



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**CRITÉRIO DE INTERPRETAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO**  
**PARA A COTONICULTURA NO CERRADO GOIANO**

**NARA RÚBIA DE MORAIS**

Orientador(a):

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vladia Correchel**

Fevereiro ó 2008

**NARA RÚBIA DE MORAIS**

**CRITÉRIO DE INTERPRETAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO  
PARA A COTONICULTURA NO CERRADO GOIANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

**Prof.<sup>ª</sup>. Dr.<sup>ª</sup>. Vladia Correchel**

Co-Orientador:

**Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro**

Goiânia, GO ó Brasil

2008

**NARA RÚBIA DE MORAIS**

**CRITÉRIO DE INTERPRETAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO  
PARA A COTONICULTURA NO CERRADO GOIANO**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 27 de fevereiro de 2008, pela  
Banca Examinadora constituída pelos membros:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vladia Correchel

EA/UFG

---

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro

EA/UFG

---

Dr. Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

Pesquisador Embrapa Algodão

Goiânia, Goiás

Brasil

## **DEDICATÓRIA**

**A DEUS,**

Renato Claudino Arantes, esposo dedicado, amigo e companheiro de sempre, pelo amor, compreensão e solidariedade.

Aos meus filhos, Naryanna Renata de Moraes Arantes e Matheus Renato Arantes de Moraes, pelo carinho, amor e compreensão, mostrando a cada dia que vale a pena viver.

A meu pai Altamiro Garcia de Moraes e minha mãe Ana Marques de Moraes pelos ensinamentos da vida, à minha sogra Zuleima, aos meus irmãos Anderson, Mariluce e Eliza, cunhadas Andréia, Cristina e Maria Célia e sobrinhos Ellen, Elton e Maryanna pelo apoio, incentivo e ajuda.

**Dedico e Ofereço.**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Goiás pela realização do curso;

Aos meus orientadores, professores Dr<sup>a</sup>. Vladia Correchel e Dr. Wilson Mozena Leandro, pela competência e determinação na orientação, ensinamentos e solidariedade, minha admiração, respeito, o meu muito obrigada;

Ao Fialgo e EMBRAPA Algodão pela realização de parte dos resultados ano 2004/2005.

Ao Diretor da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos Prof. Dr. Juarez Patrício de Oliveira Junior pelo apoio e amizade;

A Coordenadora da Pós-Graduação em Agronomia Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Mara Rúbia da Rocha, pelas orientações prestadas;

Aos professores do Departamento de Agricultura pelo carinho, ensinamento e amizade concedida;

Aos funcionários da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, em especial à Cristina, Luizinho e Wellington, pela atenção e dedicação;

Aos laboratoristas do laboratório de solos - LASF-EA-UFG: Carlinhos, Elenilson, Iônica e Luiz pela amizade e colaboração;

Aos estagiários do departamento de solos: Felipe, Bruno, Cássia, Welinton, Rafela, Leandro, Klênia, João Pablo, Camila, Daniel, Alfonso, Diogo, Gunnar e alunos da agronomia, pelo apoio nas coletas de dados no campo e determinações no laboratório;

As professoras Eliana Paula, Eli Regina e Rosângela pela amizade, carinho e incentivo;

Aos professores da Pós-graduação em Agronomia da UFG, que de várias formas enriqueceram o meu conhecimento e foram guias na condução deste trabalho;

A todos os meus colegas de curso pelo companheirismo;

Aos membros da banca examinadora Dr.<sup>a</sup> Vladia Correchel, Dr. Wilson Mozena Leandro e Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira, pelo tempo concedido, paciência e colaboração.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos;

A minha sobrinha Ellen, minha irmã Mariluce e minhas amigas Francielly e Sinnara, meu agradecimento em especial pela ajuda prestada nas digitações.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**Meus sinceros agradecimentos!!!**

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE ABREVIACÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
2.1 A CULTURA DO ALGODOEIRO.....	12
2.2 SOLO DO CERRADO .....	14
2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLAS .....	16
2.4 INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO.....	21
2.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS .....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
3.1 ANÁLISES FOLIARES .....	32
3.2 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO .....	32
3.3 ANÁLISES VISUAIS.....	32
3.4 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO.....	33
3.5 PRODUTIVIDADE.....	34
3.6 ANÁLISES DOS DADOS.....	34
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>61</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>62</b>

## ÍNDICE DE ABREVIÇÃO

AG % >2 mm	ó	Agregados maiores que 2 mm	Zn	ó	Zinco
AG % 1 mm	ó	Agregados entre 1 mm e 2 mm	K	ó	Potássio
HP	ó	Altura de plantas	Cu	ó	Cobre
CTC	ó	Capacidade de troca de cátions	N	ó	Nitrogênio
Cóorg	ó	Carbono orgânico	Ca	ó	Cálcio
DMG	ó	Diâmetro médio geométrico	Mn	ó	Manganês
Ds	ó	ividade do solo	P	ó	Fósforo
NP	ó	Número de plantas por metro	S	ó	Enxofre
NC	ó	Cobertura do solo	Fe	ó	Ferro
PD	ó	Infestação de plantas daninhas			
VTP	ó	Volume total de poros			
AF	-	Área foliar			
DMP	ó	Diâmetro médio ponderado			
AP	ó	Ataque de pragas			
RP	ó	Resistência do solo a penetração mecânica			
AG % 0,5 mm	ó	Agregados entre 0,5 mm e 1 mm			
AG % 0,25 mm	ó	Agregados entre 0,25 mm e 0,5 mm			
AG % 0,105 mm	ó	Agregados entre 0,105 mm e 0,25 mm			
AG % < 0,105 mm	ó	Agregados menores que 0,105 mm			
MO	ó	Matéria orgânica			
MA	ó	Macroporosidade			
MI	ó	Microporosidade			
Mg	ó	Magnésio			



## RESUMO

MORAIS, N. R. **Critérios de interpretação da qualidade do solo para a cotonicultura no cerrado goiano.** 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) ó Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 2008<sup>1</sup>.

Considerando a atual importância econômica da cotonicultura para a região Centro-Oeste, é importante avaliar e monitorar o desempenho e a sustentabilidade dos sistemas de produção de algodão. Com o objetivo de identificar os níveis de suficiência de diversas variáveis indicadoras da qualidade do solo para a cultura do algodoeiro no cerrado goiano foi realizado o presente trabalho. Em áreas comerciais do estado de Goiás foram selecionadas 203 parcelas de 60m<sup>2</sup>, localizadas em sete municípios produtores de algodão herbáceo, fibra branca, cultivado em diferentes sistemas de preparo do solo, e condições edafoclimáticas. Em cada parcela foram coletadas amostras de folha e de solo e realizado o diagnóstico visual da cultura. Foi realizada a análise univariada e correlação de pearson dos dados e, usando somente os dados das parcelas de alta produtividade (valor médio = 3.000,00 kg ha<sup>-1</sup>), foram feitas análises de regressão, gerando os níveis de suficiência para cada variável. Os resultados mostraram que para os indicadores químicos do solo, os micronutrientes Cu, Mn e Zn não foram sensíveis para formar faixas de suficiência adequadas. Para as demais variáveis os níveis de suficiência mostraram-se adequados, sendo possível uma aproximação de critérios de interpretação para a cultura do algodoeiro no cerrado.

*Palavras-chave:* propriedades do solo, manejos de solo, produção sustentável.

---

<sup>1</sup>Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vladia Correchel. EA-UFG  
Co-Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EAóUFG.

## ABSTRACT

MORAIS, N. R. **Soil quality interpretation criteria for cotton crop grown in the cerrado of the Goiás.** 2008. 79 f. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Water) - School of Agronomy and Food Engineering, Universidade Federal de Goiás, 2008<sup>1</sup>.

Considering the current economic importance of cotton growing for the central west region, the use of criteria for soil quality interpretation is a useful tool to assess and monitor the performance of cotton production systems. In order to identify the levels of sufficiency of several agricultural quality indicator variables for cotton growing this research was carried out. In commercial areas of the State of Goiás 203 plots of 60m<sup>2</sup> were selected in seven white cotton producing counties, grown in different soil tillage systems, with different textures and genes and submitted to different rainfall regimes. In each plot samples of leaves and soils were collected, and proceeded the crop visual diagnosis. Chemical and physical soil analyses, leaves nutrient analyses, and crop visual analyses were carried out. Univariate analysis was performed on the data and, using only the high productivity (average value = 3,000.00 kg ha<sup>-1</sup>) plots, the regression analyses were performed, generating the levels of sufficiency for each variable. The results showed that the Cu, Mn and Zn levels were not sensitive to form appropriate range of sufficiency. However, for other sufficiency variables levels, it was shown to be adequate and making possible an approximation of criteria for interpretation for cotton growing in the cerrado.

*Key-words:* soil properties, direct seeding, sustainable production.

---

<sup>1</sup> Adviser: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Vladia Correchel. EA-UFG  
Co-adviser: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA6UFG.

## 1 INTRODUÇÃO

A cotonicultura brasileira apresentou, na última década, significativas alterações em seus índices de produtividade e distribuição geográfica, com ganhos na ordem de 259 %. Espera-se, para essa safra, uma produção de algodão em caroço de 4,1 milhões de toneladas, 4,8 % superior à safra anterior. Desse total, 61 % são de caroço e 39,0 % é de pluma (Conab, 2008).

Profundas mudanças tecnológicas contribuem para o deslocamento da cotonicultura de áreas tradicionais, como São Paulo, Paraná e região Nordeste, para a região dos cerrados, de topografia plana no Centro-Oeste brasileiro (Freitas et al., 2007; Ferreira Filho & Alves, 2007).

Nem mesmo o alto grau de intemperismo, associados à baixa fertilidade natural dos solos do cerrado, foram empecilhos à introdução da cultura do algodoeiro. Distribuídos pela região Centro-Oeste e parte das regiões Norte, Nordeste e Sudeste, o cerrado dispõe de cerca de 206 milhões de hectares, sendo dois terços destas áreas aptas à exploração agropecuária (Goedert et al., 1980), sendo o segundo maior bioma brasileiro (Beltrão et al., 2007).

Atualmente os estados de Mato Grosso, Bahia e Goiás, em termos de participação de produção de algodão, são considerados grandes produtores que utilizam o sistema mecanizado do plantio à colheita e concentra-se 96,3 % da produção nacional (Ferreira Filho & Alves, 2007). No estado de Goiás, a safra 2007/2008 ocupou 73,9 mil hectares, com uma produção estimada de 102 mil toneladas de algodão em pluma, o que coloca o Estado na condição de terceiro maior produtor de algodão do Brasil (Conab, 2008).

Segundo Nogueira Junior & Barbosa (2005) foi a parceria entre a EMBRAPA e o Grupo Itamarati Norte que se iniciaram os trabalhos pioneiros com fibra de algodão no cerrado da região Centro-Oeste, a partir de 1989. A região assume importância estratégica para o desenvolvimento da cultura do algodão no Brasil, e sua contribuição para a produção nacional é crescente e determinante para a posição alcançada no cenário nacional e internacional.

Entretanto, apesar do cenário otimista, o impacto ambiental causado pela intensificação da exploração agrícola nem sempre recebeu atenção necessária. Associada aos avanços tecnológicos, a cotonicultura, considerada como degradante pela monocultura e pelo sistema de manejo convencional, ainda vem sendo realizada de forma predatória, sem preocupações conservacionistas que possam minimizar a degradação do solo e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do solo.

Uma das formas alternativas para diminuir a degradação acelerada do solo e, conseqüentemente, a capacidade produtiva, o sistema plantio direto e demais formas de manejo como cultivo mínimo, sobressemeadura, agricultura orgânica, agroecologia e a agricultura biodinâmica vem fazendo parte dessa concepção. No Brasil, a área com plantio direto hoje é de 25 milhões de hectares, segundo lugar no mundo, superado apenas pelos Estados Unidos (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2008).

Nesse contexto, o cenário passou a exigir parâmetros capazes de mostrar e atestar a sustentabilidade dos sistemas de produção, ou seja, uma forma de avaliação da qualidade do solo. Entre os métodos de acompanhamento da produção, destaca-se o método de diagnose baseado no uso de indicadores, que consiste na aplicação de um ou mais indicadores, também denominados atributos, que estejam relacionados às características, propriedades ou processos do solo que melhor reflitam as suas condições.

Apesar de não recente, a discussão sobre o uso de indicadores vem despertando a atenção de produtores e pesquisadores (Lima et al., 2007; Araújo et al., 2007) e expõe a dificuldade de chegar a um consenso sobre quais os parâmetros são capazes de atestar o impacto do uso agrícola dos solos. Além disso, a falta de critérios para a interpretação dos resultados mostra-se preocupante.

O desenvolvimento dos níveis de suficiência para os atributos químicos, físicos, teores de nutrientes nas folhas e visuais contribuirá para subsidiar o monitoramento da qualidade do solo, visando a melhor produtividade da cultura dentro de uma condição sustentável de produção, e na tomada de decisão nas propriedades rurais.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi o de identificar os critérios de interpretação da qualidade do solo para a cotonicultura no cerrado goiano através dos níveis de suficiência de diversas variáveis, indicadoras da qualidade do solo, em parcelas de alta produtividade no estado de Goiás.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DO ALGODOEIRO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hisrsutum L. r. latifolium Hutch.*) é uma planta têxtil, oleaginosa e protéica (Cherry & Leffler, 1984), também chamada de anual ou òuplandö, da família *Malvaceae* (Beltrão & Souza, 1999). É uma das 50 espécies do gênero *Gossypium* (Craven et al., 1994) já descritas e classificadas, produtora de fibra média, sendo que mais de 90 % do consumo mundial é desse tipo de fibra (Lee, 1984).

Afirma-se que o algodoeiro é uma cultura tida como exigente, no que se refere ao solo (Gridi-Papp et al., 1992). Porém, trata-se de uma cultura de larga adaptação às condições físicas adversas e menos férteis, desde que se sejam efetuadas as devidas correções a atender as necessidades básicas para seu pleno desenvolvimento (Waddle, 1984; Garcia-Lorca & Carnero Ortega, 1991).

Por apresentar hábito de crescimento indeterminado, é necessário utilizar os reguladores de crescimento, sendo esta uma das recentes estratégias agrônômicas para o incremento da produtividade e melhoria da qualidade da fibra (Ferreira & Lamas, 2006; Lamas, 2007).

Outro trato cultural importante é o manejo das plantas daninhas, pois o algodoeiro é sensíveis à competição pelos fatores de crescimento (Carvalho et al., 2007), água, luz e nutrientes (Beltrão et al., 2007), pela liberação de substâncias alelopáticas e a multiplicação de insetos-praga (Santos, 2007), doenças (Suassuna & Coutinho, 2007), e nematóides (Asmus & Inomoto, 2007).

Contudo, por ser uma planta dotada de elevada plasticidade fenotípica, tem capacidade de produzir bem, mesmo em condições de estresse no ambiente, desde que se maneje o sistema de produção com racionalidade e técnicas científicas (Beltrão, 2006).

A produtividade da lavoura brasileira é hoje a mais alta do mundo em área de sequeiro, perdendo apenas para a Austrália que produz em área irrigada e supera em 45 % a dos Estados Unidos, o mais tradicional e exportador mundial de algodão (Ferreira Filho & Alves, 2007).

Na safra de 1995/1996 chegamos a ser o segundo maior importador mundial de algodão, no valor próximo a US\$ 900 milhões. A safra 2007/2008 exportará cerca de US\$ 800 milhões, o que nos coloca na condição de 4º maior exportador mundial (Pereira, 2007). A área a ser cultivada com o algodão está estimada em 1,15 milhão de hectares, 3,4 % (37,1 mil hectares) superior à safra passada (Conab, 2008).

O Bioma Cerrado faz parte desta realidade. Na safra 1990/91, o cerrado respondia por 8,7 % da área plantada e hoje representa 96 % do cultivo no Brasil. Não foi por acaso que a cultura vem apresentando espetacular crescimento na região Centro-Oeste, Bahia e em áreas de cerrado. Além das respostas à correção da fertilidade dos solos, outra razão é a facilidade da colheita mecanizada no sistema de produção (Nogueira Junior & Barbosa, 2005).

Nesse contexto, a cotonicultura tem sido uma excelente opção para integrar o sistema produtivo do estado de Goiás. Na safra 2007/2008 a área plantada com a cultura do algodoeiro ocupou 73,9 mil hectares, pouco abaixo da área plantada na safra 2006/2007 de 76,7 mil hectares (Conab, 2008). A queda nas áreas produtoras foi em razão de irregularidade climática que atrasou o plantio, a baixa nos preços, ataque de pragas, doenças, nematóides e fusarium, que ocorreram, principalmente, no estado de Goiás e no oeste da Bahia.

Apesar da queda das áreas produtoras de algodão ocorrido nesta safra, nas últimas décadas o algodão apresentou aumento expressivo de área plantada e de produtividade que colocaram o estado na condição de terceiro maior produtor de algodão do Brasil. Para essa safra 2007/2008 a produção estimada é de 102 mil toneladas de algodão em pluma (Conab, 2008). Além disso, a melhoria da qualidade da fibra tem sido um diferencial importante para a comercialização do algodão em Goiás. Tomando como referência as análises efetuadas pela BM&F para a pluma, mostra que 70 % da produção de algodão em pluma colhido no Brasil (Mato Grosso, Bahia e Goiás representando 68 %), foi classificado como superior ao tipo base (Ferreira Filho & Alves, 2007).

Contudo, cada região tem suas particularidades quanto aos aspectos edáficos e fisiográficos, podendo assim necessitar de manejos diferenciados. As produtividades alcançadas no cerrado são as maiores do mundo, em condições de sequeiro (Ferreira & Carvalho, 2005). Segundo Ferrari et al. (2005) produtividades superiores a 1.800 Kg ha<sup>-1</sup> de fibras nos cerrados brasileiros são comuns.

Além da fibra, seu principal produto, o algodoeiro produz diversos subprodutos, que apresentam também grande importância econômica, destacando-se o linter, que corresponde a cerca de 10 % da semente do algodão, o óleo bruto, média de 15,5 % da semente, a torta, que é quase a metade da semente, além da casca e do resíduo (4,9 % do total). Outra opção para a cultura do algodoeiro é para atender o mercado de energia, os biocombustíveis, sendo necessário produzir algodão com teor de óleo entre 25 % e 30 % e que não prejudique a fibra. Segundo Ferreira Filho & Alves (2007) os produtores de algodão não devem se restringir apenas à comercialização das matérias primas pluma e caroço. Como cultura industrial, o algodão tem na sua cadeia produtiva diversos setores que empregam e/ou fornecem ocupação desde o campo até a indústria de confecção.

Por todas estas opções, o cotonicultor deve se informar sobre as tecnologias já disponíveis, bem como as novas opções de mercado que surgem para o cerrado brasileiro.

## 2.2 SOLO DO CERRADO

Os solos dos cerrados apresentam grandes limitações ao cultivo devido à sua baixa fertilidade (Lopes, 1983), contudo, apresentam elevado potencial para a agricultura mecanizada intensiva. Uma vez corrigida suas deficiências químicas, demonstram propriedades físicas favoráveis sob vegetação natural (Cerri et al., 1991). Segundo Beltrão et al. (2007) solos profundos, bem drenados, com inclinações normalmente menores que 3 % são propícios às culturas de grãos.

Segundo Correia et al. (2004), 45,7 % dos solos do cerrado são representados por Latossolos. Estes apresentam características de solos distróficos com saturação de bases menor que 50 %. Em sua condição natural, geralmente apresentam baixa fertilidade: são ácidos, de baixa capacidade de troca de cátions e retenção de umidade, apresentando deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de fósforo (Lopes, 1984; Ker et al., 1992), ricos em ferro, com alta saturação por alumínio e pobres em micronutrientes. Por serem ricos em óxidos de ferro, dispõem de uma forte microestrutura que nos períodos de estiagem permite o armazenamento de água, não estando disponíveis às plantas.

Estes solos são passíveis de utilização com culturas anuais perenes, pastagens e reflorestamento (Ramalho & Beek, 1994). Culturas anuais como a do algodoeiro são

exigentes em fertilidade (Carvalho & Ferreira, 2007), necessitando de adubos e corretivos para se tornarem férteis e produtivos.

Para os Latossolos com teores elevados de areia a percolação de água no perfil do solo, associada à baixa CTC, pode provocar a lixiviação dos nutrientes e perdas de solo. Nos argilosos, cuidados com a erosão não são menos importantes (Correia et al., 2004). Por apresentar estrutura forte, muito pequena a granular, estes apresentam comportamento semelhante aos solos arenosos. Além disso, quando intensamente mecanizados, sua estrutura é destruída, levando à redução da porosidade do solo e conseqüentemente à formação de uma camada compactada (20 a 30 cm), dificultando o enraizamento das plantas e a infiltração de água da chuva ou irrigação (Oliveira et al., 1992). Este fato é agravado quando o solo recebe doses excessivas de calcário, que provocam a dispersão da argila que por sua vez irá obstruir os poros do solo (Costa & Abrahão, 1996).

Em geral, os Latossolos estão situados em relevos planos a suave ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7 %, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo (Oliveira et al., 1992). Por se tratar de uma cultura muito tecnificada a cotonicultura pode apontar diversos problemas relacionados às características físicas do solo, tais como: aumento de densidade, aumento da resistência do solo à penetração de raízes e, conseqüentemente, perdas de solo por erosão.

Vários trabalhos têm demonstrado modificações das características químicas Muzilli (1983); Centurion et al. (1985); Sidiras & Pavan (1985); Centurion (1988); Eltz et al. (1989); Testa et al. (1992); De Maria & Castro (1993); Castro (1995); Bayer & Bertol (1999) e físicas Silva et al. (2000); Bertol et al. (2001); Costa et al. (2003); Araújo et al. (2004); Bertol et al. (2004); Simões et al. (2006); Alves et al. (2007); Marchão et al. (2007); Marcolan et al. (2007).do solo sob diferentes usos e manejos.

O estudo das transformações que ocorreram no solo, resultantes do uso e manejo, é de grande valia na escolha do sistema mais adequado para que se recupere a potencialidade dos solos (Fernandes, 1982). Contudo, deve-se ressaltar que as práticas agrícolas adotadas, químicas e, ou físicas, sempre vem acompanhadas de alterações do meio ambiente, de forma mais ou menos marcante (Resende et al., 1996).

Com o cultivo, o solo sofre transformações em suas características físicas, químicas e biológicas, de tal modo que não mais atinge sua condição inicial. A intensidade de sua degradação será maior ou menor de acordo com o manejo executado; haja visto que



para se alcançar a sustentabilidade na agricultura, o manejo do solo é um pré-requisito fundamental (Ferreira & Lama, 2006).

### 2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLAS

O manejo apropriado é entendido como uma associação de práticas por meio das quais se preserva ou melhora as condições do solo e, entre elas, se enquadram as culturais, tais como: conhecimento e adequação da capacidade de uso do solo, construção de terraços para o controle do escoamento superficial; rotação de culturas e manejo dos restos vegetais; culturas de cobertura e manejo da palha e correção da acidez e fertilidade do solo (Ferreira & Lamas, 2006; Silva et al., 2007).

Os sistemas agrícolas de produção praticados são, na sua maioria, ainda de baixa eficiência agrônômica. O sistema plantio convencional com arados, grades, grades-aradoras e niveladora ainda é o principal método utilizado no preparo de solo, associado à monocultura (Kluthcouski, 1998) e mostra-se degradante. Essas operações de preparo do solo são responsáveis pela pulverização excessiva da camada arável, encrostamento superficial, formação de camadas compactadas (conhecida como pé-de-arado ou pé-de-grade), redução da estabilidade de agregados, aumento dos números de microporos, redução da matéria orgânica e levando à perda da capacidade produtiva pela erosão do solo (Würsche & Denardin, 1980; Souza, 1998; Bernardi et al., 2004). Para Seguy et al. (1984) os principais efeitos causados potencialmente pela pulverização do solo são o aumento da exposição dos compostos orgânicos e o favorecimento de uma zona compactada abaixo da camada arada.

O sistema de preparo convencional do solo consiste no revolvimento de camadas superficiais, objetivando incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar os espaços porosos e com isso aumentar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água, facilitando o crescimento das raízes das plantas (Braunak & Dexter, 1989). Além disso, o revolvimento do solo promove o corte e o enterrio das plantas daninhas e auxiliam no controle de pragas e patógenos do solo (Gadanha Júnior et al., 1991).

Esse revolvimento é realizado, basicamente, com aração e gradagens, cujo arado efetua o corte, elevação, inversão e queda, com um efeito de esboroamento de fatias de solo denominadas de leivas. A grade complementa esse trabalho, diminuindo o tamanho dos torrões na superfície, além de nivelar o terreno (Silva et al., 2007). Entretanto, tal

prática pode acarretar sérios problemas com o passar dos anos, principalmente se não for feita com critério.

Para Silveira Neto et al. (2006) se o cultivo intensivo é responsável pela deterioração do solo, com sua redução, provavelmente essa situação poderá se reverter. Deste modo, a preferência dos agricultores por outros sistemas de cultivo menos intensivos como o cultivo mínimo, plantio semidireto e, principalmente, o sistema plantio direto (SPD), vem crescendo (Landers, 1994).

O sistema de preparo mínimo e plantio semidireto, são condições intermediárias dos sistemas de cultivo. O preparo mínimo ou também conhecido como cultivo mínimo, ou plantio reduzido, consiste no uso de implementos sobre os resíduos da cultura anterior, com o revolvimento mínimo necessário para o cultivo seguinte (Carvalho & Ferreira, 2007).

No plantio semidireto, o solo é preparado de forma convencional, com aração e gradagens. Porém, no início da estação chuvosa é semeada uma planta de cobertura do solo (geralmente milheto), que depois é manejado com herbicida, permitindo a semeadura direta do algodoeiro na palha (Carvalho & Ferreira, 2007).

Para Bernardi et al. (2004) o sistema plantio direto é a forma de manejo conservacionista, que envolve um conjunto de técnicas integradas, que visam à expressão do potencial genético de produção das culturas com simultânea melhoria das condições do ambiente. O sistema reúne alguns fundamentos que interagem entre si: ausência de movimentação ou a mobilização mínima do solo para a semeadura numa faixa estreita da superfície do terreno, solo permanentemente coberto e a rotação de culturas por meio da combinação de diferentes espécies de forma a interromper o ciclo de doenças, pragas, e plantas daninhas e garantir a manutenção do balanço e ciclagem de nutrientes, dentre outros benefícios (Ferreira & Lamas, 2006).

As técnicas de manejo do solo a serem aplicadas em determinada área dependem de vários fatores. Cada área rural tem suas peculiaridades e requer decisão própria. Para cada caso, definir-se-ão as técnicas, de acordo com: a textura do solo, o grau de infestação de invasoras, os resíduos vegetais que se encontram na superfície, a umidade do solo, a existência de camadas compactadas, pedregosidade e os riscos de erosão e máquinas; para isto, o estudo do perfil do solo torna-se primordial. Contudo, vale a pena lembrar que sempre que possível, deve-se decidir pelos manejos conservacionistas e, mesmo quando da impossibilidade, elegem-se os preparos que promovem o menor

revolvimento do solo, pois o mau uso dos solos leva à sua destruição em curto prazo, podendo chegar à desertificação.

Os diversos estudos com o sistema plantio direto no cerrado mostram-se positivos às condições tropicais. Contudo, para a cultura do algodoeiro, o sistema plantio direto tem polarizado opiniões dificultando o consenso sobre as vantagens e desvantagem dos sistemas de produção. As áreas produtoras usam o padrão tecnológico de exploração do algodoeiro semelhantes, baseada em grandes propriedades, mecanização em todas as etapas de produção e alto uso de insumos e demais tecnologias (Ferreira & Carvalho, 2005).

Estudando diferentes sistemas de preparo do solo, Santos et al. (1995) mostraram maiores produtividades relativas nas parcelas em sistema de plantio convencional e com o revolvimento da camada superficial. Este fato evidencia a preocupação do produtor com a adoção adequada do sistema plantio direto para a produção do algodão na região de Goiás, pois o sistema de plantio convencional alcança boa produtividade apesar de agredir a qualidade do solo. Além disso, os produtores ficam preocupados com o processo de fins sanitários (destruição de soqueira), pois se trata de um processo importante na cultura do algodoeiro, pois a planta de algodão é acometida de diversas pragas e doenças que encarecem ou chegam a inviabilizar a produção (Takisawa, 2007). Consideradas divergentes as medidas conservacionistas, diversos sistemas e máquinas estão sendo desenvolvidos com o objetivo de resolver a tarefa de finalizar o ciclo da cultura (Takizawa, 2006).

O manejo inadequado da cultura do algodoeiro com práticas de monocultivo e preparo convencional tem ocasionando preocupações relevantes entre os pesquisadores. A erosão, a compactação, a desestruturação dos solos e a subutilização de insumos, têm ocasionado sérios desequilíbrios ambientais. Segundo Faria & Franco (1994), a atividade agrícola com ênfase na monocultura tem sido o principal fator de aceleração da degradação do solo.

Contudo, resultados relativos aos efeitos de sistemas de manejo do solo sobre a produtividade do algodoeiro, relatados na literatura, têm sido inconsistentes. Yamaoka (1991) verificou maior produtividade do algodoeiro em sistema plantio direto, comparado ao sistema convencional. Brown et al. (1995) e Carvalho et al. (2004) observaram produtividade de algodão iguais em ambos os sistemas de manejo do solo. Pettigrew & Jones (2001) obtiveram menor produtividade do algodoeiro em sistema plantio direto.

Para Costa et al. (2006) não há diferença entre a qualidade do solo cultivado sob os sistemas de preparo convencional e plantio direto, em um Latossolo Vermelho com oito e dez anos de cultivo, avaliando os seguintes atributos: densidade do solo, porosidade total, capacidade de água disponível, grau de floculação, resistência do solo à penetração, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, fósforo remanescente, carbono da biomassa microbiana e respiração basal.

Diversos fatores que afetam o desenvolvimento e a produtividade do algodoeiro, dentre eles, destacam-se os sistemas de manejo do solo que, quando realizado de modo inadequado (uso de implementos de discos, monocultivo) associado ao uso abusivo e indiscriminado de insumos, elevam os custos de produção do algodão e contribuem para a degradação dos solos (Hernani & Salton, 2001 e Corrêa & Sharma, 2004).

Diversos trabalhos atestam a eficiência do sistema plantio direto, e relatam suas inúmeras vantagens: mantêm o solo coberto por restos culturais ou por plantas vivas o ano inteiro, minimizando os efeitos da erosão (Melo Filho & Silva 1993; Corrêa & Shama, 2004; Bertol et al., 2004), contribui para a manutenção do conteúdo de matéria orgânica (Albuquerque et al., 1995), melhora a produtividade (Silva et al., 1985; Dedecek, 1987; Tormena et al., 1998), a conservação e o aproveitamento de água (Melo Filho & Silva 1993; Salton & Mielniczuk, 1995; Lacerda & Silva, 2007), a produção de biomassa e o rendimento do algodão (Carvalho et al., 2004), melhora a condutividade hidráulica do solo saturado (Sdiras et al., 1984) e a estabilidade de agregados (Carpenedo & Mielniczuk, 1990), bem como diminui a temperatura do solo (Bragagnollo & Mielniczuk, 1990), contribui na fertilidade do solo pela decomposição lenta e gradual do material orgânico, e conseqüentemente, em suas características físicas, químicas (Lima et al., 2007) e biológicas (Moody et al., 1961; Kiehl, 1985).

Com todos os benefícios mencionados, alguns autores enfatizam que um bom preparo do solo é fundamental para a germinação e desenvolvimento homogêneo da cultura, além de facilitar o cultivo e a colheita do algodão (Lagiére, 1976; Grid-Papp et al., 1992). Harper (1977) menciona que as inversões da leiva efetuada pelo arado proporcionam elevada mortalidade dos diásporos e das partes vegetativas das infestantes enterradas.

O preparo do solo é uma das principais operações de manejo, pois cria condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas, além de reduzir as

plantas invasoras, manejar resíduos culturais conseqüentemente aumentando a porosidade total da camada preparada (Souza & Alves, 2003).

Apesar das mudanças positivas nas características físicas e químicas do solo, propiciadas pelo sistema de semeadura direta, Marcolan et al. (2007) afirmam que o cultivo continuado pode levar à consolidação natural do solo, advinda da ausência de preparo, ou à sua compactação superficial devido à pressão exercida pelo tráfego de máquinas durante as operações necessárias ao cultivo.

Apesar do menor tráfego que o solo é submetido no sistema plantio direto, o não revolvimento do solo causa um adensamento na camada superficial (Stone & Silveira, 2001). Segundo Rosolem et al. (1998) o aumento da resistência do solo à penetração afeta a distribuição e o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes pelo algodoeiro. Solos compactados trazem conseqüências diretas ao solo, como a redução da porosidade e da infiltração de água, e o aumento da resistência à penetração (Kirkegaard et al., 1993).

Segundo Wang et al. (1986) o cultivo de espécies com sistemas radiculares vigorosos, que deixam canais que propiciam condições favoráveis ao desenvolvimento das raízes da cultura subsequente, é uma alternativa para amenizar os efeitos da compactação. Silva & Rosolem (2002) observaram que o guandu favoreceu o crescimento radicular da soja em sucessão, abaixo da camada de solo compactada.

Para Lacerda & Silva (2006), as condições físicas e químicas encontradas no solo conservado potencializaram os efeitos positivos da inoculação com rizóbios associada à rotação de feijão-de-porco com o algodão. Segundo Corrêa & Shama (2004), a palhada do milho foi mais eficiente do que a do amaranto, nabo forrageiro, sorgo e aveia preta no controle de plantas daninhas, e a rotação soja-milho-soja-milho-algodão proporcionou maior produtividade no cultivo do algodoeiro em plantio direto no cerrado.

Lacerda & Silva (2007) estudando os efeitos do manejo e da adubação orgânica no rendimento do algodoeiro, o plantio direto foi mais eficiente que o preparo convencional na conservação da água e em sua utilização, proporcionando maior produção de biomassa e rendimento do algodão. Observaram que o pequeno incremento à densidade do solo no sistema plantio direto pode diminuir com o passar dos anos, devido ao aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial, melhorando inclusive a estrutura do solo.

Apesar de alguns paradigmas contrários, o algodoeiro deve ser cultivado de acordo com o que se preconiza para um sistema de produção sustentável, incluindo a

integração lavoura e pecuária e o sistema plantio direto (Lamas, 2007; Salton & Lamas, 2007). Este é o sistema de manejo do solo mais adequado para as regiões tropicais, caracterizados pelo cultivo sem revolvimento do solo, utilizando rotação de cultura, solo permanentemente coberto por palha ou vegetais em crescimento (Hernani & Salton, 2001).

Informações sobre o tempo para a recuperação do solo, sobre a influência dos tipos de material orgânico e de indicadores das alterações ainda são escassas na literatura. A recuperação de áreas degradadas é possível, porém trata-se de um processo lento e difícil, sendo necessária a escolha de plantas de boa capacidade de crescimento e desenvolvimento nesses ambientes degradados, bem como o uso de práticas de manejo do solo que favoreçam sua recuperação e a adição de fontes de matéria orgânica.

Estudando a recuperação dos atributos físicos do solo em função do tempo de revolvimento e do tempo de semeadura direta, Marcolan et al. (2007) concluíram que estes atributos foram mais uniformes no perfil cultivado sob o sistema de preparo convencional. Observaram que um eventual revolvimento do solo tem efeitos negativos sobre a estabilidade de agregados, e que estava relacionado principalmente com o teor de carbono orgânico. Contudo, o cultivo em sistema de semeadura direta nos quatro anos seguintes foi suficiente para que o solo voltasse ao estado anterior ao de mobilização e que o eventual revolvimento pode diminuir substancialmente a compactação dos solos, aumentar a macroporosidade e incorporar material orgânico, disponibilizando nutrientes.

Estudos como este são importantes para determinar a sustentabilidade do sistema plantio direto. Para a cultura do algodoeiro pode vir a ser uma opção, visto que a realização de todas as etapas de seu cultivo são feitas mecanicamente, sendo a cultura altamente tecnificada. Além destes estudos de comparação entre sistemas de produção determinando o estado de conservação e ou degradação do solo, outra forma de avaliação é a referência de um conjunto mínimo de dados, denominados indicadores de qualidade do solo.

Segundo Blancaneaux et al. (1997), o uso de metodologias que quantifiquem e qualifiquem as condições do solo serve como ferramentas importantes na avaliação da sustentabilidade dos sistemas de uso e manejo. Nesse sentido, o uso de indicadores de qualidade do solo vem facilitar o processo, auxiliando as decisões a serem tomadas.

## 2.4 INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Apesar de não recente, a discussão sobre o uso de indicadores vem ganhando força e expõe a dificuldade de chegar a um consenso sobre quais são capazes de atestar o impacto do uso agrícola dos solos. Em termos práticos, os agricultores usam indicadores empíricos, como a presença de determinadas plantas, insetos, minhocas entre outros, além da análise da fertilidade química do solo e compactação do solo (Karlen et al., 2003). O uso de indicadores de qualidade vem de forma a contribuir para manter o solo em condições aceitáveis para futuras gerações.

Segundo Doran & Parkin (1994), a qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade ou especificidade do solo em exercer várias funções de maneira sustentável, melhorando o ambiente, a planta, o animal e o homem. Larson & Pierce (1991) colocam que a qualidade do solo deve ser composta pelas propriedades físicas, químicas e biológicas. Bruggen & Semenov (2000) e Sposito & Zabel (2003) conceituam qualidade do solo como o equilíbrio entre condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos. Esse termo, muitas vezes utilizado como sinônimo de saúde do solo, refere-se a capacidade ou especificidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana, e sua avaliação depende de medições de indicadores de funções básicas do organismo (Larson & Pierce, 1991; Doran et al., 1996; Sposito & Zabel, 2003).

Definir e, principalmente quantificar e qualificar a qualidade do solo não é tarefa fácil. As dificuldades advêm de características intrínsecas, de interações do ecossistema, do uso e manejo do solo e de prioridades socioeconômicas e políticas. O método de sua avaliação vem sendo empregado para avaliar os efeitos do manejo no uso do solo. Consiste na aplicação de um ou vários indicadores de sua qualidade, que estejam relacionados às características, propriedades ou processos do solo.

O tipo de indicador escolhido depende da função a ser avaliada e da escala do estudo (isto é, lavoura, fazenda, bacia ou região). Contudo um indicador eficiente deve ser sensível ao manejo, bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, ser compreensível e útil para o agricultor e, de mensuração fácil e barata. Preferencialmente, devem ser mensurados a campo ou em condições que reflitam a real função que desempenham no ecossistema (Doran & Parkin, 1996).

De acordo com Santana & Bahia Filho (2002), os indicadores podem ser divididos em quatro grupos gerais: visuais, físicos, químicos e biológicos. Os indicadores visuais podem ser obtidos de observações ou de interpretação de fotografias, exposição do subsolo, mudança de cor do solo, sulcos ocasionais, acúmulo de água, enxurrada, resposta da planta, espécies de plantas daninhas, poeira e deposição. Evidências visuais podem ser uma indicação clara de que a qualidade do solo está sendo melhorada ou piorada (Larson & Pierce, 1991).

Os indicadores físicos são relacionados ao arranjo das partículas sólidas e dos poros. Exemplos incluem densidade global, porosidade, estabilidade de agregados, textura, encrostamento e compactação. Refletem ao desenvolvimento radicular, emergência de plântulas, infiltração ou movimento de água no perfil (Doran & Parkin, 1994). Silveira Neto et al. (2006) colocam que os indicadores porosidade e densidade do solo apresentam bom desempenho como indicadores de qualidade, distinguindo os efeitos proporcionados pelos sistemas de manejo. Assim contribuem de forma direta para o monitoramento do manejo de solo da região do cerrado (Beultler et al., 2001).

De acordo com Doran & Parkin (1994), entre as propriedades físicas propostas como indicadores básicos na avaliação da qualidade do solo, incluem-se a densidade e a taxa de infiltração de água. Segundo Ingaramo (2003), algumas das principais propriedades e fatores físicos considerados adequados para descrevê-la são: porosidade, distribuição de tamanhos de poros, resistência mecânica, condutividade hidráulica, distribuição de tamanho de partículas e profundidade em que as raízes crescem.

Os indicadores químicos incluem medições de pH, salinidade, matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes e concentração de elementos que podem ser potencialmente contaminantes (metais pesados, compostos radioativos etc.). As condições químicas do solo afetam a relação solo-planta, qualidade da água, capacidade tamponante, disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos, mobilidade de contaminantes, entre outros (Larson & Pierce, 1991).

Os indicadores biológicos incluem medições de micro e macrorganismos, suas atividades e subprodutos. Taxa de respiração pode ser usada para medir a atividade microbiológica, especialmente decomposição de matéria orgânica no solo. Ergosterol, um subproduto fúngico, tem sido usado para medir a atividade de organismos que têm um papel importante na estabilidade de agregados do solo. Medições de taxas de



decomposição de resíduos de plantas podem também servir como indicadores biológicos (Doran & Parkin, 1994).

Segundo Altieri (2002), uma das formas de melhorar a qualidade do solo é a adoção da prática de cultivo orgânico, as quais evitem ou praticamente excluam o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, procurando substituir insumos adquiridos por aqueles encontrados na propriedade ou próximos. Para Lima et al. (2007), esse tipo de cultivo favorece a recuperação das propriedades físicas e químicas, antes deterioradas pelo sistema de cultivo intensivo ou convencional.

Tótola & Chaer (2002) enfatiza que nenhum indicador individualmente conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos de qualidade do solo, devendo, pois, relacioná-los.

Devido ao aspecto multi-funcional do solo (suporte físico para as plantas, retenção e ciclagem de nutrientes, retenção e movimentação de água, suporte da biodiversidade entre outros), dada sua complexidade e sua diversidade, em todo o mundo existe uma grande dificuldade de definir um conjunto mínimo de indicadores que possam ser usados de forma universal. Esse fato é refletido em inúmeros trabalhos na literatura os quais, em sua maioria, analisam conjuntos de indicadores distintos. No entanto, independente do número e da natureza dos indicadores utilizados, critérios gerais têm sido definidos para selecioná-los (Stenberg, 1999; citados por Tótola & Chaer, 2002).

Assim, os critérios devem integrar as propriedades e processos químicos, físicos, biológicos e representar as propriedades e funções do solo que são mais difíceis de se medir diretamente; ter relevância ecológica com variações naturais bem conhecidas; sensíveis a variações em longo prazo no manejo e clima, mas resistentes a flutuações a curto prazo devido às mudanças climáticas ou desenvolvimento da cultura; possibilitar medição acurada e precisa por meio de ampla variação do tipo e condições do solo e de determinação simples e de baixo custo para permitir que grande número de análises seja realizada.

Segundo Santana & Bahia Filho (1998) existem pelo menos dois enfoques para medir e definir a sustentabilidade de um sistema agrícola. Um deles baseia-se na premissa de que indicadores importantes são locais específicos e mudanças ocorrem de acordo com as condições prevalentes em uma unidade produtiva. Por exemplo, em áreas acidentadas, erosão do solo é um importante componente de sustentabilidade, mas, em áreas planas, as perdas de solo por erosão são insignificantes e podem não ser um bom indicador. Baseado

nesse princípio, um protocolo para medir a sustentabilidade começa com uma lista de indicadores potenciais, da qual o planejador seleciona um subgrupo mais apropriado para aquela situação específica que está sendo avaliada. Esse enfoque elimina a dificuldade de selecionar e chegar a um consenso sob um grupo comum de indicadores de aplicação genérica. Ele deixa ao usuário a liberdade de selecionar seus próprios indicadores, o que é sempre atrativo. Por outro lado, esse enfoque de especificidade local dificulta a comparação de resultados de áreas onde foram escolhidos diferentes indicadores.

O outro enfoque baseia-se no princípio de que a definição e, conseqüentemente, as maneiras de medir a sustentabilidade são as mesmas independentemente da variabilidade de situações prevalentes nas diferentes propriedades. Sob esse princípio, sustentabilidade é definida por um conjunto de requerimentos que devem ser atendidos por qualquer propriedade, independente da gama de variações existentes. O que varia é a intensidade da variação em determinados indicadores (Santana & Bahia Filho, 1998).

De acordo com Liebig & Doran (1999) devem ser escolhidos indicadores que possam ser utilizados em áreas distintas, independentemente da diversidade de situações que prevaleçam. Os critérios para seleção de indicadores relacionam-se principalmente com a sua utilidade em definir os processos do ecossistema.

Santana & Bahia Filho (2002) estabeleceram critérios de referência sob dois diferentes aspectos: solo de área sob vegetação natural, representando as condições ecológicas de estabilidade do ambiente; e parâmetros agrônômicos que maximizem a produção e conservem o meio ambiente.

Larson & Pierce (1991) propuseram um conjunto mínimo de indicadores para serem usados na avaliação da sustentabilidade, com metodologia padronizada, para facilitar a comparação. Contudo, deve-se, também, selecionar indicadores locais que melhor atendam às especificidades da área em estudo, e que sejam usados por agricultores, extensionistas, planejadores, cientistas e políticos.

Gomez et al. (1996) usaram como princípio básico o valor médio da produtividade da região para se estabelecer o limite de sustentabilidade, em vez de um valor absoluto para todas as situações. Isso parece ser razoável, uma vez que os fazendeiros normalmente julgam sua posição em relação à de seus vizinhos. Com esse princípio, espera-se que limites de indicadores para regiões de grande variabilidade ambiental e sócio-econômica sejam bastante diferentes. Santana & Bahia Filho (1998), utilizando resultados de pesquisa, observações e conhecimento local, sugeriram um conjunto mínimo

de indicadores e seus limites de sustentabilidade, para ser usado como um guia na avaliação da qualidade de solos da região do cerrado.

Islam & Weil (2000) propuseram a utilização de dados de características físicas, químicas e biológicas coletadas em área de floresta natural não perturbada, como referência para montagem de um índice geral da qualidade do solo.

Pelo monitoramento das mudanças na qualidade do solo, pode determinar se um conjunto de práticas utilizadas está contribuindo ou não para a conservação do solo, além da facilidade de interpretação de dados, pois o referencial do produtor será a sua produtividade.

O monitoramento da qualidade do solo trás inúmeras vantagens do ponto de vista ambiental e econômico ao produtor. Espera-se que os desafios existentes sejam transpostos e resultem na identificação de indicadores expeditos de uso factíveis por técnicos e agricultores.

A escolha de um método adequado para a análise de dados resultantes da análise dos indicadores é também fundamental para auxiliar na resposta às questões científicas em estudo de avaliação da qualidade do solo. De modo geral, sugerem-se o uso de métodos integrativos que permitam a análise conjunta dos indicadores e a maior facilidade na interpretação dos resultados.

## 2.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

O método convencional de interpretação de resultados é feito pelo uso de valores tabelados, denominados níveis críticos ou faixas de concentração. A obtenção dessas faixas ou níveis são feitos por curvas de calibrações e dependem de uma série de fatores: ambiente, manejo do solo, sistemas agrícolas e das culturas. Segundo Ferreira & Carvalho, (2005) são resultados de exaustivos testes de respostas a doses de nutrientes em solos com diferentes níveis de fertilidade.

Para os resultados das análises de solo e folha, os níveis críticos ou faixas de concentração são estabelecidos em experimentos de campo, em que as diferentes concentrações de nutrientes são obtidas mediante adubações, já que nos solos em condições nativas, os nutrientes não se distribuem em todas as faixas.

São definidos a partir de aspectos fisiológicos e fisio-econômicos. No aspecto fisiológico, é definido como a faixa de concentração na qual o crescimento da planta é

restrito em comparação com o de plantas em níveis mais elevados (Ulrich, 1948, citado por Malavolta, 2006). Segundo Prevot & Ollagnier (1957) é a porcentagem de um elemento numa folha que está abaixo da porcentagem aplicada na adubação, tem fortes possibilidades de aumentar os rendimentos.

No aspecto fisio-econômico é definido como o nível de um elemento na folha abaixo do qual a produção é limitada e acima do qual a adubação não é econômica. O conceito foi descrito por diversos autores: Black (1993) e Malavolta et al., (1997).

Segundo Keisling & Mullixins (1979) e Dow & Roberts (1982), as faixas de concentração constituem o método mais aprimorado de interpretação de análises de solo e folha, uma vez que considera uma faixa de concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade diminuem significativamente, especialmente para culturas em que existe grande variedade de materiais genéticos.

A comparação entre a produção obtida e o nível de nutrientes extraídos permite obter as curvas de calibração. As curvas de calibração para os nutrientes representam a correlação entre as respostas das culturas aos nutrientes aplicados nas adubações e os teores no solo ou folha, servindo de base para a interpretação (Cantarella et al., 1995). A partir dessas curvas é que são definidas as classes de interpretação (Dahnke & Olsen, 1990).

Há divergências, na prática, quanto ao nível de redução de produção, quando se calcula o nível crítico. Por exemplo, Ulrich & Hills (1967) estabeleceram o nível crítico para diversas culturas com a concentração correspondente a uma produção de 95 % da ótima. Gallo et al. (1965) estabeleceram uma produção de 80 % da produção ótima.

A utilização dos teores de argila como variável auxiliar na interpretação dos teores extraídos pelo Mehlich I, tem sido um importante refinamento (Cantarella et al., 1995) nas interpretações de análises de P no solo do estado de Goiás (Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás, 1988). Conforme Goedert et al. (1980, 1985), para solos argilosos da região do cerrado têm-se verificado que os níveis críticos de P extraídos pelo Mehlich I variam de 5 a 10 mg dm<sup>-3</sup>. Para teores entre 36% a 60% de argila, Souza & Lobato (2004) citam valores de níveis críticos entre 8,1 a 12 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído pelo extrator Mehlich I.

A maioria dos experimentos de campo, ou em casa de vegetação, não menciona níveis críticos no solo, ou no tecido vegetal, que permite avaliar melhor sua disponibilidade. Para a diagnose foliar, considerando os fatores que interagem modificando

a composição das folhas, em parte as faixas de concentração são encontrados para cada cultura individualmente, levando em conta diferentes produtividades (Malavolta, 2006). O mesmo acontece para os atributos visuais, os quais devem considerar as características da cultura, bem como sua produtividade.

Para os atributos físicos do solo, as interpretações dos resultados são feitas por meio de comparações das variáveis dos diferentes manejos, preparos e tipos de solos. Contudo, existem muitas controvérsias entre as metodologias usadas e as interpretações para os parâmetros físicos do solo.

As principais desvantagens desses métodos de interpretação convencional são: as limitações quanto a exigência à instalação de experimentos de campo, que são dispendiosos e demandam muito tempo; a interpretação individual dos nutrientes, não levando em consideração as limitações entre eles; a variação da concentração de nutrientes com a idade do vegetal e o grau de desenvolvimento (Hanway & Weber, 1971); as diferenças varietais (Keogh et al., 1972; Mascarenhas et al., 1980) e limitações entre dois nutrientes, não sendo possível avaliar qual deles é o mais limitante para a produção (Hanson, 1981).

Outro problema na interpretação pelo método convencional é que as relações encontradas entre os fatores são, conseqüentemente, específicas para as técnicas experimentais adotadas (Andrew, 1968; Walworth et al., 1986). Assim, a metodologia, além de morosa, é cara, pois envolve trabalhos de calibrações em diferentes regiões e culturas.

Baseados em uma combinação de propriedades do solo ou em indicadores de qualidade que melhor reflitam as principais alterações em curso, a interpretação dos resultados pode vir a ter como base parâmetros agrônômicos que maximizem a produção e que conservem o meio ambiente. A interpretação dos resultados em função da produtividade irá conscientizar o produtor e as situações por ele estabelecido levando em consideração sua própria produtividade esperada.

A metodologia descrita por Oliveira (1998) permite a determinação simultânea de níveis de suficiência para diferentes produtividades de forma precisa, rápida e econômica. Com esta abordagem é possível estabelecer relações que sejam favoráveis à produtividade das culturas, a partir de determinações obtidas por meio de análises químicas e físicas de solo, dos teores foliares, e das condições visuais das lavouras.

Trata-se de combinações das relações existentes entre as variáveis de cada grupo. As relações ótimas são chamadas de normas. As relações entre as variáveis do seu grupo são comparadas entre si e com as normas, determinando-se os níveis de sustentabilidade, através do nível de suficiência apresentado-lhes em classes de interpretação com abaixo do adequado, adequados ou acima do adequado.

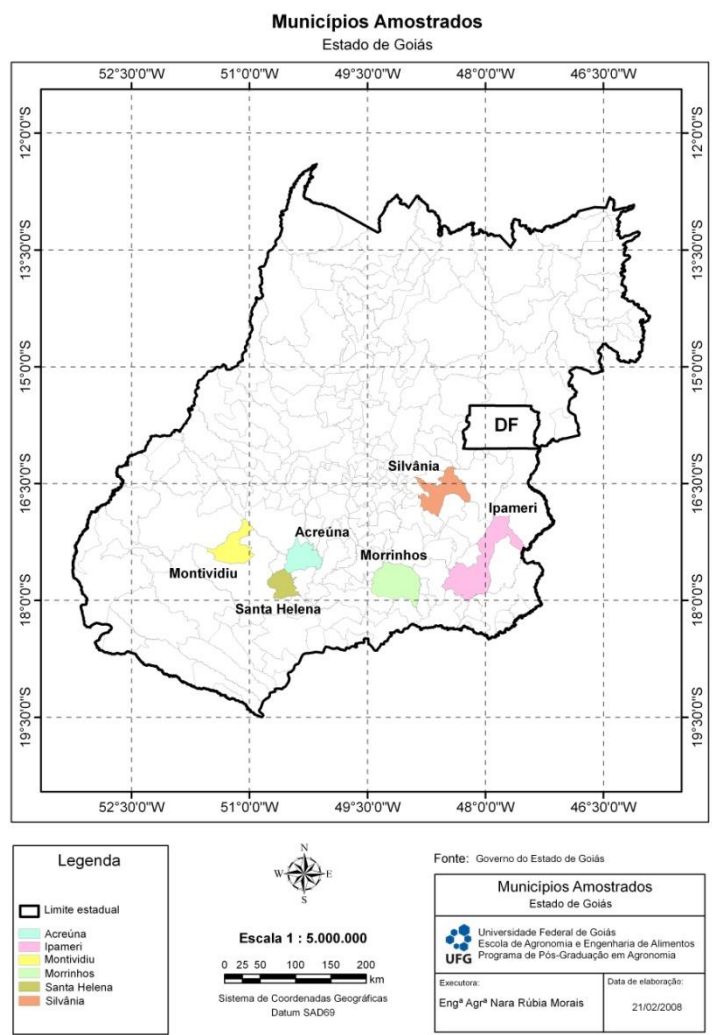
A base de dados pode ser obtida tanto em experimentos de adubação como em áreas comerciais. Quando se emprega esse tipo de dado (áreas comerciais), a distribuição de valores geralmente não segue a distribuição normal. Para normalizar Beaufile (1973) propôs a divisão da base de dados em dois subgrupos, um de alta produtividade e o outro de baixa produtividade. Os valores obtidos para o subgrupo mais produtivo permanecem normalmente distribuídos, e são utilizados como referência para o estabelecimento das normas.

Não existe um critério bem definido para a separação da população amostrada em baixa e alta produtividade. Walworth et al. (1986) sugerem uma definição arbitrária do nível de produtividade considerado para estabelecimento do ponto de corte entre as duas populações. Malavolta et al. (1989) sugerem o rendimento de 80 % no máximo para separar as duas populações.

Por meio dessa metodologia, encontramos os níveis de suficiência para cada variável, também denominados níveis de sustentabilidade, considerando uma diversidade de fatores e principalmente a alta produtividade para a cultura.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante as safras 2004/2005, 2005/2006 e 2006/2007. Foram selecionadas 203 parcelas de 60 m<sup>2</sup>, distribuídas em áreas comerciais localizadas em Acreúna, Ipameri, Montividiu, Morrinhos, Santa Helena de Goiás e Silvânia (Figura 1). Nessas áreas os algodoeiros foram cultivados em sistema de preparo convencional, cultivo reduzido e plantio semidireto, em solos com diferentes gêneses e textura, submetidos às condições pluviais distintas.



**Figura 1.** Localização dos municípios amostrados.

Na seleção dessas áreas procurou-se manter a variabilidade da cultura do algodoeiro do estado de Goiás. Em cada parcela foram realizadas amostragens de solo e de parte de plantas dispostas em número (Tabela 1) e posições aleatórias em cada área.

**Tabela 1.** Descrição das parcelas analisadas na região central de Goiás.

Município	Sigla	Safra	n	Sistema de Preparo
Acreúna	AC	2004/2005	20	Convencional
Acreúna	FR	2004/2005	10	Reduzido
Acreúna	IZ	2004/2005	14	Convencional
Ipameri	IPA	2004/2005	20	Convencional
Montividiu	SCV	2004/2005	36	Reduzido
Morrinhos	MO	2004/2005	14	Reduzido
Santa Helena de Goiás	SHC	2004/2005	16	Convencional
Silvânia	SIL	2004/2005	10	Semidireto
Silvânia	SIL	2005/2006	40	Semidireto
Silvânia	SIL	2006/2007	23	Semidireto

n = número de amostras coletadas em cada local.

Nas áreas preparadas sob sistema convencional foram realizadas uma aração e duas gradagens pesadas ou somente duas gradagens pesadas. Nessas áreas, em geral, o algodoeiro é cultivado como uma monocultura. Nas áreas em sistema de plantio reduzido o solo foi preparado com o uso de implemento sobre os resíduos da cultura anterior e com o mínimo revolvimento necessário. Nas áreas de plantio semidireto o solo foi preparado com aração e gradagens, porém, no início da estação chuvosa foi semeado o milho como planta de cobertura do solo, permitindo a semeadura direta do algodoeiro na palha.

Em cada parcela foram realizadas as análises visuais (escala de notas em cada parcela) por meio de amostragem realizada por dois avaliadores e as determinações físico-químicas do solo e químicas dos algodoeiros, durante o período de máximo desenvolvimento da cultura.

A partir dos resultados analíticos, os indicadores foram divididos em quatro grupos de variáveis: teores de nutrientes nas folhas, físicas do solo, químicas do solo e visuais. O grupo de variáveis foliares foi composto pelos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e boro (B). Nas variáveis visuais foi incluída a altura de plantas (HP), o número de plantas por metro (NP), os índices de ataque de pragas (AP), de doenças (AD), da presença de plantas daninhas (PD), de área foliar (AF) e de cobertura do solo (NC).



No grupo de variáveis químicas do solo foram incluídos: capacidade de troca de cátions (CTC), matéria orgânica (MO), P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B. No grupo de físicas do solo foram incluídos a densidade do solo (Ds), volume total de poros (VTP), microporosidade (MI), macroporosidade (MA), 6 classes de tamanho de agregados (AG) (> 2 mm, 1 a 2 mm, 0,5 a 1,0 mm, 0,25 a 0,50 mm, 0,105 a 0,250 mm e < 0,105 mm), e dois índices de agregação: o diâmetro médio geométrico (DMG) e ponderado (DMP) e a resistência do solo a penetração mecânica (RP).

### 3.1 ANÁLISES FOLIARES

Para a avaliação dos teores foliares foram coletadas 30 amostras de folhas por parcela, durante pleno florescimento, da 5ª folhas a partir da ponta da haste principal, conforme recomendação de Malavolta et al. (1997). As amostras foram colocadas em sacos de papel e transportados ao laboratório da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos - Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG), onde se processaram as determinações. Os teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, foram feitos de acordo com a metodologia descrita por Bataglia et al. (1978).

### 3.2 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Para determinar o teor de nutrientes nos solos foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 a 20 cm, usando um trado holandês na linha e entre linha de plantio. As coletas foram durante o período de florescimento da cultura.

A determinação dos parâmetros químicos ocorreu nas dependências do Laboratório de Solos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG) e para todas as análises químicas de solo realizadas foram utilizados os métodos EMBRAPA (1997).

### 3.3 ANÁLISES VISUAIS

Em cada parcela foi realizada a avaliação visual das condições da lavoura por meio de uma análise de notas no período de pleno florescimento da cultura. As notas eram

atribuídas às condições de cada parcela por observação de dois avaliadores diferentes. Para a determinação do percentual de cobertura do solo pelas culturas de coberturas, foi usada uma escala de notas variando de 1 a 6 nas épocas da determinação da biomassa: 1 = sem cobertura alguma e 6 = 100 % de cobertura do solo.

A altura das plantas foi determinada tomando-se a altura de dez plantas em 2 metros. O número médio de plantas por metro foi obtido com base em quatro repetições. O valor médio da nota de área foliar foi calculado usando-se a seguinte escala: 6 = ótimo desenvolvimento, 5 = bom desenvolvimento, 4 = desenvolvimento regular, 3 = baixo desenvolvimento, 2 = péssimo desenvolvimento, 1 = sem desenvolvimento. A nota de ataque pragas foi dada com base na escala 6 = ataque muito alto, 5 = ataque alto, 4 = ataque regular, 3 = baixo ataque, 2 = muito baixo ataque, 1 = sem ataque. A nota ataque doença seguiu uma escala semelhante: 6 = ataque muito alto, 5 = ataque alto, 4 = ataque regular, 3 = baixo ataque, 2 = muito baixo ataque, 1 = sem ataque. Para a nota de infestação de plantas daninhas, utilizou-se a mesma escala 6 = infestação muito alta, 5 = infestação alta, 4 = infestação regular, 3 = infestação baixa, 2 = infestação muito baixa, 1 = sem infestação.

#### 3.4 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

Para determinar as propriedades físicas dos solos foram coletadas amostras deformadas e indeformadas. As amostras indeformadas foram coletadas utilizando um coletor de anéis volumétricos de 5 x 5 cm. Essas amostras foram acondicionadas em filme plástico e papel alumínio e armazenadas na geladeira para a preservação de suas características, antes de iniciar a determinação das condições de porosidade e de densidade do solo. As amostras deformadas foram coletadas com trado holandês e através de torrões de solo para determinação da textura e da estabilidade de agregados dos solos, respectivamente. As coletas foram durante o período de florescimento da cultura.

As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos - Universidade Federal de Goiás (LFS-EA/UFG) conforme as metodologias descritas em EMBRAPA (1997).

A resistência do solo a penetração (RP) foi obtida por meio de um penetrômetro vertical de impacto, modelo IAA/ PLANALÇÚCAR (Stolf, 1983), de ponta

fina, na profundidade de 0 a 60 cm entre as linhas de plantio, com 3 repetições em cada parcela.

### 3.5 PRODUTIVIDADE

Depois da maturação fisiológica, utilizou-se uma corda de cinco metros para marcar as plantas de cada parcela analisada. A produtividade das plantas foi tomada em pontos escolhidos aleatoriamente ao longo de duas linhas de cinco metros de plantio, colhendo-se os capulhos da área útil do experimento. A área útil para a determinação da produtividade foi de 9 m<sup>2</sup> por parcela.. As amostras coletadas foram ensacadas e levadas ao laboratório da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG), onde foram pesadas.

### 3.6 ANÁLISES DOS DADOS

O primeiro passo foi a criação de um banco de dados, composto por 203 parcelas em áreas comerciais. Os dados foram submetidos às análises univariadas encontrando as médias, mínimo, máximos, coeficientes de variação e desvio padrão. Em seguida foram feitas as correlações de pearson entre as variáveis de cada grupo nutricionais, químicas do solo, física do solo e visuais.

Essa população foi dividida em um subgrupo, um de baixa produtividade (população A) e outro de alta produtividade (população B) (Beaufils, 1973 e Malavolta et al., 1989). Para cada sub-grupo foi calculada a média, o coeficiente de variação e a variância para todas as relações possíveis (Beaufils, 1971, 1973). O número de relações possíveis é dado pela expressão:

$$n = (n^{\circ} \text{ nutriente} \times (n^{\circ} \text{ de nutrientes} - 1))$$

Com esses cálculos estabelecemos as normas ou padrões. As normas são valores médios de cada variável e das relações desses variáveis, com as respectivas variâncias, para um grande número de casos, ou seja, as relações binárias entre as variáveis de cada grupo (solo, folha, física e visual) dentro da população de alta produtividade (Beaufils, 1973). A divisão em sub-grupos foi tomado com base no valor de 3000 kg ha<sup>-1</sup>.

Estabelecidas as normas, calculamos os índices relativos de sustentabilidade conforme procedimento descrito por Beaufils (1973) e modificado por Alvarez & Leite (1992), sendo esses obtidos calculando-se a média das relações diretas e inversas entre as

variáveis. Foram empregadas no cálculo dos índices as que apresentam maior relação de variância entre os dois subgrupos (variância do subgrupo de baixa produtividade, sob variância do subgrupo de alta produtividade). A equação para cálculo dos índices é:

$$\text{Índice A} = \frac{Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(N/A)}{n-1}$$

Em que:  $Z(A/B)$  até  $Z(N/A)$  são as relações normais reduzidas diretas ou inversas de todas as variáveis em relação a uma variável.

Antes da comparação propriamente dita das relações das variáveis (amostra vs. padrão) é necessário transformar os dados das relações através das funções reduzidas. As funções reduzidas foram calculadas pelo procedimento de Beaufils (1971, 1973) e Oliveira (1998), conforme descrito pelas equações 2 e 3 e levam em consideração se amostra é maior ou menor que o padrão.

$$(2) \quad Z(A/B) = \left( \frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \frac{Kt}{CV_{a/b}} \quad \text{Se } A/B > a/b$$

$$(3) \quad Z(A/B) = \left( 1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \frac{Kt}{CV_{a/b}} \quad \text{Se } a/b > A/B$$

Em que:  $A/B$  é o quociente dos teores das variáveis A e B da amostra em análise e interpretação;  $a/b$  é a média da razão das variáveis A e B da população de referência;  $CV_{a/b}$  - é o coeficiente de variação da razão das variáveis A e B da população de referência, que satisfaz definido nível mínimo de produtividade;  $Kt$  é o coeficiente de sensibilidade que tem valor arbitrário, normalmente 100, 500 ou 1.000. Os índices são calculados pela média das funções reduzidas

Foram calculados os ajustes de equações polinomiais entre os teores da variável independente, e os índices de sustentabilidade da variável dependente, respectivamente, para todos os grupos de análises. Com essas equações de ajuste obteve-se o nível de suficiência (NS) para cada variável. As faixas consideradas adequadas ou

suficientes foram calculadas com base nos NS + desvios padrão da população mais produtiva. Para as análises estatísticas utilizou-se o programa estatístico Stastical Analysis System ó SAS (Freund & Little, 1981).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISES FOLIARES

A produtividade média obtida foi de 3.114 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço mostrando o potencial produtivo da cultura no cerrado. A produtividade máxima foi de 5.319 kg ha<sup>-1</sup> e a mínima 955 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores máximos, mínimos, médias coeficiente de variação e desvio padrão, das variáveis de folha, obtidos para a cultura do algodoeiro em 203 parcelas na região do cerrado.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	DP <sup>2</sup>	CV <sup>1</sup> (%)
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	955,56	5319,00	3114,00	934,48	30,01
N (g kg <sup>-1</sup> )	32,09	61,32	47,34	5,93	12,53
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,76	9,55	4,13	1,55	37,53
K (g kg <sup>-1</sup> )	10,00	37,50	18,94	5,22	27,56
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	9,90	54,00	28,34	11,35	40,05
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,00	11,10	4,93	1,74	35,29
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,50	7,90	3,95	1,46	36,96
B (mg kg <sup>-1</sup> )	27,50	128,50	59,18	18,20	30,75
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	3,00	105,00	20,55	20,06	97,62
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	54,00	6850,00	324,37	536,42	165,37
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	24,00	423,00	143,99	75,72	52,59
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	9,30	63,00	29,07	9,40	32,34

<sup>1</sup>CV = coeficiente de variação, %; <sup>2</sup>.DP = desvio padrão da média.

As baixas produtividades foram decorrentes dos ataques de pragas, doenças, infestações de plantas daninhas e manejo inadequado da cultura, em algumas parcelas de algumas propriedades. Freire & Farias (1998) encontraram variação de produtividade do algodoeiro entre 1.609 kg ha<sup>-1</sup> a 4.565 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com o manejo da cultura. Corrêa & Sharma (2004) também encontraram valores de produtividade para a cultura do algodão nessa amplitude de variação em sistema de plantio direto. Segundo Ferreira & Carvalho (2005), produtividade de 4.500 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço são comuns, porém a média para o estado de Goiás é de 3.285 kg ha<sup>-1</sup>, corroborando com os dados obtidos neste trabalho.

Observa-se ainda que, segundo as classes de interpretação dos teores de nutrientes nas folhas proposta por Malavolta (2006), os valores médios dos nutrientes N ( $47,34 \text{ g kg}^{-1}$ ), K ( $18,94 \text{ g kg}^{-1}$ ), Mg ( $4,93 \text{ g kg}^{-1}$ ), enquadram-se na classe média; Ca ( $28,34 \text{ g kg}^{-1}$ ), S ( $3,95 \text{ g kg}^{-1}$ ), Zn ( $29,07 \text{ mg kg}^{-1}$ ), enquadram-se na classe baixa; os valores de P ( $4,13 \text{ g kg}^{-1}$ ), B ( $59,18 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Cu ( $20,55 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Fe ( $324,37 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mn ( $143,99 \text{ mg kg}^{-1}$ ) enquadram-se na classe alta.

Na cultura do algodoeiro, os casos mais comuns de deficiência de macronutrientes são dos elementos N, P, K, Mg e S e de excessos são N e K (Malavolta, 2006). Assim, a interpretação dos nutrientes N e K nas folhas de algodão, considerando o valor médio não apresentaram deficiência e nem excesso. Os resultados certamente apresentaram-se dessa forma, pois as coletas das amostras de folhas foram feitas durante o período de máximo florescimento do algodoeiro (cerca de 90 dias da germinação). Segundo Ferreira & Carvalho (2005), coletas de folhas no início do florescimento não refletem o estado tradicional do algodoeiro e não tem utilidade para fins de diagnósticos de deficiências e excessos, com base nas faixas de suficiência ou teor crítico na folha.

Os maiores coeficientes de variação das análises foliares foram obtidos para os teores de Mn (52,59 %), Cu (97,62 %) e Fe (165,37 %). Alguns micronutrientes apresentaram valores acima dos estabelecidos como adequados pela literatura. Malavolta (2006) recomenda valores de Mn nas folhas entre  $60,0 \text{ mg Kg}^{-1}$  e  $70,0 \text{ mg Kg}^{-1}$ , enquanto o encontrado foi de  $143,99 \text{ mg Kg}^{-1}$ . O mesmo se observou para os teores de Fe, sendo que os teores recomendados para esse elemento são de  $100 \text{ mg Kg}^{-1}$  a  $150 \text{ mg Kg}^{-1}$ . O valor médio encontrado foi de  $324,37 \text{ mg Kg}^{-1}$  variando de  $54 \text{ mg Kg}^{-1}$  a  $6850 \text{ mg Kg}^{-1}$ . Para Neves et al. (2005), os elementos Fe e Mn na folha do algodão necessitam de mais estudos.

Conforme os dados da Tabela 3, os maiores coeficientes de correlação linear entre a produtividade e nutrientes das folhas foram obtidos para N (0,43), P (0,41) e para o Fe (0,20). O P é um nutriente que está envolvido em todas as transferências de energia na planta (Ferreira & Carvalho, 2005). A nutrição adequada do algodoeiro com esse elemento regulariza o ciclo, aumenta a capacidade de florescimento, de frutificação e de produção, além de melhorar o comprimento da fibra (Silva, 1999). Apesar do valor médio do teor de Fe na folha estar acima do recomendado, fica evidenciada a correlação positiva e significativa entre o elemento e a produtividade.

**Tabela 3.** Estimativa de correlação de Pearson entre as diferentes variáveis nutricionais da folha da cultura do algodão, em 203 parcelas, na região do cerrado. Safras 2004/2005; 2005/2006 e 2006/2007.

Variáveis	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Produtividade	0,43 **	0,41 **	-0,06 ns	- 0,33 **	- 0,14 *	0,04 ns	- 0,18 **	- 0,12 ns	0,20 **	- 0,10 ns	- 0,25 **
N (g kg <sup>-1</sup> )	-	0,42 **	0,02 ns	- 0,40 **	- 0,18 **	0,16 ns	-0,35 **	- 0,12 ns	0,10 ns	- 0,17 *	0,09 ns
P (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	- 0,18 **	0,08 ns	0,02 ns	0,25 **	- 0,33 **	- 0,11 ns	- 0,03 ns	- 0,14 *	- 0,23 **
K (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	- 0,38 **	-0,42 **	-0,04 ns	- 0,15 *	- 0,07 ns	0,11 ns	0,13 ns	0,28 **
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	0,30 **	0,21 **	0,36 **	0,24 **	- 0,31 **	0,30 **	0,01 ns
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	- 0,05 ns	0,13 *	0,07 ns	- 0,16 *	0,18 **	0,04 ns
S (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	0,01 ns	- 0,08 ns	- 0,26 **	- 0,03 ns	0,20 **
B (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	0,27 **	- 0,08 ns	0,08 ns	0,03 ns
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0,08 ns	0,19 *	0,02 ns
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0,08 ns	- 0,11 ns
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38 **

Nível de significância para rejeição da hipótese de correlação igual a zero: ns ó não significativo; \* significativo a 5 %; e \*\* significativo a 1 %.

Verifica-se ainda que as interações entre os nutrientes P e N (0,42), Ca e Mg (0,30), Ca e B (0,36), Mn e Zn (0,38) apresentaram maiores valores de coeficiente de correlação de Pearson.

Malavolta (1980) e Malavolta et al. (1997) retratam que correlações positivas entre os nutrientes indicam efeitos de sinergismo, ou seja, a absorção de um elemento favorece a absorção do outro. Observa-se a correlação positiva e significativa entre o Ca e o B, ambos de grande importância para a cultura do algodoeiro. As funções do B na planta estão associadas com a do Ca na regulação e funcionamento da membrana e parede celular, divisão e aumento da célula, sendo essencial à formação dos tecidos meristemáticos; tem influência no desenvolvimento de raízes, absorção de nutrientes e germinação do grão de pólen; transporte de carboidratos e síntese de proteínas (Carvalho et al., 2007).

A correlação de K na folha não foi significativa (Tabela 3) com a produtividade apresentando uma relação negativa. Freitas et al. (2007) mostraram que a



produção de algodão em caroço é positivamente influenciada pela adubação potássica, tanto via solo como folha. Outros trabalhos relatam o aumento da produtividade de algodoeiro em função da aplicação de  $\text{KNO}_3$  (Oosterhuis, 1992; Chang & Oosterhuis, 1995; Weir et al., 1995; Howard et al., 1998; Coker et al., 2001). Em condições de veranico Ferreira & Carvalho (2005) observaram que em períodos de máximo requerimento do K, o algodoeiro responde à aplicação de K via pulverização foliar. Alguns autores não observaram efeitos da adubação foliar potássica sobre a produtividade e nas principais características da qualidade da fibra de algodão (Carvalho et al., 2001; Coker et al., 2001).

Através dos níveis de suficiência (Tabela 4) foram geradas as faixas adequadas de suficiência (Tabela 5) e comparadas aos níveis de suficiência recomendados por Bataglia (1991), Silva et al. (1995), Oliveira (2004) e Malavolta (2006).

**Tabela 4.** Equações de regressão entre a concentração da variável (Y) e o índice de sustentabilidade da variável (X) relativa à análise dos teores foliares de 203 parcelas. NS = nível de suficiência. DP = desvio padrão da média.

Variável	NS	DP	Coeficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2$						$r^2$ / teste F <sup>1</sup>	
			a	b	c					
N (g kg <sup>-1</sup> )	50,67	4,81	Y =	50,6705	+	0,2900	x -	0,0026	x <sup>2</sup>	0,306ns
P (g kg <sup>-1</sup> )	4,14	1,77	Y =	4,1464	+	0,1120	x +	0,0014	x <sup>2</sup>	0,858**
K (g kg <sup>-1</sup> )	17,17	4,35	Y =	17,1733	+	0,2742	x +	0,0009	x <sup>2</sup>	0,649ns
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	22,34	10,95	Y =	22,3474	+	0,7369	x +	0,0160	x <sup>2</sup>	0,878ns
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	4,61	1,28	Y =	4,6163	+	0,1137	x +	0,0005	x <sup>2</sup>	0,843**
S (g kg <sup>-1</sup> )	3,87	1,66	Y =	3,8713	+	0,1187	x +	0,0009	x <sup>2</sup>	0,808**
B (mg kg <sup>-1</sup> )	65,17	16,03	Y =	65,1782	+	1,3194	x +	0,0149	x <sup>2</sup>	0,740**
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	14,59	15,82	Y =	14,5978	+	0,6650	x +	0,0025	x <sup>2</sup>	0,968**
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	381,68	682,21	Y =	381,6816	+	13,3290	x +	0,0516	x <sup>2</sup>	0,948**
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	117,78	79,00	Y =	117,7868	+	4,4441	x +	0,0496	x <sup>2</sup>	0,908**
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	27,37	10,32	Y =	27,3768	+	0,7934	x +	0,0089	x <sup>2</sup>	0,837**

<sup>1</sup>Teste F. Nível de significância do teste F: \* = significativo a 5 %; \*\* = significativo a 1 % e ns = não-significativo. Y = variável; X = índice de sustentabilidade.

**Tabela 5.** Faixas de suficiência para os resultados da análise dos teores foliares de algodão propostas por diferentes autores.

Variável	Faixa de suficiência de acordo com diferentes autores <sup>1</sup>
----------	--

	A	B	C	D	E
N (g kg <sup>-1</sup> )	50 - 55	35 - 43	45 - 50	-	35-40
P (g kg <sup>-1</sup> )	4 - 6	2,5 - 4	2,5 - 4	-	2 - 4
K (g kg <sup>-1</sup> )	17 - 22	15 - 25	21 - 24	-	15 - 25
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	23 - 33	20 - 35	30 - 35	-	20 - 35
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	5 - 6	3 - 8	4 - 5	-	3 - 8
S (g kg <sup>-1</sup> )	4 - 6	4 - 8	5 - 6	-	4 - 8
B (mg kg <sup>-1</sup> )	65 - 80	30 - 50	40 - 50	40 - 100	30 - 50
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	15 - 30	50 - 250	8 - 10	8 - 20	5 - 25
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	380 - 1100	50 - 350	100 - 150	50 - 250	40 - 250
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	115 - 200	20 - 60	60 - 70	50 - 350	25 - 300
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	28 - 38	40 - 100	25 - 65	20 - 60	25 - 200

<sup>1</sup> A = Obtido no trabalho, B = Silva et al., (1995); C = Malavolta (2006); D = Bataglia (1991) e E = Oliveira (2004).

Os nutrientes N, K e Ca não foram significativos ao teste F (Tabela 4). Contudo, ao estabelecer as faixas de suficiência para estes elementos, estes se encontram condizentes com as concentrações indicadas como adequadas por Oliveira (2004) e Malavolta (2006).

Vários autores relatam importância do K na produção do algodoeiro (Silva, 1999; Freitas et al., 2007). Estando o K (18,94 dag kg<sup>-1</sup>) dentro da classe considerada adequada na folha, ocorre aumento do peso dos capulhos, aumento de peso das sementes, aumento na porcentagem de fibras, melhoria no índice de *micronaire* (finura e maturidade da fibra) e na resistência a tração.

Os níveis adequados de S ficaram parcialmente menores em comparação com os dados obtidos por Silva et al. (1995), Malavolta (2006) e Oliveira (2004). Silva (2006) descreve que o S é extraído em quantidades semelhantes ao P, e que na sua deficiência, as plantas são pouco ramificadas e improdutivas (Tabela 5). Para os teores de N, P, Mg, Cu, Fe, Mn e B as faixas de suficiência foram maiores e ou parcialmente maiores (Tabela 5), das recomendadas por Silva et al. (1995), Malavolta (2006), Bataglia (1991) e Oliveira (2004).

Os elementos Cu, Mn e Fe apresentaram faixas de suficiências elevadas (Tabela 5). Esta ocorrência pode ser devido ao excesso de pulverizações, que influenciam no aumento da concentração de Cu e Mn, elementos comuns na formulação de defensivos agrícolas (Bataglia et al., 2004). A alta concentração do Fe pode estar relacionada aos tipos de solos, nos quais se cultiva o algodoeiro em Goiás, pois são ricos em óxidos de ferro (Carvalho et al., 2007).

Nutrientes como Fe e Mn mostram grande variabilidade de concentrações, principalmente devido às condições edafoclimáticas. Algumas estratégias de cálculos têm sido testadas para minimizar essa variabilidade, mas ainda não há um consenso sobre o assunto (Beverly, 1987; Baldock & Schulte, 1996; Bataglia et al., 2000; Bataglia et al., 2004).

Observando-se a Tabela 6, o N e o S foram os macronutrientes que apresentaram valores abaixo do adequado. Esses elementos têm relação direta com os teores de MO presente no solo, desta forma ao observar que a maioria das áreas encontrava-se em sistema de plantio convencional, com baixos teores de MO, o que se pode explicar a baixa concentração desses elementos nas folhas.

**Tabela 6.** Critérios de interpretação conforme a faixa de suficiência sugerida por cada autor, tomando como base os valores médios de cada nutriente, obtidas para a cultura do algodoeiro.

Autores	Critérios de interpretação		
	Baixo	Adequado	Alto
Proposto pelo autor <sup>1</sup>	N, Mg, S, Fe	P, K, Ca, B, Cu, Mn, Zn	-
Silva et al (1995)	S, Cu, Zn	Fe	B, Mn
Malavolta (2006)	N, K, Ca, S	Mg, Zn	P, B, Cu, Fe, Mn
Bataglia (1991)	-	B, Fe, Mn, Zn	Cu
Oliveira (2004)	N, S	K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn	P, B, Fe

<sup>1</sup>Obtido no trabalho.

A matéria orgânica no solo é a chave para a sua fertilidade e produtividade, e ela tem uma parte preponderante em todos os aspectos da fertilidade do solo, isto é, química, biológica e física, já que constitui o principal receptor de nutrientes para as plantas, principalmente N, P e S (Primavesi, 1987).

Carvalho et al. (2007) compararam teores adequados de nutrientes usados na interpretação dos resultados de análise da 5ª folha do algodoeiro com os teores obtidos em algumas lavouras de algodão de alta produtividade no cerrado. Concluíram que os valores que são mais consistentes com os observados em campos, parcelas experimentais e lavouras comerciais, são os teores medidos na 5ª folha do algodoeiro no estágio de máximo florescimento. Os dados obtidos neste estudo encontram-se intermediários quanto às comparações dos teores de nutrientes nas condições estudadas por Carvalho et al (2007).

Os teores dos principais nutrientes requeridos pela cultura (P, K, Ca e B) estão discordando (Tabela 6) dos resultados obtidos por Malavolta (2006) e Oliveira (2004) e

concordam com Oliveira (2004), em relação a K, Ca, Cu, Mn e Zn. O N encontrado apresenta-se com teores considerados baixos de acordo com as interpretações dos autores.

A adubação nitrogenada para a cultura do algodoeiro, conforme a Comissão de Fertilidade do Solo para o Estado de Goiás (1988) é de 20 kg ha<sup>-1</sup> no plantio e 40 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura por ano. Atualmente, a literatura recomenda doses anuais entre 120 kg ha<sup>-1</sup> e 175 kg ha<sup>-1</sup> parcelados no plantio e na cobertura, para sistema plantio direto, sendo que para o plantio convencional o recomendado no mínimo é de 80 a 100 kg ha<sup>-1</sup> (Ferreira & Carvalho, 2005). Observa-se que houve incremento nas doses recomendadas para fins de adubação de N e demais elementos como P, B e Fe com o passar dos anos, sendo esse aumento associado à melhoria das cultivares e suas exigências.

A faixa de interpretação para o S ficou abaixo das recomendadas pelos autores, neste trabalho, concorda apenas com Oliveira (2004). Este fato pode ser decorrente da baixa quantidade deste macronutriente nos solos do cerrado e também pelo uso de adubações que não o contém na fórmula. Para os demais elementos as faixas dos teores foliares são consistentes com as informações da literatura. Nesse sentido a proposta de faixa de suficiência para o grupo das variáveis nutricionais mostra-se adequada às condições da cultura no cerrado.

#### 4.2 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Segundo as classes de interpretação das variáveis químicas dos solos, para as culturas anuais propostas por Souza & Lobato (2004), os valores médios dos teores nutrientes MO (34,16 g dm<sup>-3</sup>), CTC (8,64 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e P (8,07 mg dm<sup>-3</sup>) (Tabela 7), enquadram-se, respectivamente, na classe adequada, média e adequada de acordo com a classe textural do solo classificada como argilosa (360 a 600 g dm<sup>-3</sup> de argila). Os valores mínimos de MO e da CTC presentes nos solos são característicos de solos do cerrado. A adoção de manejo que propicia o aumento da MO do solo resulta também no aumento dos valores da CTC (Primavesi, 1989; Luchese et al., 2004).

**Tabela 7.** Valores máximos, mínimos, médias coeficiente de variação e desvio padrão, das variáveis de solo, obtidos para a cultura do algodoeiro em 203 parcelas na região do cerrado.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	DP <sup>2</sup>	CV <sup>1</sup> (%)
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,20	7,10	5,30	0,50	8,50

Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	3,50	1,50	0,50	32,40
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,00	9,40	3,90	1,30	32,60
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,80	7,10	3,60	1,65	45,83
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,10	1,90	0,88	0,38	43,18
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,40	13,10	8,64	2,44	28,24
K (mg dm <sup>-3</sup> ) Mehlich I	27,00	310,00	104,49	42,63	40,80
P (mg dm <sup>-3</sup> ) Mehlich I	0,50	63,50	8,07	8,61	106,69
MO (mg dm <sup>-3</sup> )	11,00	64,00	34,16	12,93	37,85
S (mg dm <sup>-3</sup> )	16,25	75,00	24,05	12,91	53,68
B (mg dm <sup>-3</sup> ) água quente	0,36	0,88	0,52	0,18	34,62
Cu (mg dm <sup>-3</sup> ) Mehlich I	0,10	9,80	2,04	1,83	89,71
Fe (mg dm <sup>-3</sup> ) Mehlich I	0,30	40,20	16,24	7,98	49,14
Mn (mg dm <sup>-3</sup> ) Mehlich I	4,50	80,60	28,82	15,00	52,05
Zn (mg dm <sup>-3</sup> ) Mehlich I	0,20	10,90	2,03	1,44	70,94

<sup>1</sup>CV = coeficiente de variação, %; <sup>2</sup>DP = desvio padrão da média.

O valor médio da variável pH CaCl<sub>2</sub> (5,3) apresenta-se conforme Souza & Lobato (2004), sendo considerada como suficiente para os solos de cerrado à profundidade de 0 cm a 20 cm, com variação de 4,9 a 5,5. Contudo, Staut & Kurihara (1998) e EMBRAPA (2001) relatam que solos com pH inferior a 5,5 o algodoeiro sofre uma série de problemas nutricionais que limitam sua produtividade. Em pH ácidos, as plantas tendem a apresentar um desenvolvimento reduzido tanto das raízes quanto da parte aérea.

Silva (1999) e Ferreira et al. (2005) relatam que as maiores produtividades da cultura do algodoeiro foram obtidas quando os teores de K do solo situaram-se entre 78 mg dm<sup>-3</sup> a 117 mg dm<sup>-3</sup> e a relação (Ca+Mg)/K, entre 20 e 25. Para Vilela et al. (2004) as faixas adequadas para o K aumentaram para os solos do cerrado, considerando teores de 51 mg dm<sup>-3</sup> a 80 mg dm<sup>-3</sup>, quando a CTC a pH 7,0 for maior que 4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. As áreas em estudos apresentaram média de 104,49 mg kg<sup>-1</sup> de K, considerada alta, o que reduziu o teores de Ca e Mg nas folhas.

Segundo Ferreira & Carvalho (2005), altos teores de K no solo reduzem o Ca e Mg na folhas e que em valores acima de 137 mg kg<sup>-1</sup> no solo ocorre queda na produtividade. Segundo os autores a produção tende a diminuir quando a relação (Ca + Mg)/K for superior a 33, indicando que mesmo em solos com teores absolutos de K considerados adequados, pode haver resposta do algodoeiro à adubação potássica, se acontecer um desbalanço em relação ao Ca e Mg.

Comparando os valores médios de Ca (3,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg (0,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e S (24,05 mg dm<sup>-3</sup>), os nutrientes Ca e Mg estão na classe adequada e o S está acima dessa

faixa, considerada alta. Entretanto, os valores de máximos e de mínimos para Ca e Mg mostram uma grande amplitude, na prática significa que embora na média tenham sido classificados como adequados, existem parcelas/áreas que estão com valores muito abaixo e que necessitam de uma adubação adequada. Segundo Ferreira & Carvalho (2005) a cultura do algodoeiro é muito sensível à acidez e a presença de alumínio trocável, além de exigente em Ca, elemento essencial para o desenvolvimento das raízes.

O Zn ( $2,03 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Mn ( $28,82 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Cu ( $2,04 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e B ( $0,52 \text{ mg dm}^{-3}$ ) enquadram-se na classe alta segundo a classificação de Souza & Lobato (2004), considerando pH em água de 6,0 para os micronutrientes. Segundo Lucas & Knezek (1972), a cultura do algodoeiro responde a elevados teores de Zn e B, médios de Mn e Cu.

O teor médio de Fe ( $16,24 \text{ mg dm}^{-3}$ ), conforme Leandro (1998), pode ser considerado como baixo. O referido autor, estudando os sistemas integrados de diagnose e recomendação (DRIS) para a cultura da soja no cerrado, encontrou uma faixa adequada para Fe no solo com valores variando entre  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  a  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ .

O maior coeficiente de variação das análises de solo foi obtido para o teor de P (106,69 %). Esse efeito deve-se a grande variação dos teores de nutrientes na área amostrada. Machado et al. (2007) atribuiu esse fato ao modo de aplicação e a baixa mobilidade do P no solo. A média de P está em nível adequado, segundo Souza & Lobato (2004). Para Ferreira & Carvalho (2005), o nutriente P no solo deve ser manejado, em níveis adequados para a realização de possíveis adubações, considerando o aproveitamento do efeito residual de adubações anteriores.

De acordo com Warrick & Nielsen (1980), as variáveis Al, H+Al, CTC, Ca, Mg, K, MO, S, B, Fe e Mn apresentaram um coeficiente de variação (CV) entre 28,24 % e 53,68 %, enquanto pH  $\text{CaCl}_2$  apresentou baixo CV (8,5 %) e P, Cu e Zn, elevados (70,94 a 106,69 %). Schlindwein & Anghinoni (2000) verificaram um CV alto para as variáveis P e K e baixo para pH em água,  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$  e MO.

Beckett & Webster (1971) afirmam que os teores de P, K, Ca e Mg no solo são muito alterados pelo manejo, em se tratando de variabilidade, e que MO e CTC total formam um grupo de intermediários.

A correlação positiva e significativa entre pH e CTC (Tabela 8) também é encontrada na literatura. Raji (1969) mostra que a CTC aumentou com a elevação do pH, principalmente onde os teores de MO foram maiores (Malavolta, 1980; Malavolta et al.,

1987; Luchese et al., 2002). Segundo Souza & Lobato (2004), as variáveis pH e V % são os índices mais limitantes para a cultura do algodoeiro.

A correlação entre o Ca e P não foi significativa. Pode-se supor que a baixa correlação entre o P e CTC seja em decorrência da presença do Ca no complexo sortivo desse solo, uma vez que os teores de P no solo são afetados pela presença de Ca.

Alvarez et al. (2002) relatam que as maiores limitações na produção agrícola, em solos ácidos de regiões tropicais e subtropicais, são a baixa disponibilidade de P no solo, dada a alta capacidade de adsorção e ou baixo teor do nutriente no material de origem, e a baixa eficiência de absorção e utilização do P apresentada pela maioria das variedades.

Através dos níveis de suficiência (Tabela 9) foram geradas as faixas adequadas de suficiência e comparados ao nível de suficiência recomendados por Goedert et al. (1980, 1985), Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSG) (1988), Leandro (1998), Vilela et al. (2002), Galvão (2002) e Souza & Lobato (2004) conforme observado na Tabela 10.

De acordo com a Tabela 9, o nível de suficiência para o teor de Fe no solo foi de  $15,33 \text{ mg m}^{-3}$ . Os autores CFSG (1988), Vilela et al. (2002), Galvão (2002) e Souza & Lobato (2004) não sugerem nenhum nível crítico ou adequado para esse elemento. O teor de Mn ( $30 \text{ mg dm}^{-3}$  a  $45 \text{ mg dm}^{-3}$ ), foi bem maior do que os valores calculados em relação às outras interpretações.

As faixa de suficiência proposta (Tabela 10) para Ca, Mg, P, CTC, K, MO, B, Cu, Mn e Zn foram maiores que as obtidas por Goedert et al. (1980, 1985), CFSG (1988), Leandro (1998), Vilela et al. (2002), Galvão (2002) e Souza & Lobato (2004). A exceção foi com relação aos teores de Fe que ficaram abaixo da encontrada por Leandro (1998). Contudo, a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999) apresenta valores críticos de Fe disponível entre  $19 \text{ mg m}^{-3}$  a  $30 \text{ mg m}^{-3}$  no solo extraído pelo método Mehlich I. Considerando o obtido no presente trabalho está entre  $15 \text{ mg m}^{-3}$  e  $24 \text{ mg m}^{-3}$ , observa-se que está dentro do intervalo sugerido pela referida Comissão.

**Tabela 8.** Estimativa de correlação de Pearson entre as diferentes variáveis química do solo, com teores de argila maiores que  $40 \text{ dag dm}^{-3}$ , a profundidade de 0 a 20 cm, em 203 parcelas de algodão, na região do cerrado. Safras 2004/2005; 2005/2006 e 2006/2007.

Variáveis	Ca	Mg	CTC	K	P	MO	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----------	----	----	-----	---	---	----	---	---	----	----	----	----

pH (CaCl <sub>2</sub> )	0,68	0,47	0,42	0,26	0,12	0,28	- 0,01	0,04	0,07	- 0,27	0,3	0,14
	**	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns	**	**	*
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-	0,77	0,85	0,44	0,18	0,68	- 0,07	0,19	0,18	- 0,40	0,39	0,18
	-	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-	-	0,66	0,23	0,01	0,48	0,06	0,26	-0,04	-0,46	0,26	-0,09
	-	-	**	**	ns	**	ns	**	ns	**	**	ns
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-	-	-	0,44	0,17	0,84	- 0,19	0,12	0,37	- 0,33	0,41	0,09
	-	-	-	**	*	**	**	ns	**	**	**	ns
K (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	0,16	0,36	0,004	0,10	0,35	- 0,12	0,3	0,16
	-	-	-	-	*	**	ns	ns	**	ns	**	*
P (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	0,1	- 0,11	- 0,15	0,20	- 0,01	0,02	0,53
	-	-	-	-	-	ns	ns	*	**	ns	ns	**
MO (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	- 0,24	0,07	0,41	- 0,32	0,49	0,05
	-	-	-	-	-	-	**	ns	**	**	**	ns
S (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	0,35	- 0,34	- 0,05	0,04	- 0,23
	-	-	-	-	-	-	-	**	**	ns	ns	**
B (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0,30	- 0,26	- 0,004	- 0,23
	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	ns	**
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,27	0,33
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	**
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0,19	0,07
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	ns
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ns

Nível de significância para rejeição da hipótese de correlação igual a zero: ns ó não significativo, \* significativo a 5 % e \*\* significativo a 1 %.

São restritos os trabalhos de calibração com o Mn extraído pelo Mehlich I. Cox & Kamprath (1973) sugerem o nível crítico de 5 mg dm<sup>-3</sup> para pH igual a 6,0, como a maioria dos solos de cerrado tem valores de pH menores que 6,0 os níveis críticos devem ser menores que 5 mg dm<sup>-3</sup> (Galvão, 1985). Souza & Lobato (2004) citam valores entre 2 mg dm<sup>-3</sup> a 5 mg dm<sup>-3</sup>.

Segundo Souza & Lobato (2004), a relação entre a interpretação da análise de solo para o P extraível com a produtividade de algumas culturas anuais (soja, milho, feijão e algodão) podem ser utilizadas para auxiliar a avaliação dos resultados de análises de solo.

**Tabela 9.** Equações de regressão entre a concentração da variável (Y) e o índice de sustentabilidade da variável (X) relativa à análise química de solos de 203 parcelas. NS = nível de suficiência. DP = desvio padrão da média.

Variável	NS	DP	Coefficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2$	$r^2$ / teste $F^1$
----------	----	----	---	---------------------



			a	b	c					
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,91	1,69	Y = 3,91654	+	0,09226	x	+	0,00022	x <sup>2</sup>	0,523ns
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,89	0,36	Y = 0,89804	+	0,00763	x	+	0,00001	x <sup>2</sup>	0,337**
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,84	2,65	Y = 8,84604	+	0,09282	x	-	0,00127	x <sup>2</sup>	0,067**
K (mg kg <sup>-1</sup> )	114,67	32,78	Y = 114,674	+	1,70440	x	-	0,00948	x <sup>2</sup>	0,334ns
P (mg kg <sup>-1</sup> )	7,81	8,27	Y = 7,81511	+	0,10216	x	+	0,00060	x <sup>2</sup>	0,521 *
MO (mg kg <sup>-1</sup> )	37,51	14,34	Y = 37,5179	+	0,48628	x	+	0,00211	x <sup>2</sup>	0,333**
S (mg kg <sup>-1</sup> )	24,44	14,59	Y = 24,4451	+	0,55841	x	-	0,00300	x <sup>2</sup>	0,524**
B (mg kg <sup>-1</sup> )	0,47	0,16	Y = 0,47120	+	0,00491	x	-	0,00000	x <sup>2</sup>	0,352**
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1,61	1,50	Y = 1,61373	+	0,03177	x	+	0,00014	x <sup>2</sup>	0,712**
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	15,33	8,63	Y = 15,3335	+	0,33900	x	+	0,00059	x <sup>2</sup>	0,753**
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	29,42	16,78	Y = 29,4218	+	0,83581	x	+	0,00211	x <sup>2</sup>	0,657ns
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	1,70	1,47	Y = 1,70084	+	0,05657	x	+	0,00006	x <sup>2</sup>	0,685ns

<sup>1</sup>Teste F. Nível de significância do teste F: \* = significativo a 5 %; \*\*\* = significativo a 1 % e ns = não-significativo. Y = variável; X = índice de sustentabilidade.

**Tabela 10.** Faixas de suficiência para os resultados de análises químicas de solo para a cultura do algodoeiro propostas por diferentes autores.

Variável	Faixa de suficiência de acordo com diferentes autores <sup>1</sup>						
	A <sup>5</sup>	B <sup>4,6</sup>	C	D	E	F <sup>2,3</sup>	G
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4 - 6	-	1,5 ó 7	-	-	2 - 5	-
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,9 ó 1,6	-	0,5 ó 2	-	-	0,4 ó 1,2	-
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9 - 12	-	6,1 ó 9	-	-	-	-
K (mg dm <sup>-3</sup> )	115 - 145	51 - 80	-	-	-	25 - 50	-
P (mg dm <sup>-3</sup> )	8 - 16	8,1 ó 12	8,1 ó 12	-	5 ó 10	6,1 ó 8	-
MO (g Kg <sup>-1</sup> )	38 - 51	-	21 ó 30	-	-	-	40 - 60
S (mg dm <sup>-3</sup> )	25 - 40	-	-	-	-	-	-
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,5 ó 0,7	-	0,3 ó 0,5	0,3 - 0,5	-	0,5 ó 1	-
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	1,6 ó 3,1	-	0,5 ó 0,8	0,5 - 0,8	-	0,7	-
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	15 - 24	-	-	-	-	-	40 - 80
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	30 - 45	-	2 ó 5	2 - 5	-	5	-
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	1,7 ó 3,1	-	1,1 ó 1,6	1,1 - 1,6	-	1	-

<sup>1</sup>A = Obtido no trabalho, B = Vilela et al. (2002), C = Souza & Lobato (2004); D = Galvão (2002); E = Goedert et al (1980, 1985); F = CFSG (1988) e G = Leandro (1998); <sup>2</sup>K, P, Cu, Fe, Mn e Zn extrator Mehlich-1; B extrator - água fervente; <sup>3</sup>Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás; <sup>4</sup>Teores de argila maiores de 400 g kg<sup>-1</sup>; <sup>5</sup>Teor de MO, P e K, estão de acordo com a textura, teor de argila média na faixa de 351 a 600 g kg<sup>-1</sup>; <sup>6</sup>Teor de K de acordo com a CTC > 4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> a pH 7,0.

Os níveis de suficiência obtidos calculados para os micronutrientes Cu, Mn e Zn estão em contradição com as faixas obtidas por outros autores. Com relação ao B, este se encontra acima, ou parcialmente acima, do nível de suficiência proposto por outros autores (Tabela 10).

A faixa de suficiência sugerida no estudo para o nutriente K no solo é de 115 mg dm<sup>-3</sup> a 145 mg dm<sup>-3</sup>, está acima do recomendado pelos autores e pouco acima do

recomendado por Ferreira & Carvalho (2005) que propõe o nível crítico de 98 mg dm<sup>-3</sup>. Esse fato pode também estar relacionado com os incrementos nas adubações potássicas nas atuais lavouras de algodão. Carvalho et al. (2005, 2007) observaram que as doses de adubações potássicas aplicadas nas lavouras de algodão no cerrado de Goiás estão acima daquelas recomendadas por órgãos oficiais ocasionando, consumo de óluxoö de K e perdas por lixiviação.

A MO e a CTC são classificadas como baixa utilizando os critérios propostos pelo estudo. No caso da CTC, a adoção de um manejo que prime pelo aumento dos teores de MO dos solos da região dos cerrados é fundamental, pois esses solos possuem uma CTC naturalmente baixa (Primavesi, 1989). Com o aumento da CTC, a cultura é beneficiada pelo aporte no estoque de nutrientes catiônicos, pela redução da lixiviação do K e melhoria da disponibilidade de nutrientes especialmente N, S, P e Mo (Ferreira & Carvalho, 2005).

Conforme o critério de interpretação (Tabela 11), o P está acima do adequado para CFSG (1988), abaixo dos critérios de interpretação propostos por Vilela et al. (2002) e Souza & Lobato (2004), adequado para o critério de interpretação proposto neste estudo e para Goedert et al. (1980, 1985). Para o nutriente P houve um incremento de adubação ao longo dos anos, provavelmente devido a maiores exigências das cultivares e o maior potencial produtivo.

A variabilidade dos resultados nos parâmetros aplicados ao solo é muito maior do que nos das folhas. Com relação às faixas de suficiência para as variáveis químicas do solo, pode-se observar que, em geral, os resultados obtidos estão acima dos citados na literatura, principalmente para o Cu, o Mn e o Zn. As recomendações para Mn e Zn devem ser alvo de estudos mais detalhados e em condições controladas para determinação de suas faixas de suficiência. Para o B, importante para a cultura do algodoeiro, as faixas de suficiência foram muito próxima em todas as literaturas citadas. Contudo, para o Fe, a faixa de suficiência do estudo está correlata com a faixa citada pela Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais (1999).

**Tabela 11.** Critérios de interpretação conforme a faixa de suficiência sugerida por por cada auto, tomando como base os valores médios de cada nutriente da amostra de 203 parcelas de algodão.

Autores	Critérios de interpretação		
	Baixo	Adequado	Alto
Proposto pelo autor <sup>1</sup>	Ca, Mg, CTC, K, MO, S, Mn	P, B, Cu, Fe, Zn	-
Vilela et al. (2002)	P	-	K

Souza & Lobato (2004)	P	Ca, Mg, CTC	MO, B, Cu, Mn, Zn
Galvão (2002)	-	-	B, Cu, Mn, Zn
Goedert et al (1980, 1985)	-	P	-
CFSG (1988)	-	Ca, Mg, B	P, K, Cu, Mn, Zn
Leandro (1998)	MO, Fe	-	-

<sup>1</sup>Obtido no trabalho.

Para os macronutrientes as faixas propostas demonstraram boa opção para as interpretações. Com o desenvolvimento de cultivares mais exigentes em fertilidade, os critérios de interpretação também vão se apresentar em faixas maiores ou parcialmente maiores do que as das literaturas anteriormente citadas.

### 4.3 ANÁLISES VISUAIS

A análise visual é uma importante ferramenta para auxiliar no diagnóstico da qualidade do solo. Estabelecidos os critérios desses parâmetros para toda a população, nota-se (Tabela 12) que o valor médio da variável área foliar ficou próximo ao valor máximo.

**Tabela 12.** Valores máximos, mínimos, médias coeficiente de variação e desvio padrão, das variáveis visuais, obtidos para a cultura do algodoeiro em 203 glebas na região do cerrado.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	DP <sup>2</sup>	CV <sup>1</sup> (%)
HP (cm)	39,00	124,00	85,14	15,01	17,63
NP (plantas m <sup>-1</sup> )	3	15	9	2,18	22,38
AF**	3,00	6,00	5,09	0,65	12,77
AP*	1,00	5,00	2,67	0,75	28,09
AD*	1,00	4,00	2,53	0,71	28,06
PD*	1,00	5,00	2,15	1,02	47,44
NC*	1,00	4,70	2,30	0,86	37,39

<sup>1</sup>CV = coeficiente de variação, %; <sup>2</sup>DP = desvio padrão da média;

\*Notas dadas de 1 a 6, sendo 1 para sem desenvolvimento ou ocorrência à 6 para maior desenvolvimento ou ocorrência, com base a lavoura comercial;

\*\*Nota dada por planta, tendo como base a lavoura comercial.

Para a variável NP houve uma variação de 3 a 15 plantas por metro, em espaçamento de 0,90 metros. O valor médio está condizente com a literatura, que recomenda de 7 a 10 plantas por metro para a cultura. O desenvolvimento de máquinas colhedoras do tipo òStriperö tem possibilitado a adoção de espaçamentos adensados e ultra-adensados, mas estudos com essa nova concepção de arranjo das plantas ainda não são

conclusivos e precisam ser pesquisados frente às diferentes condições edafoclimáticas de cada região, bem como a variabilidade entre as cultivares utilizadas (Ferreira & Lamas, 2006).

Como regra geral se sugere que o espaçamento ideal seja correspondente a 2/3 da altura das plantas, de forma a facilitar o manejo da cultura. Em geral, as plantas com mais de 1,30 m de altura prejudicam a colheita mecanizada, aumentam as perdas e diminuem a qualidade da fibra. A média de HP foi de 0,85 m, com variação de 0,39 m a 1,24 m, não ultrapassando o limite citado na literatura citada (Ferreira & Lamas, 2006).

Silva et al. (2006) estudando o crescimento e o desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura, constataram que quanto maior a densidade das plantas na linha, isto é, com o maior número de plantas, maior será o índice de AF. O efeito positivo dos coeficientes de correlação linear entre o NP e a AF encontrados (Tabela 13) é reforçado pela literatura consultada, pois quanto maior a altura e o número de plantas, maior foi a AF.

A correlação negativa entre a HP e o NP foi corroborada por resultados de pesquisa encontrados por Silva et al. (2006) que relatam quanto maior o espaçamento menor NP por área, maior será a altura média das plantas. As variáveis NP, AF, AD, NC e C-org mostraram efeito significativo para a produtividade. A correlação negativa entre o AD e a produtividade está de acordo com os resultados obtidos por Menezes (2006).

De acordo com a Tabela 14, a HP não se apresentou significativa ao teste F, corroborando com os dados de Menezes (2006). Seus valores variaram de 71,28 a 87,50 cm, pois se tratava de colheitas mecanizadas, em lavouras submetidas à fitoreguladores, os quais permitiram a HP desejável (Reddy et al., 1992). O valor encontrado para a faixa de suficiência foi o intervalo de 81,91 cm a 95,75 cm, um pouco acima da encontrada por Menezes (2006).

Segundo Rosolem (2007), existe uma relação direta de número de capulhos produzidos por área e a densidade populacional. Plantas mais altas poderiam produzir mais maçãs, porém o auto-sombreamento seria um problema, uma vez que foi demonstrado que a altura da planta não teve ultrapassar em muito 1,5 vezes o espaçamento.

**Tabela 13.** Estimativa de correlação de Pearson entre as diferentes variáveis visuais e físicas do solo, para a cultura do algodão, em 203 parcelas, na região do cerrado. Safras 2004/2005; 2005/2006 e 2006/2007.

Variáveis <sup>1</sup>	HP	NP	AF	AP	AD	PD	NC	RP	C-org	Ds
------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	-------	----

Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	- 0,17	0,22	0,34	- 0,06	- 0,18	0,009	0,22	- 0,03	- 0,18	- 0,02
	*	**	**	ns	**	ns	**	ns	**	ns
HP (cm)	-	- 0,09	0,19	0,09	- 0,13	- 0,33	- 0,16	- 0,003	0,38	- 0,05
	-	ns	**	ns	ns	**	*	ns	**	ns
NP (plantas m <sup>-1</sup> )	-	-	0,35	0,19	0,01	- 0,12	0,33	0,33	0,004	- 0,42
	-	-	**	**	ns	ns	**	**	ns	**
AF	-	-	-	- 0,14	- 0,12	- 0,20	0,1	0,14	0,006	- 0,15
	-	-	-	*	ns	**	ns	*	ns	*
AP	-	-	-	-	0,23	0,01	- 0,001	0,11	0,16	- 0,18
	-	-	-	-	**	ns	ns	ns	**	**
AD	-	-	-	-	-	0,14	0,02	0,02	0,15	- 0,15
	-	-	-	-	-	*	ns	ns	*	*
PD	-	-	-	-	-	-	0,15	- 0,16	- 0,26	0,001
	-	-	-	-	-	-	*	*	**	ns
NC	-	-	-	-	-	-	-	0,24	- 0,11	- 0,30
	-	-	-	-	-	-	-	**	ns	**
RP	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	- 0,16
	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
C-org	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0,02
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ns

Nível de significância para rejeição da hipótese de correlação igual a zero: ns ó não significativo; \* significativo a 5 %; e \*\* significativo a 1 %.

<sup>1</sup>HP: altura de planta; NP: número de planta; AF: nota de área foliar; AP: nota de ataque de pragas; AD: nota de ataque de doenças; PD: infestação de plantas daninhas; NC: notas de cobertura; Rp: resistência a penetração do solo; C\_org: carbono orgânico e Ds: densidade do solo.

As outras variáveis foram altamente significativas pelo teste F. As notas de AF variaram de 5,30 a 5,88, ficando muito próximo do valor de máxima e da média encontrado para a amostragem das 203 parcelas. Isso indica que o desenvolvimento da porção foliar foi considerado de bom a ótimo, resultado esperado, pois trata-se do subgrupo de alta produtividade. As notas AF obtidas por Menezes (2006) variaram de 2,5 a 3,83 e foram consideradas como baixa a regular, porém condizentes com as baixas produtividades apresentadas. O autor atribuiu a baixa produtividade a problemas de ordem fitossanitária ocasionados devido à temperatura e às precipitações ocorridas após o florescimento da cultura.

**Tabela 14.** Equações de regressão entre a concentração da variável (Y) e o índice de sustentabilidade da variável (X) relativa à análise de nota de 203 parcelas. NS = nível de suficiência. DP = desvio padrão da média.

Variável	NS	DP	Coeficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2$			$r^2$ / teste F <sup>1</sup>
			a	b	c	
HP (cm)	81,91	13,84	Y = 81,93840 +	1,25733	x + 0,001875	x <sup>2</sup> 0,703ns
NP (plantas m <sup>-1</sup> )	10,20	2,06	Y = 10,20777 +	0,00313	x - 0,000002	x <sup>2</sup> 0,446**
AF	5,30	0,58	Y = 5,30648 +	0,05555	x - 0,001109	x <sup>2</sup> 0,571**

AP	2,58	0,64	Y	=	2,58721	+	0,06458	x	+	0,000440	x <sup>2</sup>	0,843**
AD	2,48	0,53	Y	=	2,48280	+	0,00139	x	-	0,000000	x <sup>2</sup>	0,521*
PD	2,00	0,84	Y	=	2,00386	+	0,05784	x	+	0,000557	x <sup>2</sup>	0,931**
NC	2,53	0,70	Y	=	2,53800	+	0,06111	x	+	0,000559	x <sup>2</sup>	0,878**

<sup>1</sup>Teste F. Nível de significância do teste F: \* = significativo a 5 %; \*\* = significativo a 1 % e ns = não-significativo. Y = variável; X = índice de sustentabilidade.

O NP variou de 10 a 12 em concordância com a recomendação da EMBRAPA (2001) com espaçamento de 0,90 metros, sendo este valor considerado adequado às altas produtividades da lavoura de algodão.

Silva et al. (2006), utilizando os parâmetros AF e HP concluíram que quanto menor o espaçamento entrelinhas e maior a densidade de plantas na linha, maior será o índice de área foliar e menor o diâmetro do caule devido ao estiolamento das plantas. Contudo, Bednarz et al. (1998) e Lamas & Staut (1998) verificaram que em populações mais adensadas houve diminuição no número de ramos frutíferos.

Variáveis visuais de AP, AD e PD foram classificadas segundo o critério de notas como de baixo a muito baixo ataque, o que é coerente, pois na geração dos níveis de suficiência foi usado apenas o banco de dados das parcelas que apresentaram produtividade maior que 3114 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço. Se os índices de AP, AD e PD fossem altos, a produtividade seria prejudicada.

Para a variável NC, o índice de suficiência foi baixo e apresentou baixo coeficiente de variação (2,53 a 3,23 %), refletindo as condições de campo o que sugere uma produção de palhada de 50 %, visto que as maiorias das parcelas apresentavam-se em sistema de preparo convencional e em cultivo mínimo. Além disso, a amostragem foi feita durante o pleno florescimento da cultura.

#### 4.4 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

Observa-se na Tabela 15 que os valores de Ds variaram de 1,02 a 2,11 kg m<sup>-3</sup>, apresentando um valor médio de 1,35 kg m<sup>-3</sup> sendo este valor comum de ser encontrado em áreas cultivadas (Campos, 2004; Araújo et al., 2004). Os maiores valores de Ds foram observados na camada 0-20 cm, que podem ser resultantes do trânsito de máquinas e

implementos usados durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro. Por se tratar de uma região em que o relevo propicia a agricultura mecanizada, que associado à monocultura, podem ocasionar problemas físicos do solo (Pidgeon & Soane, 1977; Hill, 1990; Correchel et al., 1997; Tormena et al., 1998).

**Tabela 15.** Valores máximos, mínimos, médias coeficiente de variação e desvio padrão, das variáveis de solo, obtidos para a cultura do algodoeiro em 203 glebas na região do cerrado.

Variáveis <sup>3</sup>	Mínimo	Máximo	Média	DP <sup>2</sup>	CV <sup>1</sup> (%)
Argila (g dm <sup>-3</sup> )	130	580	439	98	22
Silte (g dm <sup>-3</sup> )	20	350	156	67	43
Areia (g dm <sup>-3</sup> )	170	850	405	143	35
RP (MPa)	0,86	10,85	3,06	2,06	67
C <sub>org</sub> (dag kg <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	0,64	3,72	1,98	0,75	38
Ds (kg m <sup>-3</sup> )	1,02	2,11	1,35	0,19	14
PT (%)	6,82	75,63	49,90	9,38	19
MA (%)	0,67	29,75	12,57	4,90	39
MI(%)	0,57	59,15	37,32	9,79	26
DMG (mm) <sup>4</sup>	0,71	2,77	1,77	0,46	26
DMP (mm) <sup>4</sup>	0,98	2,84	2,11	0,39	19
AG >2mm (%)	5,50	93,75	62,35	16,33	26
AG entre 1 e 2mm (%)	0,98	59,77	8,62	6,49	75
AG entre 0,5 e 1mm (%)	0,88	23,09	8,21	4,20	51
AG entre 0,25 e 0,5mm (%)	0,89	38,91	9,32	6,58	71
AG entre 0,105 e 0,25mm (%)	0,39	21,09	6,13	3,79	62
AG <0,105mm (%)	0,65	46,65	6,85	6,86	100

<sup>1</sup>CV: coeficiente de variação, %; <sup>2</sup>DP: desvio padrão da média;

<sup>3</sup>C<sub>org</sub>: carbono orgânico; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; MA: macroporosidade; MI: microporosidade; DMG: diâmetro médio geométrico; RP: resistência a penetração; DMP: diâmetro médio ponderado; AG % >2mm: Agregados maiores que 2mm; AG % 1mm: % de Agregados entre 1 e 2mm; AG % 0,5mm: % de Agregados entre 0,5 e 1mm; AG % 0,25mm: % de Agregados entre 0,25 e 0,5mm; AG % 0,105mm: % de Agregados entre 0,105 e 0,25mm; AG % <0,105mm: % de Agregados menor que 0,105mm.

O valor da resistência do solo a penetração (RP) obtido nesse estudo, variou de 0,86 MPa a 10,85 MPa, e apresentou um coeficiente de variação elevado (67, 32 %). Souza et al. (2004) relatam que os valores de RP apresentam coeficientes de variação mais elevados que outras variáveis físicas do solo. Essa amplitude de valores de RP está associada aos diferentes sistemas de preparo do solo, à intensidade de tráfego, à gênese e textura do solo, ao grau de investimento. É um fato reconhecido que a cultura do algodão recebe até 15 pulverizações durante o seu desenvolvimento. Outro fato que também explica o elevado CV dessa variável é a condição de umidade do solo no momento da penetrometria no campo.

Segundo Taylor & Rattiff (1969) valores de RP de 1 a 3 MPa reduzem significativamente o crescimento e o desenvolvimento das raízes de algodão. Já para Canarache (1990) valores acima de 2,5 MPa são restritivos ao crescimento das raízes. Taylor et al. (1966) e Nesmith (1987) consideram o valor de 2,0 MPa como limite crítico de RP. Para Sene et al. (1985) esse limite está em torno de 2,5 MPa para solos argilosos. Considerando o valor médio encontrado de 3,06 MPa (Tabela 15), este apresenta-se crítico ou limitante por todas as literaturas aqui citadas.

Ao observar os valores de mínimo dos MA do solo de  $0,067 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , foi encontrado um valor menor que  $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , considerado potencialmente limitante ao crescimento radicular das plantas (Grable & Siemer, 1968) e como condição de mínima aeração para o desenvolvimento radicular (Greenland, 1981). Pequenas reduções nessa variável em solos sob plantio direto foram observadas por Tormena et al. (1998). A formação de MA em sistema de plantio convencional foi evidenciada quando as amostragens do solo foram realizadas após o preparo do solo para o plantio do algodão. Entretanto, após o período chuvoso, houve redução na MA neste sistema.

Marchão et al. (2007) estudando a qualidade física de um latossolo sob sistema de integração lavoura e pecuária no cerrado concluíram que a PT e a MA foram maiores no cerrado e em sistemas plantio direto, em relação aos sistemas de preparo convencional do solo. O autor menciona ainda que a MA e a condutividade hidráulica do solo podem aumentar rapidamente com a inclusão de pastagens na rotação com culturas, devido à combinação de três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular, que atua como agente agregante ocasionando maior atividade de macrofauna do solo em pastagens e no incremento de materiais orgânicos ao solo.

Taylor & Aschcroft (1972) consideram o volume de MA de  $0,33 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , cerca de 1/3 do VTP como um valor ideal; valores menores são considerados como limitantes ao desenvolvimento radicular, devido à reduzida taxa de difusão de gases no solo e à dificuldade de drenagem do excesso de água das chuvas.

Na Tabela 15 observa-se valores baixos para a variável DMP, com um mínimo de 0,98 mm. Pedrotti et al. (2003) salientam que quanto maior o conteúdo de matéria orgânica, maior o grau de agregação. Albuquerque et al. (2003) também encontraram maior estabilidade de agregados em sistemas de cultivos com preparo reduzido, com alto teor de argila e de matéria orgânica.



Simões et al. (2006) avaliando a variabilidade espacial de atributos físicos, adotou para fins de comparação os limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick & Nielson (1980) para a classificação da variabilidade da textura e Ds, sendo  $CV < 12 \%$ ,  $12 \% < CV < 60 \%$  e  $CV > 60 \%$ , considerados como classes de baixa, média e alta variabilidade, respectivamente.

De acordo com a classificação proposta por Warrick & Nielson (1980) a quantidade de areia total corrobora para o resultado obtido por Simões et al. (2006) em Latossolo vermelho distroférico com textura argilosa sendo menor que os observados por Corrêa (1986) (39,6 %) e maior que o observado por Silva (1988) em solos argilosos (11,5 %).

O silte apresentou variabilidade moderada segundo a proposta Warrick & Nielson (1980), porém os valores de CV foram maiores que para a areia total. A maior variabilidade para o silte pode estar relacionada com a sua mobilidade no solo. Além disso, o processo de determinação pode ter incorporado parte da variabilidade existente para a areia e o silte. O CV encontrado para o silte foi menor do que os citados por Corrêa (1986), de 67,4 % e 44 % e maior que o encontrado por Silva (1988) e Simões et al. (2006) para solos argilosos de 26 % e 25,5 %.

O CV encontrado para a argila também moderado em comparação com os obtidos em outros trabalhos, sendo maior que o observado por Corrêa (1986), por Silva (1988) e por Simões et al. (2006). A variabilidade da argila é influenciada por sua posição no relevo (Carvalho et al., 1999; Pocay, 2000). Segundo Silva (1988) essa é uma das variáveis que têm distribuição completamente aleatória

Observa-se na Tabela 15 os valores 0,71 mm e 2,77 mm para o DMG. Costa et al. (2003) encontraram valores na camada superficial do solo de 1,6 mm sob sistema de plantio convencional e 2,77 mm sob plantio direto em Latossolo Bruno, indicando efeito positivo do não revolvimento do solo e acúmulo dos resíduos vegetais em sua superfície. Efeitos semelhantes têm sido verificados em Argissolos (Albuquerque et al., 1994) e Latossolos (Campos et al., 1995) no sul do Brasil. Segundo Silva & Mielniczuk (1997), a magnitude das alterações é dependente da textura e mineralogia dos solos.

Observa-se que a MA (Tabela 16) apresentou correlação significativa e negativa com a MI ( $p < 0,05$ ). A drástica redução dos macroporos nos solos cultivados decorre do aumento da compactação, evidenciada pelo aumento da densidade do solo (Borges et al., 1999; Corsini & Ferraud, 1999; Kay & Angers, 1999). Silva & Kay (1997)

salientam que a MI do solo é fortemente influenciada pela textura, teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento de Ds, originada pelo tráfego de máquinas e implementos. Contudo a correlação entre a Ds x MI, apresentada neste estudo, apresentou-se significativa a 5 %.

De acordo com Imhoff et al. (2000) a relação da RP com a umidade e Ds pode ser utilizada para fazer inferências sobre a condição estrutural e prever as relações existentes entre a Ds crítica e o crescimento das raízes das plantas.

A significância das correlações de Pearson, para a característica RP, está associada aos valores de umidade do solo. No presente estudo, os valores de RP foram elevados devido ao fato de algumas penetrometrias de campo terem sido realizadas durante a estação seca, estando o solo muito seco. Pequenas reduções na umidade do solo proporcionam incrementos acentuados na Ds (Carvalho & Ferreira, 2007).

A relação entre a Ds e PT encontrada (Tabela 16) foi significativa e negativa. A relação do DMP e a produtividade está associada ao fato de que as práticas de manejo têm maior impacto sobre as propriedades físicas de solos arenosos do que em solos argilosos (Costa et al., 2003). Silva & Mielniczuk (1997) verificaram reduções do DMP de 71 % de um solo arenoso (220 g Kg<sup>-1</sup> de argila) após sua transição da condição de campo nativo para um sistema de preparo convencional. Estudando um Cambissolo Húmico Bertol et al. (2001) observaram redução de DMP de 12 % do sistema de plantio convencional em relação a outros sistemas de preparo do solo. Isso pode estar associado ao revolvimento mecânico periódico do solo e ao baixo aporte de matéria orgânica nesse sistema de manejo (Bayer & Mielniczuk, 1997; Bertol et al., 2000).

Os níveis de suficiência (Tabela 17) para a Ds (1,31 kg m<sup>-3</sup>) são considerados intermediários dos relatados como limitantes ou com o potencial de causar dificuldades no crescimento radicular. Camargo & Alleoni (1997) e Reichert et al. (2003) consideram 1,55 kg m<sup>-3</sup> como limitante ao pleno desenvolvimento das culturas. Para Machado (2003), valores de Ds acima de 1,3 kg m<sup>-3</sup>, de modo geral, podem prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular e diminuir a produção das culturas.

**Tabela 16.** Estimativa de correlação de Pearson entre as diferentes variáveis físicas do solo, para a cultura do algodão, em 203 parcelas, na região do cerrado. Safras 2004/2005; 2005/2006 e 2006/2007.

Variáveis <sup>1</sup>	Ds	PT	MA	MI	DMG	DMP	% 2	% 1	% 0,5	% 0,25	% 0,105	< % 0,105
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	-0,02	-0,007	0,01	-0,01	0,16	0,08	0,03	0,09	0,07	-0,17	-0,23	-0,06

	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	**	ns
Ds (kg m <sup>-3</sup> )	-	-0,59	-0,02	-0,55	-0,27	-0,25	-0,26	0,14	0,27	0,19	0,21	-0,10
	-	**	ns	**	**	**	**	*	**	**	**	ns
PT (%)	-	-	0,17	0,86	0,09	0,10	0,11	-0,12	-0,14	0,008	-0,10	-0,01
	-	-	*	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
MA (%)	-	-	-	-0,33	-0,20	-0,15	-0,12	-0,005	0,15	0,12	0,18	-0,05
	-	-	-	**	**	*	ns	ns	*	ns	**	ns
MI (%)	-	-	-	-	0,19	0,17	0,17	-0,11	-0,21	-0,05	-0,19	0,01
	-	-	-	-	**	*	*	ns	**	ns	**	ns
DMG (mm)	-	-	-	-	-	0,94	0,91	-0,36	-0,70	-0,84	-0,82	-0,10
	-	-	-	-	-	**	**	**	**	**	**	ns
DMP (mm)	-	-	-	-	-	-	0,96	-0,42	-0,67	-0,79	-0,73	-0,26
	-	-	-	-	-	-	**	**	**	**	**	**
AG 2mm (%)	-	-	-	-	-	-	-	-0,58	-0,72	-0,77	-0,78	-0,20
	-	-	-	-	-	-	-	**	**	**	**	**
AG 1mm (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,14	0,18	-0,02
	-	-	-	-	-	-	-	-	**	ns	*	ns
AG 0,5mm (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59	0,43	0,06
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	ns
AG 0,25mm (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-0,001
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	ns
AG 0,105mm (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,01

Nível de significância para rejeição da hipótese de correlação igual a zero: ns ó não significativo; \* significativo a 5 %; e \*\* significativo a 1 %.

<sup>1</sup>Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; MA: macroporosidade; MI: microporosidade; DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; AG % >2mm: Agregados maiores que 2mm; AG % 1mm: % de Agregados entre 1 e 2mm; AG % 0,5mm: % de Agregados entre 0,5 e 1mm; AG % 0,25mm: % de Agregados entre 0,25 e 0,5mm; AG % 0,105mm: % de Agregados entre 0,105 e 0,25mm; AG % <0,105mm: % de Agregados menor que 0,105mm.

**Tabela 17.** Equações de regressão entre a concentração da variável (Y) e o índice de sustentabilidade da variável (X) relativa à análise de física do solo de 203 parcelas. NS = nível de suficiência. DP = desvio padrão da média.

Variável <sup>2</sup>	NS	DP	Coeficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2$			$r^2$ / teste F <sup>1</sup>
			a	b	c	
Ds (kg m <sup>-3</sup> )	1,31	0,16	Y = 1,317410 +	0,013547 x +	0,000238 x <sup>2</sup>	0,777**
Rp (MPa)	2,74	2,33	Y = 2,743695 +	0,108220 x +	0,001188 x <sup>2</sup>	0,945**
C <sub>org</sub> (dag kg <sup>-1</sup> )	1,79	0,67	Y = 1,790672 +	0,048686 x +	0,000180 x <sup>2</sup>	0,870*
PT (%)	48,47	10,68	Y = 48,47489 +	0,0050826 x -	0,0000003 x <sup>2</sup>	0,422*
MA (%)	12,60	4,90	Y = 12,60120 +	0,3153174 x +	0,0013755 x <sup>2</sup>	0,567**
MI (%)	37,94	11,08	Y = 37,94369 +	0,4124993 x +	0,0005316 x <sup>2</sup>	0,490**
DMG (mm)	1,97	0,43	Y = 1,970963 +	0,0003689 x -	0,0000001 x <sup>2</sup>	0,571**

DMP (mm)	2,14	0,34	Y = 2,148692 + 0,0283265 x - 0,0002237 x <sup>2</sup>	0,740**
AG 2mm (%)	63,31	14,37	Y = 63,31999 + 0,5582286 x + 0,0010837 x <sup>2</sup>	0,550**
AG 1mm (%)	8,42	4,57	Y = 8,422167 + 0,2182579 x + 0,0006710 x <sup>2</sup>	0,839**
AG 0,5mm (%)	7,56	3,90	Y = 7,568867 + 0,2557202 x + 0,0019086 x <sup>2</sup>	0,717**
AG 0,25mm (%)	6,96	5,83	Y = 6,967049 + 0,2633484 x + 0,0016844 x <sup>2</sup>	0,836**
AG 0,105mm (%)	5,03	3,34	Y = 5,030304 + 0,1697289 x + 0,0000091 x <sup>2</sup>	0,692ns
AG <0,105mm (%)	6,66	3,73	Y = 6,663033 + 0,2065356 x + 0,0004076 x <sup>2</sup>	0,713**

<sup>1</sup>Teste F. Nível de suficiência do teste F: \* = significativo a 5 %; \*\* = significativo a 1 % e ns = não-significativo. Y = variável; X = índice de sustentabilidade.

<sup>2</sup>C<sub>org</sub>: carbono orgânico; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; MA: macroporosidade; MI: microporosidade; DMG: diâmetro médio geométrico; RP: resistência a penetração; DMP: diâmetro médio ponderado; AG % >2mm: Agregados maiores que 2mm; AG % 1mm: % de Agregados entre 1 e 2mm; AG % 0,5mm: % de Agregados entre 0,5 e 1mm; AG % 0,25mm: % de Agregados entre 0,25 e 0,5mm; AG % 0,105mm: % de Agregados entre 0,105 e 0,25mm; AG % <0,105mm: % de Agregados menor que 0,105mm.

De acordo com a Tabela 17 os baixos valores de Ds podem ser atribuídos ao intenso revolvimento do solo e a incorporação dos resíduos, confirmados pela MA encontrada. Rosolem et al. (1998) não verificaram redução no crescimento, tanto da parte aérea, quanto do sistema radicular, do algodoeiro cultivado sob efeito de compactação do solo até a Ds de 1,82 kg m<sup>-3</sup>. Contudo, estudos têm demonstrado que o algodoeiro é uma cultura sensível à compactação do solo (Carvalho & Ferreira, 2007). Coelho et al. (2000) observaram reduções na biomassa da parte aérea de algodoeiro cultivado em campo durante duas safras consecutivas, em solos com valores de Ds variando de 1,6 kg m<sup>-3</sup> a 1,7 kg m<sup>-3</sup>, na camada de 20 cm a 40 cm de profundidade, respectivamente.

O nível de suficiência estabelecido para PT (Tabela 16) encontra-se na faixa de 48 a 59 %. De acordo com Kiehl (1979) a PT ideal deve estar em torno de 50 %. O presente trabalho o valor da média da PT foi de 50 %.

Os valores de RP sofreram variação nos níveis adequados (NS + DP) de suficiência de 2,74 a 5,07 MPa. A faixa de suficiência está acima ou parcialmente acima das literaturas citadas. Segundo Arshad et al. (1996) estes valores estão nas classes de alta a muito alta. No presente estudo, o valor encontrado de RP (Tabela 15) encontra-se acima do limite crítico (variando de 2,0 e 2,5 MPa) citado na literatura (Taylor et al., 1966; Imhoff et al, 2000) para culturas anuais.

A compactação aumenta a RP, restringindo o crescimento radicular acima de valores entre 1,5 a 3,0 MPa (Grant & Lanford, 1993), ou de 2,0 a 4,0 MPa (Arshad et al., 1996) ou ainda 2,8 a 3,2 MPa (Vepraskas & Miner, 1986). Para Vepraskas & Miner (1986) quando a RP atinge um valor de 4 MPa não há crescimento de raízes. Conforme pode se notar, não há um consenso de valores na literatura devido à diversidade de classes de solo,

do tempo de uso nos diferentes sistemas de manejo, às condições de umidade do solo por ocasião das penetrometrias, além da diversidade de procedimentos metodológicos (Camargo & Alleoni, 1997).

## 5 CONCLUSÕES

Foi possível estabelecer os níveis de suficiência de diversas variáveis (teores de nutrientes, visuais, químicas e físicas do solo) como critérios de interpretação regional da qualidade do solo para a produção sustentável do algodão no cerrado de Goiás.

Os critérios de interpretação de indicadores dos teores de nutrientes, visuais e físico-químicos do solo poderão ser utilizados para monitorar a qualidade das áreas de produção de algodão na região do cerrado goiano, auxiliando as tomadas de decisões em propriedades rurais por meio de determinações rotineiras e de baixo custo de análises laboratoriais.

## 6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 799-806, set./out. 2003.

ALBUQUERQUE, J. A.; RENEIRT, D. J.; FIORON, J. E. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.115-119, 1995.

ALTIERI, M. **Agrobiologia**: Bases científicas para a agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ALVAREZ, V, F. C.; DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; DUETE, W. L. C.; ABREU JUNIOR, C. H. Utilização de fósforo do solo e do fertilizante por tomateiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 167-172, jan./mar. 2002.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 617-625, jul./ago. 2007.

ANDREW, C. S. Problems in the use of chemical analyses for diagnosis of plant nutrient deficiencies. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Australian, v. 34, n. 3, p. 154-162, 1968.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; CARVALHO, E. M. S. Effect of composted textile sludge on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. **Bioresource Technology**, Londres, v. 97, n. 5, p. 1028-1032, 2007

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B.; Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**, Madison: Soil Science Society of America, 1996. v. 49, p. 123-141. (SSSA Special Publication)

ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Manejo de nematóides. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 15, p. 551-580.

BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, 1996.

BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; SANTOS, W. R. dos.; ABREU, M. F. de. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e freqüência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 253-263, 2004.

BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas. Instituto Agrônômico, 1978. 31 p. (Boletim Técnico, 87)

BATAGLIA, O. C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 289-308.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetado por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1)

BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, Pietermaritzburg, v. 1, n.1, p. 1-30, 1971.

BECKETT, P. H. T.; WEBSTER, R. Soil variability: a review. **Soils and Fertilizers**, Wallingford, v. 34, n. 1, p. 1-15, 1971.

BEDNARZ, C. W.; BAKER, S. H.; BROWN, S. M.; BRIDGES, D. Effects of plant population on growth and development of cotton in south-Georgia. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2., 1998, San Diego. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council of America, 1998. p. 1450.

BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J.; VALLE, L. S. Zoneamento agroclimático do algodoeiro no Cerrado Brasileiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 5, p. 175-192.

BELTRÃO, N. E. M. **Fisiologia da produção do algodoeiro**. Campina Grande (PB): EMBRAPA, 2006. 8 p.(Circular Técnica, 94)



BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. Fitologia do algodão herbáceo. In: BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Campina Grande (PB): EMBAPA, 1999, v.1, cap. 3, p. 55-86.

BERNARDI, A. C. de C.; CARVALHO, M. C. S.; FREITAS, P. L.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; SILVA, T. M. **No sistema plantio direto é possível antecipar a adubação K do algodoeiro**. Rio de Janeiro (RJ): Embrapa Solos, 2004. 7 p. (Comunicado Técnico, 24)

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, jul./set. 2001.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J. M.; REIS, E. F. dos; DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 91-95, 2000.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167-177, jan./mar. 2001.

BEVERLY, R. B. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n.8, p. 901-920, 1987.

BLACK, C. A. **Soil fertility evaluation and control**. Boca Raton: Lewis publ, 1993. 764 p.

BLANCANEUX, P.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; LIMA, J. M; FREITAS, P. L. Indicadores da qualidade estrutural do solo sob sistemas de plantio direto e cultivo convencional em Latossolo roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1997. 1 CD-ROM.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPMF, 1999. p. 197-260.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 369-374, 1990.

BRAUNACK, M. V.; DEXTER, A. R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I . Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 259-279, 1989.

BROWN, S. M.; WHITWELL, T.; TOUCHTON, J. T.; BURMESTER, C. H. Conservation tillage systems for cotton production. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, n. 5, p. 1256-1260, 1995.

BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 13-24, 2000.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132 p.

CAMPOS, F. S. **Propriedades físico-químicas de um solo em recuperação sob sistema agrossilvopastoril**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2004. 61 f. (Trabalho de Graduação)

CANARACHE, A. 1990. Penetrometer - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, n. 1-2, p. 51-70.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A. Situação da análise de solo e planta no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994. Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome. **Anais...Petrobrás**: EMBRAPA, CPATSA; SBCS; 1995. p.9-33.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUCK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxo, submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1. p. 99-105, 1990.

CARVALHO, M. A. C.; ATAYDE, M. L. F.; SORRATTO, R. P.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E. Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1205-1211, dez. 2004.

CARVALHO, M. C. S.; BARBOSA, K. A. B.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. Resposta de cultivares de algodoeiro à adubação potássica no cerrado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2001. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 1 CD-ROM.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, A. C. B. Manejo de solos aptos à cotonicultura no Cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 6, p.193-224.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 16, p. 581-647.

CASTRO, O. M. **Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 174 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

CENTURION, J. F. **Efeito de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sob cerrado e na cultura do milho implantada**. 1988. 125 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 263-266, 1985.

CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers Orstom**, Bondy, v. 26, n. 1, p. 37-50, 1991.

CHANG, M. A.; OOSTERHUIS, D. M. Cotton response to foliar application of potassium compounds at different pH levels. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 79, n. 2, p. 20-22, 1995.

CHERRY, J. P.; LEFFLER, H. R. Seed. In: KOHEL, R. J.; LEWIS, C. F. (Eds.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. v. 24, p. 512-570.

COELHO, M. B.; MATEOS, L. C.; VILLALOBOS, F. J. Influence of a loam subsoil layer on growth and yield of irrigated cotton in Southern Spain. **Soil and Tillage Research**, Netherlands, v. 57, n. 3, p. 129-142, 2000.

COKER, D. L.; OOSTERHUIS, D. M.; BROWN, R. S. Field evaluation of foliar-applied fertilizers on the growth and yield of cotton. In: **ARKANSAS COTTON RESEARCH**, 497., 2001, Fayetteville. **Summaries** Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 2001. p. 108-116. (Research Series)

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DE GOIÁS (CFSG). **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás**. Goiânia: Universidade federal de Goiás ó EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).

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

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Agrícola 2007/2008**. Brasília (DF). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 08 jan. 2008.

CORRÊA, J. C.; SHARMA, R. D. Produtividade do Algodoeiro herbáceo em plantio direto no cerrado com rotação de cultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 41-46, 2004.

CORRECHEL, V.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; SANCHES, A. C. Resistência de um Latossolo Roxo ao penetrômetro em dois sistemas de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997. Rio Janeiro,. Resumos... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 20.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 1, p. 29-62.

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**, Brasília, v. 34, n.2, p. 289-298, 1999.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, jul. 2006.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, mai/jun. 2003.

COSTA, L. M.; ABRAHÃO, W. A. P. Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UFV, 1996. p. 429-443.

COX, F. R. Micronutrientes. In: SÁNCHEZ, P. A. (Ed.). **Un resumen de las investigaciones edafológicas en las America Latina tropical**. Raleigh: Agricultural Experiment Station, 1973. p. 199-215. (Technical Bulletin, 219)

COX, F. R.; KAMPRATH, E. J. Micronutrient soils test. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L.(Ed.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society American, 1973. p. 289-317.

CRAVEN, L. A.; STEWART, J. McD.; BROWN, A. H. D.; GRACE, J. P. The Australian wild species of *Gossypium*. In: WORLD COTTON RESEARCH CONFERENCE, 1., 1994. Brisbane. **Proceedings** Brisbane: Challenging the future, 1994. p. 278-281.

DAHNIKE, W. C.; OLSEN, R. A. Soil test correlation, calibration, and recommendation. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. 3 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p. 45-71.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 471-477, 1993.

DEDECEK, R. A. Efeitos das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 323-328, 1987.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 3-21 (SSSA Special Publication, 35).

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 56, n.1 ,p. 2-54, 1996.

DOW, A. I.; ROBERTS, S. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 401-403, 1982.

ELTZ, F. L. P.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Algodão: Tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, 2001. 296 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual e métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro (RJ): Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212 p.

FARIA, S. M.; FRANCO, A. A. Espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para revegetação de áreas degradadas. In: I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional ó Recuperação de áreas degradadas. Trabalhos voluntários. 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1994.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Ponta Grossa (PR): FEDRAPDP. Disponível em: <<http://www.fedrapdp.org.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

FERNANDES, M.R. **Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo**. 1982. 65f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.

FERRARI, S. E.; FURLANI, E.; SANTOS, M. L.; FERRARI, J. V.; SANTOS, D. M. A.; FELTRIN, E. B.; FERNANDES A. R; VOLTAN, F. S. Estudos sobre a adubação potássica para diferentes cultivares de algodão da região do cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 1 CD-ROM.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; ALVES, L. R. A. Aspectos Econômicos do algodão no cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 2, p. 53-90.

FERREIRA, A. C. B.; CARVALHO, M. C. S.; BARBOSA, K. A.; LEANDRO, W. M. Calibração dos teores de potássio no solo e na folha do algodoeiro no cerrado de Goiás. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005. Embrapa Algodão. **Anais...** Campina Grande (PB), 2005. 1. CD-ROM.

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M. **Manejo do solo e instalação da cultura do algodoeiro**. Campina Grande (PB): Embrapa Algodão, 2006. 6 p. (Circular técnica, 91)

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado**: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande (PB): Embrapa Algodão, 2005. 71 p. (Documentos, 138).

FREITAS, R. J.; LEANDRO, W. M.; CARVALHO, M. C. S. Efeito da adubação potássica via solo e foliar sobre a produção e a qualidade da fibra em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 106-112, jun. 2007.

FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models**: a guide to the ANOVA and GLM procedures. Cary: SAS Institute, 1981. 231 p.

GADANHA JUNIOR, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Núcleo Setorial de Informações em Máquinas Agrícola, Fundação de Ciências e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991. 449 p.

GALLO, J. R.; COELHO, F. A. S.; MIRANDA, L. T. A análise foliar na nutrição do milho. I. Resultados preliminares. **Bragantia**, Campinas, v. 24, n. 47, 1965.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p.185-226.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: GOEDERT, W. J. **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA ó CNPAF, 1985. p. 237-259.

GARCIA-LORCA, D. R.; CARNERO ORTEGA, J. M. **El algodón**. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 158 p.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 1617, jan. 1980.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologia e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel, 1985. p. 129-163.

GOMEZ, A. A.; KELLY, D. E. S.; SYERS, J. K.; COUGHLAND, K. J. Measuring sustainability of agriculture systems at the farm level. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, 1996. v. 49, p. 401-409. (SSSA Special Publication)

GRABLE, A. R.; SIEMER, E. G. Effects of bulk density aggregate size and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 32, n. 2, p. 180-186, 1968.

GRANT, C. A.; LANFOND, G. O. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in Southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 73, n. 2, p. 223-232, may. 1993.

GREENLAND, D. J. Soil management and soil degradation. **European Journal of Soil Science**, Blackwell, v. 32, n. 3, p. 301-322, 1981.

GRIDI-PAPP, I. L.; CIA, E.; FUZZATTO, M. G.; SILVA, N. M. da; FERRAZ, C. A. M.; CARVALHO, N. de; CARVALHO, L. H.; SABINO, N. P.; KONDO, J. J.; PASSOS, S. M. G.; CHIAVEGATO, G. I.; CAMARGO, P. P. de; CAVALIERI, P. A. **Manual do produtor de algodão**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1992. 158 p.

HANSON, R. G. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybeans in Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Nutrition**, New York, v. 12, n. 9, p. 933-948, 1981.

HANWAY, J. J.; WEBER, C. R.; Accumulation of N, P, and K by Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. *Agronomy Journal*, Madison, v. 63, n. p. 406-408, 1971.

HARPER, J. L. Population biology of plants. New York: Academic Press, 1977. 892 p.

HERNANI, L. H.; SALTON, J. C. Manejo e conservação do solo. In: Algodão: tecnologia de produção. Dourados (MS): Embrapa Agropecuária Oeste; 2001. p. 76-102.

HILL, R. L. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 161-166, 1990.

HOWARD, D. D.; GWATHMEY, C. O.; SAMS, C. E. Foliar feeding of cotton: evaluating potassium sources, potassium solution buffering, and boron. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 6, p. 740-746, 1998.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. DA; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.

INGARAMO, O. E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo**. 2003. 298f. Tese (Doutorado em Ciências Del Suelo y em Medio Ambiente)-Universidad da Coruña, La Coruña, 2003.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 79, n.1, p. 9-16, 2000.

- KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Goderma**, Amsterdam, v. 114, n. 3-4, p. 145-156, 2003.
- KAY, B. D.; ANGERS, D. A. Soil structure. In: A. SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 229-276.
- KEISLING, T. C.; MULLIXINS, B. Statistical considerations for evaluating micronutrient tests. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 6, p. 1181-1184, 1979.
- KEOGH, J. L.; SABBE, W. B.; CAVINESS, C. E. Nutrient concentration of selected soybean cultivars. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 3, n. 1, p. 29-36, 1972.
- KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; FARIA, A. de C. Cerrados: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 1-31.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relação solo-água-plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.
- KIRKEGAARD, J. A.; SO, H. B.; TROEDSON, R. J. Effect of compaction on the growth of pigeon pea on clays soils. III. Effect of soil type and water regime on plant response. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 163-178, 1993.
- KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia)óEscola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- LACERDA, N. B.; SILVA, J. R. Efeitos da erosão e de técnicas de manejo sobre a produção do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 820-827, dez. 2006.
- LACERDA, N. B.; SILVA, J. R. Efeitos do manejo do solo e da adubação orgânica no rendimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 167-172, 2007.
- LAGIÉRE, R. **El algodón**. Barcelona: Blume, 1976. 279 p.
- LAMAS, F. M. O cultivo do algodoeiro como componente de um sistema de produção. **Cotton Business**, Campinas, v. 1, n. 6, p. 26-27, jul. 2007.
- LAMAS, F. M. Reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 18, p. 689-703.



LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. Espaçamento e densidade. In: EMBRAPA/CNPA. (Org.). **Algodão**: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA, 1998. p. 103-105. (Circular técnica, 7).

LAMAS, F. M. Espécies para cobertura do solo e seus efeitos no algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n.1, p. 55-63, 2007.

LANDERS, J. M. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia (GO): APDC (Associação de Plantio Direto do Cerrado), 1994, 259 p.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT (Org.). **Evaluation for sustainable land management in the developing world**. Bangkok: IBSRAM, 1991. n. 2. p.175-203. (Proceedings, 12)

LEANDRO, W. M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) na região de Rio Verde-GO**. 1998. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

LEE, J. A. Cotton as word crop. In: KOTTEL, R. L.; LEWIS, C. F. (Ed.) **Cotton**. Madison: ASA, 1984. p. 1-25.

LIEBIG, M. A.; DORAN, J. W. Impact of organic production praticies on soil quality indicators. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 28, n.19, p. 1601-1609, 1999.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007.

LOPES, A. S. **Solos sob ãCerradoö**: Características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafos, 1983. 162 p.

LOPES, A. S. **Solos sob ãCerradoö**: Características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafos. 2ª ed. 1984. 162 p

LUCAS, R. E.; KNEZEK, B. D. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. cap. 12, p. 265-288.

LUCHESE, A. V.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; BRACCINI, M. C. L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1949-1952, 2004.

LUCHESE, E. B., FAVERO, L. O., LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora, 2002. 182 p.

MACHADO, L. O.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; FERREIRA, C. V.; Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio Convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n. 3, p. 591-599, mai/jun, 2007.

MACHADO, P. L. O. A. **Compactação do solo e crescimento de plantas**: como identificar, evitar e remediar, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 15 p. (Embrapa Solos. Documento, 56)

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubação. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1987. 606 p.

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

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

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

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; JUNIOR, J. D. G. S.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, jun. 2007.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T. I.; LEITE, J. G. D. B. Recuperação de atributos de um argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 571-579, 2007.

MASCARENHAS, H. A. A.; NEPTUNE, A. M. L.; MURAOKA, T.; BULISANI, E. A.; HIROCE, R. Absorção de nutrientes por cultivares de soja. **Revista brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 92-96, 1980.

MELO FILHO, J. F.; SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 291-297, 1993.

MENEZES, L. A. S. **Indicadores de sustentabilidade em sistemas de rotação e sucessão de culturas com algodoeiro em plantio direto**. 2006. 115 p Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

MOODY, J. E.; SHER, G. M.; JONES JUNIOR, J. N. Growing corn without tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 25, n. 6, p. 516-517, 1961.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NESMITH, D. S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultissol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 51, n. 1, p. 183-186, 1987.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de ; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P. de ; PINHO, P. J. de. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.

NOGUEIRA JUNIOR, S.; BARBOSA, M. Z. O papel da pesquisa e a importância do cerrado para a reorganização da cotonicultura brasileira. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 87-98, jul/dez. 2005.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa - UFV, Departamento de Solos - DPS, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.

OLIVEIRA, S. A. Análise Foliar. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. cap. 10, p.245-256.

OLIVEIRA, S. A. Avaliação do balanço nutricional no sistema solo - planta pelo DRIS. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE SO SOLO EM PLANTIO DIRETO, Dourados, 1997. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 81-87. (Documentos, 22).

OOSTERHUIS, D. M. Cotton yield enhancement using foliar applied potassium nitrate and PGR-IV. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 76, n.4, p. 10-11, 1992.

PEDROTTI, A.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M.; CARVALHO, R. Relação entre atributos físicos, mineralógicos da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 1-9, 2003.

PEREIRA, S. R. P. A produção brasileira de algodão e a política agrícola federal. **Cotton Business**, Campinas, v.1, n. 6, p. 20-22, jul. 2007.

PETTIGREW, W. T.; JONES, M. A. Cotton growth under no-till production in the lower Mississippi river valley Alluvial flood plain. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 6, p. 1398-1404, 2001.

PIDGEON, J. D.; SOANE, B. D. Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 88, n. 2, p. 431- 442, 1977.

POCAY, V. G. **Relações entre pedoforma e variabilidade espacial de atributos de latossolos sob cultivo intensivo de cana-de-açúcar**. 2000. 177 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2000.

PREVOLT, P.; OLLAGNIER, M. Methode d'utilisation du diagnostic foliaire. In: WALLACE, T. (Ed.). **Analyse des plantes et problèmes des fumures minerales**. Paris: I.R.H.O, 1957. p. 177-192.

PRIMAVESI, A. **Manejo biológico do solo**: A agricultura em regiões tropicais. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1989, 541 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: A agricultura em regiões tropicais. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1987, 278 p.

RAIJ, B. VAN. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85-112, 1969.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.

REDDY, V. R.; TRENT, A.; ACOCK, B. Mepiquat chloride and irrigation versus cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 930-933, 1992.

REICHERT, J. M.; REINERT, J. M.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

RESENDE, M.; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do Cerrado. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M, P. P. F. (Ed.). **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: UFV/SBCS, 1996. p.169-199.

ROSOLEM, C. A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 17, p. 649-688.

ROSOLEM, C. A.; SCHIOCHET, M. A.; SOUZA, L. S.; WHITACKER, J. P. T. Root growth and cotton nutrition as affected by liming and soil compaction. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, n. 1-2, p. 169-177, 1998.

SALTON, J. C.; LAMAS, F. M. Integração lavoura pecuária e o cultivo do algodoeiro nos Cerrados. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 11, p. 379-402.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 313-319, 1995.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. Qualidade do solo: uma visão holística. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 15-18, 2002.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998. Montpellier. **Anais** Montpellier: ISSS, 1998. 1 CD-ROM.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio direto *versus* convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos das culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 449-454, 1995.

SANTOS, W. J. Manejo das pragas do algodão com destaque para o Cerrado Brasileiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 12, p. 403-478.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 85-91, 2000.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G.; BLUMENSCHNEIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo**: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 26 p. (Circular técnica, 17)

SENE, M., M. J. VEPRASKAS, G. C. NADERMAN & H. P. DENTON. 1985. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 2, p. 422-27, 1985.

SIDIRAS, N., PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em Latossolo Roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v. 2, n. 9, p. 4-5, 1984.

SILVA, J. C. R.; COELHO, M. A.; MOREIRA, E. G. S.; NETO, P. R. O. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. **Ciências Agrônomicas**, Fortaleza, v. 16, n. 1, p. 55-63, 1985.

SILVA, A. P. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo**. 1988. 105 f. Tese (Doutorado em solo)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 3, p. 877-883, 1997.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p.1775-1781, 1994.

SILVA, A. V.; TORMENA, CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, J. H.; KUBIAK, D. M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.407-411, 2006.

SILVA, I. F. da; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 313-319, 1997.

SILVA, N. M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos. (Eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 57-92.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; FUZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; ALLEONI, L. R. F. **Seja o doutor do seu algodoeiro**. Piracicaba, Potafos, n. 69, p. 1-24, 1995.

SILVA, O. R. R. F.; SOFFIATTI, V.; CARTAXO, W. V. Mecanização da lavoura algodoeira. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007, v. 1, cap. 7, p. 225-266.

SILVA, R. H. da; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular da soja em razão da sucessão de cultivo e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 855-860, 2002.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 795-801, 2000.

SILVEIRA NETO, A. N. S.; SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, L. F. C. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 29-35, 2006.

SIMÕES, W. L.; SILVA, E. L.; LIMA, D. M.; OLIVEIRA, M. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1061-1068, 2006.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUZA, L. S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 77-86, 1998.

- SOUZA, Z. M. de; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 491-499, may. 2004.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003.
- SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Goderma**, Amsterdam, v. 114, n. 3-4, p. 143-144, 2003.
- STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem, nutrição e adubação. In: **Algodão: informações técnicas**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 51-70. (Circular Técnica, 7)
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Penetrômetro de impacto IAA/PLANALSUCAR-Stolf: recomendação para seu uso. **STAB**, Piracicaba, v.1, n.3, p.18-23, 1983.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.
- SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no Cerrado Brasileiro. (In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 13, p. 479-521.
- TAKISAWA, E. Manejo da cultura do algodão no Cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 10, p. 345-378.
- TAKIZAWA, E. K. Manejo do solo: pelo sistema convencional ou plantio direto? **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 6, p. 8-9, jul./dez. 2006.
- TAYLOR, H. M., ROBERTSON, G. M., PARKER, J. J. Soilstrength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, New York, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.
- TAYLOR, H. M.; RATLIFF, L. F. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. **Soil Science**, New York, v. 108, n. 2, p. 113-119, 1969.
- TAYLOR, S. A.; ASHCROFT, G. L. **Physical edaphology** ó The physics of irrigated and non irrigated soils. San Francisco:W.H. Freeman and Company, 1972. 532 p.
- TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 107-114, 1992.

- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002. v. 2, p. 196-276.
- ULRICH, A.; HILLS, F. J. Principles and practices of plant analysis. In: **Soil Testing and plant analysis**. Madison, SSSA. 1967. v. 2, n. 1, p. 11-24. (Special Publications Series)
- VEPRASKAS, M. J.; MINER, G.S. Effects of subsoiling and mechanical impedance on tobacco root growth. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, n. 2, p. 423-427, 1986.
- VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2002, cap. 14, p. 367-382.
- WADDLE, B. A. Crop growing practices. In: KOHEL, R. J.; LEWIS, C. F. (Ed.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 233-263. (Serie Agronomy, 24).
- WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; ISAAC, R. A.; PLANK, C. O. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 6, p. 1046-1052, nov/dec, 1986.
- WANG, J.; HESKETH, J. D.; WOOLLEY, J. T. Preexisting channels and soybean rooting patterns. **Soil Science**, Baltimore, v. 141, n. 6, p. 432-437, 1986.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soilphysical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.
- WEIR, B. L., MILLER, R., ROBERTS, B. Foliar applied potassium benefits cotton in the San Joaquin Valley. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 79, n. 4, p. 18-20, 1995.
- WÜRSCHÉ, W.; DENARDIN, L. E. Conservação e manejo dos solos - I. Passo Fundo: Planalto Rio-grandense, 1980. n. 2, p. 1-20. (Circular Técnica Nacional de Pesquisa do Trigo)
- YAMAOKA, R. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1991. 241 p. (Circular Técnica, 23).