

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**QUALIDADE FÍSICA E BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO  
AMARELO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-  
PECUÁRIA NO CERRADO PIAUIENSE**

**FERNANDO SILVA ARAÚJO**

**TERESINA  
Estado do Piauí - Brasil  
Fevereiro de 2009**

**QUALIDADE FÍSICA E BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB  
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO  
PIAUIENSE**

**FERNANDO SILVA ARAÚJO**  
Engenheiro Agrônomo

**Orientador: Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano**  
**Co-Orientador: Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

**Teresina**  
**Estado do Piauí – Brasil**  
**Fevereiro de 2009**

**QUALIDADE FÍSICA E BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB  
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO  
PIAUIENSE**

**FERNANDO SILVA ARAÚJO**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia, nível de mestrado da Universidade Federal do Piauí – UFPI, em 27 de fevereiro de 2009.

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:

---

**Prof. Dr. Zigomar Menezes de Souza**

(Membro)

---

**Prof. Dr. Luiz Alfredo Pinheiro Leal Nunes**

(Membro)

---

**Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite**

(Co-Orientador)

---

**Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano**

(Orientador)

**TERESINA**

**Estado do Piauí – Brasil**

**Abril - 2009**

## Ficha Catalográfica

\_\_\_\_\_Araújo, Fernando Silva

Qualidade física e biológica de um Latossolo Amarelo sob sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado piauiense / por Fernando Silva Araújo. Teresina - 2009. f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Teresina, PI – BR, 2009. Orientador: Salviano, Adeodato Ari Cavalcante.

1. Sistemas mistos de produção agrícola, 2. Compactação do solo, 3. Biomassa microbiana; 4. Atividade enzimática do solo

## EPÍGRAFE

*"Nenhuma mente que se abre a uma nova idéia voltará a ter o tamanho original"*

(Albert Einstein)

*"Um homem não é grande pelo que faz, mas pelo que renuncia."*

(Albert Schweitzer)

***Aos meus pais Antônio José Barreto de Araújo e Izabel Tereza Silva de Araújo, aos meus irmãos Fábio e Isabelle e a minha querida tia Fátima***

***Dedico***

## **Agradecimentos**

A Deus, por instruir-me com discernimento e sabedoria, perante os obstáculos e provas encontradas neste caminho.

A minha família pelo imensurável apoio, confiança e dedicação.

A Jarlene, pelo apoio, compreensão, carinho e amizade inestimáveis.

Ao Professor Adeodato, pela confiança depositada, pela orientação na condução dos trabalhos, pelo apoio, pelo convívio, pelos ensinamentos e, sobretudo, por contribuir para meu crescimento e aperfeiçoamento pessoal e profissional.

Ao pesquisador Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite, por me apresentar durante a vida acadêmica à ciência do solo, pela convivência e ensinamentos, oportunidades e apoio.

Ao pesquisador Dr. Hoston Tomás Santos do Nascimento e ao amigo Marcos Texeira pelo apoio e logística para realização deste trabalho.

Ao professor Zigomar Menezes de Souza pela contribuição nas análises.

Aos colegas de mestrado, e acima de tudo amigos, Renato, Clemilton, Sebastião, Adailton, Adilberto, Iris, Nadine, Adriana, Paula, David e Gerson.

Aos amigos Guarana, Sergio, Fabrício, Marcelo pelo apoio e amizade

Aos professores, Valdinar, Ademir e Luis Alfredo, pela colaboração e apoio na realização das análises

A professora Regina, pela amizade, orientação e apoio.

No nome do professor Cordeiro, agradeço a todos do LASO que auxiliaram na execução deste trabalho.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Piauí, pelos ensinamentos adquiridos.

Ao Professor Algaci, pela visão de profissionalismo e dedicação.

Ao Professor Júlio Cesar pela amizade e aprendizado durante o curso.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí.

Aos acadêmicos do Curso de Agronomia da UFPI, Marcelo Felix, Elzane, pelo trabalho de campo e ajuda nas análises laboratoriais.

Aos futuros pesquisadores, e amigos Allan Charles, Rita de Cássia e Manoel Holanda pelo auxílio, quando necessário, nas análises do experimento.

A Fazenda Nova Zelândia, pela concessão da área e ao companheiro Jodécio pelo apoio e logística durante a condução do experimento.

Aos alunos da Universidade Estadual do Piauí, pela experiência de vida, amizade e motivação.

A todos que contribuíram para concretização desta etapa de minha vida.

## Lista de Tabelas

### Revisão de Literatura

<b>Tabela 1.</b> Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo	<b>6</b>
--	----------

#### Artigo 1

<b>Tabela 1.</b> Histórico das diferentes condições de manejo	<b>27</b>
---	-----------

<b>Tabela 2.</b> Distribuição das partículas por tamanho e classificação textural de um Latossolo Amarelo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m sob diferentes sistemas de manejo	<b>27</b>
---	-----------

<b>Tabela 3.</b> Densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade de um Latossolo Amarelo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m sob diferentes sistemas de manejo	<b>30</b>
---	-----------

<b>Tabela 4.</b> Porcentagem por classe de agregados, porcentagem de agregados >2,00 mm estáveis em água (AGRI) e Índice de estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m sob diferentes sistemas de manejo	<b>36</b>
---	-----------

#### Artigo 2

<b>Tabela 1.</b> Caracterização química de um Latossolo Amarelo, na camada de 0,0-0,05 m sob diferentes sistemas de manejo	<b>47</b>
--	-----------

<b>Tabela 2.</b> Histórico das diferentes condições de manejo	<b>47</b>
---	-----------

<b>Tabela 3.</b> Carbono orgânico (Corg), nitrogênio total (N), densidade do solo (D), estoques de carbono e nitrogênio (COT e NOT), quociente microbiano ( $C_{mic} C_{org}^{-1}$ ) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ) de um Latossolo Amarelo, na camada de 0,00-0,05 m sob diferentes sistemas de manejo.	<b>53</b>
--	-----------



## Lista de Figuras

### Artigo 1

**Figura 1.** Diâmetro Médio Ponderado de agregados de um Latossolo Amarelo, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, sob diferentes sistemas de manejo **34**

**Figura 2.** Diâmetro Geométrico de agregados de um Latossolo Amarelo, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, sob diferentes sistemas de manejo **37**

### Artigo 2

**Figura 1.** Respiração basal de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado. **50**

**Figura 2.** Estimativa da atividade microbiana de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado. **50**

**Figura 3.** Carbono da Biomassa Microbiana (Cmic) de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado. **51**

**Figura 4.** Nitrogênio da Biomassa Microbiana (Nmic) de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado. **52**

## Lista de Anexos

- Figura 1.** Vista do Milho+braquiária formado na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI. **59**
- Figura 2.** Vista do pastejo de animais na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI. **59**
- Figura 3.** Detalhe da colheita do milho na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI. **60**
- Figura 4.** Detalhe da amostragem do solo na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI. **60**
- Figura 5.** Detalhe de mini perfil aberto na área de reserva legal da fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI, destinada a amostragem da Floresta Nativa de Cerrado. **61**
- Figura 6.** Detalhe da área de reserva legal da fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI, destinada a amostragem da Floresta Nativa de Cerrado. **61**

## Sumário

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMO GERAL	xii
GENERAL ABSTRACT	xiv
1. Introdução Geral	1
2. Hipótese	4
3. Objetivos	4
3.1 Objetivo Geral	4
3.2 Objetivos Específicos	4
4. Revisão de Literatura	5
4.1. Qualidade do solo	5
4.2. Integração Lavoura Pecuária	7
4.3. Atributos Físicos do Solo e SILP	9
4.4. Atributos Biológicos do Solo e SILP	12
5. Referências Bibliográficas	15
6. Artigo 1. Qualidade Física de um Latossolo Amarelo sob Sistema de	23
6.1. Resumo	23
6.2. Abstract	24
6.3. Introdução	25
6.4. Material e Métodos	26
6.5. Resultados e Discussões	30
6.6. Conclusão	38
6.7. Referências Bibliográficas	39
7. Artigo 2. Atributos Biológicos do Solo e Qualidade de um Latossolo	43
7.1. Resumo	43
7.2. Abstract	44
7.3. Introdução	45
7.4. Material e Métodos	46
7.5. Resultados e Discussões	49
7.6. Conclusão	55
7.7. Referências Bibliográficas	56
Anexos	59

# **QUALIDADE FÍSICA E BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO PIAUIENSE**

**Autor:** Fernando Silva Araújo

**Orientador:** Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano

**Co-Orientador:** Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite

## **RESUMO GERAL**

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, constituiu-se em tema de crescente relevância, principalmente, em virtude do aumento das atividades antrópicas, visto que, a manutenção da qualidade destes recursos é essencial ao crescimento das plantas e à sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A conversão da Floresta Nativa de Cerrado a sistemas agrícolas de produção reduz a qualidade do solo. Uma alternativa para a mitigação dessa redução é utilização de sistemas de manejo conservacionistas, tais como, o Sistema de Integração Lavoura Pecuária (SILP), que aumenta os estoques de matéria orgânica do solo e a atividade biológica do solo, promovendo maior eficiência na reciclagem de nutrientes e melhoria das propriedades físicas e químicas do solo. Esse trabalho teve por objetivo avaliar atributos físicos e biológicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes manejos no cerrado piauiense. O trabalho foi desenvolvido no município de Uruçuí, no sudoeste do estado do Piauí. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico, textura areia franca. Foram estudados três sistemas de manejo do solo: Preparo convencional (PC) com uso de aração e gradagem e monocultivo de soja; Sistema de Plantio Direto, com milho como cultura de cobertura (SPD+M); e Sistema de Integração Lavoura-Pecuária, com pastejo de 5 meses e cultivo de soja e com pastejo contínuo (SILP+S e SILP+P). Estudou-se, ainda, uma área sob Floresta Nativa de Cerrado (FN). As profundidades estudadas foram: 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Os atributos físicos do solo avaliados foram a densidade do solo, a porosidade e a estabilidade de agregados do solo. Os atributos biológicos do solo avaliados foram à atividade microbiana do solo, a respiração basal do

solo, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e teores de carbono e nitrogênio do solo. A ação antrópica afetou os atributos físicos do solo, em profundidade, na maioria dos sistemas estudados, em comparação a FN. Na camada de 0,00 a 0,05 m o SILP + P apresentou o maior valor de densidade do solo. Quanto à macroporosidade, não houve diferença entre os sistemas de manejo estudados e a FN. Os sistemas de manejo estudados modificaram a estrutura do solo, resultando em uma menor proporção de solo em maiores classes de agregados (DMP). Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na respiração basal do solo ( $C-CO_2$ ) e no quociente metabólico ( $qCO_2$ ). Os sistemas de manejo estudados proporcionando redução do  $C_{mic}$  quando em comparação a FN. O sistema de plantio convencional (PC) apresentou os maiores valores de FDA ( $0,140 \mu g \text{ FDA g de solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). A conversão da floresta nativa de cerrado a sistemas agrícolas de produção reduziu a qualidade física do solo. A respiração basal, o quociente metabólico e a hidrólise do diacetato de fluoresceína não foram suficientemente sensíveis às alterações ocorridas em função dos diferentes tipos de manejo.

Palavras Chave: plantio direto, compactação do solo, pisoteio animal, biomassa microbiana; atividade enzimática do solo.

## PHYSICAL AND BIOLOGICAL QUALITY OF AN OXISOL UNDER CATTLE-BASED INTEGRATED FARMING SYSTEM IN PIAUIENSE SAVANA

**Author:** Fernando Silva Araújo

**Adviser:** Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano

**Co-Adviser:** Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite

### GENERAL ABSTRACT

The sustainable use of natural resources, especially soil and water, being a topic of increasing relevance, mainly because of increased human activities, since the quality of these resources is essential to plant growth and sustainability of agricultural systems. The conversion of Savanna-like Native Forest an agricultural production systems reduces the quality of the soil. An alternative to mitigate this reduction is use of conservation management, such as Cattle-Based Integrated Farming System (CBIFS), which increases the stock of soil organic matter and soil biological activity, promoting greater efficiency in the recycling of nutrients and improvement of physical and chemical properties of soil. This study aimed to evaluate physical and biological attributes of an Oxisol under different managements in cerrado Piauí. This study was developed in the city of Uruçuí, in the southwest of the state of Piauí. The soil of the area was classified as a Dystrophic Yellow Latosol, having a sandy plain texture. Three systems of soil management were studied: an area under conventional tillage (CT) with plowing use and disking and soybean monoculture; an area under no-tillage, used as covering culture millet (NT+M); two areas under Cattle-Based Integrated Farming System, having five-month pasture grazing and soybean cultivation and then continuous pasture grazing (CBIFS +S and CBIFS +P). An area under Savanna-like Native Forest (NF) was studied as well. The depths studied were 0.00-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m. Soil density, as well as porosity and stability of soil aggregates were analyzed as physical attributes. Soil microbial activity, the basal soil respiration, carbon and nitrogen of microbial biomass and soil carbon and nitrogen content of soil were analyzed biological attributes. Anthropogenic action has changed the soil physical attributes, in depth, in most systems studied, in comparison to NF. In a layer from 0.00 to 0.05 m deep, the cattle-based integrated farming system with pasture (CBIFS +P) showed the greatest soil density result. As to macroporosity, there was no difference between the management systems studied and NF. The management systems studied changed the soil structure, having, as a result, a small proportion of soil in great aggregate classes (MWD). There was no significant difference ( $p < 0.05$ ) in the basal soil respiration (C-CO<sub>2</sub>) and metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>). The management systems studied

providing reduction of  $C_{mic}$  when compared to FN. The system of conventional tillage (CT) showed the highest values of ADF (ADF  $0.140 \text{ g g}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$ ). Converting native forest from savanna-like area into agricultural production systems reduced the soil physical quality. The basal respiration, metabolic quotient and the hydrolysis of fluorescein diacetate were not sufficiently sensitive to changes in the various types of management.

Words Key: no tillage, soil compaction, animal trampling; microbial biomass; enzymatic activity of the soil.

# 1. Introdução Geral

A crescente demanda de alimentos no mundo, impulsiona o aumento das atividades antrópicas em ambientes naturais, no entanto, inexitem, principalmente em regiões temperadas e subtropicais, novas áreas para produção agropecuária, sendo a oferta futura de alimentos decorrente dos incrementos em produtividade, da recuperação de áreas degradadas e da ocupação de novas áreas agrícolas em regiões tropicais.

Neste cenário, o estado do Piauí apresenta-se como uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo. A região sudoeste do estado, onde se encontram grande parte das áreas inseridas no bioma Cerrado, as quais perfazem um total de aproximadamente 11.856.866 milhões de hectares, 46 % da área total do estado, apresenta excelente potencial para exploração agropecuária, em especial para produção de grãos de soja, milho, arroz e feijão, sendo que apenas 10 % da área com potencial agrícola, estão em processo de exploração (AGUIAR; MONTEIRO, 2005).

O início da exploração, agrícola, destas áreas deu-se baseado em sistemas de manejo com intenso revolvimento do solo, por meio de aração e gradagens, os quais promovem aumento da atividade microbiana, bem como maior exposição do carbono protegido nos agregados do solo o que vem favorecer a diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo (MOS) assim como maior oxidação biológica do carbono orgânico à CO<sub>2</sub>, resultando na degradação do potencial produtivo destas áreas. Este fato veio a despertar uma preocupação quanto à qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola.

Como uma alternativa para mitigação dos impactos negativos causados pela atividade agrícola nestas áreas, mantendo ou melhorando os estoques de MOS vem sendo adotada por parte dos produtores, a utilização de sistemas de manejo conservacionistas, tais como o sistema de plantio direto (SPD), o qual associado a sistemas de culturas com elevado aporte de resíduos, promove a redução das perdas de solo, água e nutrientes, além de aumentar os estoques de MOS e o sequestro de carbono proporcionando um balanço entre a adição e



a retirada ou perda desses elementos por meio dos sistemas de cultivo (LEITE *et al.*, 2003).

Por outro lado, na exploração pecuária, praticada de forma extensiva, o processo de degradação de pastagens, ocasionada por um manejo incorreto, agravado por uma baixa fertilidade natural do solo e a não reposição de nutrientes, vem tornando o processo insustentável, exigindo uma alternativa para a viabilização do sistema.

Com a adoção do SPD, o qual se alicerça na cobertura de solo durante todo o ano, surgiram condições necessárias para o crescimento de um sistema de produção que integrasse as duas atividades: a agricultura e a pecuária, proporcionando uma estratégia viável para aumentar a produção de grãos e recuperar áreas de pastagens degradadas no cerrado. O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (SILP) pode ser definido como um sistema de produção o qual integra atividades de agricultura e pecuária com a alternância temporária ou rotação do cultivo de grãos e engorda de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas.

O SILP apresenta-se como uma estratégia promissora quanto ao desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis, visto que, são diversos os benefícios deste sistema, quais sejam: agronômicos, por meio de recuperação e manutenção das características produtivas do solo; econômicos, por meio da diversificação de oferta e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e em qualidade superior; ecológicos, por meio da redução da biota nociva às espécies cultivadas e conseqüente redução da necessidade de defensivos agrícolas, bem como redução da erosão; e sociais, por meio da distribuição mais uniforme de renda, já que as atividades pecuárias e agrícolas concentram e distribuem renda, respectivamente (VILELA *et al.*, 2003).

No entanto, apesar dos benefícios mútuos, para produção de grãos e proteína animal, possíveis a partir da adoção do SILP, a de se considerar que o SPD, exige para o seu sucesso, que o solo se mantenha coberto durante todo o ano e, para tanto, um aporte abundante e constante de resíduos vegetais. Sendo assim, a utilização das pastagens, no período chuvoso, para pastoreio bovino pode limitar consideravelmente a quantidade de palha destinada à cobertura de solo, comprometendo então a sustentabilidade da atividade agropecuária.

Inexiste na literatura trabalhos que contemplem os efeitos do SILP, sobre a qualidade física, química e biológica do solo, na região dos cerrados piauienses. Pretende-se com o presente trabalho otimizar conhecimentos acerca da dinâmica da matéria orgânica e da fertilidade do solo nestes sistemas de exploração agrícola, tendo-os como indicadores da qualidade do manejo empregado, com o intuito de elucidar a sustentabilidade deste sistema nestas áreas.

## **2. Hipóteses**

- A conversão da Floresta Nativa de Cerrado a sistemas agrícolas de produção, afeta a dinâmica da Matéria Orgânica do Solo (MOS) promovendo a redução da qualidade do solo;
- A utilização de sistemas de manejo que promovam uma maior ciclagem de biomassa orgânica ao solo compensa os efeitos deletérios, da conversão da Floresta Nativa de Cerrado a sistemas agrícolas de produção, sobre a qualidade do solo;
- O Sistema de Integração Lavoura Pecuária (SILP) aumenta os estoques de MOS e a atividade biológica do solo, promove maior eficiência na reciclagem de nutrientes e melhoria das propriedades físicas e químicas do solo.

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

- Gerar conhecimentos acerca dos sistemas de manejo estudados, visando eleger, com base na melhoria e sustentabilidade da qualidade do solo, a alternativa mais acertada para a exploração agrícola, racional, de grãos no cerrado piauiense.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Quantificar o efeito de diferentes sistemas de manejo, sobre os atributos físicos e biológicos do solo;
- Avaliar a influência dos sistemas de manejo estudados, sobre a qualidade do solo, em áreas de Cerrado do estado do Piauí;

## 4. Revisão de Literatura

### 4.1 Qualidade do Solo

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, tem-se constituído em tema de crescente relevância, em razão do aumento das atividades antrópicas. Conseqüentemente, cresce a preocupação com o uso sustentável e a qualidade desses recursos (ARAÚJO *et al.*, 2007).

A atividade agropecuária “altamente produtiva”, a qual tem ocorrido, freqüentemente, à custa de grande degradação de recursos naturais, com a contaminação dos cursos de água por produtos químicos e o aumento da concentração dos gases responsáveis pelo efeito estufa (RUSSELLE; FRANZLUEBBERS, 2007) vem promovendo uma preocupação com a sustentabilidade das atividades econômicas ligadas ao meio ambiente.

Num conceito mais amplo, Brown (1981) afirmou que “Uma sociedade sustentável é aquela que satisfaz suas necessidades sem diminuir as perspectivas das gerações futuras”. Neste contexto, a atividade agropecuária deve basear-se no seguinte paradigma ecológico: ser produtivamente eficiente, economicamente viável, responsável socialmente e ecologicamente compatível com o ambiente.

Portanto, pode-se incluir num conceito de sustentabilidade dirigida à atividade agropecuária aspectos como rentabilidade econômica, produtividade, relações entre custo e benefício e conceitos ligados a preservação ambiental como poluição e qualidade do solo (QS).

A QS pode ser incluída com um dos principais fatores que definem a sustentabilidade de um sistema de exploração agropecuário. Doran; Parkin (1994) definiram QS como sendo a capacidade do solo em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e promover a vida vegetal e animal saudável na face da Terra.

Para Vezzani (2001), o solo, como sistema aberto não atinge qualidade por si só num sistema de exploração agrícola, mas sim pela eficiência do funcionamento do sistema solo-planta-microorganismos. Assim, o manejo do solo é um dos principais fatores que definem a qualidade do solo e a sustentabilidade de um sistema de produção (NICOLOSO, 2005).

A QS é mensurada por meio do uso de indicadores, os quais são atributos, que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Segundo Araújo; Monteiro (2007) os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos (TABELA 1).

**Tabela 1.** Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo.

<b>Indicadores</b>	<b>Relação com a qualidade do solo</b>
Matéria orgânica do solo (MOS)	Fertilidade, estrutura e estabilidade do solo
<b>Físicos</b>	
Estrutura do solo	Retenção e transporte de água e nutrientes
Infiltração e densidade do solo	Movimento de água e porosidade do solo
Capacidade de retenção de Umidade	Armazenamento e disponibilidade de água
<b>Químicos</b>	
pH	Atividade biológica e disponibilidade de nutrientes
Condutividade elétrica	Crescimento vegetal e atividade microbiana
Conteúdo de N, P e K	Disponibilidade de nutrientes para as plantas
<b>Biológicos</b>	
Biomassa microbiana	Atividade microbiana e reposição de nutrientes
Mineralização de nutrientes(N, P e S)	Produtividade do solo e potencial de suprimento de nutrientes
Respiração do solo	Atividade microbiana
Atividade Enzimática do solo	Atividade microbiana e catalítica no solo

(Adaptado de DORAN; PARKIN, 1994)

Para uma propriedade ser um eficiente indicador de QS é necessário que este seja sensível às variações do manejo e bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo (DORAN; ZEISS, 2000). Segundo Islam; Weil (2000), os possíveis indicadores de QS podem ser distintos em três grupos, a saber: 1) efêmeros, cujas alterações se dão rapidamente no tempo segundo o manejo, entre eles: pH, disponibilidade de nutrientes, densidade, porosidade e umidade do solo; 2) intermediários, possuindo forte influência nos processos que ocorrem no solo, tais como: matéria orgânica do solo, agregação e biomassa microbiana; e 3) permanentes, que são inerentes ao solo, como: profundidade, textura e mineralogia. Dentre estes, os indicadores do grupo intermediário são os mais aptos a serem utilizados como ferramentas de monitoramento da QS (NICOLOSO, 2005).

Portanto, definidos os indicadores, pode-se avaliar o atual estado de QS medindo e comparando estes atributos com os valores encontrados no solo

sob estado natural ou com valores considerados ideais (DORAM; PARKIN, 1994).

## 4.2 Sistema Integração Lavoura Pecuária

A grande degradação dos solos agrícolas do sul do país nas décadas de 60, 70 e 80 provocada pelo rompimento do equilíbrio natural do solo quando este era incluído no sistema produtivo e exposto ao processo erosivo e oxidativo do sistema de preparo convencional, despertou a preocupação sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola (SANCHEZ, 1976; LAL; PIRCE, 1991).

Neste contexto, o sistema plantio direto (SPD), foi introduzido no Brasil, no início da década de 70, como um método alternativo de preparo de solo com a finalidade específica de controlar a erosão do solo (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

Com a adoção do SPD, o qual se alicerça na cobertura de solo durante todo o ano, surgiram condições necessárias para o crescimento de um sistema de produção que integrasse a agricultura e a pecuária, proporcionando uma estratégia viável para aumentar a produção de grãos e recuperar áreas de pastagens degradadas no cerrado.

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (SILP) pode ser definido como a alternância temporária ou rotação do cultivo de grãos e pastejo de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas e seus consórcios, que pode ser utilizada de maneiras distintas, segundo os interesses individuais (NICOLOSO *et al.*, 2006).

O SILP realizado no sul do estado do Piauí caracteriza-se, basicamente, pela utilização de uma cultura anual de grãos no verão com o uso de uma pastagem de inverno composta normalmente de gramíneas durante os meses restantes. Devido ao bom desempenho econômico, a cultura da soja é a principal cultura de verão utilizada e a brachiária a forrageira que predominantemente forma a pastagem de inverno.

O SILP apresenta-se como uma estratégia muito promissora para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e

sustentáveis (CARVALHO *et al.*, 2005), visto que, são diversos os benefícios deste sistema, e podem ser sintetizados como: agronômicos, por meio de recuperação e manutenção das características produtivas do solo; econômicos, por meio da diversificação de oferta e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e em qualidade superior; ecológicos, por meio da redução da biota nociva às espécies cultivadas e conseqüente redução da necessidade de defensivos agrícolas, bem como redução da erosão; e sociais, por meio da distribuição mais uniforme de renda, já que as atividades pecuárias e agrícolas concentram e distribuem renda, respectivamente (VILELA *et al.*, 2003).

A inclusão de pastagens em áreas agrícolas pode ser uma ferramenta útil na recuperação de áreas degradadas, bem como meio para garantir a sustentabilidade deste sistema. O uso de gramíneas e leguminosas forrageiras ou a consorciação destas espécies, em rotação com culturas anuais, oferece vantagens como: incremento da fertilidade do solo, aumento da reciclagem de nutrientes, melhoria das condições físicas do solo, incremento da microflora e microfauna do solo, controle de plantas daninhas e quebra no ciclo de pragas e microorganismos patogênicos e renovação ou recuperação de pastagens degradadas, aumento na produção de grãos e carne, rotação de culturas reduzindo pragas e doenças, redução do custo de produção, otimização do uso de máquinas e implementos, capitalização do produtor, maior estabilidade econômica, aumento na geração de empregos no setor agropecuário, maior sustentabilidade, valorização da propriedade e desenvolvimento do setor rural (GARCIA *et al.*, 2004; BORGES, 2004).

A grande vantagem do sistema de integração lavoura-pecuária, advém do aproveitamento de um mesmo nutriente para a produção animal e vegetal, minimizando as perdas de nutrientes para o ambiente (ASSMANN *et al.*, 2002), reduzindo, assim, o custo de sua aplicação.

A rotação de pastagens e culturas aparece como uma das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção que visem melhor utilização de insumos e, por sua vez, mais sustentáveis ao longo do tempo (SIQUEIRA JR., 2005; CASSOL, 2003).

A utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária sob SPD aumenta a rentabilidade econômica da propriedade agrícola como um todo (FONTANELI *et al.*, 2000; AMBROSI *et al.*, 2001). Na região Centro-Oeste do

Brasil, a integração lavoura-pecuária tem contribuído para a viabilização econômica das propriedades rurais e do próprio SPD (MELLO, 2001).

Sistemas de integração lavoura-pecuária bem manejados podem ter efeitos positivos sobre o solo, a lucratividade do sistema produtivo e o uso dos recursos naturais (SULC; TRACY, 2007).

Nos Estados Unidos, há um ganho em renda nas propriedades agrícolas com a adoção de sistemas integrados de produção (FRANZLUEBBERS, 2007; SULC; TRACY, 2007), chegando até 20%, quando comparado ao atual manejo adotado nas áreas de produção agrícola (FRANZLUEBBERS, 2007).

O SILP condiciona um resíduo no final do período de pastejo que é o resultado do manejo da pastagem. Este resíduo no final do período pode ser utilizado como cobertura para a semeadura direta de culturas, reduzindo os riscos de erosão do solo. Desta forma, os resíduos pós pastejo, podem ter os mesmos efeitos de outras coberturas, comumente utilizados em semeadura direta. (JONES *et al.*, 1991). No entanto, há a necessidade de elucidar-se acerca dos benefícios deste sistema, visto que, principalmente, em se tratando do cerrado piauiense onde são escassas informações sobre SILP.

### **4.3 Atributos Físicos do Solo e SILP**

A qualidade física do solo é fundamental para a sustentabilidade global dos agroecossistemas (Millennium Ecosystem Assessment - MEA, 2005), visto que, a produtividade do solo não depende somente da quantidade suficiente de nutrientes, mas, também, do sistema poroso adequado nas camadas onde se desenvolvem as raízes das plantas (SOUTO, 2006).

Os atributos físicos são afetados pela pressão exercida sobre a superfície do solo, seja pelo maquinário agrícola ou pelo pisoteio animal. A avaliação do efeito dessas pressões é geralmente baseada na mensuração de alguns atributos físicos, relacionados com a compactação do solo.

A alteração do sistema poroso, por meio da compactação, poderá alterar a permeabilidade, a drenagem, a retenção de água, a alteração da concentração de CO<sub>2</sub> na zona radicular, a resistência do solo à penetração de



raízes e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes para as plantas (CORREA; REICHARDT, 1995).

A compactação causada pelo excessivo tráfego de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio animal em áreas sob Sistema de Integração Lavoura Pecuária (SILP), são algumas das principais causas da degradação da capacidade produtiva de solos agrícolas (ALBUQUERQUE et al., 2001, LANZANOVA et al., 2007), principalmente, em regiões tropicais, onde a suscetibilidade dos solos à degradação é maior (LARSON *et al.*, 1980).

Estudos sobre os atributos físicos dos solos cultivados com pastagens baseiam-se, principalmente, em propriedades que afetam direta ou indiretamente o crescimento vegetal, dentre elas, destacam-se: densidade do solo (NIE et al., 2001), resistência à penetração (IMHOFF et al., 2000), condutividade hidráulica (FRANCIS et al., 1999), porosidade (HART et al., 1988; DAVIES et al., 1989), argila dispersa em água (MULLER et al., 2001), agregação (BELL et al., 1997; FRANCIS et al., 1999) e características de retenção de água (MAPFUMO et al., 2000).

A densidade do solo é considerada como um dos principais, indicadores da qualidade física de um solo, sendo amplamente utilizada para avaliar outras propriedades do solo (MACYK; RICHENS, 2004). Por exemplo, a densidade de agregados é usada para estimar a porosidade inter-agregados e, juntamente com o tamanho de agregado, influencia o crescimento vegetativo (DE FREITAS; ZOBEL; SNYDER, 1996). O balanço hídrico, a disponibilidade de nutrientes e o seqüestro de carbono são exemplos de outras propriedades que podem ser estimadas a partir da densidade do solo (KISHNÉ et al., 2007).

Em SILP as alterações das propriedades físicas podem ocorrer, com maior ou menor intensidade, devido ao pisoteio animal que, por sua vez, depende da intensidade e da freqüência do pastejo, pois os animais aplicam pressões no solo que podem ser superiores àquelas aplicadas por máquinas agrícolas (LUZ; HERLING, 2004).

De um modo geral, pode-se dizer que todos os solos sob pastejo sofrem compactação devido ao tráfego dos animais, sobretudo quando o solo está úmido (TREIN et al., 1991; CORREA; REICHARDT, 1995). Nessa condição, o pisoteio animal causa severa redução na macroporosidade, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água nas camadas mais

superficiais do solo (BERTOL et al., 2000; SALTON et al., 2002). Entretanto, Coimbra et al. (1996), ao avaliarem o efeito do impacto do animal no solo de áreas de plantio direto envolvidas na integração lavoura-pecuária mostraram que os efeitos negativos do pisoteio são rapidamente revertidos após o cultivo da lavoura de verão.

Quando as culturas de grãos, com manejo adequado, entram em rotação com pastagens corretamente utilizadas com animais, a matéria orgânica do solo se renova, a estrutura física do solo melhora e o espaço poroso aumenta (FLORES, 2008). A presença do sistema radicular de gramíneas possibilita uma melhora na estrutura física do solo, pelo aumento da porosidade total e pelo acréscimo de matéria orgânica ao solo, melhorando a estrutura e a estabilidade dos agregados, principalmente da superfície do solo.

A estabilidade de agregados é a principal característica física do solo afetada pela matéria orgânica, de modo que as demais características do solo, indiretamente, também são influenciadas como, por exemplo, a porosidade, a infiltração e retenção de água no solo, a densidade dentre outras (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

A utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária também pode acarretar mudanças nos atributos químicos e biológicos do solo, o que também pode afetar o desenvolvimento radicular e a produção das culturas que seguem o período de pastejo (ALBUQUERQUE et al., 2001; SALTON et al., 2002). A magnitude dessas alterações, principalmente nos atributos físicos do solo, está relacionada ao manejo que é adotado nas áreas sob pastejo, podendo variar com a textura, o teor de matéria orgânica (DEFOSSEZ; RICHARD, 2002), o teor de umidade do solo (DEFOSSEZ; RICHARD, 2002), a biomassa vegetal sobre o solo (SILVA et al., 2003), a espécie de planta, a intensidade e o tempo de pastejo e a espécie e a categoria animal (SALTON et al., 2002).

Salton et al. (1995), avaliando os atributos físicos do solo no sistema integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto, pôde observar maior taxa de infiltração de água no solo em áreas cultivadas com soja em plantio direto sobre pastagem de braquiária, em comparação à semeadura com a leguminosa no sistema convencional.

Marchão et al. (2007), avaliando a qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária, no Cerrado,

observaram que os quatro anos da pastagem de *Panicum maximum* na rotação, em conjunto com o plantio direto, provocaram uma compactação superficial em relação às demais pastagens (*B. decumbens* e *brizantha*) e às áreas em plantio convencional.

Segundo Silva e Mielniczuk (1997), os efeitos benéficos das gramíneas na formação e estabilização dos agregados do solo são devido à alta densidade de raízes, que promove a aproximação das partículas pela constante absorção de água do perfil do solo, às periódicas renovações do sistema radicular e à uniforme distribuição de exsudados no solo, que estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam na formação e estabilização dos agregados.

Spera et al. (2004), estudando pastagens sob plantio direto, conclui não haver evidências de que o pisoteio tenha interferido negativamente nos atributos físicos do solo, exceto por um ligeiro aumento da densidade na camada superficial, quando comparada o sistema de integração com áreas de pastagens perenes sucedidas por sistemas agrícolas.

Além da comparação entre os sistemas de manejo e de uso do solo os atributos físicos também têm sido utilizados para estudar o efeito da conversão de áreas nativas em lavouras ou pastagens (LEÃO et al., 2006). Portanto, atributos físicos do solo podem ser utilizados como indicadores da qualidade do manejo adotado em áreas sob exploração agropecuária.

#### **4.4 Atributos Biológicos do Solo e SILP**

As mudanças no uso do solo associadas ao sistema de manejo, à utilização excessiva de pesticidas e fertilizantes, tem proporcionado alterações nas propriedades biológicas do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Os atributos microbiológicos do solo têm sido amplamente discutidos na literatura como indicadores da qualidade do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002; ANDERSON, 2003; FIALHO *et al.*, 2006; FRANCHINI *et al.*, 2007).

Para Nogueira *et al.*, (2006) as propriedades microbiológicas do solo podem, em complemento às propriedades físicas e químicas do solo, auxiliar a interpretar se uma determinada prática de manejo ou recuperação de solo

degradado tende à ser sustentável, podem, ainda, ser utilizados para monitorar três funções ou atributos básicos: estrutura ou desenvolvimento do solo, estoque de nutrientes e atividade biológica (GREGORICH *et al.*, 1994).

Como a degradação da matéria orgânica do solo (MOS) é realizada por microrganismos heterotróficos, a atividade microbiana do solo pode ser utilizada para entender os processos de mineralização e intensidade dos fluxos de energia no solo (NANNIPIERI, 1984).

A biomassa microbiana do solo (BMS), que é a fração viva da MOS, contendo de 1% a 4% de C e de 3% a 5% de N (MOREIRA; SIQUEIRA 2006) composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas (FRANZLUEBBERS *et al.*, 1999). É responsável por diversos processos biológicos e bioquímicos no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), atuando na decomposição natural, interagindo na regeneração da estabilidade de agregados, fluxo de energia, além de representar um papel importante na dinâmica de nutrientes (DE-POLLI; GUERRA, 1999; FRANZLUEBBERS *et al.*, 1999), afetando as transformações de C, N e P (DÍAZ-RAVIÑA *et al.*, 1993).

A atividade microbiana pode ser quantificada pela respiração basal do solo ( $C-CO_2$ ), a qual representa a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbios do solo. Por meio da respiração basal do solo pode-se monitorar a decomposição da MOS (ANDERSON, 2003), esta apresenta alta correlação com vários métodos de quantificação da atividade microbiana e se destaca pela simplicidade de execução (FRANZLUEBBERS; ZUBERER; HONS, 1995), sendo utilizada para cálculos de outros indicadores importantes, como o quociente metabólico ( $qCO_2$ ).

O valor de  $qCO_2$ , por sua vez, é importante em estudos que procuram avaliar o efeito das condições ambientais sobre a atividade microbiana do solo, sendo referido como a taxa de respiração específica da biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1993; DE-POLLI; GUERRA, 1997). Assim sendo, o  $qCO_2$  refere-se à quantidade de  $CO_2$  por grama de biomassa em um determinado tempo.

As alterações em alguns indicadores biológicos do solo pela adoção de diferentes sistemas de manejo foram verificadas por D'Andrea *et al* (2002) na região do cerrado do estado de Goiás, e por Santos; Castilhos; Castilhos (2004) no Rio Grande do Sul.

D'Andrea *et al.* (2002) observaram redução nos teores de carbono microbiano com a adoção de pastagem e plantio convencional, comparado com o sistema plantio direto e a mata nativa. O mesmo comportamento foi observado por Santos; Castilhos; Castilhos (2004) que verificaram que o sistema plantio direto, comparado ao plantio convencional, proporcionou aumentos na atividade e biomassa microbiana do solo.

Carneiro *et al.* (2008) estudando um Neossolo quartzarênico, sob diferentes sistemas de manejo, observou que o SILP, proporcionou maiores quantidades  $C_{mic}$  e  $qCO_2$ . Estudos conduzidos por Pfenning *et al.* (1992), Feigl *et al.* (1995) e Fernandes (1999), em solos de textura média a arenosa da Amazônia, mostraram o aumento do  $C_{mic}$  em áreas sob pastagem. Garcia; Nahas (2007), afirmam que em sistemas com pastejo de animais a lotação animal exerce influência sobre as quantidades  $C_{mic}$  e  $qCO_2$ .

Neste contexto, atributos relacionados a processos biológicos inerentes ao solo são uma ferramenta importante no processo de tomada de decisão para a manutenção da sustentabilidade da exploração agropecuária, tendo em vista a manutenção da qualidade produtiva do solo, visto que são perceptíveis as mudanças no manejo do solo.

## 5. Referências Bibliográficas

AGUIAR, T. J. A.; MONTEIRO, M. S. L. Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável: a ocupação do cerrado piauiense. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, vol.8, n. 2, p.161-178, 2005.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e riscos de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1213-1219, 2001.

ANDERSON, T.H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.98, n. 1-3, p.285-293, 2003.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, n. 3, p.393-395, 1993.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R., Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARAUJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 31, n. 5, 2007.

ASSMAN, A. L. **Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção de pastagem e animal em área de integração lavoura-pecuária**. Curitiba, 2002. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-26.

BELL, M.J.; BRIDGE, B.J.; HARCH, G.R.; ORANGE, D.N. Physical rehabilitation of degraded krasnozems using ley pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 35, n. 5, p.1093-1113, 1997.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de ofertas de forragem de capimelefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.1047-1054, 2000.

BORGES, E. P. História do processo integração agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A. da; AGNES, E. L. (eds.). **Manejo integrado: integração agriculturapecuária**. Viçosa-MG: UFV, p. 353-384, 2004.

BROWN, L.R. **Building a sustainable society**. New York: Norton. 1981.

CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A. N. Atributos Bioquímicos em dois Solos de Cerrado sob Diferentes Sistemas de Manejo e Uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Viçosa, v. 38, p. 276-283, 2008.

CARVALHO, D. B.; BELLO, M.; PISSAIA, A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; MARQUES, R.; BONA FILHO, A. Fertilidade do solo em integração lavoura-pecuária na região de Guarapuava/PR. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.3, n.1, p. 57-65, 2005.

CASSOL, L. C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 157f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COIMBRA C.H.; SOUZA, M.L.P.; MORAES, A. Avaliação do efeito do impacto do animal no solo em áreas de plantio direto envolvidos na integração lavourapecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1996, Maringá. **Anais...** Maringá, 1996. p. 129-150.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da Matéria Orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 777-788, 2005.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso de pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n. 1, p. 107-114, 1995.

DAVIES, A.; ADAMS, W.A.; WILMAN, D. Soil compaction in permanent pasture and its amelioration by slitting. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 113, n. 2, p. 189-197, 1989.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo do solo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n. 2, p.913-923, 2002.

DE FREITAS, P.L.; ZOBEL, R.W.; SNYDER, V.A. A method for studying the effects of soil aggregate and density. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, n. 1, p. 288-290, 1996.

DÍAZ-RAVIÑA, M.; ACEA, M.J.; CARBALLAS, T. Microbial biomass and its contribution to nutrient concentrations in forest soils. **Soil Biology Biochemistry**. New York, v.25, n. 5, p.25-31, 1993.

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

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método de fumigação-extração**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1997. 10p. (EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 37).

DEFOSSEZ, P.; RICHARD, G. Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 41-64, 2002.

FEIGL, B. J. et al. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 11, p. 1467-1472, 1992.

FERNANDES, S. A. P. **Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia)**. 1999. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências - Energia Nuclear na Agricultura)- Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JUNIOR, J.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.3, p.250-257, 2006.

FLORES, J.; P.; C. **Atributos Físicos e Químicos do Solo e Rendimento de Soja sob Integração Lavoura-Pecuária em Sistemas de Manejo**. Porto Alegre, 2008. 114 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.92, n.1, p.18-29, 2007.

FRANCIS, G.S.; TABLEY, F.J.; WHITE, K.M. Restorative crops for the amelioration of degraded soil conditions in New Zealand. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 37, n. 6, p. 1017-1034, 1999.

FRANZLUEBBERS, A. J. Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, n.2, p.361-372, 2007.



FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A. Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop-livestock production in the Southern Piedmont, USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v.22, n.3, p.168-180, 2007.

FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONS, F.M. Relationships of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.31, n. 2. p.395-405, 1999.

FRANZLUEBBERS, A.J.; ZUBERER, D.A.; HONS, F.M. Comparison of microbiological methods for evaluating quality and fertility of soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n. 2-3, p.135-140, 1995.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. . Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 31, n. 2, p. 269-276, 2007.

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

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREALL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Montreal, v. 74, n. 2, p. 367-385, 1994.

HART, P.B.S.; AUGUST, J.A.; ROSS, C.W. Some biochemical and physical properties of Tokomaru silt loam under pasture and after 10 years of cereal cropping. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, v. 31, n. 1, p. 77-86, 1988.

IMHOFF, S. SILVA, A. P.; 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.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**. Ankeny, v. 55, n. 1, p. 69-78, 2000.

JONES, R.K.; DALGLIESH, N.P.; McCOWN, R.L. Sustaining multiple production systems. 4. Ley pasture in crop- livestock systems in the semi-arid tropics. **Tropical Grassland Society of Australia**. Amsterdam, v.25, n. 2, p.189-196, 1991.

KISHNÉ, A.S.; MORGAN, C.L.S.; CHANG, H.C.; KISH, L.B. Vibration-induced conductivity fluctuation measurement for soil bulk density analysis. In:

International Symposium on Fluctuations and Noise, 4.; conference noise and fluctuations in circuits, 1., 2007, Florence. **Proceedings**.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e Manejo do Sistema Plantio Direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36p. (Embrapa Trigo, Documentos, 20). 2000.

LANZANOVA, M.; E.; NICOLOSO, R.; S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.; L.; F.; AMADO, T.; J.; C.; REINERT, D.; J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.3, p.450-457, 1980.

LAL, R.; PIERCE, F.J. The vanishing resource. In: LAL, R.; PIERCE, F.J. (Eds.) **Soil management for sustainability**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society. v. 46, n. 1, p.1-15, 1991.

LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V.P.B. Least limiting water range: a potential indicator of changes in near-surface soil physical quality after the conversion of Brazilian Savanna into pasture. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, v.88, n. 2, p.279-285, 2006.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 27, n. 4, p. 821-832, 2003.

LUZ, P.H. de C.; HERLING, V.R. Impactos do pastejo sobre as propriedades físicas do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 209 -250.

MACYK, T.M.; RICHENS, T.C. **Reclamation criteria for wellsites and associated facilitiesupdate**. Volume III: Technical rationale document. 2004. Disponível em: <<http://www3.gov.ab.ca/env/info/infocentre/publist.cfm>>. Acesso em: 15-01- 2009.

MAPFUMO, E.; CHANASKY, D.S.; NAETH, M.A.; BARON, V.S. Soil compaction under grazing of annual and perennial forages. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.79, n.1, p.191-199, 1999.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JUNIOR, J. de D.G. dos; 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, 2007.

MELLO, L. M. M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico**. Ilha Solteira : USP, 2001. 72 f. Tese (Livro

Docência) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: **Tópicos em Ciência do Solo**, 3: 209-248, 2003.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MEA. **Ecosystems and human well-being**: general synthesis report. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.aspx>> Acessado em 18/01/2009.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.

NANNIPIERI, P. Microbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance. In: KLUG, M.J.; REDDY, C.A. (Ed.). **Current perspectives in Microbial Ecology**. Washington: American Society for Microbiology, 1984. p.515-521.

NICOLOSO, R. D. S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. Santa Maria, 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

NIE, Z. N.; WARD, G. N.; MICHAEL, A. T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on South-Western Victoria. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.52, n.1, p.37-43, 2001.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no estado do Rio Grande Do Sul. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.36, n.6, p. 1799-1805, 2006.

NOGUEIRA, M.A.; ALBINO, U.B.; BRANDÃO-JÚDIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M.F.; DIAS, B.A.; DUARTE, R.T.D.; GIOPPO, N.M.R.; MENNA, P.; ORLANDI, J.M.; RAIMAN, M.; RAMPAZO, L.G.L.; SANTOS, M.A.; SILVA, M.E.Z.; VIEIRA, F.P.; TOREZAN, J.M.D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, G. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.115, p.237-247, 2006.

PFENNING, L.; EDUARDO, B. P.; CERRI, C. C. Os métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração na estimativa da biomassa microbiana em

solos da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 16, n. 1, p. 31-37, 1992.

RUSSELLE, M. P.; FRANZLUEBBERS, A. J. Introduction to "Symposium: Integrated crop-livestock systems for profit and sustainability". **Agronomy Journal**, Madison, v.99, n.2, p.323-324, 2007.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, A. Z. M.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.69, n.1, p.32-34, 2002.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; BORGES, E. P.; PAIVA, C. Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagem de Brachiária. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 1995. Viçosa. SBCS/UFV, v.4, p. 1816-1818, 1995.

SANCHEZ, P. A. Soil organic matter. In: SANCHEZ, P.A. (Ed.) **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Wiley, 1976. p. 162-183.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. et al. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 333-338, 2004.

SILVA, A. P.; INHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil & Tillage Research**, Orlando, v.70, n.1, p.83-90, 2003.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.1, p.113-117, 1997.

SIQUEIRA JR., L. A. de. **Alterações de características do solo na implantação de um sistema de integração agricultura-pecuária leiteira**. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná, 2005.

SOUTO, M. S. **Pastagem de Aveia e Azevém na Integração Lavoura-pecuária: Produção de Leite e Características do Solo**. Curitiba, 2006.80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2006.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.533-542, 2004.

SULC, R. M.; TRACY, B. F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, n.2, p.335-345, 2007.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: SBCS, v.2, 2002. p.195-276.

TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, n.1, p.105-111, 1991.

VEZZANI, F.M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre, 2001. 184 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JR., G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (eds.). **Integração Lavoura Pecuária**. Santo Antonio de Goiás-GO: EMBRAPA Arroz e Feijão, p. 143-181, 2003.

## **6. Qualidade Física de um Latossolo Amarelo Sob Sistema De Integração Lavoura-Pecuária**

### **6.1 Resumo**

A qualidade física do solo é fundamental para a sustentabilidade global dos agroecossistemas, visto que, esta relacionada com processos fundamentais para o desenvolvimento das culturas agrícolas. Esse trabalho teve por objetivo avaliar os atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo no cerrado piauíense. O trabalho foi desenvolvido no município de Uruçuí - PI, no sudoeste do estado do Piauí. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico textura areia franca. Foram estudados três sistemas de manejo do solo: Preparo convencional (PC) com uso de aração e gradagem e monocultivo de soja; Sistema de Plantio Direto, com milho como cultura de cobertura (SPD+M); e Sistema de Integração Lavoura-Pecuária, com pastejo de 5 meses e cultivo de soja e com pastejo contínuo (SILP+S e SILP+P). Estudou-se, ainda, uma área sob Floresta Nativa de Cerrado (FN). Os atributos físicos do solo avaliados foram a densidade do solo, a porosidade e a estabilidade de agregados do solo. A ação antrópica afetou os atributos físicos do solo, em profundidade, na maioria dos sistemas estudados, em comparação a FN. Na camada de 0,00 a 0,05 m o SILP + P apresentou o maior valor de densidade do solo. Quanto à macroporosidade, não houve diferença entre os sistemas de manejo estudados e a FN. Os sistemas de manejo estudados modificaram a estrutura do solo, resultando em uma menor proporção de solo em maiores classes de agregados (DMP). A conversão da floresta nativa de cerrado a sistemas agrícolas de produção reduziu a qualidade física do solo.

Palavras Chave: plantio direto, compactação do solo, pisoteio animal, pastagem.

## **6. 2 Abstract: Physical Quality of an Oxisol Under a Cattle-Based Integrated Farming System**

Soil physical quality is essential to global sustainability of agroecosystems, once it is related to processes that are fundamental to agricultural crop development. This study aimed at evaluating physical attributes of a Yellow Latosol under different management systems in savanna-like area in the state of Piauí. This study was developed in the city of Uruçuí, in the southwest of the state of Piauí. The soil of the area was classified as a Dystrophic Yellow Latosol, having a sandy plain texture. Three systems of soil management were studied: an area under conventional tillage (CT) with plowing use and disking and soybean monoculture; an area under no-tillage, used as covering culture millet (NT+M); two areas under Cattle-Based Integrated Farming System, having five-month pasture grazing and soybean cultivation and then continuous pasture grazing (CBIFS +S and CBIFS +P). An area under Savanna-like Native Forest (NF) was studied as well. The depths studied were 0.00-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m. Soil density, as well as porosity and stability of soil aggregates were analyzed as physical attributes. Anthropogenic action has changed the soil physical attributes, in depth, in most systems studied, in comparison to NF. In a layer from 0.00 to 0.05 m deep, the cattle-based integrated farming system with pasture (CBIFS +P) showed the greatest soil density result. As to macroporosity, there was no difference between the management systems studied and NF. The management systems studied changed the soil structure, having, as a result, a small proportion of soil in great aggregate classes (MWD). Converting native forest from savanna-like area into agricultural production systems reduced the soil physical quality.

Words Key: integrated animal-farm system, soil compaction, animal trampling.

### 6.3 Introdução

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, constituiu-se em tema de crescente relevância, principalmente, em virtude do aumento das atividades antrópicas, visto que, a manutenção da qualidade destes recursos é essencial ao crescimento das plantas e à sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A produtividade do solo não depende somente da quantidade suficiente de nutrientes, mas, também, do sistema poroso adequado nas camadas onde se desenvolvem as raízes das plantas (SOUTO, 2006) denotando a importância do monitoramento da qualidade física do solo para sustentabilidade global dos agroecossistemas.

A conversão de áreas nativas em sistemas intensivos de uso e manejo do solo, por meio da atividade agropecuária, pode alterar os atributos físicos e a qualidade do solo, comprometendo sua sustentabilidade. Os atributos físicos do solo, são alterados pela pressão exercida sobre a superfície do solo, seja pelo maquinário agrícola como pelo pisoteio animal. A compactação causada pelo excessivo tráfego de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio animal, são algumas das principais causas da degradação da capacidade produtiva de solos agrícolas (ALBUQUERQUE et al. 2001; LANZANOVA et al. 2007). A avaliação do efeito dessas alterações é fundamentada na mensuração de alguns atributos físicos do solo, tais como, densidade do solo, porosidade do solo (LANZANOVA et al., 2007) e estabilidade de agregados do solo (COLONEGO; ROSOLEM, 2008).

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (SILP) pode ser definido como um sistema de produção o qual integra atividades de agricultura e pecuária com a alternância temporária ou rotação do cultivo de grãos e engorda de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas (NICOLOSO et al., 2006). No SILP as alterações dos atributos físicos podem ocorrer, com maior ou menor intensidade, devido ao pisoteio animal que, por sua vez, depende da intensidade e da frequência do pastejo, pois os animais aplicam pressões no solo que podem ser superiores às aquelas aplicadas por máquinas agrícolas (LUZ; HERLING, 2004). A magnitude dessas alterações está relacionada ao manejo que é adotado nas áreas sob pastejo, podendo variar com a textura, com o teor de matéria orgânica (DEFOSSEZ; RICHARD, 2002), com o teor de



água do solo (DEFOSSEZ; RICHARD, 2002), com a biomassa vegetal sobre o solo (SILVA et al., 2003), com a espécie de planta, a intensidade e o tempo de pastejo e com a espécie e a categoria animal (SALTON et al., 2002).

São inexistentes estudos em áreas do cerrado, especialmente do Meio-Norte do Brasil, que visem identificar os impactos do SILP sobre a qualidade do solo. Neste sentido, esse trabalho teve por objetivo avaliar os atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes manejos no cerrado piauiense.

## 6.4 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em uma área pertencente à fazenda Nova Zelândia, localizada no município de Uruçuí - PI (3° 37' S e 43° 22' W), no sudoeste do estado do Piauí. O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo, textura franco argilo-arenosa (JACOMINE *et al.*, 1986). O clima da região é do tipo Aw no sistema de Koppen, com temperatura média de 26,5 °C, precipitação anual de 1.200 mm, com estação chuvosa nos meses de outubro a abril, sendo o trimestre mais chuvoso concentrado entre janeiro e março (MATIAS, 2006).

Foram estudados três sistemas de manejo do solo: Preparo convencional (PC) com uso de aração e gradagem e monocultivo de soja; Sistema de Plantio Direto, com milho como cultura de cobertura (SPD+M); e Sistema de Integração Lavoura-Pecuária, com pastejo de 5 meses e cultivo de soja e com pastejo contínuo (SILP+S e SILP+P). Nas áreas sob Sistema de Integração Lavoura-Pecuária após a cultura da soja fez-se a rotação com a cultura do milho e plantio de brachiária como cultura de cobertura, sendo o pastejo de animais realizado em uma taxa de 2,4 U.A<sup>1</sup> por hectare. Como referência de uma condição natural do solo, avaliou-se também, uma área sob Floresta Nativa de Cerrado (FN)

A amostragem do solo nos diferentes tratamentos foi efetuada no ano agrícola de 2007/2008. Em cada tratamento, foram abertos, aleatoriamente quatro mini-perfis com 0,50 m de profundidade, 0,40 m de largura e 0,60 m de comprimento, cada um destes constituindo uma repetição. As profundidades estudadas foram: 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m.

---

<sup>1</sup> U.A. = Unidade Animal com peso de 450 Kg

Fez-se a avaliação da distribuição das partículas do solo, no horizonte superficial, para uma melhor compreensão das transformações nos atributos físicos do solo. A análise granulométrica foi realizada conforme Embrapa (1997), utilizando-se, como dispersante químico, 10 ml de NaOH 1N. As quantidades de argila e areia foram obtidas pelo método da pipeta, e o silte, por diferença, em relação ao total de argila mais areia (Tabela 2).

**Tabela 1.** Histórico dos diferentes sistemas de manejo.

Sistemas	Histórico dos anos agrícolas					
	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007
<b>SILP+S</b>	Arroz	Soja	Milho+Gado	Soja/Milheto	Soja/Milheto	Soja/Milheto
<b>SILP+P</b>	Arroz	Soja	Milho+Gado	Brachiária/Gad	Brachiária/Gado	Brachiária/Gad
<b>SPD+M</b>	Mata nativa	Mata nativa	Soja/Milheto	Soja/Milheto	Soja/Milheto	Soja/Milheto
<b>PC</b>	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Soja	Soja
<b>FN</b>	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa

FN = Floresta nativa de Cerrado; PC = plantio convencional; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho.

**Tabela 2.** Distribuição das partículas por tamanho e classificação textural de um Latossolo Amarelo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m sob diferentes sistemas de manejo<sup>(1)</sup>

Sistema de Manejo	Granulometria			Classificação Textural
	Argila	Areia	Silte	
g kg <sup>-1</sup>				
0,00 a 0,05 m				
SILP + S	100	770	130	Areia Franca
SILP + P	110	750	130	Areia Franca
SPD + M	100	750	150	Areia Franca
PC	100	790	110	Areia Franca
FN	120	780	100	Areia Franca
0,05 a 0,10 m				
SILP + S	100	770	140	Areia Franca
SILP + P	120	780	100	Areia Franca
SPD + M	120	720	160	Areia Franca
PC	100	780	120	Areia Franca
FN	110	780	110	Areia Franca
0,10 a 0,20 m				
SILP + S	100	760	140	Areia Franca
SILP + P	120	780	100	Areia Franca
SPD + M	100	790	100	Areia Franca
PC	100	780	120	Areia Franca
FN	100	810	90	Areia Franca

<sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

Os atributos físicos do solo avaliados foram à densidade do solo, a porosidade, e a estabilidade de agregados do solo. Para a avaliação da

densidade do solo e da porosidade, foram coletadas, amostras indeformadas de solo por meio de anéis metálicos, com dimensões médias de 0,04 m de altura e 0,05 m de diâmetro.

Para a determinação do diâmetro de poros (macro e microporosidade), fez-se o uso de mesa de tensão, na qual após a saturação das amostras, submetiam-se as mesmas a uma tensão de -0,006 MPa (EMBRAPA, 1997). A porosidade total e a densidade do solo foram obtidas segundo Embrapa (1997) e a macroporosidade por diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

As amostras de solo para determinação da estabilidade de agregados foram coletadas e acondicionadas de modo que os agregados não sofressem deformação. Para o estudo de estabilidade de agregados, foi usado o material que passava na peneira com malha de 4,76mm e ficava retido na peneira com malha de 2,00mm. A estabilidade de agregados foi obtida por meio do tamisamento a úmido, pelo método fundamentado em Yoder (1936), após pré-umedecimento lento por capilaridade (CASTRO FILHO et al., 1998). Foi usado um conjunto de peneiras com aberturas de malhas com 2,00mm; 1,00mm; 0,50mm, 0,25mm e 0,105mm, sendo estas levadas para o aparelho de oscilação vertical, graduado para uma amplitude de 0,04m de altura e uma frequência de 32 oscilações por minuto e submetidas à peneiragem durante 10 minutos (EMBRAPA, 1997).

Quantificou-se o solo retido em cada peneira, obtendo-se, assim, cinco classes de diâmetros de agregados distintas (4,76-2,00mm; 2,00-1,00mm; 1,00-0,50mm; 0,50-0,25mm e 0,105mm), cujos diâmetros médios foram, respectivamente, 3,38mm; 1,50mm; 0,75mm; 0,375mm e 0,1775mm. A partir dos valores dessas massas e conhecendo os teores de água das amostras de solo submetidas ao tamisamento, foram calculados: o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG), a porcentagem de agregados estáveis >2,00 mm (AGRI) e o índice de estabilidade de agregados (IEA). As equações utilizadas foram às seguintes:

Diâmetro Médio Ponderado (DMP) dos agregados (KEMPER; ROSENAU, 1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

Onde:

$w_i$  = proporção em massa de cada classe em relação ao total;

$x_i$  = diâmetro médio das classes (mm).

Diâmetro Médio Geométrico (DMG) dos agregados (KEMPER; ROSENAU, 1986):

$$DMG = \exp \left[ \frac{\sum_{i=1}^n w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \right]$$

Onde:

$w_i$  = peso de agregados (g) dentro de uma classe de agregados de diâmetro médio  $x_i$ .

$x_i$  = diâmetro médio das classes (mm).

O índice de estabilidade de agregados (IEA) do solo (CASTRO FILHO *et al.*, 1998):

$$IEA = \left[ \frac{\text{peso da amostra seca} - w_p 25 - \text{areia}}{\text{peso da amostra seca} - \text{areia}} \right] 100$$

Onde:

$w_p 25$  = peso dos agregados <0,25 mm (g).

areia = peso de partículas de diâmetro entre 2,0 – 0,053 mm (g).

A porcentagem de agregados estáveis >2,00 mm (AGRI) (CASTRO FILHO *et al.*, 1998):

$$AGRI = (w_i > 2) 100$$

Onde:

$w_i > 2$  = representa a proporção de agregados >2,00 mm

Não foi descontada a areia nos cálculos, uma vez que essas partículas participam do processo de agregação do solo (CASTRO FILHO *et al.*, 1998).

Os resultados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância, e quando necessário, fez-se a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) utilizando-se o software SAEG, versão 9.0.

## 6.5 Resultados e Discussão

A ação antrópica afetou significativamente ( $p < 0,05$ ) a densidade do solo, promovendo aumento, em profundidade, na maioria dos sistemas estudados, quando comparada a floresta nativa de cerrado (FN) (Tabela 3). Este comportamento é decorrente, provavelmente, do tráfego de máquinas nestas áreas e efeito do pisoteio do gado que ao exercer pressão sobre o solo, empurra as partículas do solo para dentro do espaço poroso resultando na redução da macroporosidade e conseqüentemente na compactação do solo. Resultados semelhantes foram observados por Spera et al. (2004), que trabalharam com culturas produtoras de grãos e pastagens comparada a vegetação nativa de floresta subtropical.

**Tabela 3.** Densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade de um Latossolo Amarelo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup>

Sistema de Manejo	Densidade do solo <sup>(2)</sup> Mg m <sup>-3</sup>	Porosidade <sup>(2)</sup>		
		Total	Micro m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>	Macro
<b>0,0 a 0,05 m</b>				
SILP + S	1,32b	0,514b	0,447ab	0,067 ns
SILP + P	1,48a	0,490b	0,442b	0,049 ns
SPD + M	1,26b	0,518b	0,453ab	0,065 ns
PC	1,33b	0,528ab	0,453ab	0,075 ns
FN	1,27b	0,571a	0,489a	0,082 ns
<b>0,05 a 0,10 m</b>				
SILP + S	1,43a	0,505ns	0,434 ns	0,071 ns
SILP + P	1,36ab	0,513 ns	0,449 ns	0,064 ns
SPD + M	1,28b	0,507 ns	0,441 ns	0,066 ns
PC	1,34ab	0,524 ns	0,459 ns	0,065 ns
FN	1,30b	0,552 ns	0,453 ns	0,098 ns
<b>0,10 a 0,20 m</b>				
SILP + S	1,44ab	0,495 ns	0,423 ns	0,072b
SILP + P	1,41ab	0,501 ns	0,441 ns	0,060ab
SPD + M	1,42ab	0,489 ns	0,423 ns	0,067ab
PC	1,55a	0,548 ns	0,473 ns	0,075ab
FN	1,34b	0,577 ns	0,467 ns	0,110a

<sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado. <sup>(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, dentro de cada camada de solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ns = não significativo

Na camada de 0,00-0,05 m, o sistema de integração lavoura-pecuária com pastejo contínuo (SILP + P) apresentou o maior valor de densidade do

solo, o que demonstra o efeito da compactação superficial, que pode ocorrer em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto, devido ao não revolvimento do solo e a pressão animal na superfície do solo (MARCHÃO et al., 2007; LANZANOVA et al., 2007). Estes resultados corroboram com os relatados por Spera et al. (2004), Marchão et al. (2007) e Flores et al. (2007) que também observaram aumento de densidade do solo no perfil sob pastagem e plantio direto, na camada superficial do solo em sistema com integração lavoura-pecuária.

Os sistemas integração lavoura pecuária com soja (SILP + S), SILP + P e plantio convencional (PC), na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade, proporcionaram uma maior pressão sobre as partículas do solo resultando nos maiores valores de densidade do solo, para esta profundidade. No entanto, quando comparado com os demais sistemas, o SILP + P e PC igualaram-se aos demais sistemas.

Na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade o PC apresentou maior valor de densidade ( $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ ) em relação a FN, sem no entanto, diferir dos demais sistemas estudados. Este resultado pode estar associado ao acúmulo de pressões pelo tráfego de máquinas, bem como, profundidade de trabalho dos implementos utilizados no preparo do solo para o referido sistema. Para Hamza; Anderson (2005) a pressão exercida sobre o solo é o agente causador da compactação e há evidências de que a compactação superficial está relacionada a essa pressão (FLORES et al., 2007), enquanto a compactação subsuperficial está mais relacionada à carga total aplicada por eixo das máquinas agrícolas, independentemente da pressão exercida sobre a superfície.

No que diz respeito à porosidade total (Tabela 3), na camada de 0,00 a 0,05 m os sistema de manejo estudados, proporcionaram uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) deste parâmetro quando em comparação com a FN, excetuando-se o PC que mesmo não diferindo dos demais sistemas igualou-se a FN. Este fato, provavelmente, deve-se ao resultado imediato das operações de preparo do solo nesta camada, “afrouxando” o solo e possibilitando, assim, maior quantidade de poros (CRUZ et al., 2003).

Na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade, não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a porosidade total, entre os sistemas de manejo

estudados e a FN. Com o aumento da profundidade (0,10 a 0,20 m), manteve-se a tendência apresentada na camada mais superficial do solo, no entanto, os sistemas SILP + P, SPD + M e PC igualaram-se.

No tocante à microporosidade (Tabela 3), verificou-se significância estatística ( $p < 0,05$ ) apenas na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. O SILP + P, SPD + M e o PC igualaram-se e apresentaram comportamento intermediário em relação a FN e o SILP + P, que diferiram entre si, acompanhando a tendência observada na macroporosidade, visto que, estes sistemas apresentaram, para a camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade, valores extremos de macroporosidade respectivamente.

Quanto à macroporosidade (Tabela 3), que representa a capacidade de aeração do solo, ou seja, o componente da porosidade total do solo que expressa o volume de poros maiores que contribuem para oxigenação radicular, não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas de manejo estudados e a FN, excetuando-se a camada de 0,10 a 0,20 m.

De acordo com Balbino et al. (2003), a macroporosidade é a primeira propriedade a ser afetada pela introdução de cultivo ou pastejo em áreas nativas, principalmente nos horizontes superficiais (0,05 e 0,10 m). Marchão et al. (2007) verificaram que a macroporosidade e a porosidade total, em áreas sob integração lavoura-pecuária, foram reduzidas, quando comparadas com solos sob Cerrado nativo. Comportamento similar ao observado no presente estudo, em que, mesmo sem apresentar diferença significativa, a FN tendeu aos maiores valores de macroporosidade.

A estimativa da quantidade relativa de solo em cada classe de agregados mostrou, que a FN apresentou os maiores valores ( $p < 0,05$ ) de DMP em todas as profundidades avaliadas (Figura 1). Isso pode ser atribuído ao estado de equilíbrio em que se encontra o sistema, favorecendo a manutenção e estabilidade dos agregados, bem como a maior densidade de raízes apresentada pelas gramíneas perenes neste sistema, abrangendo um volume maior de solo, não somente a sua superfície.

Os valores de SILP+P, nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,05 a 0,10 m de profundidade, apresentaram tendência a maiores valores que os observados em SILP+S, diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) na camada de 0,10 a 0,20 m, denotando maior estabilidade das áreas as quais foram submetidas à pastejo

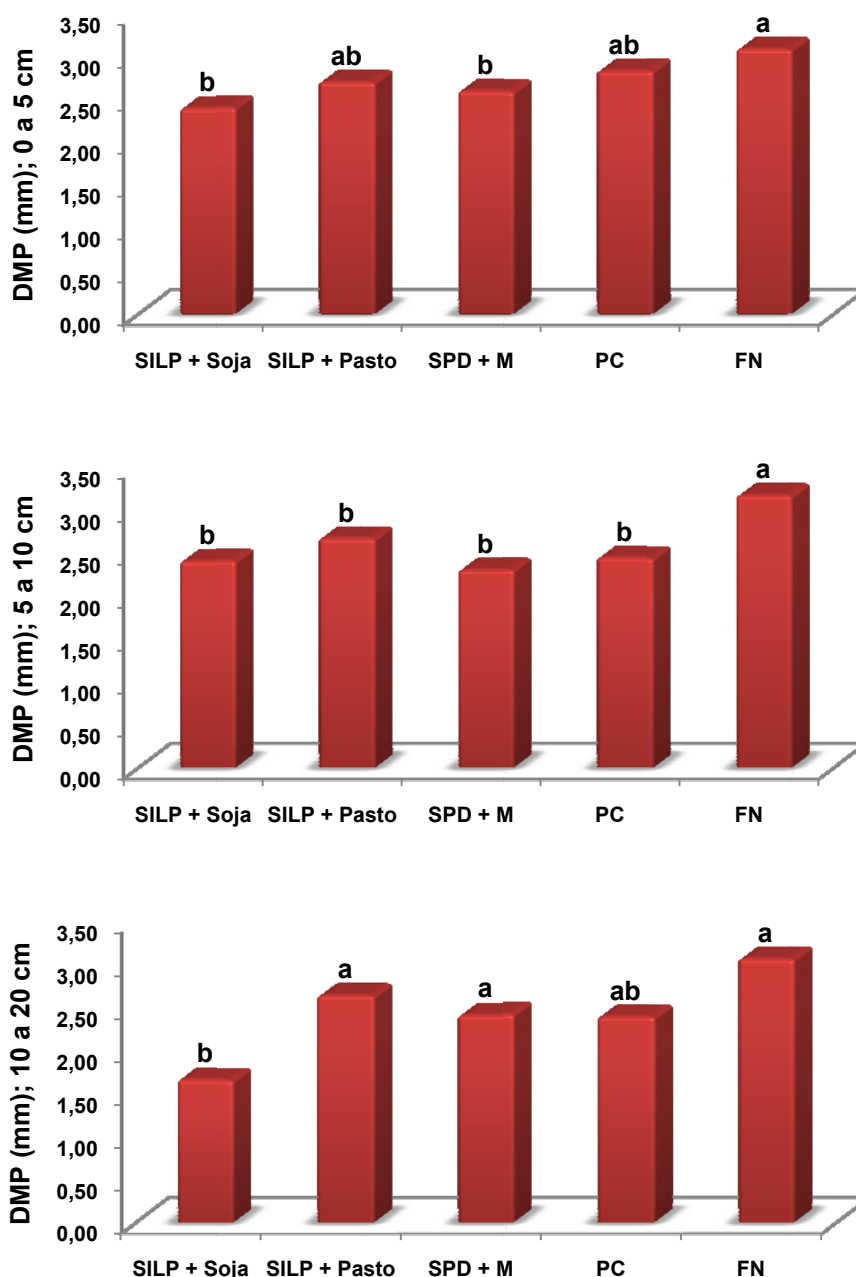
contínuo quando comparada com as áreas que tiveram alternância de pasto e cultura de grãos, esse efeito deve-se, provavelmente, ao fato de que as gramíneas possuem sistema radicular fasciculado o qual permite uma maior agregação, em virtude do maior contato com as partículas do solo (SOUZA., *et al.*, 2008), bem como, as raízes das leguminosas, são ricas em nitrogênio, o que favorece a sua mais rápida decomposição em relação às raízes ricas em carbono, como as das gramíneas. Assim, as leguminosas são menos efetivas que as gramíneas na construção de uma estrutura estável do solo (STONE; GUIMARÃES, 2005; PINHEIRO *et al.*, 2004).

O sistema de Plantio Convencional (PC) apresentou os valores de DMP iguais ( $p > 0,05$ ) aos da área de floresta nativa nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,10 a 0,20 m de profundidade (Figura 1). Isso, provavelmente, deve-se ao pouco tempo de adoção do PC nessa área (Tabela 1). Castro Filho *et al.*, (1998) estudando estabilidade de agregados afirma que esse tipo de sistema promove a ruptura de agregados ocasionado pelo intenso revolvimento do solo, isso pode comprometer a estabilidade de agregados e a redução do DMP nos cultivos seguintes com adoção desse sistema. A pequena variação encontrada entre os valores de DMP, entre os sistemas de manejo e profundidades avaliadas, pode ser motivada pelo método utilizado, que, segundo Silva; Mielniczuk (1997), não distingue os agregados recém-formados daqueles que, além de formados, já sofreram um processo de estabilização. Por esse motivo, nos sistemas convencionais, a agregação pode ter sido provocada por ação de compressão das partículas do solo, sem, entretanto, ocorrerem os mecanismos que contribuem para sua estabilização (CRUZ *et al.*, 2003).

Sob SPD + M os valores de DMP apresentaram-se menores do que os encontrados em áreas de FN com exceção da camada de 0,10-0,20 m que não apresentou diferenças significativas. Marcolan *et al.* (2007) estudando um Argissolo Vermelho de textura franco argilo arenosa afirmam que o eventual processo de revolvimento do solo para a incorporação de corretivos realizado no primeiro ano de adoção do SPD produz efeitos negativos sobre os agregados, especialmente sobre os maiores e mais estáveis formados ao longo do tempo. O fato do sistema plantio direto ter sido estabelecido há apenas 4 anos ainda não proporcionou reflexos positivos na estabilidade estrutural deste solo com características arenosas. O que está de acordo com Assis; Lanças



(2005), os quais verificaram que o sistema plantio direto com 1, 4 e 5 anos de implantação apresentaram valores de matéria orgânica e dos atributos físicos do solo semelhantes ao sistema de preparo convencional, somente o tratamento com 12 anos de plantio direto apresentou valores maiores, aproximando-se da mata nativa.



**Figura 1.** Diâmetro Médio Ponderado de agregados de um Latossolo Amarelo, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup>. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milheto; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

O IEA (Tabela 4), segundo Castro Filho *et al.* (2002) é uma medida da agregação do solo, como total, e varia entre 0 e 100 %. Este índice retrata a capacidade dos agregados resistirem à energia desagregante sem fragmentarem-se em agregados menores. Na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade, em relação ao IEA, os sistemas de manejo estudados igualaram-se a FN, exceto pelo SPD+M, o qual diferiu da FN mas igualou-se com os demais sistemas. Na camada intermediária, 0,05 a 0,10 m, não foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Em subsuperfície, camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade, manteve-se a tendência observada na camada superficial do solo, sendo que SPD+M e SILP+S diferenciaram-se da FN.

A baixa eficiência do IEA na percepção da conversão da floresta nativa de cerrado a sistemas agrícolas de produção, evidenciada na tabela 4, pode esta relacionada à forma de cálculo desse índice, que é calculado baseado apenas na classe de agregados  $< 0,105$  mm. E essa classe não engloba apenas agregados ou areia (grãos simples), mas também toda a argila dispersa durante o processo de agitação da amostra para o tamisamento, que não se caracteriza como agregados (WENDLING *et al.*, 2005).

Diferentemente do IEA, o AGRI, que é caracterizado pela porcentagem de agregados maiores que 2 mm (Tabela 4), mostrou-se mais sensível na percepção das alterações promovidas pelos diferentes manejo de solo adotados e a FN, comportamento este que corrobora com o observado por Wendling *et al.*, (2005).

Na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade, os valores de AGRI apresentados pela FN, que não diferiram dos apresentados por SILP+P e PC, denotam uma maior estabilidade de agregados da FN em relação aos demais estudados. Esta tendência é confirmada na profundidade de 0,10 a 0,20 m, uma vez que, a FN diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais sistemas.

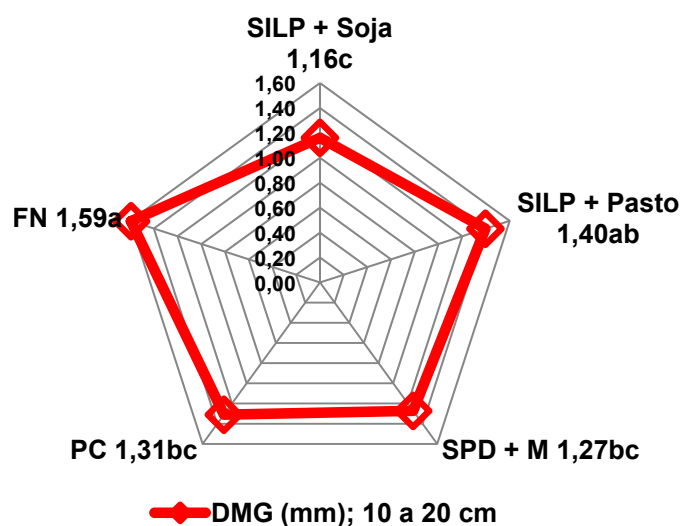
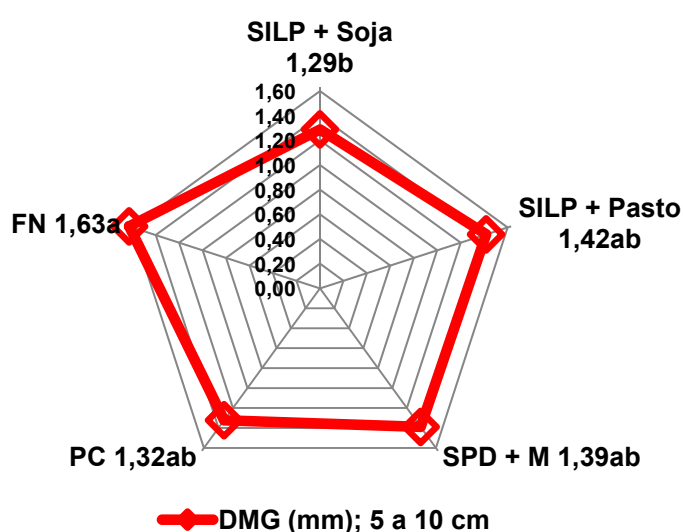
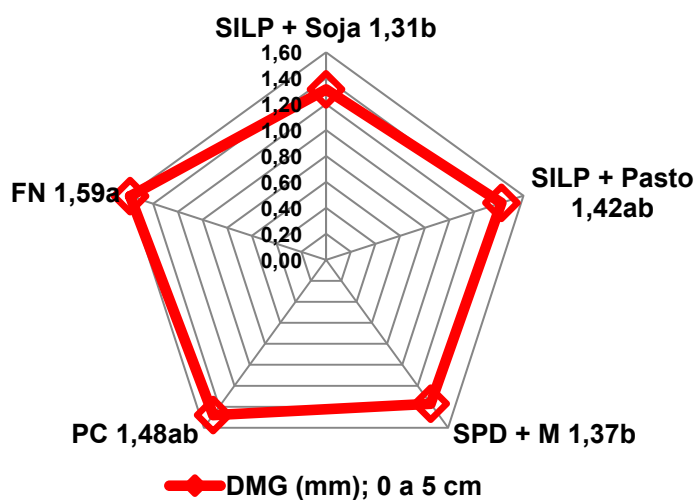
Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados solos estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantirem a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados (CALONEGO; ROSOLEM, 2008).

**Tabela 4.** Porcentagem por classe de agregados, porcentagem de agregados >2,00 mm estáveis em água (AGRI) e Índice de estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup>

Sistema de Manejo	% de classe de Agregados					IEA <sup>(2)</sup>
	Média em milímetros por classe					
	4,76-2,0 <sup>(2)</sup>	2,0-1,0	1,0-0,50	0,5-0,25	0,105	
<b>0,00 a 0,05 m</b>						
SILP + S	66,96b	4,72	5,84	13,60	5,28	95,05ab
SILP + P	76,58ab	3,06	1,83	8,27	5,32	94,82ab
SPD + M	71,84b	5,08	3,24	8,66	6,78	93,43b
PC	81,29ab	1,94	2,37	6,83	3,49	96,51ab
FN	89,34a	1,50	1,27	2,49	1,82	98,06a
<b>0,05 a 0,10 m</b>						
SILP + S	65,84	5,43	5,76	15,55	5,36	94,85
SILP + P	75,21	5,84	2,94	8,28	4,50	95,77
SPD + M	63,59	4,36	3,79	13,74	8,48	91,93
PC	67,60	3,38	4,63	14,00	5,43	94,57
FN	92,81	2,03	1,61	1,59	0,70	99,30
<b>0,10 a 0,20 m</b>						
SILP + S	37,63b	11,50	13,24	21,85	9,98	90,02c
SILP + P	74,24b	4,69	3,42	10,74	4,01	95,99ab
SPD + M	65,90b	5,34	5,99	13,18	7,91	92,28bc
PC	66,02b	4,00	5,74	12,12	6,15	93,85abc
FN	88,87a	2,33	2,02	2,51	1,26	98,74a

<sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milheto; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado. <sup>(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, dentro de cada camada de solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A estabilidade estrutural do solo avaliada pelo diâmetro médio geométrico de agregados (DMG) é apresentada na figura 2. O DMG do solo sob FN apresentou valores superiores aos encontrados nos sistemas de manejo estudados no presente experimento, nas três camadas de profundidade, o que demonstra mais claramente o efeito do denso sistema radicular das gramíneas constituintes da vegetação autóctone na estabilidade dos agregados do solo em detrimento do pisoteio bovino e tráfego de maquinário agrícola proveniente dos sistemas de manejo do solo. O SILP+P apresentou no perfil do solo tendência a melhores valores de DMG em relação ao SILP+S, apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Essa maior ação em subsuperfície apresentada pelo SILP+S em relação ao SILP+P, acompanha a mesma tendência observada com relação ao DMP.



**Figura 2.** Diâmetro Geométrico de agregados de um Latossolo Amarelo, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup>. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

Para Carvalho Filho et al. (2007) a existência de agregados maiores atende a um dos requisitos do manejo conservacionista do solo, uma vez que os agregados grandes conferem ao solo maior resistência contra a erosão. Estes resultados corroboram com os apresentados por Salton et al. (2008) que concluíram, em trabalho sobre agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários, que sistemas de manejo do solo com pastagem permanente ou em rotação com lavoura em plantio direto favorecem a formação de agregados estáveis de maior tamanho, em relação a sistemas apenas com lavouras ou com lavouras em rotação com pastagens em ciclos maiores que três anos.

## **6.6 Conclusões**

- A conversão da floresta nativa de cerrado a sistemas agrícolas de produção reduziu a qualidade física do solo.
- Os sistemas de manejo estudados modificaram a estrutura do solo, resultando uma menor proporção de solo em maiores classes de agregados (DMP).
- O Sistema Integração Lavoura Pecuária não promoveu a melhoria da qualidade física do solo.

## 6.7 Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ARAÚJO, R.; G.; WENCESLAU, J.; LACERDA, M.; P.; C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.

BALBINO, L. C.; BROSSARD, M.; STONE, L. F.; BRUAND, A.; LEPRUN, J. C. **Estrutura e propriedades hidráulicas em latossolos sob cultivo na região do cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 43p.

CARVALHO FILHO, A.; SILVA, R. P.; CENTURION, J. F.; CARVALHO, L. C. C.; LOPES, A. Agregação de um Latossolo Vermelho submetido a cinco sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.317-325, 2007.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 45-51. 2002.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLIO.; PODANNOSCHI, A.L. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p. 527-538, 1998.

COLONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de Agregados do Solo após Manejo com Rotações de Culturas e Escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 32, n. 4, p. 1399-1407, 2008.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos Físicos e Carbono Orgânico de um Argissolo Vermelho sob diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, 2003.

DEFOSSEZ, P.; RICHARD, G. Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 41-64, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212p.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. DAL B.; FRAGA, T. I. Atributos Físicos do Solo e Rendimento de Soja em Sistema Plantio Direto em Integração Lavoura Pecuária com Diferentes Pressões de Pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 31, n. 4, p. 771-780, 2007.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.

JACOMINE, P. K. T. et al. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí. Rio de Janeiro, EMBRAPA - SNLCS/ SUDENE - DRN, 1986. 782p.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis. Part I. Physical and inerological methods**. Madison, WI: Soil Science Society of America, 1986. p. 425-442. (Agronomy Monograph N. 9).

LANZANOVA, M.; E.; NICOLOSO, R.; S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.; L.; F.; AMADO, T.; J.; C.; REINERT, D.; J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. **Soil Science Society of America Journal**, Madison. v.44, n.3, p.450-457, 1980.

LUZ, P.H. de C.; HERLING, V.R. Impactos do pastejo sobre as propriedades físicas do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 209 -250.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T.I.; LEITE, J.G.D.B. Recuperação de atributos físicos de um Argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 31, no. 3, pp.571-579, 2007.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JUNIOR, J. de D.G. dos; 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, 2007.

MATIAS, M. C. B. S. **Atributos químicos e biológicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo dos Cerrados do Piauí**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí.

MICHELON, C. J.; CARLESSO. R.; PETRY, M. T.; Gustavo De DAVID, G.; SANTANA, C. D. Qualidade física de solos irrigados do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1308-1315, 2007.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no estado do Rio Grande Do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 79-84, 2004.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p.11-21, 2008.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, A. Z. M.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.69, n.1, p.32-34, 2002.

SILVA, A. P.; INHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil & Tillage Research**, Orlando, v.70, n.1, p.83-90, 2003.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.1, p.113-117, 1997.

SOUTO, M. S. **Pastagem de Aveia e Azevém na Integração Lavoura-pecuária: Produção de Leite e Características do Solo**. Curitiba, 2006.80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2006.

SOUZA, E.; CARNEIRO, M.; BANYS, V. Fitomassa e acúmulo de nitrogênio, em espécies vegetais de cobertura do solo para um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 519-523. 2008.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.533-542, 2004.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9571 ; 16)



WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONCA, E de Sá; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**. Brasília, vol. 40, no. 5, pp. 487-494. 2005.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of American Society Agronomy**., v. 28, n. 1, p. 337-351, 1936.

## 7. Qualidade Biológica de um Latossolo sob Sistema de Integração Lavoura-Pecuária

### 7.1 Resumo

A intervenção antrópica em sistemas naturais tais como, áreas sob vegetação nativa de cerrados, pode causar mais perdas do que ganhos de carbono (C), implicando em perda da qualidade do solo, especialmente dos atributos microbiológicos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de um Latossolo na região dos Cerrados Piauienses por meio de indicadores biológicos submetidos a diferentes sistemas de manejo. O trabalho foi desenvolvido no município de Uruçuí - PI, no sudoeste do estado do Piauí. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico, textura areia franca. Foram estudados três sistemas de manejo do solo: Preparo convencional (PC) com uso de aração e gradagem e monocultivo de soja; Sistema de Plantio Direto, com milheto como cultura de cobertura (SPD+M); e Sistema de Integração Lavoura-Pecuária, com pastejo de 5 meses e cultivo de soja e com pastejo contínuo (SILP+S e SILP+P). Estudou-se, ainda, uma área sob Floresta Nativa de Cerrado (FN). A intervenção antrópica na floresta nativa de cerrado (FN) não proporcionou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na respiração basal do solo ( $C-CO_2$ ) e no quociente metabólico ( $qCO_2$ ), mas, influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) o carbono da biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) e o nitrogênio da biomassa microbiana ( $N_{mic}$ ), proporcionando redução do  $C_{mic}$  quando em comparação a FN. O sistema de plantio convencional (PC) apresentou os maiores valores de FDA ( $0,140 \mu g \text{ FDA } g \text{ de solo}^{-1} h^{-1}$ ). Os sistemas de manejo do solo reduzem a qualidade do solo, em relação a áreas sob vegetação nativa. A respiração basal, o quociente metabólico e a hidrólise do diacetato de fluoresceína não foram suficientemente sensíveis às alterações ocorridas em função dos diferentes tipos de manejo.

Palavras Chave: sistemas mistos de produção agrícola; biomassa microbiana; atividade enzimática do solo.

## 7.2 Abstract: Soil Biological attributes and Quality Biological of a Oxisol under Integrated Casttle Raising-Crop Production System

evaluate biological attribute

Anthropic action in natural systems such as, areas under native open pasture vegetation, can cause more losses of what carbon increase, implying in loss of the quality of the soil, especially of the microbiological attributes. This study aimed at evaluating physical attributes of a Yellow Latosol under different management systems in savanna-like area in the state of Piauí. This study was developed in the city of Uruçuí, in the southwest of the state of Piauí. The soil of the area was classified as a Dystrophic Yellow Latosol, having a sandy plain texture. Three systems of soil management were studied: an area under conventional tillage (CT) with plowing use and disking and soybean monoculture; an area under no-tillage, used as covering culture millet (NT+M); two areas under Cattle-Based Integrated Farming System, having five-month pasture grazing and soybean cultivation and then continuous pasture grazing (CBIFS +S and CBIFS +P). An area under Savanna-like Native Forest (NF) was studied as well. The depths studied were 0.00-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m. anthropic action in the native savanna forest of (FN) was not provide difference in the basal respiration of soil ( $C-CO_2$ ) and in the metabolic quotient ( $qCO_2$ ), but, they had significantly influenced ( $p < 0,05$ ) carbon of the microbial biomass ( $C_{mic}$ ) and the nitrogen of the microbial biomass ( $N_{mic}$ ), providing reduction of the  $C_{mic}$  when in comparison the FN. The system of conventional tillage (CT) presented the biggest values of FDA ( $0,140 \mu g \text{ FDA g of soil}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). The management systems reduce the quality of the soil, in relation the FN. The basal respiration, the metabolic quotient and the FDA had not been enough sensible to the occurred alterations in function of the different system management.

Words Key: integrated animal-farm system; microbial biomass; enzymatic activity of the soil.

### 7.3 Introdução

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade dele em funcionar dentro de certos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal, portanto, uma boa qualidade do solo (QS) é o mais importante elo entre as práticas agrícolas e a agricultura sustentável (DORAN; PARKIN, 1996).

A intervenção antrópica em sistemas naturais tais como, áreas sob vegetação nativa de cerrados, pode causar mais perdas do que ganhos de carbono (C), implicando em perda da qualidade do solo, especialmente dos atributos microbiológicos ao longo do tempo. Estas perdas são devidas à liberação de CO<sub>2</sub> pela respiração basal durante o processo de decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) e respiração de raízes e animais.

Os atributos químicos e físicos do solo são variáveis importantes para determinação da QS, no entanto, necessitam de maior período de avaliação e cultivo para responderem ao sistema que estão submetidos. Ao contrário, medidas dos processos biológicos são especialmente importantes no sistema de produção ao qual fazem parte, pois são indicadores sensíveis e precoces de alterações na dinâmica da MOS e por representarem a fração ativa desse componente. A atividade microbiana do solo pode ser utilizada para entender os processos de mineralização e intensidade dos fluxos de energia no solo, visto que, a degradação da MOS é realizada por microrganismos heterotróficos (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Devido à importância dos indicadores biológicos para os processos edáficos, estudos que relacionam a quantidade de biomassa e atividade microbiana do solo podem fornecer subsídios para o planejamento correto do sistema de manejo do solo e no monitoramento dos processos edáficos. (SAMPAIO *et al.*, 2008).

A quantificação do carbono da biomassa microbiana (C<sub>mic</sub>), respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) e suas relações como, por exemplo, quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) tem sido utilizada no estudo dos processos de ciclagem e transformação de nutrientes (MALUCHE-BARETTA; AMARANTE; KLAUBERG-

FILHO, 2006), bem como, para avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo (COSTA *et al.*, 2008; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A atividade microbiana, que pode ser quantificada pela respiração basal do solo ( $C-CO_2$ ) é um dos principais indicadores da atividade microbiológica do solo a qual representa a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbios do solo. Por meio da respiração basal do solo pode-se monitorar a decomposição da MOS (ANDERSON, 2003), esta apresenta alta correlação com vários métodos de quantificação da atividade microbiana e se destaca pela simplicidade de execução (FRANZLUEBBERS; ZUBERER; HONS, 1995), sendo utilizada para cálculos de outros indicadores importantes, como o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) (ARAUJO *et al.*, 2007).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de um Latossolo na região dos Cerrados Piauienses por meio de indicadores biológicos submetidos a diferentes sistemas de manejo.

## 7.4 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em uma área pertencente à fazenda Nova Zelândia, localizada no município de Uruçuí - PI ( $3^\circ 37' S$  e  $43^\circ 22' W$ ), no sudoeste do estado do Piauí. O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo, textura franco argilo-arenosa (JAKOMINE *et al.*, 1986). A caracterização química do solo é apresentada na Tabela 1 (EMBRAPA, 1997). O clima da região é do tipo Aw no sistema de Koppen, com temperatura média de  $26,5^\circ C$ , precipitação anual de 1.200 mm, com estação chuvosa nos meses de outubro a abril, sendo o trimestre mais chuvoso concentrado entre janeiro e março (MATIAS, 2006).

Foram estudados três sistemas de manejo do solo, sendo uma área sob preparo convencional (PC) com uso de aração e gradagem e monocultivo de soja; uma área sob Sistema de Plantio Direto, sendo utilizado como cultura de cobertura o milheto (SPD+M); duas áreas sob Sistema de Integração Lavoura-Pecuária, onde após a cultura da soja fez-se a rotação com a cultura do milho e plantio de brachiária como cultura de cobertura, em uma destas áreas

manteve-se pastejo contínuo de animais em uma taxa de 2,4 U.A.<sup>2\*</sup> por hectare (SILP+P) e na outra a permanência dos animais foi de apenas 5 meses (SILP+S). Como referência de um estado natural do solo, fez-se a amostragem de uma área sob Floresta Nativa de Cerrado (FNC), perfazendo um total de cinco tratamentos (Tabela 2). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições.

**Tabela 1.** Caracterização química de um Latossolo Amarelo, na camada de 0,0 a 0,5 m sob diferentes sistemas de manejo.

Sistema <sup>(2)</sup>	pH	P resina	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H + Al <sup>+3</sup>
	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>		mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
<b>SILP + S</b>	5,0	26,5	2,88	17,25	14,75	25,75
<b>SILP + P</b>	4,8	23,5	2,98	16,25	10,5	33,5
<b>SPD + M</b>	5,2	17	1,23	21,5	17,5	25,25
<b>PC</b>	5,1	4,5	1,25	12,25	10,5	20,75
<b>FN</b>	3,9	4,0	0,7	6,25	7,0	100,25

<sup>(2)</sup>SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

A amostragem do solo nos diferentes tratamentos foi efetuada no ano agrícola de 2007/2008. Em cada tratamento, foram abertos, aleatoriamente quatro mini-perfis com 0,50 m de profundidade, 0,40 m de largura e 0,60 m de comprimento, cada um destes constituindo uma repetição. A profundidade estudada foi 0,0-0,05 m. Posteriormente, a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, com respirador, e transportadas em caixas de isopor com gelo para o laboratório, onde as amostras foram homogeneizadas e passadas em peneira com malha de 2 mm e acondicionadas em câmara fria até serem analisadas.

**Tabela 2.** Histórico das diferentes condições de manejo

Sistema*	Histórico dos Anos Agrícolas					
	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007
<b>SILP+S</b>	Arroz	Soja	Milho+Gado	Soja/Milheto	Soja/Milheto	Soja/Milheto
<b>SILP+P</b>	Arroz	Soja	Milho+Gado	Brachiária/Gado	Brachiária/Gado	Brachiária/Gado
<b>SPD+M</b>	Mata nativa	Mata nativa	Soja/Milheto	Soja/Milheto	Soja/Milheto	Soja/Milheto
<b>PC</b>	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Soja	Soja
<b>FN</b>	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa	Mata nativa

\*SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

<sup>2\*</sup> U.A. = Unidade Animal com peso de 450 Kg.

A atividade enzimática foi avaliada de acordo com a técnica de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) (SCHNÜRER; ROSSWALL, 1982).

Amostras de 5 g (peso seco) de cada amostra de solo, com umidade ajustada para 60% da capacidade de campo, foram distribuídas em Erlenmeyers de 125 mL de capacidade, adicionando-se, posteriormente, 20 mL de tampão fosfato de sódio e 200  $\mu\text{L}$  de uma solução de FDA, na concentração de 2 mg de FDA. $\text{mL}^{-1}$  em acetona.

Os Erlenmeyers foram incubados sob agitação, a 150 rpm e temperatura de 24 °C, por 20 min. Após esse período, a reação foi paralisada com 20 mL de acetona, e o sobrenadante foi filtrado em papel de filtro Whatman n.1. As soluções foram avaliadas em espectrofotômetro (comprimento de onda de 490 nm). A atividade microbiana foi determinada pela quantidade de FDA hidrolisado, com auxílio das equações das curvas-padrão obtidas de cada um dos solos analisados.

Para determinação da curva-padrão, procedeu-se como descrito acima, utilizando concentrações de 0, 100, 200, 300 e 400  $\mu\text{g}$  de FDA, obtidas com a adição de 0, 50, 100, 150 e 200  $\mu\text{L}$  de FDA, respectivamente. O FDA foi hidrolisado por calor (100°C) em banho-maria, por 5 min, com a adição de 5 mL de tampão fosfato de sódio. Após hidrólise, misturou-se as soluções com o solo e adicionou-se 15 mL de tampão fosfato de sódio, agitando por 20 minutos. Procedeu-se a leitura em espectrofotômetro (comprimento de onda de 490 nm).

O carbono orgânico do solo (Corg) foi obtido pelo método de Sims e Haby (1971), utilizando-se 1,0 g de TFSA acrescida de 10 mL de solução de dicromato de potássio 0,5 M. e 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. Incubou-se a mistura em temperatura ambiente por 30 minutos. Após acertou-se o volume em proveta para 100mL e filtrou-se em papel de filtro. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 600 nm. Através da realização da curva padrão com concentrações crescentes de solução de sacarose, calculou-se a quantidade de C produzido com a reação enzimática.

Para determinação do carbono microbiano (C mic) nitrogênio microbiano (N mic) e respiração do solo, ajustou-se a umidade das amostras para 60% da capacidade de campo. O C mic e o N mic foram determinados pelo método da irradiação- extração, utilizando forno de microondas (ISLAM;

WEIL, 1998), sendo utilizado como extrator  $K_2SO_4$   $0,5 \text{ MOL mol L}^{-1}$ . A partir dos resultados de C mic e CO foi calculada a relação entre as duas características, expressa como a porcentagem (%) de C microbiano em relação ao C total do solo (ANDERSON, 1994).

A respiração do solo (RS) foi estimada conforme a metodologia descrita por Jenkinson; Powlson (1976) incubando-se 50 g de solo em potes Hermeticamente fechados contendo 10 ml de NaOH  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e mensurando-se a quantidade de C-CO<sub>2</sub> liberado num período de onze dias a 28 °C. Utilizaram-se os resultados de C-CO<sub>2</sub> e do CBM para calcular o quociente metabólico ( $qCO_2$ ), que representa a quantidade de C-CO<sub>2</sub> liberada em um determinado tempo, por unidade de C microbiano ( $\text{mg C-CO}_2 \text{ g Cmic}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), conforme proposto por Anderson; Domsch (1993).

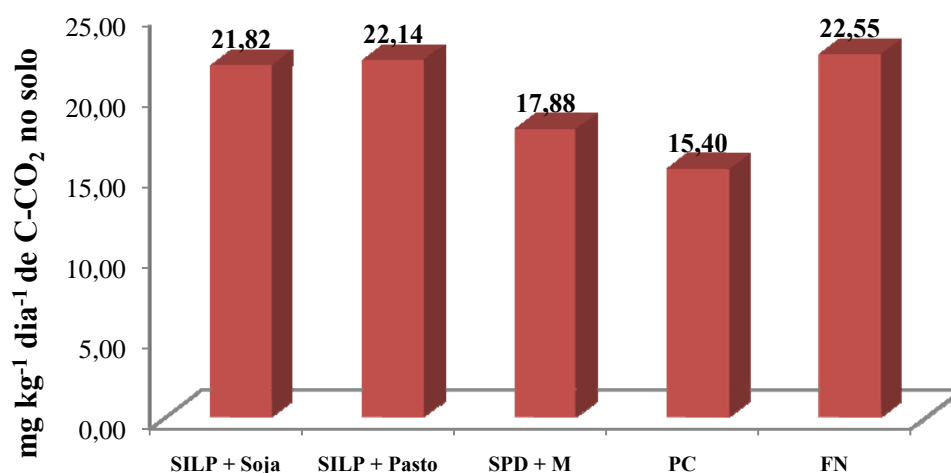
A densidade do solo foi obtida por meio do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Os estoques de carbono e nitrogênio ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) do solo foram determinados pela expressão : teor de **C** ou **N** ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) x **ds** x **e**, em que **ds** = densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) e **e** = espessura da camada de solo (cm).

Os resultados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância, e quando necessário, fez-se a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) utilizando-se o software SAEG, versão 9.0.

## 7.5 Resultados e Discussão

A intervenção antrópica na floresta nativa de cerrado (FN) não proporcionou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na respiração basal do solo (C-CO<sub>2</sub>). Os sistemas sob integração lavoura pecuária e a FN, apresentaram tendência a maiores valores de C-CO<sub>2</sub> (Figura 1). A tendência apresentada pelos sistemas sob integração lavoura pecuária corrobora com a afirmativa de Melo et al. (2006), os quais versam que, sistemas de uso da terra que propiciam maior diversidade e quantidade de resíduos orgânicos favorecem o desenvolvimento dos microrganismos e promovem aumento da atividade enzimática.

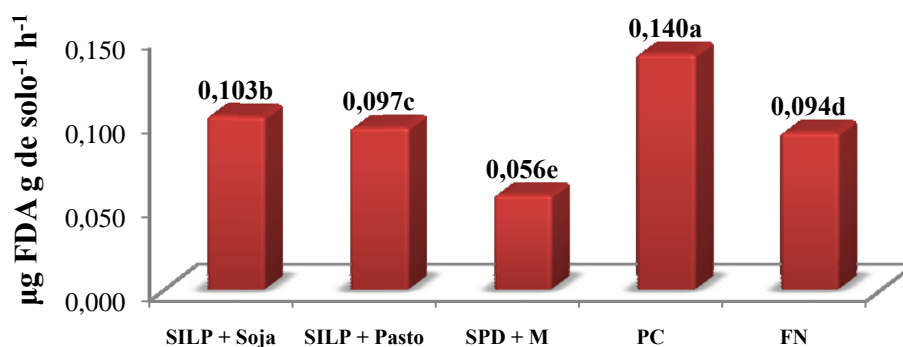




**Figura 1.** Respiração basal de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

A C-CO<sub>2</sub> reflete a degradação dos resíduos orgânicos depositados no solo, sendo que uma alta taxa de respiração, a curto prazo, pode indicar mineralização do carbono e outros elementos e, a longo prazo, perda de carbono do sistema solo (CARNEIRO *et al.*, 2008)

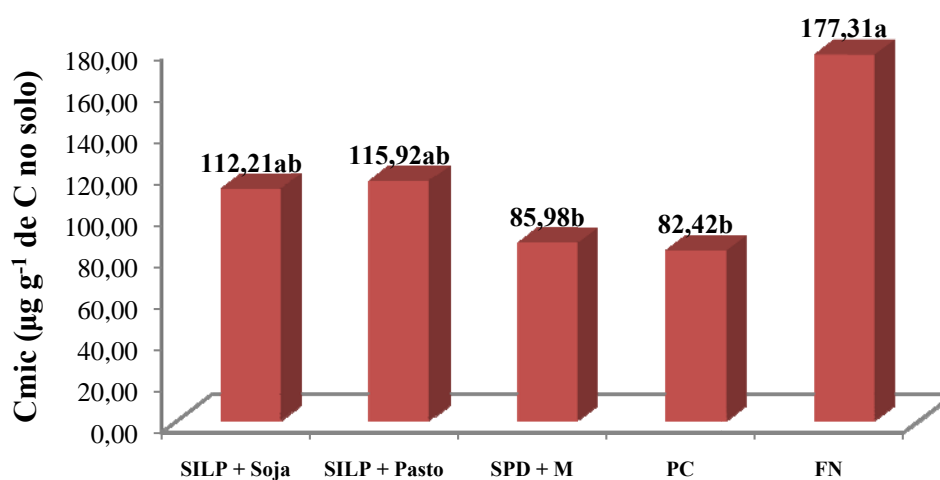
Em relação à atividade enzimática, medida pela hidrólise do diacetato de fluoresceína, o sistema de plantio convencional (PC) apresentou os maiores valores de FDA (0,140 µg FDA g de solo<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), seguido pelo sistema de integração lavoura pecuária com soja (SILP+S), sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo (SILP+P), FN e sistema de plantio direto com milho (SPD+M) (Figura 2).



**Figura 2.** Estimativa da atividade microbiana de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo <sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

Esta maior hidrólise de FDA apresentada pelo PC pode está relacionada à intensificação da atividade biológica provocada pelo revolvimento do solo, pela correção da acidez e pela adubação, que proporciona um ambiente mais favorável à ação dos microrganismos, pois, cria-se um ambiente com maior teor de água em profundidade, melhores condições de arejamento e disponibilidade de nutrientes maior (SOUZA *et al.*, 2006), associado ao curto período de implantação deste sistema em relação aos demais sistemas estudados (Tabela 2) resultando em rápida liberação de nutrientes para a solução do solo e, a longo prazo, perda de carbono orgânico do solo (Corg) (D'ANDRÉA *et al.*, 2002). Pode-se ressaltar, ainda, que a hidrólise de FDA é um indicador da atividade total de microrganismos heterotróficos do solo. Além das hidrolases, ligadas aos ciclos dos principais elementos do solo como C, N, P e S, os microrganismos liberam para o solo lipases, proteases e esterases. Essas enzimas não são específicas e estão envolvidas na degradação de muitos tipos de resíduos orgânicos, o que pode ter influenciado no maior valor de hidrólise de FDA apresentado pelo PC.

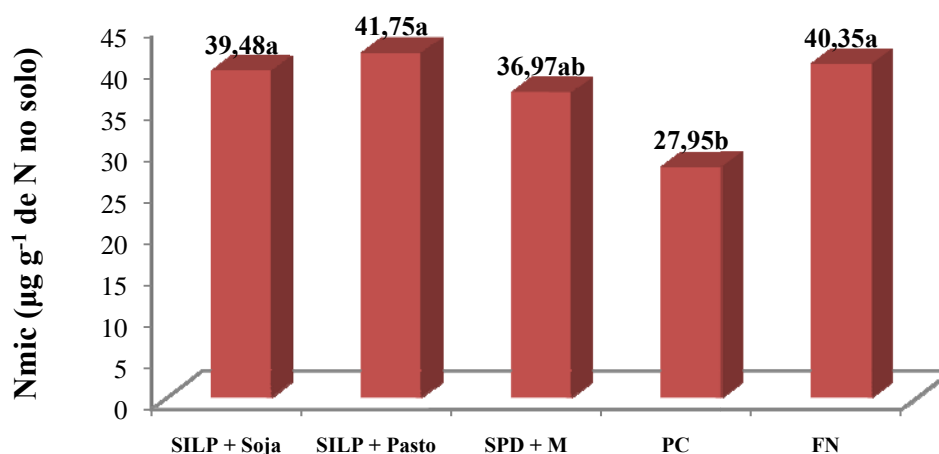
Os sistemas de manejo estudados influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) o carbono da biomassa microbiana (Cmic), proporcionando redução do Cmic quando em comparação a FN (Figura 3).



**Figura 3.** Carbono da Biomassa Microbiana (Cmic) de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo<sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

As áreas, sob integração lavoura pecuária mostraram comportamento intermediário, quanto ao Cmic, igualando-se a FN, sem, no entanto, diferir dos demais sistemas. Esta tendência a recuperação do Cmic nos sistemas de integração lavoura pecuária, em relação à FN, provavelmente, está associada ao sistema radicular fasciculado das gramíneas, que se concentra na camada superficial do solo e resulta em maior entrada de carbono no solo, via rizosfera e necromassa, atuando na ativação da microbiota do solo (CARNEIRO *et al.*, 2008).

O nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) apresentou comportamento semelhante ao Cmic, sendo que, os sistemas sob integração lavoura pecuária igualaram-se a FN e ao sistema de plantio direto com cobertura de milheto (SPD+M), o qual comportou-se de maneira intermediária, visto que não diferiu do PC (Figura 4).



**Figura 4.** Nitrogênio da Biomassa Microbiana (Nmic) de um Latossolo Amarelo, sob diferentes sistemas de manejo<sup>(1)</sup> no cerrado piauiense. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milheto; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado.

Garcia; Nahas (2007) trabalhando com diferentes lotações de ovinos encontraram maiores valores de nitrogênio imobilizado pela biomassa microbiana em áreas com pastejo de animais, em relação a áreas sem pastejo, denotando o efeito diferenciado, resultante, possivelmente, da excreção e urina dos animais. Tal efeito não foi comprovado pelo presente trabalho. O crescimento microbiano é limitado, muitas vezes, pela escassez de nutrientes encontrados no solo, mas a adição de fontes de carbono ou nitrogênio ao solo

pode aumentar a biomassa e com isso imobilizá-los na sua constituição celular (GRAHAM et al., 2002). Corroborando com os resultados apresentados para Nmic Silvan et al. (2003) e Coser et al. (2007) não observaram aumento no Nmic com a adição de nitrogênio ao solo em sistemas agrícolas e florestais.

Quanto ao teor de carbono orgânico do solo (Corg), os sistemas de manejo estudados, com exceção do PC, proporcionaram incremento de Corg em relação à condição original do solo (FN), conforme apresentado na Tabela 3. O maior teor de Corg apresentado pelos sistemas SILP+S, SILP+P e SPD+M é decorrente do acúmulo dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo. Este fato deve-se à ausência da incorporação destes por meio do revolvimento do solo, praticado em PC, diminuindo a taxa de mineralização (STONE *et al.*, 2006). A ausência de revolvimento do solo também resulta em maior presença de raízes, as quais aumentam a entrada de substratos carbonados no sistema, via exudatos radiculares contribuindo para ocorrência de maiores teores de Corg.

**Tabela 3.** Carbono orgânico (Corg), nitrogênio total (N), densidade do solo (D), estoques de carbono e nitrogênio (COT e NOT), quociente microbiano (Cmic Corg<sup>-1</sup>) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) de um Latossolo Amarelo, na camada de 0,0-0,05 m sob diferentes sistemas de manejo.

Sistema	Corg	N	D	COT	NOT	Cmic Corg <sup>-1</sup>	qCO <sub>2</sub>
	g kg <sup>-1</sup>		Mg m <sup>-3</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>		%	mg C-CO <sub>2</sub> μg
SILP + S	9,19a	0,89a	1,32	6,05a	0,59a	1,23b	0,23
SILP + P	8,69a	0,49b	1,48	6,44a	0,36a	1,31b	0,21
SPD + M	8,31a	0,63a	1,26	5,23b	0,40a	1,03b	0,21
PC	4,71c	0,29b	1,33	3,14d	0,19b	1,75ab	0,20
FN	7,05b	0,40b	1,27	4,46c	0,24b	2,52a	0,11

<sup>(1)</sup> SILP+S = sistema de integração lavoura pecuária com soja; SILP+P = sistema de integração lavoura pecuária com pastejo contínuo; SPD+M = sistema de plantio direto com cobertura de milho; PC = plantio convencional; FN = Floresta nativa de Cerrado. <sup>(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, dentro de cada camada de solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O SILP+S apresentou os maiores valores de nitrogênio total (N), seguido pelo SPD+M, que não diferiu do SILP+S, mas equiparou-se aos sistemas SILP+P, PC e FN (Tabela 3). Os estoques de carbono e nitrogênio do solo (COT e NOT) apresentaram comportamento semelhante ao observado para os teores de Corg e N (Tabela 3)

Os sistemas SILP+P e SILP+S, que diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais sistemas, apresentaram maiores valores de COT, seguidos pelo

SPD+M, FN e PC, respectivamente. Quanto ao NOT, podem-se destacar três grupos distintos: SILP+S tendendo a maiores valores de NOT, SILP+P e SPD+M comportando-se de forma intermediária, seguidos por FN e PC.

Os teores de C orgânico e N, bem como seus estoques, foram atributos mais discriminantes na avaliação da variação total entre a FN e os diferentes sistemas de manejo estudados. Esse resultado contraria comprovações de que a biomassa microbiana é um indicador mais sensível de mudanças nos teores de MOS do que o teor de C orgânico do solo (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008; CARNEIRO et al., 2008).

No entanto, Wardle (1992) e Sampaio (2008) relatam que os valores de C microbiano nem sempre se relacionam com o C orgânico do solo, corroborando com comportamento apresentado no presente estudo, visto que, o quociente microbiano ( $C_{mic} C_{org}^{-1}$ ), apresentou comportamento diferente do apresentado pelo Corg (Tabela 3). Segundo Gama-Rodrigues; Gama-Rodrigues (2008)  $C_{mic} C_{org}^{-1}$  reflete a eficiência de conversão do Corg em  $C_{mic}$ , bem como, a qualidade nutricional da matéria orgânica do solo. Anderson; Domsch (1993) relatam que esta relação pode variar de 0,3% a 7% e depende do tipo de solo, do manejo e uso deste, da cobertura e da época de amostragem.

O maior valor do quociente microbiano, apresentado pelo PC em relação a SILP+S, SILP+P e SPD+M pode ser em decorrência do menor teor de Corg, observado no solo sob este sistema. Por outro lado, no caso da FN, o maior quociente microbiano sugere que o Corg encontra-se disponível para a microbiota do solo, visto que, a relação  $C_{mic} C_{org}^{-1}$  é um indicador de disponibilidade da matéria orgânica para os microrganismos (ANDERSON; DOMSCH, 1989), e um alto quociente microbiano indica uma matéria orgânica muito ativa e sujeita a transformações (HART et al., 1989).

Quanto ao quociente metabólico ( $qCO_2$ ) que corresponde a taxa de respiração específica da biomassa microbiana, não apresentou diferença estatística entre a FN e os sistemas de manejo estudados. Segundo Gama-Rodrigues; Gama-Rodrigues (2008), à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos C é perdido como  $CO_2$ , pela respiração, sendo que uma fração significativa de C é incorporada ao tecido microbiano. Com isto,

solos com  $qCO_2$  baixos estão próximos do estado de equilíbrio, como pode ser observado na FN.

## **7.6 Conclusões**

Os sistemas de manejo do solo reduzem a qualidade biológica do solo, em relação a áreas sob vegetação nativa.

A respiração basal, o quociente metabólico e a hidrólise do diacetato de fluoresceína não foram suficientemente sensíveis às alterações ocorridas em função dos diferentes tipos de manejo.

## 7.7 Referências Bibliográficas

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R., Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ANDERSON, T.H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.98, n. 1-3, p.285-293, 2003.

ANDERSON, T.H. Physiological analysis of microbial communities in soil: applications and limitations. In: RITZ, K.D.; GILLER, K.E. (Ed.). **Beyond the biomass**. London: British Society of Soil Science, 1994. p. 67-76.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient ( $qCO_2$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, n.3, p. 393-395, 1993.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1989

CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. C.; PEREIRA, H. S. P.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A. N. Atributos bioquímicos em dois solos de Cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 38, n. 4, p. 276-283, 2008.

COSER, T. R.; RAMOS, M. L. G.; AMABILE, R. F.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo de Cerrado com aplicação de fertilizante nitrogenado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.399-406, 2007.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; JOÃO MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 323-332, 2008.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo do solo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n. 4, p.913-923, 2002.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212p.

FRANZLUEBBERS, A.J.; ZUBERER, D.A.; HONS, F.M. Comparison of microbiological methods for evaluating quality and fertility of soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n. 2-3, p.135-140, 1995.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.159-168.

GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J.; MEYER, J.H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry**. Oxford, v.34, n. 1, p.93-102, 2002.

HART, P. B. S.; AUGUST, J. A.; WEST, A. W. Long-term consequences of topsoil mining on select biological and physical characteristics of two New Zealand loessial soils under grazed pasture. **Land Degradation**, [S.l.], v. 1, p. n. 1, 77-88, 1989.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, p. 408-416, 1998.

JACOMINE, P. K. T. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro, EMBRAPA - SNLCS/ SUDENE - DRN, 1986. 782p.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil- V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; AMARANTE, C.V.T. & KLAUBERG-FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 1531-1539, 2006.

MATIAS, M. C. B. S. **Atributos químicos e biológicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo dos Cerrados do Piauí**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí.

MELO, V.S.; ROULAND, C.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; SILVA JÚNIOR, M. L.; SANTOS, M.M.L.S.; FERREIRA, W.C.; SANTOS, E.R.; ARAUJO, R.C. de M.; RUIVO, M.L.P. Atividade enzimática de Latossolo Amarelo na Amazônia oriental, sob diferentes tipos de cobertura vegetal. In: FERTBIO, 2006, Bonito, MS. **Resumos Expandidos**. Bonito: SBCS, 2006. CDROM.



MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. – Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob Sistema de cultivo Convencional e Orgânico de frutas. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SCHNURER, J.; ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 43, n. 6, p. 1256-1261, 1982.

SIMS, J.R.; HABY, V. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. **Soil Science**, Baltimore, v.112, n.2, p.137-141, 1971.

SILVAN, N.; VASANDER, H.; KARSISTO, M.; LAINE, J. Microbial immobilisation of added nitrogen and phosphorus in constructed wetland buffer. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.24, n. 2, p.143-149, 2003.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A. **Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 39p. (Documentos, 191).

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: SBCS, v.2, 2002. p.195-276.

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors with influence of microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Review**, Praga, v. 67, n. 3, p. 321-358, 1992.

## Anexos



TEXEIRA NETO, M. L. (2008)

**Figura 1.** Vista do Milho+braquiária formado na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI.



TEXEIRA NETO, M. L. (2008)

**Figura 2.** Vista do pastejo de animais na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI.



TEXEIRA NETO, M. L. (2008)

**Figura 3.** Detalhe da colheita do milho na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI.



ARAÚJO, F. S. (2008)

**Figura 4.** Detalhe da amostragem do solo na área do experimento na fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI.



ARAUJO, F. S. (2008)

**Figura 5.** Detalhe de mini perfil aberto na área de reserva legal da fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI, destinada a amostragem da Floresta Nativa de Cerrado.



ARAUJO, F. S. (2008)

**Figura 6.** Detalhe da área de reserva legal da fazenda Nova Zelândia em Uruçuí- PI, destinada a amostragem da Floresta Nativa de Cerrado.