

**Impacto de Sistemas Agrícolas
nos Atributos Físicos,
Químicos e Macrofauna num
Latossolo do Oeste Baiano**



ISSN 1676-918X

Novembro, 2008

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 228

Impacto de Sistemas Agrícolas nos Atributos Físicos, Químicos e Macrofauna num Latossolo do Oeste Baiano

Robélio Leandro Marchão

Lourival Vilela

João de Deus G. Santos Junior

Marcos Aurélio C. de Sá

Luiz Carlos Bergamaschi

Luiz Roberto Bortoncello

Planaltina, DF
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Equipe de revisão: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Francisca Elijani do Nascimento

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufé*

Editoração eletrônica: *Wellington Cavalcanti*

Capa: *Wellington Cavalcanti*

Foto(s) da capa: *Lourival Vilela*

Robélio L. Marchão

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Alexandre Moreira Veloso

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2008): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

-
- 134 Impacto de sistemas agrícolas nos atributos físicos, químicos e macrofauna num latossolo do oeste baiano / Robélio Leandro Marchão... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2008. 30 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 228).

1. Solo. 2. Latossolo. 3. Sistema de cultivo. 4. Plantio direto. 5. Integração lavoura-pecuária. 6. Cerrado. I. Marchão, Robélio Leandro. II. Série.

631.452 - CDD 21

© Embrapa 2008

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	9
Local	9
Histórico da área de estudo	9
Amostragens do solo.....	10
Triagem da macrofauna edáfica e quantificação da serrapilheira ...	11
Atributos físico-hídricos do solo	11
Atributos químicos e textura.....	13
Análises estatísticas	13
Resultados e Discussão.....	13
Diagnóstico dos atributos físicos.....	13
Diagnóstico dos atributos químicos	20
Macrofauna edáfica	23
Massa seca da serrapilheira	26
Conclusões.....	27
Agradecimentos	28
Referências	28

Impacto de Sistemas Agrícolas nos Atributos Físicos, Químicos e Macrofauna num Latossolo do Oeste Baiano

Robélio Leandro Marchão¹; Lourival Vilela²;

João de Deus G. Santos Junior³; Marcos Aurélio C. de Sá⁴;

Luiz Carlos Bergamaschi⁵; Luiz Roberto Bortoncello⁶

Resumo

O objetivo foi avaliar o impacto de sistemas agrícolas (algodão, feijão, milho consorciado com capim, soja e pastagem) em um Latossolo do oeste baiano sobre os atributos: porosidade total, macroporosidade, microporosidade, água disponível, densidade do solo, parâmetro "S", curva de retenção de água, textura do solo, pH, cálcio, magnésio e potássio trocáveis, fósforo disponível, acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases; além do teor de matéria orgânica, macrofauna edáfica e a massa seca da serrapilheira. Uma área de Cerrado adjacente foi utilizada como referência. Todos os sistemas de manejo causaram impacto nos atributos avaliados em relação ao Cerrado. As áreas sob feijão e soja apresentam alto grau de compactação. Valores excessivos de saturação por bases foram observados em todas as áreas cultivadas em comparação à pastagem e ao Cerrado. Os teores de matéria orgânica, mesmo nos sistemas mais conservacionistas como o SPD e a ILP, são considerados baixos. A utilização agrícola dos solos, ainda que associada ao SPD e a ILP, causou perda significativa na densidade da macrofauna.

Termos para Indexação: Cerrado, plantio direto, integração lavoura-pecuária, qualidade do solo.

¹Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Cerrados, robelio.leandro@cpac.embrapa.br

²Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da Embrapa Cerrados, lvilela@cpac.embrapa.br

³Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Cerrados, jdsantos@cpac.embrapa.br

⁴Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Cerrados, carolino@cpac.embrapa.br

⁵Engenheiro Agrônomo, B.Sc., Fazendas Xanxerê e Vale do Arrojado, BR 349 Km 300, Correntina, BA, lbergamaschi@uol.com.br

⁶Administrador, B.Sc., Fazendas Xanxerê e Vale do Arrojado, BR 349 Km 300, Correntina, BA, lbortoncello@uol.com.br

Impact of Land Use on Physical and Chemical Properties and on the Macrofauna in a Sandy Oxisol of West Bahia State, Brazil

Abstract

*The objective was to evaluate the impact of land use systems (cotton, common bean, maize, soybean and pasture) on soil physical and chemical properties (total porosity, macroporosity, microporosity, available water content, bulk density, S-index, soil water retention curve, texture, pH, Ca, Mg, K, P, H+Al, cation capacity exchange, base saturation, soil organic matter) and also on the macrofauna of an Oxisol in the west Bahia state. The Cerrado adjacent area was used as a reference. The annual crops were cultivated under no-tillage system. In the farm crop-rotation scheme the maize were cultivated associated to *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard to aiming the establishment of the pasture in the crop-livestock integration system. The soil macrofauna was evaluated at level of taxonomic groups. The surface litter mass was also collected. All land use systems cause impacts on soil properties in comparison to the native Cerrado. Macroporosity was significantly higher than microporosity, inducing a reduced water retention capacity in all land use systems. The areas under common bean and soybean showed higher values of soil bulk density in comparison to the other areas. The soil organic matter, even under no-tillage and in the crop-pasture rotation, were considered low. The land use with intensive agriculture in the sandy soils of the region caused significant losses in the macro fauna density in relation to the native Cerrado.*

Index terms: Brazilian savanna, no-tillage, crop-livestock system, soil quality.

Introdução

Na Região Nordeste do Brasil, o Bioma Cerrado ocupa uma área de aproximadamente 46 milhões de hectares (SANO et al., 2008). Entre as áreas ocupadas pela agricultura, destaca-se o Oeste Baiano, onde predominam as culturas da soja, do milho e do algodão. Nessa região, predominam solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média e Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 2006), assim como suas associações, caracterizados pela textura média a arenosa, baixa fertilidade natural e baixo teor de matéria orgânica (SILVA et al., 1994).

O manejo inadequado desses solos, notadamente sob preparo convencional, tem provocado alterações em sua estrutura, diminuindo a porosidade original observada nas áreas nativas e conseqüentemente promovendo sua degradação, a qual está relacionada com alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas desses solos, causadas pelo preparo excessivo, assim como pela ausência de uma cobertura morta efetiva. O sistema de plantio direto (SPD) e os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) são considerados opções viáveis para formação de uma cobertura morta, decorrente da rotação de culturas. Esses sistemas podem servir como alternativa ao monocultivo com preparo convencional contínuo, ainda comumente utilizado no Oeste Baiano.

Sabe-se que, nesses solos, o preparo excessivo predispõe à erosão, pela degradação da sua estrutura muito frágil, contribuindo para diminuição da infiltração de água e aumento do escoamento superficial. Nos casos mais drásticos, pode ocorrer perda significativa de solo e, conseqüentemente, assoreamento e poluição de cursos d'água. Da mesma forma, o preparo excessivo dos solos de textura média ou arenosa pode causar redução nos teores de matéria orgânica (SILVA et al. 1994). Considerando a baixa capacidade de retenção iônica pelas partículas minerais desses solos, a perda de matéria orgânica pode favorecer lixiviação de nitrato e contaminação do lençol freático por defensivos agrícolas. Em sistemas de sequeiro, camadas compactadas aumentam o risco de susceptibilidade das culturas

a veranicos e, em sistemas irrigados, aumentam a necessidade de água, resultando em maior consumo de energia. Alia-se a isso a baixa capacidade natural de retenção de água dos Neossolos Quartzarênicos e Latossolos, respectivamente 16 mm e 36 mm (RESCK et al., 2006), associada à distribuição irregular de chuvas que ocorre comumente na região. Isso implica em menor resistência à seca, especialmente durante os veranicos que podem durar mais de 25 dias. Em razão da característica estacional do clima, faz-se necessário que medidas (sistemas de manejo) sejam tomadas para aumentar a infiltração e o armazenamento de água no solo (RESCK et al., 2008).

Ainda que o SPD e a ILP sejam potenciais alternativas de manejo para minimizar os riscos climáticos da agricultura nesta região, observa-se que existem lacunas no conhecimento do real impacto desses sistemas sobre a qualidade do solo. Os mecanismos subjacentes, os efeitos da fauna e das raízes sobre a matéria orgânica do solo, assim como sua dinâmica, ainda não foram completamente estudados. Por exemplo, mesmo sendo conhecida a importância da macrofauna edáfica invertebrada para o equilíbrio e funcionamento dos agroecossistemas (LAVELLE et al., 2006), poucos estudos têm sido realizados para se avaliar efeitos das práticas de manejo do solo sobre esses indivíduos.

É mais grave a ausência de informações no Cerrado baiano, cuja expansão da ocupação tem-se dado de forma extremamente rápida. Por ser uma das últimas regiões de fronteira da ocupação agropecuária do Cerrado, a região carece de pesquisas que tragam informações sobre o impacto do uso desses solos que sirvam de base para o planejamento de ações futuras de conservação da qualidade e biodiversidade do solo. A intensificação de uso dos solos na região do Cerrado tem sido preconizada como uma alternativa à expansão de novas fronteiras agrícolas, sobretudo para reduzir as pressões sobre a Floresta Amazônica. A adoção de sistemas integrados de produção, a exemplo da ILP e dos sistemas agrissilvipastoris (integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF), dentro desse novo cenário, deverá ser acompanhada com o monitoramento de seus impactos sobre a

qualidade do solo, o qual será fundamental para prever ações que minimizem a degradação ambiental.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto de sistemas agrícolas sobre atributos físicos, químicos e macrofauna em um Latossolo do Oeste Baiano, comparativamente à vegetação de Cerrado nativo.

Material e Métodos

Local

O estudo foi realizado nas Fazendas Xanxerê e Vale do Arrojado (13° 47' 01'' S 46° 00' 13'' O, Alt. 930 m), localizadas no Município de Correntina, BA, sob Latossolo, originalmente sob Cerrado Típico (*sensu strictu*) e relevo muito plano. A vegetação nativa das áreas em estudo foi removida em 1988, sendo, desde então, cultivadas com diversas culturas anuais.

Histórico da área de estudo

O histórico das áreas amostradas nos últimos anos agrícolas encontra-se na Tabela 1. Na Região do Oeste Baiano, predominam as culturas da soja, do algodão e do milho. Nas fazendas Xanxerê e Vale do Arrojado, essas espécies têm sido cultivadas em esquema de rotação, onde todas as áreas das propriedades são cultivadas sob sistema de plantio direto (SPD). O SPD foi sendo implantado de forma escalonada na medida em que novas áreas foram sendo abertas, sempre após o segundo ano de cultivo em sistemas de plantio convencional. Mais recentemente, as propriedades adotaram o sistema de integração lavoura-pecuária onde, nas áreas cultivadas com milho, é realizado o plantio simultâneo da espécie forrageira para formação de pasto e terminação de animais na entressafra. Portanto, parte das áreas cultivadas com milho e capim no período chuvoso recebe os animais a partir de maio-junho, sendo pastejadas até o início do período chuvoso do próximo ano, que na região acontece normalmente em outubro. A taxa de lotação média das áreas varia entre 2 UA ha⁻¹ e 5 UA ha⁻¹, dependendo da disponibilidade de forragem e da categoria animal.

Tabela 1. Histórico das áreas amostradas nas fazendas Xanxerê e Vale do Arrojado, no período 2004 – 2007.

Culturas	Histórico da área
Feijão	Feijão irrigado sob pivô central após cultivo de inverno de milho consorciado com <i>Brachiaria ruziziensis</i> Germain & Evrard na entressafra 2007 visando à formação de palhada. Na safra 2006/2007, a área foi cultivada com algodão em SPD. Não houve pastejo na área.
Algodão	Algodão em SPD sob palhada de <i>B. ruziziensis</i> proveniente de milho consorciado na safra 2006/2007. Na safra 2005/2006, a área foi cultivada com soja em SPD. Houve pastejo da <i>B. ruziziensis</i> antes do plantio do algodão.
Soja	Soja em SPD sob palhada de <i>B. ruziziensis</i> proveniente de milho consorciado na safra 2006/2007. Na safra 2005/2006, a área foi cultivada com algodão em SPD. Safra 2004/2005, soja em SPD. Não houve pastejo na área.
Pastagem	Pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst.) Stapf. cv. <i>Marandu</i> com 4 anos de idade implantada após reflorestamento com <i>Pinus</i> sp. desde a abertura da área. Área pastejada regularmente com períodos de descanso ocasionais.
Milho	Milho consorciado com <i>Brachiaria ruziziensis</i> após soja em SPD na safra 2006/2007. Na safra 2005/2006, a área foi cultivada com algodão em SPD. Área amostrada antes do pastejo.
Cerrado	Cerrado <i>sensu-strictu</i> preservado.

Amostragens do solo

Em cada uma das seis áreas, as amostragens de solo e serrapilheira foram realizadas em cinco pontos distribuídos ao longo de um transecto de 100 m, equidistantes entre si, em fevereiro de 2008, durante o período reprodutivo das culturas anuais. Em cada um dos cinco pontos, foi retirada uma amostra de solo indeformada na entrelinha das

culturas, utilizando cilindros de 5 cm de altura por 5 cm de diâmetro, no ponto médio da camada de 0 cm a 10 cm de profundidade (camada entre 2,5 cm a 7,5 cm de profundidade). Próximo desse local, foram retirados monólitos de 25 cm x 25 cm na camada de 0 cm a 10 cm, incluindo a serrapilheira de superfície, e na camada de 10 cm a 20 cm, para quantificação da macrofauna edáfica. Os invertebrados pertencentes à macrofauna edáfica possuem diâmetro corporal maior que 2 mm e por isso são visíveis a olho nu, o que permite que sejam coletados diretamente no campo. O ponto de amostragem da macrofauna foi determinado utilizando-se um quadro amostrador metálico de 25 cm x 25 cm, que foi lançado de forma aleatória a cada 20 m ao longo do transecto, totalizando cinco pontos de amostragem em cada área. Do solo coletado nos dois monólitos, foram retiradas cinco subamostras para compor uma amostra composta, que foi enviada ao laboratório de solos da Embrapa Cerrados para determinação dos atributos químicos.

Triagem da macrofauna edáfica e quantificação da serrapilheira

As amostras de solo em cada profundidade e a serrapilheira foram acondicionadas, individualmente, em sacos plásticos, identificadas e conduzidas até a sede das fazendas para triagem dos macroinvertebrados edáficos, por meio de catação manual. A macrofauna edáfica compreende os invertebrados com diâmetro corporal maior que 2 mm, fato esse que permite que sejam coletados a olho nu. Após a catação e triagem, os invertebrados foram acondicionados em tubos de ensaio de 25 mL, com álcool 70 %, e conduzidos ao laboratório de entomologia da Embrapa Cerrados para posterior identificação. Os invertebrados do solo foram identificados com auxílio de lupa binocular e separados por grandes grupos taxonômicos. Após a contagem, foram determinadas a densidade (calculada com base nos valores de abundância) e a diversidade de grupos taxonômicos, presentes em cada tratamento. Após a separação dos invertebrados presentes na serrapilheira, esta foi mantida em estufa a 65 °C por 48 horas para pesagem e determinação da massa seca.

Atributos físico-hídricos do solo

As amostras indeformadas coletadas foram utilizadas para o cálculo dos valores de densidade do solo (D_s) e teor volumétrico de água no momento da amostragem (θ_v) de acordo com Libardi (2000). Posteriormente, as amostras foram utilizadas para determinação da curva de retenção de água no solo (CRA) pelo método da centrífuga (FREITAS JÚNIOR; SILVA, 1984). Uma vez equilibradas, as amostras nas tensões de 0,000 MPa; 0,006 MPa; 0,010 MPa; 0,033 MPa; 0,060 MPa; 0,100 MPa e 1,500 MPa foram calculados:

a) CRA: ajustada por meio do software SWRC, utilizando-se a função de Van Genuchten (1980), adotando a restrição para $m = 1 - 1/n$ (equação 1).

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\alpha \Psi)^n]^{1-1/n} \quad (1)$$

Em que: θ (m^3/m^3) é o teor de água volumétrico; θ_r e θ_s (m^3/m^3) são os teores medidos de água residual e saturado, respectivamente; Ψ (MPa) é a tensão de água no solo (módulo do potencial mátrico) e α e n outros parâmetros de ajuste do modelo.

b) Parâmetro S: calculado pela equação 2, de acordo com Dexter (2004a,b,c).

$$S = n(\theta_s - \theta_r) [2n - 1 / n - 1]^{((1/n) - 2)} \quad (2)$$

c) Outros atributos físico-hídricos: a relação entre o teor de água na amostra saturada ($\Psi = 0$) e o volume de solo amostrado foram utilizados no cálculo da porosidade total do solo (POR). Empiricamente, os poros do solo foram classificados em: (a) microporos (MICPOR) – relação entre o volume de água na tensão de 0,006 MPa e o volume de solo amostrado; e (b) macroporos (MACPOR) – diferença entre POR e MICPOR. A água disponível (AD) foi calculada pela diferença entre o teor volumétrico de água nas tensões de 0,006 MPa e 1,5 MPa e a água prontamente disponível (APD) entre as tensões de 0,006 MPa e 0,1 MPa. O diâmetro de poros predominantes no solo (ϕ) em μm foi calculado conforme Libardi (2000).

Atributos químicos e textura

Nas mesmas amostras coletadas para avaliação da macrofauna, nas camadas 0 cm a 10 cm e 10 cm a 20 cm, foram determinados: pH em H₂O; cálcio; magnésio e potássio trocáveis; fósforo disponível (Mehlich-1); acidez potencial (H + Al); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions potencial (CTC); porcentagem de saturação por bases (V); teor de matéria orgânica; argila; silte; areia grossa e areia fina (CLAESSEN, 1997).

Análises estatísticas

No presente estudo, considerou-se que a área de Cerrado, utilizada como referência nas comparações, representa as condições originais do solo e que todas as alterações ocorridas nas áreas cultivadas foram decorrentes do manejo do solo ao longo do tempo.

As variáveis-resposta para cada sistema de manejo estudado foram comparadas contrastando-se os intervalos de confiança das médias considerando o valor de "t" ao nível de 5 % de significância (GOMES, 2000).

As relações das variáveis correspondentes aos grupos da macrofauna e a massa seca da serrapilheira foram analisadas por meio de uma correlação (Pearson) utilizando o pacote estatístico SAS.

Resultados e Discussão

Diagnóstico dos atributos físicos

Em todos os tratamentos estudados, os teores de argila ficaram entre 160 g kg⁻¹ e 250 g kg⁻¹, e os teores de silte, entre 26 g kg⁻¹ a 40 g kg⁻¹, na camada 0 cm a 20 cm de profundidade, em consonância com a classe Latossolo (SANTOS et al., 2006). De maneira geral, os teores de areia fina foram mais elevados que os de areia grossa, o que reflete positivamente nas características relacionadas à retenção de água do solo ao se comparar o solo com predominância de areia grossa na fração areia (RESENDE et al., 1988; RESENDE et al., 2002).

Com relação às curvas características de retenção de água (Fig. 1A e 1B), estas apresentaram comportamento semelhante para todos os sistemas de manejo, com valores de R^2 elevados, variando de 0,994 a 0,999 (dados não apresentados). Comparando-se apenas os sistemas cultivados, observa-se que a curva da área cultivada com algodão apresentou maior inclinação (Fig. 1A e 1B), reflexo do valor mais elevado do parâmetro α ($0,936 \pm 0,226$) e do maior diâmetro de poros predominante nesse sistema, que foi de $7.343 \mu\text{m}$ (Tabela 2).

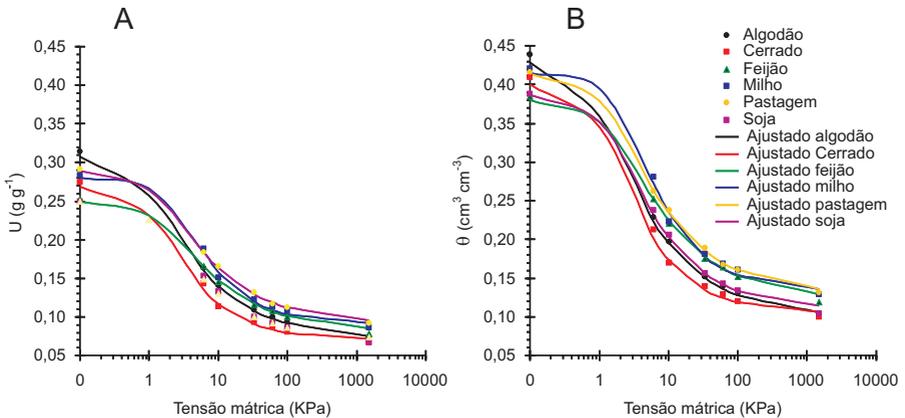


Fig. 1. Curvas de retenção de água ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980) na camada de 0 cm a 10 cm de um Latossolo textura média sob vegetação de Cerrado e submetido a sistemas de manejo na região de Correntina, BA. Teor de água gravimétrico (A). Teor de água volumétrico (B).

Para a inclinação da curva, o sistema agrícola algodão foi o que mais se aproximou do Cerrado, onde o valor de α também foi elevado, porém não significativo, dado o intervalo de confiança amplo que contém o valor zero ($1,090 \pm 1,092$), conforme Tabela 2. Os demais tratamentos apresentaram comportamento semelhante com relação aos parâmetros α e n .

Tabela 2. Parâmetros da Equação de van Genuchten (α , n , θ_r e θ_s) e diâmetro de poro predominante (ϕ) na camada de 0 cm a 10 cm em um Latossolo sob vegetação de Cerrado e submetido a sistemas agrícolas na região de Correntina, BA.

Sistema de cultivo	Parâmetros								
	α		n		θ_r		θ_s		ϕ
				 g g ⁻¹				μm
Algodão	0,936	±0,226	1,571	±0,056	0,074	±0,002	0,314	±0,021	7343
Cerrado	1,090	±1,092	1,626	±0,206	0,067	±0,001	0,275	±0,016	4196
Feijão	0,561	±0,222	1,530	±0,039	0,078	±0,004	0,253	±0,039	3263
Milho	0,477	±0,097	1,629	±0,078	0,087	±0,008	0,283	±0,016	1958
Pastagem	0,583	±0,065	1,554	±0,019	0,091	±0,004	0,291	±0,030	3671
Soja	0,550	±0,047	1,582	±0,036	0,067	±0,003	0,250	±0,003	3671

Embora menor na soja, quando comparada com milho e algodão, a porosidade total foi elevada nos demais sistemas (Fig. 2A). Os valores de diâmetro de poros predominante foram elevados em todos os tratamentos, classificados como macroporos ($\phi_{\mu m} > 50 \mu m$; Tabela 2). Esse resultado pode ser atribuído ao elevado teor de areia desses solos (Tabela 3). Com relação aos microporos (Fig. 2B), o sistema com algodão se diferenciou da pastagem e do milho, os quais não se diferenciaram dos demais. Por outro lado, a área cultivada com algodão foi a que apresentou valores mais elevados de macroporos, não se diferenciando da área sob Cerrado (Fig. 2C). Nesse caso, pode haver um confundimento entre o efeito de manejo e a própria textura dos solos, os quais variaram entre os sistemas estudados (Tabela 3).

Neste estudo, são apresentados apenas os valores de água disponível (Fig. 2D), uma vez que a água prontamente disponível apresentou a mesma tendência. As áreas cultivadas e o Cerrado não apresentaram diferenças quanto à água disponível, sendo os valores próximos aos relatados por Santos Junior et al. (2006) de $0,144 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ em plantio convencional e $0,127 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ em plantio direto, ambos cultivados com milho em Latossolo Argiloso, com 550 g kg^{-1} de argila.

Os valores de densidade observados são, em geral, mais elevados do que os observados para Latossolos argilosos, conforme relatado por Santos Junior et al. (2006) e Sá et al. (2007a), porém são semelhantes aos valores observados por Sá et al. (2007b), também em Latossolo de textura média, cultivado com soja em sistema de plantio direto irrigado no Oeste da Bahia. Solos com teores mais elevados de areia são naturalmente mais densos por causa da menor porosidade total (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005).

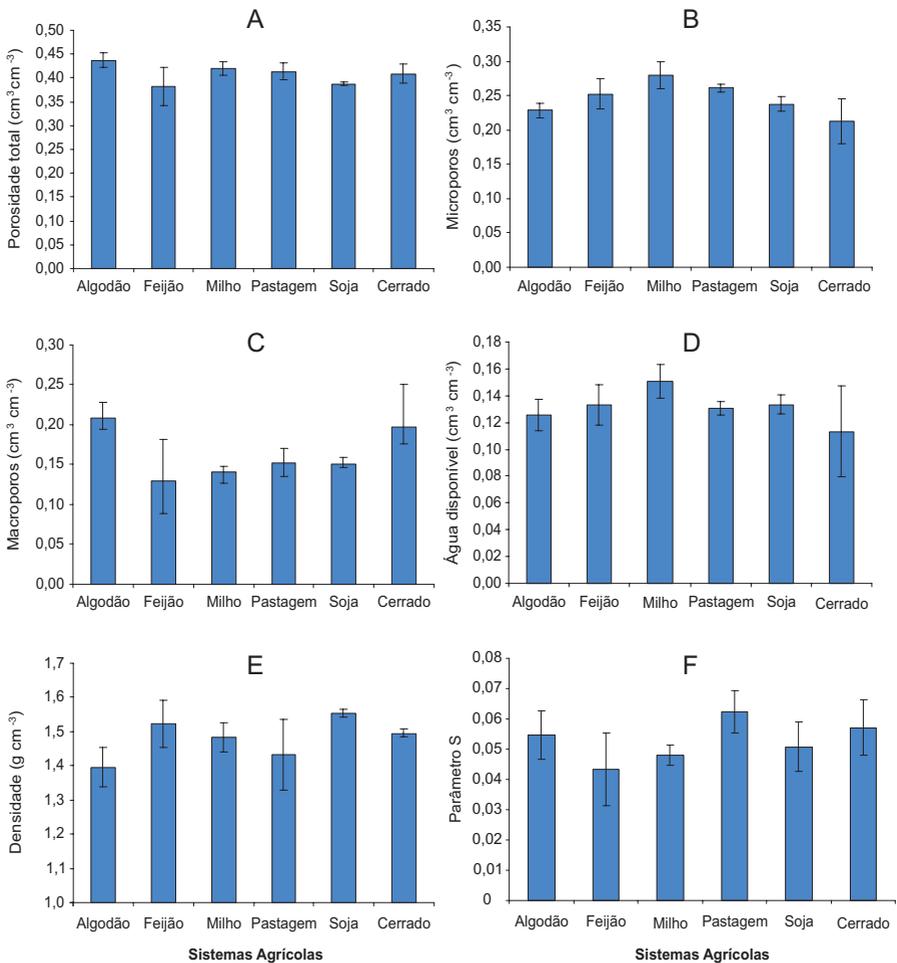


Fig. 2. Atributos físicos na camada de 0 cm a 10 cm de um Latossolo textura média sob vegetação de Cerrado e submetido a sistemas agrícolas na região de Correntina, BA. As barras de erro indicam o intervalo de confiança da média a 5 % de significância.

Tabela 3. Fracionamento granulométrico de um Latossolo sob vegetação de Cerrado e submetido a sistemas agrícolas na região de Correntina, BA.

Sistema de cultivo	Camadas (cm)	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina
	 (g kg ¹)			
Algodão	0-10	192	40	312	456
	10-20	203	35	327	435
Cerrado	0-10	173	30	330	467
	10-20	174	38	308	480
Feijão	0-10	160	40	282	518
	10-20	170	36	290	504
Milho	0-10	244	38	292	426
	10-20	244	38	270	448
Pastagem	0-10	250	30	340	380
	10-20	248	37	350	365
Soja	0-10	170	30	360	440
	10-20	184	26	386	404

Os valores de densidade foram significativamente mais elevados na área cultivada com soja, quando comparado com algodão, milho, pastagem e Cerrado. A área com maior intensidade de uso sob pivô-central, cultivada com feijão, não se diferenciou significativamente da soja. Considerando que as áreas sob soja, feijão e Cerrado apresentam textura bastante semelhante (Tabela 3), é possível afirmar que houve compactação do solo nas áreas cultivadas com feijão e soja, cujos valores médios observados foram de 1,53 g cm⁻³ e 1,56 g cm⁻³, respectivamente, acima de 1,40 g cm⁻³ observado no Cerrado. Ainda assim, esses valores estão abaixo de 1,66 g cm⁻³, observado por Sá et al. (2007b) em Latossolos da mesma região, os quais não comprometeram a produtividade da soja em condições irrigadas.

Entretanto, em condições de sequeiro, deve ser avaliado qual é a densidade do solo limitante para o crescimento radicular das plantas. A área com algodão foi a que apresentou menor valor de densidade, sendo significativamente diferente do Cerrado e das áreas cultivadas com feijão e soja.

Da mesma forma, observou-se uma tendência de melhoria da qualidade física do solo ao observar os demais atributos físicos na área com algodão também em relação à área com soja e feijão. Considerando que a área com algodão foi cultivada anteriormente com milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis*, pode-se inferir que, mesmo em apenas um ciclo de cultivo, a integração lavoura-pecuária promoveu melhorias na qualidade física do solo. Contudo, o fato de as áreas comparadas estarem em diferentes talhões pode interferir na avaliação do efeito dos sistemas agrícolas sobre a qualidade do solo, uma vez que outros fatores, como a textura, podem interferir nesse diagnóstico.

Em relação a prováveis limitações estruturais nesse solo, oriundas do incremento na densidade, é possível observar que os valores do parâmetro S (Fig. 2F) foram mais elevados do que o limite crítico de 0,035 proposto por Dexter (2004a). Entretanto, pode-se afirmar que a área cultivada com feijão é a que requer maior atenção, uma vez que o limite inferior do intervalo de confiança observado para esse parâmetro está próximo do valor de 0,030, o que indica um grau mais elevado de alteração na estrutura do solo sob esse sistema de cultivo em relação aos demais. Provavelmente, esse resultado deve-se ao fato de que, em cultivo sob pivô, há um trânsito intenso de máquinas decorrente do uso mais intensivo do solo, podendo ser cultivado por mais de duas vezes no ano. Valores mais elevados do parâmetro S (melhor qualidade física do solo) foram observados no sistema com algodão, resultado que é confirmado ao se observar o formato menos sinuoso e complexo da curva de retenção, sobretudo, nas menores tensões de

água no solo (Fig. 1A e 1B). O cultivo anterior com pastagem pode explicar esse resultado, em decorrência da combinação de três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem; presença de um denso sistema radicular, que atua como agente agregante, e maior atividade da macrofauna do solo em pastagens (MARCHÃO et al., 2007a), combinados à boa cobertura vegetal, proporcionada pelo sistema.

Diagnóstico dos atributos químicos

A amplitude de variação na CTC potencial foi de 2,82 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ no solo sob vegetação de Cerrado a 4,30 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas áreas com pastagem e algodão, para a camada de 0 cm a 10 cm de profundidade (Fig. 3). Utilizando-se a interpretação proposta por Sousa e Lobato (2004), e considerando os valores médios das duas camadas amostradas, a CTC dos solos amostrados é classificada como baixa, considerando textura média. Todavia, os sistemas de manejo amostrados estão com seus teores de argila muito próximos do limite da classificação arenosa, o que tem implicações sobre seu comportamento físico-químico. Considerando esses solos com o mesmo comportamento químico dos arenosos, a CTC potencial seria classificada como média (3,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

As áreas ocupadas com feijão e soja destacaram-se pelos valores de fósforo disponível (Mehlich-1) classificados como altos (SOUSA; LOBATO, 2004), os quais estão relacionados ao histórico de uso das áreas agrícolas (Fig. 3). Como exemplo, as áreas sob feijão e soja apresentaram, na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, teores de P disponível de 58 mg dm^{-3} e 43 mg dm^{-3} , respectivamente. De acordo com relato do produtor, essas áreas já foram utilizadas para cultivo de espécies frutíferas, entre elas o mamão (planta de alta exigência em fertilidade). Em relação aos teores de Ca + Mg e K, os valores são classificados como adequados nos sistemas mais intensivos de uso do solo como o algodão, o feijão, o milho e a soja (Fig. 3).

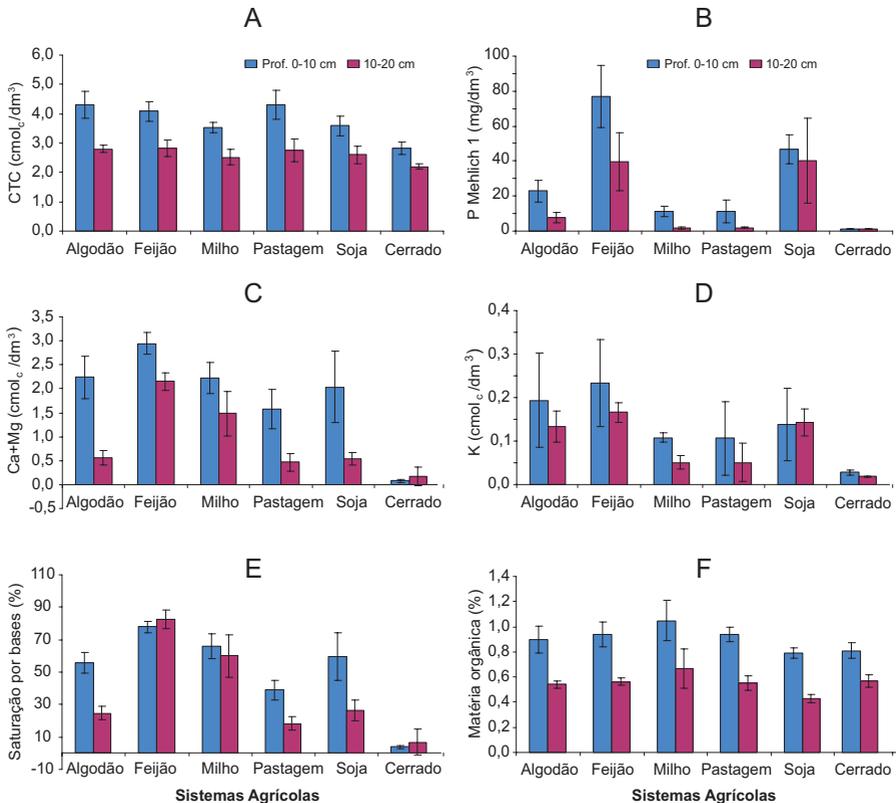


Fig. 3. Atributos químicos de um Latossolo textura média sob vegetação de Cerrado e submetido a sistemas de manejo na região de Correntina, BA. As barras de erro indicam o intervalo de confiança da média a 5 % de significância.

Nas áreas com cultivo anual, à exceção da pastagem, destacaram-se também os valores altos de saturação por bases (V), os quais variaram de 40 % nas áreas de algodão e soja a 80 % no feijão (Fig. 3). Em geral, a recomendação de calagem, mesmo para culturas mais sensíveis à acidez do solo, é feita pelo método da saturação por bases para $V = 50\%$ (SOUSA; LOBATO, 2004). Entretanto, nessa região, tem-se verificado, na prática, aplicações sucessivas de calcário, por vezes, em dose acima da recomendada, aparentemente sem critério científico

que sustente tal procedimento, contrariando assim as recomendações técnicas disponíveis para manejo da adubação em solos do Cerrado. Da mesma forma, o gesso agrícola tem sido amplamente utilizado, ainda que de forma empírica, para correção da subsuperfície, e resultados positivos têm sido relatados pelos produtores da região. Porém, pouco se sabe sobre a dinâmica de lixiviação de íons no perfil, a exemplo do nitrato, que pode ser lixiviado e causar a contaminação do lençol freático.

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS) observados (Fig. 4) podem ser considerados como baixos, independentemente dos sistemas de manejo avaliados (SOUSA; LOBATO, 2004). Todavia, os teores de MOS na área cultivada com soja foram significativamente menores do que os observados na pastagem e no milho em ambas as profundidades amostradas, o que, pelo menos em parte, está associado aos maiores teores de argila do solo na área do milho e da pastagem.

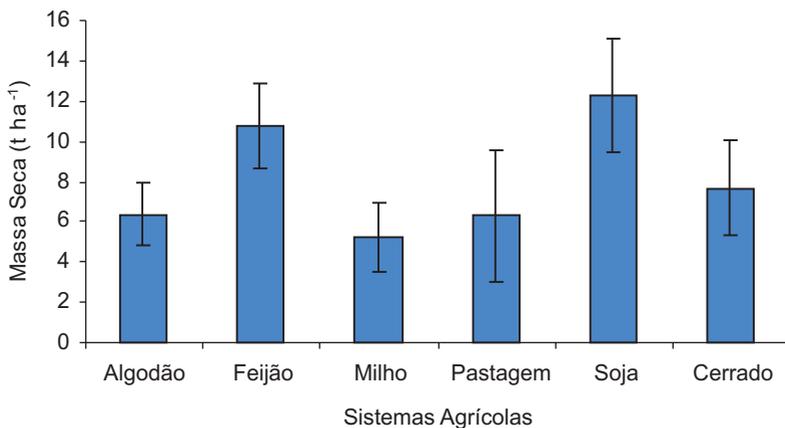


Fig. 4. Matéria seca da serrapilheira de um Latossolo sob vegetação de Cerrado e submetido a sistemas agrícolas na região de Correntina, BA. As barras de erro indicam o intervalo de confiança da média a 5 % de significância.

Não foram observados decréscimos nos teores de MOS ao se comparar os sistemas de manejo com o solo sob vegetação de Cerrado para a camada de 0 cm a 10 cm de profundidade (Fig. 4), o que contrasta com a significativa queda nos teores de MOS observada por Silva et al. (1994) em solos cultivados no Oeste Baiano. Na média de todos os sistemas, observou-se um decréscimo de 61 % no teor de MOS ao se comparar à camada de 0 cm a 10 cm com a de 0 cm a 20 cm de profundidade, resultado comumente observado em áreas de plantio direto antigas.

Macrofauna edáfica

Ao todo, foram coletados 960 indivíduos nos 30 monólitos de solo, distribuídos entre 15 grupos taxonômicos. Em ordem decrescente de densidade relativa, foram identificados os seguintes grupos: Isoptera, Hymenoptera, Coleoptera, Oligochaeta, Araneae, Hemiptera, Psocoptera, Dermaptera, Diptera, Lepidoptera, Orthoptera, Chilopoda, Solifugae, Psocoptera e Scorpionidae, que representaram 80,6 %; 8,1 %; 7,7 %; 0,9 %; 0,8 %; 0,6 %; 0,2 %; 0,2 %; 0,2 %; 0,1 %; 0,10 %; 0,1 %; 0,1 %; 0,1 % e 0,1 % do total de indivíduos respectivamente. Os dados de densidade média para cada sistema de manejo estudado estão apresentados na Tabela 4. Em razão da baixa densidade relativa, e para facilitar a comparação dos resultados, os grupos Chilopoda, Araneae, Solifugae, Scorpionidae, Psocoptera e Dermaptera foram agrupados na Tabela 4 como "outros".

Em cada área, os resultados de densidade e diversidade de grupos também em ordem decrescente de densidade foram: Cerrado nativo com 58 % da densidade e presença de 9 grupos; pastagem de *Brachiaria brizantha* com 30 % da densidade e presença de 6 grupos; feijão com 4 % da densidade e presença de 6 grupos; soja (S) com 4 % da densidade e presença de 6 grupos; algodão (A) com 3 % da densidade e presença de 7 grupos; milho (M) com 1 % da densidade e presença de 5 grupos.

Tabela 4. Densidade relativa (indivíduos m⁻²) por grupo taxonômico da macrofauna edáfica na camada de 0 cm a 20 cm num Latossolo da região de Correntina, BA.

Sistemas de cultivo	Grupos taxonômicos										Nº grupos
	Isop	Hym	Coleo A	Coleo L	Oligo	Hemi	Dipt L	Orthop	Lepid L	Outros	
Feijão	0	0	163	304	0	0	16	0	0	80	6
Algodão	0	224	75	32	96	16	0	0	0	32	7
Soja	32	472	64	21	0	40	0	0	0	37	6
Pastagem	4304	40	16	219	32	0	0	0	0	16	6
Milho	0	0	91	40	16	32	16	16	0	0	5
Cerrado	8048	48	48	112	0	16	0	0	16	80	9
Total (%)	80,64	8,13	2,97	4,74	0,94	0,68	0,21	0,10	0,10	1,60	

Isop – Isoptera; Hym – Hymenoptera; Coleo A – Coleoptera adulto; Coleo L – Coleoptera larva; Oligo – Oligochaeta; Hemi – Hemiptera; Dipt L – Diptera larva; Orthop – Orthoptera; Lepid L – Lepidoptera larva; Outros – Chilopoda, Araneae, Solifugae, Scorpionidae, Psocoptera, Dermaptera.

Os indivíduos pertencentes aos grupos Chilopoda, Araneae, Solifugae, Scorpionidae, Psocoptera e Dermaptera são raros em áreas cultivadas e quando estão presentes apresentam baixas densidades (SANTOS et al., 2008). Alguns dos indivíduos desses grupos são principalmente predadores na cadeia alimentar e predominantemente habitam a serrapilheira ou liteira de superfície, sendo mais comuns em áreas de plantio direto com cobertura efetiva do solo dependendo das espécies cultivadas (STINNER; HOUSE, 1990). Em agroecossistemas desequilibrados ecologicamente, em que há uma intensa aplicação de inseticidas e herbicidas, esses grupos podem ser afetados (SANTOS et al., 2008). Além disso, esses grupos estão relacionados a habitat com cobertura vegetal mais diversificada.

Em geral, os resultados demonstraram uma baixa densidade em todos os sistemas agrícolas ao comparar os resultados com outros trabalhos realizados na região do Cerrado a exemplo de Benito et al. (2004), Silva et al. (2006) e Santos et al. (2008). Os Isoptera (cupins) representaram mais de 80 % dos indivíduos da macrofauna edáfica, confirmando outros resultados obtidos em Latossolos do Cerrado, onde os Isoptera também representaram a maioria da macrofauna (DIAS et al., 1997; BENITO et al., 2004; CONSTANTINO, 2005; SILVA et al., 2006). Entre os sistemas cultivados, a pastagem de *Brachiaria brizantha* foi a que apresentou maior densidade de cupins. Normalmente, altas densidades do grupo Isoptera (cupins) são comuns em áreas de pastagens, geralmente com baixa fertilidade química (baixa porcentagem de matéria orgânica e alta relação C/N) e ausência de adubação. Porém, esses resultados são freqüentemente relatados em Latossolos argilosos do Cerrado, o que não é o caso dos solos do Oeste Baiano, tipicamente de textura média e arenosos. Deve-se ressaltar que ainda não existem levantamentos da macrofauna em áreas cultivadas nessa região, o que impossibilita a comparação dos resultados encontrados.

A área cultivada com feijão sob palhada de milho e *Brachiaria ruziziensis* foi a que apresentou maior abundância dos grupos Coleoptera (larva e adultos), Diptera (larva) e o grupo "outros", correspondente aos

indivíduos habitantes da liteira ou serrapilheira de superfície. A maior densidade de Coleoptera observada na cultura do feijoeiro deve-se, provavelmente, ao fato de esses indivíduos representarem um dos principais insetos-praga dessa cultura.

A área com soja em plantio direto foi a que apresentou maior abundância dos grupos Hemiptera e Hymenoptera. Semelhantemente ao que ocorreu na área cultivada com feijão, os indivíduos pertencentes ao grupo Hemiptera são insetos-praga que atacam leguminosas. Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2008) para o grupo Hymenoptera, confirmando a preferência desse grupo por leguminosas. Por outro lado, observou-se que as áreas cultivadas com gramíneas (milho + *Brachiaria* e pastagem de *Brachiaria brizantha*) apresentaram maior abundância dos grupos Isoptera, Orthoptera e Oligochaeta.

Massa seca da serrapilheira

A produção de matéria seca da serrapilheira variou em função dos sistemas agrícolas com amplitude de 5,27 t ha⁻¹ na área cultivada com milho a 12,28 t ha⁻¹ na área cultivada com soja (Fig. 4).

Analisando o histórico (Tabela 1), observa-se que as áreas que apresentaram maiores produções de serrapilheira foram aquelas anteriormente cultivadas com milho em consórcio com capim. Contudo, a área cultivada com algodão, amostrada imediatamente após um ciclo de pastejo no sistema de integração lavoura-pecuária, foi a que apresentou menor quantidade de massa. Contrariamente, as áreas de feijão e soja, cultivadas sob palhada de milho consorciado onde não houve pastejo, foram as que apresentaram maiores quantidades de massa. Esse resultado demonstra que, apesar da importância da cultura do milho consorciado com capim para a formação de uma cobertura morta para o plantio direto no sistema de integração lavoura-pecuária, deve-se adequar a taxa de lotação durante o período de pastejo, para evitar que ocorra superpastejo e conseqüentemente uma redução da cobertura do solo.

A hipótese de que, para as condições do presente trabalho, haveria uma relação positiva entre a produção de serrapilheira e a densidade da macrofauna, não foi confirmada, uma vez que não houve correlação para densidade de nenhum dos grupos da macrofauna com a produção de serrapilheira (resultados não apresentados). De qualquer forma, mais estudos deverão ser conduzidos para avaliar a dinâmica da cobertura morta ao longo dos ciclos de rotação, assim como a dinâmica da macrofauna, para avaliar as relações existentes para essas variáveis.

Conclusões

Nas condições do presente estudo, pode-se concluir que: os sistemas agrícolas causaram impactos nos atributos do solo em todos os sistemas de manejo em relação à área com vegetação nativa; as áreas sob feijão e soja apresentam grau de compactação mais elevado em comparação às demais culturas; a área cultivada com milho apresentou menor valor de porosidade total e maior valor de microporosidade, o que promoveu um incremento no valor de água disponível decorrente das alterações na estrutura do solo; valores excessivos de saturação por bases foram observados na camada superficial do solo em todas as áreas cultivadas em comparação à pastagem e ao Cerrado; os teores de matéria orgânica, mesmo nos sistemas mais conservacionistas como o SPD e a ILP, são considerados baixos; a utilização agrícola dos solos, ainda que associada ao SPD e a ILP, causou perda significativa na densidade da macrofauna em relação à condição original observada sob vegetação de Cerrado nativo.

Agradecimentos

Aos estagiários Bruno Dias dos Santos e Aristides Miranda e aos funcionários das Fazendas Xanxerê e Vale do Arrojado pelo auxílio nas amostragens de solo. À Finep/MCT e à Embrapa pelo financiamento dos projetos 02.06.01.008 e 02.06.05.001.

Referências

- BENITO, N. P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). **European Journal of Soil Biology**, v. 40, p. 147-154, 2004.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 849-856, 2003.
- BUSSCHER, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to common water content. **Transactions of the ASAE**, v. 33, n. 2, p. 519-524, 1990.
- BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; CAMP, C. R.; SOJKA, R. E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. **Soil & Tillage Research**, v. 43, p. 205-217, 1997.
- CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 137-147, 2006.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- CONSTANTINO, R. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SILVA, J. C. S.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 319-333.
- COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBET, C. Propriedades físicas de um Latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527-535, 2003.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, p. 201-214, 2004a.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. **Geoderma**, v. 120, p. 215-225, 2004b.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S theory. **Geoderma**, v. 120, p. 227-239, 2004c.
- DIAS, V. S.; BROSSARD, M.; LOPES ASSAD, M. L. **Macrofauna edáfica invertebrada em áreas de vegetação nativa da região de cerrados**. In: LEITE, L. L.; SAITO, C. H. (Ed.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília, DF: UnB, 1997. p. 168-173. Trabalho apresentado no 3. Congresso de Ecologia do Brasil, Brasília, 1996.
- FREITAS JUNIOR, E.; SILVA, E. M. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água no solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, p. 1423-1428, 1984.

GARCÍA-PRÉCHAC, F.; ERNST, O.; SIRI-PRIETO, G.; TERRA, J. A. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. **Soil & Tillage Research**, v. 77, p. 1-13, 2004.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 144 p.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Exatas, 2000. 509 p.

MARCHÃO, R. L. **Integração Lavoura-Pecuária num Latossolo do Cerrado: Impacto na física, matéria orgânica e macrofauna**. 2007a. 153 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; 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**, v. 42, p. 873-882, 2007b.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; FIGUEIREDO, C. C. Manejo do solo sob um enfoque sistêmico. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 417-473.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic matter dynamics under different tillage systems in the Cerrados region in Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., **Transactions...** Kyoto: ISSS, 1990. v. VI. p. 325-326.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E.; LOPES, A. S.; COSTA, L. M. Management systems in northern South America. 2nd ed. In: PETERSON, G. A.; UNGER, P. W.; PAYNE, W. A. **Dryland agriculture**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 2006. p. 427-525. (Agronomy Monograph, 23).

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 2002. 338 p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília, DF: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 83 p.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. **Compactação do solo: conseqüências para o crescimento vegetal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos 136).

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; MIRANDA, L. N. **Avaliação do intervalo hídrico ótimo e sua relação com a produtividade e a massa de raízes de feijoeiro em sistema de plantio direto e preparo convencional do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007a. 28 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 194).

SÁ, M. A. C.; SHIRATSUCHI, L. S.; FRANZ, C. A. B.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. **Compactação do solo e produtividade da cultura da soja em área irrigada no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007b. 31p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 177).

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p.153-156, 2008.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 115-122, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; REIN, T. A. **Qualidade física do solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto em Latossolo do Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 27 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 171).

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

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 697-704, 2006.

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

STINNER, B. R.; HOUSE, G. L. Arthropods and other invertebrates in conservation tillage agriculture. **Annual Review of Entomology**, v. 35, p. 299-318, 1990.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.