted to routine analyses of fertility and to analyses of soil density, stability of aggregates in water, macro and micro porosity. The productivity of the soil was estimated by the harvest of portions of 6 m² in five repetitions and compared to the productivity declared by the farmer. A T test was made (contrast) for comparison of the averages in the productivity of the soil harvested in the portion of 6 m² to the one declared by the farmer. From the average tenors of P and K obtained in the crop areas the recommendation was made for the phosphate and potassium fertilization for each area, later, the balance between the quantity of fertilizer indicated and the quantity of fertilizer received in each area studied. The T Test was made for the comparison of the average figures of the physical attributes of the soil between the areas of native vegetation and areas of grain crops, in the three deepnesses studied and comparison of the average figures of the physical attributes of the soil and the three deepnesses studied, for the areas of grain crops. The average figures of the chemical and physical attributes were submitted to an analyses of simple correlation to the productivity of the soil and analyses of multiple regression, seeking and estimative of the productivity of the productivity from these attributes. In most of the areas studied the productivity of the soy varied from 3360 to 3930 kg ha⁻¹. It was observed that there is an unbalanced fertilization concerning potassium and phosphorus in some areas studied. There was no significant correlation between attributes of soil fertility to the productivity of the soybean. The areas under no-tillage presented higher bulk density, in relation to areas of native vegetation in the 0.10-0.20 m. A significant correlation was observed between DMG of water aggregates in water and soy productivity. Organic matter was positively correlated to the DMG. By multiple regression analysis of data it was observed that the geometric mean diameter (GMD) of aggregates and phosphorus in the

soil positively influenced the productivity of soybean, explaining 36.0% of the variation. The use of management practices aimed at increasing the content of soil organic matter and the improvement of the physical quality, along with proper fertilizer management is essential for the construction and maintenance of fertility of the system in areas of soybean crops under no tillage in the Southwest of Goiás.

Key-words: *Glycine max*, fertility, soil structure.

1. INTRODUÇÃO

O plantio direto é a forma de cultivo predominante para plantio da soja na região do Sudoeste Goiano.

Alguns estudos em áreas cultivadas sob o sistema de plantio direto (SPD), têm mostrado acúmulo superficial de nutrientes nas camadas superficiais do solo (0,00-0,10 m) (GUIMARÃES et al., 2003; SILVEIRA et al. 2000; MARTINAZZO, 2006; CAVALCANTE et al., 2007), principalmente de P, devido à aplicação superficial de nutrientes, liberação de nutrientes dos restos de culturas na superfície do solo e o não-revolvimento do solo nessas camadas. Contudo, estudos realizados por Kluthucouski, (2000); Silveira & Stone, (2003), comparando a produtividade da soja cultivada sob diferentes preparos do solo em comparação ao plantio direto, comprovam que esse sistema de cultivo não diminuiu a produtividade da soja.

Em relação à qualidade física do solo, alguns estudos em áreas sob sistema de plantio direto comprovam que esse sistema proporciona maior densidade, maior microporosidade e menores valores de macroporosidade e porosidade total nas camadas superficiais do solo (STONE et al., 1999; CORRÊA, 1985) em comparação com o sistema de preparo convencional. Porém, com o aumento do tempo de cultivo sob o SPD, o solo pode apresentar melhoria nas condições estruturais como foi relatado por Costa et al. (2003), redução da densidade do solo em subsuperfície e pelo aumento da estabilidade de agregados nas camadas superficiais.

Em áreas sob SPD, também é observado maior conservação da água no solo (STONE et al. 1999), o que pode neutralizar o efeito do maior adensamento e concentração de nutrientes nas camadas superficiais do solo.

Na região do Sudoeste Goiano, em grande parte das áreas de produção de soja, pode-se verificar que não estão sendo empregados alguns dos princípios básicos que preconizam o sistema de plantio direto, como a rotação de culturas, via diversificação de culturas e manutenção permanente de cobertura do solo. No sistema de plantio direto, os

nutrientes tendem a apresentar comportamento diferenciado no solo em relação ao sistema de plantio convencional, devido à forma de aplicação de adubos e de corretivos no solo, ao não revolvimento e à liberação de nutrientes na superfície do solo pelos restos culturais.

O aumento do uso de fertilizantes foi responsável por quase metade do aumento da produção agrícola obtida no século XX. Porém, com a aplicação excessiva e, principalmente, desequilibrada de fertilizantes em áreas de cultivo de grãos, a eficiência nutricional das culturas diminuiu, diminuindo assim a lucratividade dos produtores. A eficiência de absorção de nutrientes diminuiu com altas aplicações de fertilizantes, porque as plantas regulam para baixo seus mecanismos de transporte, absorvendo nutrientes apenas a taxas suficientes para manter as demandas de nutrientes (EPSTEIN E BLOOM, 2006).

Este trabalho teve por objetivo verificar: se os teores de nutrientes e alguns atributos físicos do solo apresentam correlação com a produtividade da soja; se a quantidade de fertilizantes fosfatados e potássicos depositados no solo estão de acordo com a recomendação para a região; observar o efeito do sistema de plantio direto em relação à qualidade física do solo, em comparação com áreas de vegetação nativa, em áreas de cultivo de grãos na região do Sudoeste Goiano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram selecionadas 31 áreas de produção de soja, e 8 áreas de referência sob vegetação nativa, em quatro municípios do Sudoeste Goiano: Rio Verde, Montividiu, Santa Helena e Castelândia (Tabela 6).

As classes de solo predominantes nas áreas estudadas foram os Latossolos Vermelhos distróficos e distroféricos, de textura média e argilosa (EMBRAPA, 2005).

As áreas de produção de soja foram escolhidas de acordo com o sistema de cultivo utilizado (sucessão de culturas) e localização (município). Os sistemas de sucessões de culturas estudados foram: soja-pousio (SP), soja-milho (SM), soja-milho/sorgo (S-M/S), soja-braquiária+miho (S-B+M) (Figura 1).

Em cada local selecionado, foi realizada a coleta de solo, antecedendo o plantio da soja da safra de verão 2007/2008, para análises química e física. Os parâmetros físicos do solo avaliados foram: textura, densidade do solo (DS), poros totais (PT), macro e microporos e

estabilidade de agregados em água. Os pontos de coleta se localizavam em uma área de 2500 m², alocados em uma posição representativa de uma determinada área de produção de soja, onde foram cavadas minitrincheiras. O ponto central do local de coleta do solo foi marcado com aparelho de GPS. O solo foi coletado em uma linha transversal à linha de plantio da soja, onde se cavou uma trincheira com aproximadamente 0,40 m de largura e 0,40 m de profundidade, com auxílio de um enxadão.

Para análises químicas e textura coletou-se o solo na espessura de 0,05 m com auxílio de uma faca nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, com cinco repetições, perfazendo um total de 780 amostras de solo, sendo, 4 profundidades amostradas, 5 pontos de coleta e 39 áreas;

Para análise de DS, PT, macro e microporos foram coletadas amostras de solo indeformadas com o auxílio de amostrador de Uhland (castelo) e cilindro com capacidade de, aproximadamente, 50 cm³, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, com cinco repetições, perfazendo um total de 585 amostras indeformadas de solo, sendo, 3 profundidades amostradas, 5 pontos de coleta e 39 áreas;

Para determinação de estabilidade de agregados em água, foram coletadas amostras de solo passadas em uma peneira com malha 8 mm e retidas na de 4,96 mm, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, com cinco repetições, perfazendo um total de 585 amostras.

Antes de serem realizadas as análises químicas e a textura do solo, as amostras indeformadas de solo foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com diâmetro de 2 mm e homogeneizadas. Foram realizadas análises de pH (CaCl₂), P(Mehlich), K, Ca, Mg, Al, H+Al, matéria orgânica (MO) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), cálculo da soma de bases (SB) saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e capacidade de troca de cátions (CTC), segundo a metodologia descrita por Embrapa (1997).

Foi determinada análise de textura do solo pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Os resultados de textura permitiram o agrupamento dos solos em muito argilosos (solos com mais de 60 % de argila), argilosos (solos com 35 a 60 % de argila) e textura média (solos com 35 a 15% de argila).

A determinação da DS, PT, macro e microporosidade foram realizados segundo (EMBRAPA, 1997). A análise de estabilidade de agregados em água foi determinada pelo método descrito por Kemper & Chepil, (1965), que se utiliza o aparelho de oscilação vertical. Foram colocadas 25 g da amostra de solo, na peneira superior de um jogo de peneiras com

abertura de malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,10 mm. Antes de ser levada ao aparelho de oscilação vertical, a amostra recebeu um pré-tratamento, que consistiu no umedecimento lento com um atomizador, sendo realizada a análise após 2 horas. O nível de água no aparelho foi ajustado na posição mais alta das peneiras para que a água cobrisse apenas o fundo da peneira de 2,0 mm. O aparelho foi ligado durante 15 minutos e a massa do material retido em cada peneira foi corrigida para a massa do solo seco, em estufa a 105°C. Com o peso do solo retido em cada peneira, calcularam-se os índices de diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, que são índices alternativos para expressar a distribuição dos agregados por tamanho. Utilizaram-se as seguintes formulas:

$$DMG = 10^X$$

$$X = \sum (n \log d / \sum n)$$

Onde:

n = % dos agregados retidos em uma determinada peneira

d = diâmetro médio de uma determinada faixa de tamanho do agregado (mm)

$$DMP = \sum_{i=1}^n n_i d_i$$

Onde:

n_i = % dos agregados retidos em uma determinada peneira (forma decimal)

d_i = diâmetro médio de uma determinada faixa de tamanho do agregado (mm).

A produtividade da soja foi estimada pela colheita de parcelas de 6 m², em cinco repetições, dentro da área de 2500 m² alocado para coleta de solos. Coletaram-se também os resultados de produtividade vistos pelo produtor nas áreas estudadas.

Com os teores médios de P e K obtidos nas áreas de cultivo de grãos, fez-se a recomendação da adubação fosfatada e potássica, para cada área, baseado na indicação para região do cerrado e Minas Gerais (SOUZA E LOBATO, 2004; EMBRAPA, 2007), posteriormente, fez-se o balanço entre a quantidade de adubo indicada e a quantidade de adubo recebida em cada área estudada.

Com o auxílio do programa STATISTICA 7.1, (STATSOFT Inc, 1990), os resultados médios das análises de fertilidade do solo de cada área, correspondentes à camada de 0,00-0,20 m, obtidos da média ponderada das camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, e os resultados médios das análises dos atributos físicos do solo, correspondentes a cada

profundidade avaliada, foram submetidos à análise de correlação simples com os dados da produtividade da soja medida na parcela de 6 m².

Por meio do programa SISVAR 4.1., (FERREIRA, 1998) foi realizado teste t (contraste) para comparação das médias da produtividade da soja colhida na parcela de 6 m² com a produtividade declarada pelo produtor. Com os resultados médios das análises dos atributos físicos do solo, realizou-se teste t para comparação das áreas de vegetação nativa com as áreas de cultivo de grãos, nas três profundidades estudadas. E com os resultados médios das análises dos atributos físicos do solo, obtidos nas áreas de cultivo de grãos, realizou contraste entre as três profundidades estudadas.

A partir do conjunto de dados da profundidade de 0,00-0,10 m, dos atributos químicos e físicos do solo, foram obtidas equações de estimativa da produtividade por análise de regressão múltipla, para isso, utilizou-se o programa STATISTICA 7.1. (STATSOFT Inc, 1990).

Tabela 6. Localização e uso do solo das áreas estudadas no Sudoeste Goiano .

Área	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Uso do solo
1	Montividiu	17° 26' 40,7"	51° 13' 55,0"	821	Soja-pousio
2	Montividiu	17° 27' 23,8"	51° 04' 52,7"	873	Soja-pousio
3	Rio Verde	17° 33' 7,6"	51° 11' 57"	880	Soja-pousio
4	Rio Verde	17° 32' 39"	51° 10' 15"	883	Soja-pousio
5	Montividiu	17° 31' 13,5"	51° 32' 13,7"	899	Soja-pousio
6	Montividiu	17° 28' 29,6"	51° 16' 13,4"	896	Soja-milho
7	Montividiu	17° 17' 22,7"	51° 21' 02,7"	835	Soja-milho
8	Montividiu	17° 18' 55,6"	51° 21' 41,9"	849	Soja-milho
9	Montividiu	17° 30' 16,8"	51° 14' 13,7"	895	Soja-milho
10	Rio Verde	18° 5' 1,3"	50° 53' 28,7"	820	Soja-milho
11	Rio Verde	18° 04' 57,5"	50° 53' 27,5"	820	Soja-milho
12	Montividiu	17° 26' 46,3"	51° 22' 44,9"	941	Soja-milho
13	Rio Verde	17° 33' 7,8"	51° 12' 41,4"	869	Soja-milho
14	Rio Verde	17° 30' 11,6"	51° 23' 29,1"	942	Soja-milho
15	Montividiu	17° 31' 2,9"	51° 31' 1,8"	-	Soja-milho
16	S. Helena	17° 45' 45,6"	50° 33' 31,0"	575	Soja-milho
17	Montividiu	17° 27' 5,3"	51° 04' 54,3"	853	Soja-B+M
18	Montividiu	17° 22' 46,5"	51° 28' 7,6"	911	Soja-B+M
19	Montividiu	17° 30' 26,2"	51° 31' 1,4"	910	Soja-B+M
20	Montividiu	17° 23' 11,3"	51° 25' 56"	937	Soja-B+M
21	Montividiu	17° 23' 59,8"	51° 24' 17,7"	903	Soja-B+M
22	Rio Verde	17° 36' 50"	51° 18' 11,7"	876	Soja-B+M

23	Rio Verde	17° 42' 34.4"	50° 48' 41,2"	668	Soja-milheto
24	Rio Verde	17° 42' 8.8"	50° 50' 40"	687	Soja-milheto
25	Rio Verde	17°26'39.8"	51°15' 22.6"	878	Soja-milheto
26	Rio Verde	17°26'39.8"	51°15' 22.6"	878	Soja-milheto
27	Rio-verde	17° 46.5' 9.5"	51° 01' 49,2"	818	Soja-sorgo
28	Rio-verde	17°46'29"	51° 02' 2,4"	-	Soja-sorgo
29	Castelândia	18° 4' 48.9"	50° 10' 59.2"	457	Soja-sorgo
30	Castelândia	18°9'48.2"	50° 14' 34.3"	454	Soja-sorgo
31	S. Helena	17°45'24.9"	50° 34' 35.7"	575	Soja-sorgo
32	Rio Verde	17° 48' 27,7"	50° 57' 52,7"	708	Cerrado
33	Montividiu	17° 21' 47,9"	51° 28' 45,6"	943	Cerrado
34	Rio Verde	17° 34' 0,9"	51° 12' 49,6"	836	Cerrado
35	Montividiu	17°26'36.7"	51°16' 12.6"	854	Cerrado
36	Rio Verde	-	-	-	Cerrado
37	Rio Verde	17°37'35.1"	51°16'35.5"	856	Cerrado
38	Rio Verde	-	-	-	Cerrado
39	Rio Verde	-	-	-	Cerrado

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produtividade da soja

A produtividade da soja medida (parcela 6 m²) nas áreas estudadas foi, em média, de 3.571 kg ha⁻¹, enquanto que a observada pelo produtor foi de 3472 kg ha⁻¹, representando, aproximadamente, 60 e 58 sacas ha⁻¹ respectivamente (Tabela 7). Não houve diferença estatística entre a produtividade medida em uma parcela de 6m² e a produtividade declarada pelo produtor. Com esses dados, pode-se ressaltar que a colheita da soja em experimentos em uma área de 6 m² representa muito bem uma área maior, ou seja, uma lavoura comercial.

Tabela 7. Produtividade da soja, obtidas nas áreas estudadas, em quatro municípios do Sudoeste Goiano.

Parâmetros	Produtividade medida	Produtividade declarada
	kg ha ⁻¹	
Mínima	2.790	2.880
Média	3.571 a	3.462 a
Máxima	4.500	4.069
Nº casos	28	25
	38	

A partir dos dados de produtividade medida, identificaram-se as faixas de produtividade, uma vez que esse atributo apresentou distribuição normal (Figura 8). Foram definidos os limites de 2790 a 3360 kg ha⁻¹; 3360 a 3930 kg ha⁻¹ e; 3930 a 4500 kg ha⁻¹, para as faixas de baixa, média e alta produtividade, respectivamente (Figura 8). A maioria das áreas estudadas se adequou à produtividade classificada como média e somente 5 dos 28 casos estudados apresentaram alta produtividade (Figura 8).

A variação na produtividade da soja pode ser atribuída a dois fatores: potencial produtivo e manejo na área.

O potencial produtivo da área é um fator que não pode ser controlado pelo agricultor, pois está ligado ao local, sendo, altitude, textura do solo, precipitação, temperatura.

O manejo feito na área é um fator, o qual pode ser controlado pelo agricultor, estando ligado a práticas de conservação do solo, fertilidade do solo, e todas as outras práticas que envolvem a condução de uma lavoura, tais como: época de plantio, variedade utilizada, população de plantas e manejo de plantas daninhas, pragas e doenças.

Observou-se, portanto, que a produtividade na região do Sudoeste Goiano pode ser influenciada por fatores que poderão ser controlados pelo agricultor e que, provavelmente, dependendo do manejo utilizado na lavoura, o produtor poderá obter maiores produtividades.

Figura 8. Histograma de frequência da classificação da produtividade da soja como baixa, média e alta, obtida em 28 áreas no Sudoeste Goiano.

3.2. Adubação potássica e fosfatada

Ao serem analisados os teores de fósforo no solo; as doses de P_2O_5 aplicadas; a adubação indicada (A I), para as áreas estudadas, (Tabela 9) observou-se que 56% das áreas receberam doses de P_2O_5 abaixo da recomendação segundo a recomendação para região de cerrados. Em relação à recomendação para Minas Gerais 90% das áreas receberam doses de P_2O_5 muito abaixo da recomendada (Tabela 9).

Analisando o teor de K no solo; a quantidade de adubo aplicado; a adubação indicada (A I) para K para região de cerrados (Tabela 8), nas áreas estudadas, observou-se que 56 % das áreas receberam teores de K_2O acima do indicado, sendo que este fato é mais marcante nas áreas que apresentaram teores de K acima de $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Na recomendação para Minas Gerais é observado também adubação com K acima da indicada para áreas com teores de K no solo classificados como bom e muito bom.

Nas áreas de produção de grãos no Sudoeste Goiano, para a adubação potássica como para fosfatada, ocorre uma discordância, em algumas áreas, entre a necessidade e a quantidade de adubo aplicada ao solo. Parece acontecer uma generalização em relação à adubação, em que nem sempre as doses aplicadas no solo desses nutrientes então de acordo

com as recomendações para adubação, de acordo com Souza e Lobato, (2004) e Embrapa, (2007). Isto deve estar ocorrendo em função do manejo da adubação desconsiderando a análise do solo e isto pode ocasionar desequilíbrio de nutrientes no solo. Fazer um bom manejo da adubação, com base na análise do solo, na expectativa da produtividade, adubando na época ideal, fazendo parcelamento da dose, quando necessário, poderá levar a um solo mais fértil, menor custo de produção, e maiores produtividades.

Tabela 8. Análise do manejo da adubação potássica em áreas de cultivo de grãos, no sudoeste Goiano, (profundidade 0,00-0,20 m), com base na interpretação e indicação da adubação para região de cerrados e Minas Gerais

Área	Nº Fazenda	Teores K ¹ (cmol _c dm ⁻³)	I A (K) ¹ (kg ha ⁻¹)	Quant. Aplicada (K) (kg ha ⁻¹)	Balanço K	Níveis K ²	I A (K) ² (kg ha ⁻¹)	Quant. Aplicada (K) (kg ha ⁻¹)	Balanço K
1	2	0,04	80	75	-5	Baixo	120	75	-45
2	7	0,08	60	72	+12	Baixo	120	72	-48
3	9	0,14	58	54	-4	Médio	80	54	-26
4	10	0,14	60	54	-6	Médio	80	54	-26

5	20	0,14	72	90	+18	Médio	80	90	+10
6	3	0,16	65	75	+10	Médio	80	75	-5
7	4	0,21	31	60	+29	Bom	40	60	+20
8	5	0,11	60	60	0	Médio	80	60	-20
9	6	0,14	81	72	-7	Médio	80	72	-8
10	11	0,09	60	40	-20	Baixo	120	40	-80
11	12	0,11	60	80	+20	Médio	80	80	0
12	14	0,07	60	120	+60	Baixo	120	120	0
13	16	0,18	67	72	+5	Médio	80	72	-8
14	18	0,15	64	54	+10	Médio	80	54	-26
15	21	0,20	78,00	90	+12	Bom	40	90	+50
16	31	0,32	35	96	+61	M. bom	40	96	+56
17	8	0,13	70	72	+2	Médio	80	72	-8
18	13	0,15	40	-	-	Médio	80	-	-
19	19	0,25	34	90	+56	Bom	40	90	+50
20	22	0,30	41	72	+31	Bom	40	72	+32
21	23	0,18	77	102	+25	Médio	80	102	+22
22	24	0,20	62	76	+14	Bom	40	76	+34
23	25	0,12	60	52	-8	Médio	80	52	-28
24	26	0,14	69	63	-6	Médio	80	63	-17
25	33	0,08	60	-	-	Baixo	120	-	-
26	34	0,08	60	-	-	Baixo	120	-	-
27	27	0,05	80	90	+10	Baixo	120	90	-30
28	28	0,11	60	90	+30	Médio	80	90	+10
29	29	0,21	37	20	-17	Bom	40	20	-20
30	30	0,15	68	46	-22	Médio	80	46	-34
31	32	0,19	78	96	+18	Bom	40	96	+56

I A – Indicação da adubação

Balanço P= (Quant. Aplicada – I A)

¹ Região de cerrados (Souza & Lobato, 2004)

² Região de Minas Gerais (Embrapa, 2007)

¹ Adubação corretiva gradual, para solos com teores de K abaixo de 0,13 cmol_c dm⁻³

¹ Solos com teores de K entre 0,13 e 0,20 cmol_c dm⁻³, fazer adubação de manutenção, que corresponde a 20 kg ha⁻¹, para cada 1000 kg de grãos produzidos (Embrapa, 2007).

¹ Para solos com teores acima de 0,20 cmol_c dm⁻³ de K, usar 50% da adubação de manutenção (Souza & Loabato, 2004).

Tabela 9. Análise do manejo da adubação fosfatada em áreas de cultivo de grãos, no sudoeste Goiano, profundidade 0,00-0,20 m, com base na interpretação e indicação da adubação corretiva gradual ou manutenção para região de cerrados e Minas Gerais

Área	Nº Fazenda	Níveis P ¹	I A (P) ¹ (kg ha ⁻¹)	Quant. Aplicada (P) (kg ha ⁻¹)	Balanço P	Níveis P ²	I A (P) ² (kg ha ⁻¹)	Quant. Aplicada (P) (kg ha ⁻¹)	Balanço P
1	2	M. baixo	80	80	0	M. baixo	120	80	-40
2	7	M. baixo	80	72	-8	M. baixo	120	72	-48
3	9	Médio ³	58	60	+2	M. baixo	120	60	-60
4	10	Bom ³	60	60	0	Baixo	120	60	-60
5	20	M. baixo	90	91	+1	M. baixo	120	91	-39
6	3	Médio ³	65	81	+16	Baixo	120	81	-39

7	4	M. baixo	90	83	-7	M. baixo	120	83	-37
8	5	M.baixo	90	83	-7	M.baixo	120	83	-37
9	6	Bom ³	81	80	-1	Médio	80	80	0
10	11	Médio ³	67	80	+13	Baixo	120	80	-40
11	12	Médio ³	65	80	+15	Baixo	120	80	-40
12	14	Bom ³	67	60	-7	Médio	80	60	-20
13	16	Bom ³	67	80	+13	M. bom	40	80	+40
14	18	Bom ³	64	60	-4	Baixo	120	60	-60
15	21	Bom ³	78,00	90	+12	Bom	40	90	+50
16	31	Bom ³	70	0	-69	M. bom	40	0	-40
17	8	Baixo	80	75	-5	Baixo	120	75	-45
18	13	Bom ³		-	-	Médio	80	-	-
19	19	M. baixo	90	76	-14	M. baixo	120	76	-44
20	22	Baixo	80	75	-5	Baixo	120	75	-45
21	23	Médio	76	71	-5	Médio	80	71	-9
22	24	M. baixo	90	84	-6	M. baixo	120	84	-36
23	25	M. baixo	80	58	-22	M. baixo	120	58	-62
24	26	M. baixo	90	70	-20	M. baixo	120	70	-50
25	33	M. baixo	80	-	-	Baixo	120	-	-
26	34	Baixo	70	-	-	Baixo	120	-	-
27	27	Baixo	60	79	+19	Baixo	120	79	-41
28	28	Médio ³	71	79	+8	Baixo	120	79	-41
29	29	Bom ³	73	46	-27	Médio	80	46	-34
30	30	Baixo	80	51	-29	M. baixo	120	51	-69
31	32	Bom ³	78	0	-78	Bom	40	0	-40

I A- Indicação da adubação

Balanco P= (Quant. Aplicada – I A)

¹ Região de cerrados (Embrapa, 2007)

¹ Adubação corretiva gradual

¹ Adubação corretiva gradual , nos solos com teores de P classificados como baixo e muito baixo

¹ Nos solos com teores de P classificados como médio e bom, fazer adubação de manutenção, que corresponde a 20 kg ha⁻¹, para cada 1000 kg de grãos produzidos (Embrapa, 2007)

² Região de Minas Gerais (Embrapa, 2007)

3.3. Correlação dos atributos de fertilidade do solo com a produtividade da soja.

Não foi observada correlação significativa entre os parâmetros de fertilidade do solo com a produtividade da soja, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,00-0,20 e 0,00-0,40 m, (Tabela 10). Esses resultados corroboram com os de Pedroso et al. (2003), Gimenez e Molin (s.d.), Santi (2007), que também observaram baixa correlação da produtividade com os atributos químicos do solo.

Apesar de não ter sido observada correlação significativa, a M.O e a CTC do solo apresentaram maiores coeficientes de correlação com a produtividade da soja, sendo de 29 e 27 % respectivamente (Tabela 10). Gimenez e Molin (s.d.), ao estudar a correlação entre dados de fertilidade do solo e rendimentos médios de produtividade de soja e milho de três safras, observaram que os maiores coeficientes foram relativos à textura do solo, CTC, M.O e H+Al.

Os micronutrientes, Fe, Mn, Cu e Zn apresentaram baixos coeficientes de correlação com a produtividade da soja (Tabela 10), isto deve ser atribuído aos altos teores de micronutrientes observados nas áreas de produção de soja estudadas.

Tabela 10. Coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade medida da soja e os atributos de fertilidade do solo (n=28) ao nível de 5% de probabilidade ($p>0,05$)

Variável	Profundidade (cm)		
	0-10	0-20	0-40
Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,14	0,10	0,14
Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,17	0,11	0,12
Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,09	-0,08	0,11
K (mg dm^{-3})	0,16	0,21	0,26
P (mg dm^{-3})	0,18	0,17	0,18
M.O. (g kg^{-1})	0,28	0,28	0,29
pH	0,08	0,05	0,15
m (%)	-0,12	-0,06	-0,11
V (%)	0,01	-0,03	0,05
CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,28	0,26	0,27
Fe (mg dm^{-3})	-0,08	-0,11	-0,19
Mn (mg dm^{-3})	0,03	0,06	0,12
Cu (mg dm^{-3})	0,13	0,13	0,11
Zn (mg dm^{-3})	0,01	-0,02	-0,03

3.4. Atributos físicos do solo

As áreas sob plantio direto apresentaram maior densidade do solo, em relação às áreas de vegetação nativa na profundidade de 0,10-0,20 m (Tabela 11). Esses resultados corroboram com estudos realizados por Klepker e Anghinoni (1995), Corsini e Ferraudo (1999), Goedert et al. (2002), Souza et al. (2005). A maior densidade do solo nas áreas de cultivo de grãos em

relação às áreas de cerrado nativo provavelmente é devido ao efeito do tráfego contínuo de máquinas agrícolas, nas operações de cultivo, principalmente quando as operações são realizadas em solos com alta umidade.

O valor médio da densidade do solo nas áreas de cultivo de grãos, nas três profundidades estudadas, está abaixo dos valores considerados como críticos, que são de 1,75 g cm³ em solos arenosos e 1,27g cm³ em solos de textura argilosa (CORSINI E FERRAUDO, 1999). Segundo Assis e Lanças (2005), o tempo de adoção do sistema de plantio direto diminui a densidade do solo na profundidade de 0-5 cm e não causou alterações na densidade do solo na profundidade de 10-15cm.

As áreas de cultivo de grãos apresentaram maior microporosidade e menor macroporosidade em relação às áreas de vegetação nativa nas três profundidades estudadas (Tabela 11). Souza et al. (2005), Cunha et al. (2007) e Araujo et al. (2004) observaram redução na proporção de macroporos em áreas sob plantio direto em relação à áreas de vegetação nativa. Esses resultados confirmam que o cultivo de grãos sob plantio direto no Sudoeste Goiano modifica a estrutura original do solo, provocando adensamento do solo, reduzindo a quantidade de poros maiores e aumentando a proporção de poros menores. A redução da macroporosidade, que é o espaço poroso do solo ocupado por ar, poderá ocasionar aeração inadequada para assegurar desenvolvimento satisfatório das raízes e da atividade microbiana (BRADY, 1989).

O solo cultivado sob plantio direto apresentou menor DMG de agregados em água em comparação com os solos que não sofreram ação antrópica, comprovando por mais este atributo físico que a forma de cultivo realizada no Sudoeste Goiano promove mudanças na estrutura do solo. Esse resultado está de acordo com Corrêa (2002) e Wendling et al. (2005). A manutenção da estável da estrutura do solo é um processo importante para melhorar sua aeração e assegurar o bom desenvolvimento das culturas. A manutenção da matéria orgânica constitui talvez o processo mais prático para incrementar a estabilidade de agregados que por sua vez, favorecerá boa drenagem e aeração (BRADY, 1989). No entanto, torna-se indispensável ressaltar a importância do uso do solo com de culturas e manejos que promovam o incremento no teor de MO do solo para a melhoria de sua estrutura.

Tabela 11. Valores médios de atributos físicos do solo, nas profundidades de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m, em áreas de vegetação nativa e cultivo de grãos no Sudoeste Goiano

Atributos físicos do solo

	DS g cm ³	Micro	Macro %	P T	DMG mm
0,0-0,10 m					
Vegetação nativa	1.16 (7) ¹	36.36 (6) ¹	17.90 (19) ¹	54.49 (6) ¹	4.52 (23) ¹
Cultivo de grãos	1.22 (8) ¹	38.87 (11) ¹	14.06 (20) ¹	53.10 (7) ¹	4.75 (6) ¹
Contrastes	Ns	*	*	ns	*
0,10-0,20 m					
Vegetação nativa	1.15 (8) ¹	36.61 (5) ¹	18.10 (20) ¹	55.01 (5) ¹	4.53 (30) ¹
Cultivo de grãos	1.23 (9) ¹	39,85 (11) ¹	12,88 (20) ¹	52,92 (8) ¹	4.78 (7) ¹
Contrastes	*	*	*	ns	*
0,20-0,40 m					
Vegetação nativa	1.18 (8) ¹	35.66 (5) ¹	18.35 (10) ¹	54.01 (5) ¹	4.43 (25) ¹
Cultivo de grãos	1.23 (8) ¹	39.00 (11) ¹	13.57 (19) ¹	52.71 (8) ¹	4.71 (11) ¹
Contraste	Ns	*	*	ns	*

¹ Coeficiente de variação (%)

ns contraste não significativo ao nível de 5% de significância

* significativo ao nível de 5% de significância

Sendo analisados os contrastes entre as profundidades para os dados médios das características físicas do solo nas áreas de cultivo de grãos (Tabela 12), observou-se que não há diferença, estatisticamente significativa, para os atributos físicos entre as profundidades estudadas. Esse resultado está de acordo com Sousa et al. (2005).

Tabela 12. Médias e contrastes das médias entre as profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 dos atributos físicos do solo em áreas de cultivos de grãos no Sudoeste Goiano

Atributos físicos do solo					
Prof. (m)	DS g cm ³	Micro	Macro %	P T	DMG mm
0,00 - 0,10	1.22	38.87	14.06	53.10	4.75
0,10 - 0,20	1.23	39,85	12,88	52,92	4.78
0,20 - 0,40	1.23	39.00	13.57	52.71	4.71
Contrastes	Significância dos contrastes				
C1	Ns	ns	Ns	ns	ns
C2	Ns	ns	Ns	ns	ns
C3	Ns	ns	Ns	ns	ns

ns contraste não significativo ao nível de 5% de significância

C1 contraste das médias dos atributos físicos entre as profundidades 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20

C2 contraste das médias dos atributos físicos entre as profundidades 0,0 - 0,10 e 0,20 - 0,40

C3 contraste das médias dos atributos físicos entre as profundidades 0,0 - 0,10 e 0,20 - 0,40

3.5. Correlação dos atributos físicos do solo com a produtividade da soja.

Entre os atributos físicos avaliados, o diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados foi o que apresentou coeficiente de correlação de Pearson positivo e significativo com a produtividade da soja na profundidade de 0,00-0,10 m (Tabela 13), indicando que a qualidade física do solo influencia no rendimento da cultura da soja. Provavelmente, a

significância apenas na profundidade de 0,0-0,10m é em função do maior teor de MO nesta camada de solo, influenciando a melhoria da agregação do solo e, conseqüentemente, a produtividade da soja. Esses resultados estão de acordo com Santi (2007), o qual observou em seu estudo que a classe de agregados maior que 4,76 mm, assim como o DMG, foram eficientes em separar as zonas potenciais produtivas em alta, média e baixa. Na figura 9 pode ser observada, graficamente, a correlação entre a produtividade da soja e o DMG de agregados. Contudo, pode-se ressaltar que um bom manejo do solo, visando à melhoria de sua qualidade física pode levar à maior rentabilidade aos produtores.

Os coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade da soja e a porosidade total, macro e microporos foram positivos, porém não significativos. Os menores valores de coeficientes de correlação foram observados para a microporosidade (Tabela 13). Esses resultados corroboram com Santos et al. (2006), os quais determinaram correlações lineares e espaciais entre produtividade de grãos de milho, densidades da partícula e do solo e a porosidade total de um Latossolo Vermelho Distroférrico, sob plantio direto e observaram coeficientes de correlação nulos entre porosidade total com produtividade de milho.

A densidade do solo apresentou coeficientes de correlação de -30, -0,28 e -0,27 não significativos, com a produtividade da soja nas três profundidades avaliadas respectivamente (Tabela 11). Santos et al. (2006) verificaram coeficiente de correlação linear simples negativo entre densidade do solo e produtividade do milho ($r = -0,212$).

Tabela 13. Coeficientes de correlação de Pearson, obtidos entre a produtividade da soja e alguns atributos físicos do solo

Profundidade	DMG	DS	PT	Macro	Micro
0-10	0,55 **	-0,30	0,31	0,27	0,07
10-20	0,42	-0,28	0,29	0,30	0,09
20-40	0,12	-0,27	0,32	0,28	0,17

** significativo 1%

Figura 9. Correlação observada entre a produtividade da soja e o diâmetro médio geométrico de agregados, na profundidade 0,0-0,10 m, em 30 áreas de produção de soja no Sudoeste Goiano

3.6. Análise de regressão múltipla para estimativa da produtividade

A partir dos atributos de fertilidade e física do solo procurou-se definir um modelo matemático capaz de estimar a produtividade de soja. Utilizando-se a técnica de inserção progressiva de variáveis (*forward stepwise*), na qual foi feita uma seleção das variáveis de maior relação com a produtividade da soja, permitindo uma simplificação do modelo.

Obteve-se um modelo composto pelas variáveis DMG de agregados em água e o teor de fósforo no solo (eq. 01). O modelo foi capaz de explicar 36% da variação da produtividade da soja. Essa baixa capacidade de predição está relacionada à grande variação de fatores não controlados, característicos das áreas de cultivo de soja estudadas, como clima, localização, época de plantio, variedade, população de plantas e controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

Essa baixa relação entre os dados de fertilidade e atributos físicos do solo com a produtividade da soja estão de acordo com Gimenez e Molin, (s.d.); Pedroso et al. (2003) Santos et al. (2006); Santi (2007) que observaram baixa relação entre as características químicas e/ou físicas do solo com produtividade de culturas.

$$\begin{aligned} \text{Produtividade} &= 2303,40 + 361,46 \text{ DMG} + 24,65 \text{ P} && \text{eq. 01} \\ R^2 &= 0,36; P < 0,01 \end{aligned}$$

A relação entre a produtividade estimada pelo modelo e a produtividade medida no campo mostrou boa correlação, sendo que 50% dos casos estudados ficaram dentro do intervalo de segurança de 95% (Figura 10). O erro de estimativa apresentou distribuição normal (Figura 11), o que significa dizer que, em uma avaliação de um conjunto maior de propriedades, o erro se anula e, para uma estimativa a nível regional, o modelo pode ser utilizado.

Os resultados obtidos neste estudo levam a analisar a relação existente entre a fertilidade do solo e seus atributos físicos que, possivelmente, está havendo influência da qualidade física do solo na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Santos et al. (2005) observaram que, em solos com maior grau de compactação é necessária a aplicação de maior dose de fósforo para aumentar a produção de massa seca da parte aérea em plantas de milho.

Contudo, verifica-se que o estudo da inter-relação entre a disponibilidade de nutrientes e a qualidade física do solo na região do Sudoeste Goiano, merece um destaque especial.

Figura 10. Estimativa da produtividade da soja calculada em função dos dados de produtividade medida em uma parcela de 6 m² na região do Sudoeste Goiano.

Figura 11. Distribuição normal do erro da estimativa da produtividade da soja na região do Sudoeste Goiano

O teor de MO do solo apresentou correlação positiva com DMG de agregados em água (Figura 12), mostrando a importância da MO na melhoria da qualidade física do solo, proporcionando melhorias na estrutura do solo. Segundo Castro Filho et al., (1998) a MO do solo é um dos principais agentes de formação e estabilização de agregados. Portanto, torna-se imprescindível o uso de culturas que são capazes de introduzir ao sistema maiores quantidades de MO ao solo.

Figura 12. Correlação entre o Diâmetro Médio Geométrico e matéria orgânica do solo em áreas de produção de soja sob plantio direto no Sudoeste Goiano.

Segundo Goldberg et al. (1988), a MO e os óxidos de Fe e Al são os três fatores que mais atuam na formação e cimentação dos agregados do solo. Logo, é importante fazer um bom manejo do sistema de plantio direto, utilizando culturas na entressafra que produzam quantidades suficientes de resíduos vegetais que favoreçam o aumento no teor de MO do solo para que se obtenham melhor rentabilidade das culturas e maior sustentabilidade das áreas de cultivo de soja sob plantio direto no Sudoeste Goiano.

4. CONCLUSÕES

Ocorre adubação desequilibrada com potássio e fósforo em áreas de cultivo de grãos no Sudoeste Goiano.

O cultivo de grãos sob plantio direto no Sudoeste Goiano modifica a estrutura original do solo, provocando adensamento do solo.

Não ocorre adensamento da camada superficial do solo nas áreas de cultivo de grão no sudoeste Goiano.

A produtividade da soja está sendo influenciada pela interação do teor de P no solo e sua qualidade física do solo.

A utilização de práticas de manejo que visam ao aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo e a sua melhoria da qualidade física, conciliado com bom manejo da adubação é imprescindível para melhor eficiência no uso de fertilizantes, construção da fertilidade, manutenção da produtividade da soja e sustentabilidade do sistema.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28 p.337-345, 2004.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P; Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.29, p.515-522, 2005.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Traduzido: Antônio B. Neiva Figueiredo. Rio de Janeiro. 1989. 898p.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1329-1339, 2007.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; Podanoschi, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo de distrófico, em função dos sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.11, p.1317-1322, 1985.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, 2002.

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.289-298, 1999.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; C. WOBETO, C.R. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.527-535, 2003.

CUNHA, E.Q.; BALBINO, L.C.; STONE, L.F.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA, G.C. Influencia de rotações de culturas nas propriedades fisicos-hídricas de um Latossolo Vermelho em plantio direto. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.27, n.3, p.665-674, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solos**, 2 ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA/CNPS).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa. Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2005, 412p. (EMPRAPA/CNPS).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2008**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 225p. (EMBRAPA SOJA, Sistemas de Produção, 11).

EPSTEIN, E. & BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2 ed. 2006. 402 p.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância de dados balanceados**. Pacote computacional. DEX – UFLA. Lavras. 1998.

GIMENES, L.M.; MOLIN, J.P. **Fertilidade do solo e sua influência no rendimento das culturas: proposta de uma metodologia para definição de unidades de manejo**.

Disponível:

<http://br.monografias.com/trabalhos901/fertilidade-solo-culturas/fertilidade-solo-culturas.pdf>. Acessado em 30/01/2009.

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

GOLDBERG, S. et al. Factors affecting clay dispersion and aggregate stability of arid-zone soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 146, p. 317-325, 1988.

GUIMARÃES, G.L.; BUZETTI, S.; SILVA, E.C.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto Maringá. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.

KEMPER, W.D., CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.499-510.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, J. Características físicas e químicas do solo afetado por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.395-401, 1995.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scitia agrícola**, Piracicaba, v.57 n.1, 2000.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PEDROSO, M.T.; AMADO T.J.C.; VEZZANI F. M.; SPAGNOLLO E.; LEMAINSKI C.L.; BILIBIO R. Relação dos atributos químicos do solo com a produtividade das culturas utilizando princípios da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, **Anais...** Ribeirão Preto, 2003.

SANTI, A.L. **Relações entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão**. 2007. Tese (Doutorado em ciência do solo).Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANTOS, G.A.; DIAS JÚNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; FURTINI NETO, A.E. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos distintos. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 740-752, 2005.

SANTOS, M. L.; CARVALHO, M. P.; RAPASSI, R.M.A.; MURAISHI, C.T.; MALLER, A.; MATOS, F.A. Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto do Cerrado Brasileiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 313-321, 2006.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.240-244, 2003.

SILVEIRA, P.M.; ZIMMERMANN, F.J.P.; SILVA, S.C.; CUNHA, A.A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.2057-2064, 2000.

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

STATSOFT INC. **Statistica software for windows: user's guide**. Statsoft Incorporation, 1990.293p.

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

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.487-494, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Latossolos, predominantes na região do cerrado, são naturalmente pouco férteis, apresentando como principais características, baixa disponibilidade de P e Zn, baixa saturação por bases e presença de Al tóxico para as plantas. Em função dessas características torna-se imprescindível o uso de fertilizantes para o cultivo intensivo de grãos nesses solos. Em contrapartida, os Latossolos naturalmente são solos bem estruturados, profundos, apresentando relevos planos a suavemente ondulados, o que favorece o cultivo de grãos nessas áreas.

A partir da década de 80, foi introduzido o sistema de cultivo plantio direto no cerrado Goiano. Com a implantação desse sistema de cultivo podem se observar diversas mudanças

nas características químicas e físicas do solo. As principais características químicas observadas nas áreas sob plantio direto no Sudoeste Goiano foram: concentração de nutrientes na profundidade de 0,0-0,10 m; baixo teor de P; baixa saturação da CTC do solo por bases e pH do solo baixo. Contudo existe uma variação na fertilidade do solo entre as áreas sob plantio direto estudadas. Quanto à qualidade física, pode-se observar que o plantio direto está promovendo adensamento do solo em relação aos solos das áreas não-cultivadas.

No Sudoeste Goiano os agricultores utilizam muita tecnologia em suas lavouras mas em geral, observa-se com frequência o uso inadequado de fertilizantes pelos produtores dessa região, onde são utilizadas praticamente as mesmas fórmulas de fertilizantes para áreas com diferentes características de fertilidade. Falta precisão quanto a tomada de decisão em relação à formulação e à quantidade de fertilizante a ser aplicada ao solo, consequentemente, observa-se, comumente, um desbalanço nutricional do solo, na qual ocorrem elevados níveis de K e baixos níveis de P.

Outro ponto questionável da agricultura no Sudoeste Goiano é o descaso por maioria dos agricultores com alguns dos princípios básicos que preconizam o sistema de plantio direto. Os agricultores se preocupam em obter maior lucratividade a curto prazo, não visando à melhoria da qualidade do solo para obtenção da sustentabilidade do sistema a longo prazo. Praticamente não se utilizam rotação de culturas, são utilizadas as mesmas culturas durante vários anos em uma mesma área. A sucessão de cultura mais utilizada no Sudoeste Goiano é a soja na safra principal e milho na safrinha.

Diante desse cenário, sugere-se maior atenção por parte dos produtores em seguir com maior rigor a recomendação de adubação para áreas sob plantio direto na região do cerrado e se adequarem à utilização dos princípios básicos que preconizam o sistema de plantio direto, para que haja uma maior eficiência no uso de fertilizantes e melhor preservação da qualidade física do solo, redução dos custos de produção e manutenção da produtividade da soja

Para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo para avaliar se a cultura da soja está obtendo sua capacidade máxima de produção em solos com concentração de nutrientes na profundidade de 0,00-0,10 m, pH baixo e com maior densidade e quantidade de macroporos reduzidas.

ANEXOS

Anexo 1. Teor de macronutrientes , pH, matéria orgânica e CTC do solo em 39 áreas no Sudoeste Goiano.

Área	Nº.Fazenda	Uso do solo	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	m	V	MO	pH
			---mg dm ⁻³ ---					-----cmol _c dm ⁻³ -----		-----%---	g kg ⁻¹	
1	2	pousio	2.6	15.6	1.9	0.6	0.03	6.9	1.7	35.5	22.4	4.8
2	7	pousio	3.0	31.3	2.3	1.0	0.06	8.1	3.5	38.8	29.8	5.0
3	9	pousio	2.4	54.7	2.1	0.7	0.35	8.2	30.5	32.0	31.8	4.7
4	10	pousio	5.3	54.7	1.6	0.8	0.30	7.8	17.2	30.0	30.7	4.6
5	20	pousio	0.8	54.7	1.5	0.6	0.04	6.9	8.7	30.3	28.1	4.9
6	3	milho	6.7	62.5	2.5	0.5	0.16	9.0	7.5	33.5	31.3	4.5
7	4	milho	3.0	82.0	1.9	1.0	0.10	8.7	4.5	33.9	38.1	4.6
8	5	milho	2.0	43.0	1.9	0.9	0.01	8.0	0.5	34.5	38.5	5.1

9	6	milho	9.1	54.7	2.2	0.8	0.13	8.8	9.9	33.4	33.8	4.8
10	11	milho	6.7	35.2	1.2	0.3	0.19	7.2	16.2	21.0	25.2	4.6
11	12	milho	6.4	43.0	1.5	0.3	0.15	7.2	11.1	25.8	25.0	4.7
12	14	milho	6.2	27.3	2.1	0.6	0.24	8.6	15.3	31.4	34.9	4.6
13	16	milho	12.7	70.3	1.7	0.6	0.30	10.0	14.9	23.4	37.3	4.4
14	18	milho	4.7	58.6	2.8	1.0	0.02	8.3	1.0	46.6	35.3	5.2
15	21	milho	9.3	78.1	2.1	0.8	0.09	8.6	4.4	34.8	35.1	4.7
16	31	milho	22.9	125.0	6.9	1.3	0.01	13.4	0.1	63.6	40.1	5.6
17	8	b+m	4.8	50.8	1.9	0.8	0.21	8.6	10.4	31.5	30.3	4.5
18	13	b+m	9.3	58.6	2.9	0.7	0.11	9.1	5.8	40.2	33.7	4.9
19	19	b+m	1.4	97.7	1.7	1.0	0.09	7.5	6.0	38.0	31.5	4.7
20	22	b+m	5.8	117.2	1.9	0.8	0.15	9.4	8.7	30.8	34.6	4.6
21	23	b+m	7.5	70.3	2.5	0.7	0.11	9.0	7.5	35.4	28.8	5.0
22	24	b+m	2.3	78.1	2.1	1.0	0.02	7.2	1.1	44.7	27.1	5.1
23	25	milheto	1.4	46.9	1.5	0.8	0.02	6.5	0.9	35.2	26.2	5.2
24	26	milheto	1.8	54.7	1.8	1.0	0.04	7.8	2.1	35.0	30.3	5.0
25	33	milheto	4.9	31.3	2.1	0.4	0.10	7.3	4.5	34.2	20.4	4.5
26	34	milheto	7.5	31.3	1.8	0.3	0.17	7.5	8.5	29.0	20.2	4.4
27	27	sorgo	11.9	19.5	1.4	0.3	0.19	5.2	18.0	31.0	13.5	4.5
28	28	sorgo	7.4	43.0	2.4	0.8	0.21	8.2	12.6	38.3	30.5	4.7
29	29	sorgo	9.5	82.0	3.6	1.2	0.06	9.6	1.6	51.6	27.6	5.1
30	30	sorgo	3.2	58.6	2.4	0.8	0.13	8.3	5.4	39.4	26.4	4.9
31	32	sorgo	13.0	74.2	3.9	0.8	0.12	12.9	3.9	37.5	40.0	5.0
32	1	nativa	0.3	23.4	0.2	0.1	0.48	5.9	67.0	5.1	23.5	4.1
33	15	nativa	0.4	11.7	0.4	0.2	0.89	10.9	65.2	5.8	49.6	4.0
34	17	nativa	0.7	23.4	1.3	0.5	0.63	9.5	44.7	18.1	33.4	4.2
35	35	nativa	0.7	31.3	2.0	0.5	0.48	11.7	33.9	18.1	36.3	4.3
36	36	nativa	0.6	19.5	0.1	0.1	1.11	8.2	82.3	3.0	27.0	4.0
37	37	nativa	0.6	19.5	0.2	0.1	1.05	8.9	77.2	2.9	31.8	4.0
38	38	nativa	1.2	11.7	0.2	0.0	1.07	6.1	82.1	3.9	19.3	3.9
39	39	nativa	0.7	31.3	0.6	0.3	0.26	7.4	37.4	10.6	30.2	4.4

Anexo 2. Teor de micronutrientes e textura do solo em 39 áreas no Sudoeste Goiano

Área	Nº.Fazenda	Uso do solo	Fe	Mn	Cu	Zn	Argila	Silte	Areia
			-----mg dm ⁻³ -----				-----%-----		
1	2	Pousio	36.3	14.9	3.3	1.7	32.4	15.6	52.0
2	7	Pousio	57.4	19.1	0.9	2.6	36.4	21.5	42.2
3	9	Pousio	107.8	4.9	0.7	1.0	63.5	17.7	18.8
4	10	Pousio	70.1	5.7	0.5	2.6	65.3	11.9	22.8
5	20	Pousio	88.1	10.6	1.5	1.0	50.8	20.2	29.1
6	3	Milho	32.1	7.1	1.1	3.4	46.2	28.7	25.2
7	4	Milho	36.3	24.6	2.5	3.4	56.3	36.3	7.3
8	5	Milho	54.0	35.4	2.8	2.0	45.4	35.1	19.5

9	6	Milho	58.9	11.9	1.0	7.7	48.7	33.2	18.1
10	11	Milho	75.2	18.8	1.7	2.9	42.6	12.7	44.7
11	12	Milho	70.3	20.7	1.1	4.2	38.7	14.2	47.2
12	14	Milho	59.6	16.0	1.6	8.9	62.6	24.2	13.2
13	16	Milho	72.4	14.5	0.9	6.1	65.9	17.7	16.4
14	18	Milho	52.5	14.9	0.5	5.1	60.4	28.4	11.2
15	21	Milho	62.7	14.7	1.0	5.5	64.8	27.6	7.6
16	31	Milho	12.9	115.8	1.4	6.9	52.8	34.8	12.5
17	8	b+m	53.9	13.7	1.1	4.8	51.7	24.5	23.8
18	13	b+m	62.8	19.4	1.9	16.1	58.6	24.5	16.6
19	19	b+m	66.7	8.4	0.4	1.5	58.5	31.9	9.5
20	22	b+m	68.5	17.3	1.7	8.8	50.3	29.3	20.4
21	23	b+m	49.5	26.0	2.6	6.9	45.0	34.1	21.0
22	24	b+m	60.5	12.6	0.4	3.0	41.6	26.1	32.3
23	25	Milheto	70.5	34.4	3.3	0.9	39.3	28.0	32.8
24	26	Milheto	36.9	50.7	6.0	1.2	41.6	35.4	23.0
25	33	Milheto	94.1	17.7	1.0	6.5	37.4	5.2	57.5
26	34	Milheto	78.8	17.3	0.8	9.3	36.6	9.9	53.5
27	27	Sorgo	104.0	17.6	0.6	3.2	19.7	4.9	75.4
28	28	Sorgo	85.6	26.8	1.4	3.9	48.2	10.1	41.7
29	29	Sorgo	25.4	72.2	2.3	1.0	53.0	30.7	16.3
30	30	Sorgo	28.8	60.1	3.9	2.9	53.0	31.2	15.8
31	32	Sorgo	14.5	99.7	3.2	5.3	54.5	36.2	9.3
32	1	Nativa	95.7	34.5	2.6	0.4	37.8	23.6	38.6
33	15	Nativa	79.9	26.2	0.6	0.3	61.0	14.1	27.1
34	17	Nativa	86.0	34.2	0.2	0.7	20.5	5.3	74.2
35	35	Nativa	63.4	34.8	1.4	0.6	54.5	20.3	25.2
36	36	Nativa	115.5	3.3	0.1	0.3	63.8	14.3	22.0
37	37	Nativa	90.8	14.1	0.5	0.7	43.3	12.1	44.7
38	38	Nativa	222.7	7.6	0.1	0.4	44.4	16.9	38.7
39	39	Nativa	70.7	51.4	3.0	0.1	18.3	2.7	79.4