

BENHUR DA SILVA OLIVEIRA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL

2013

BENHUR DA SILVA OLIVEIRA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho

Co-orientador: Prof. Dr. Ronaldo José Neves

TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL

2013

Oliveira, Benhur da Silva.
O48a Atributos físicos e biológicos do solo em sistema de
integração lavoura-pecuária-floresta, na Amazônia
meridional / Benhur da Silva Oliveira. – Tangará da Serra,
2013.

78 f. ; 30 cm. Il. Color.

Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistema de
Produção Agrícola) – Universidade do Estado de Mato
Grosso, Campus de Tangará da Serra, 2013.

Orientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho

Co-Orientador: Ronaldo José Neves

1. Pedologia. 2. Atributo físico. 3. Atributo biológico. 4.
Amazônia I. Autor. II. Título.

CDU 631.4(292.88)

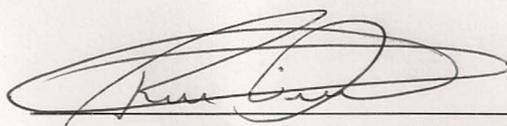
Walter Clayton de Oliveira CRB1-2049

BENHUR DA SILVA OLIVEIRA

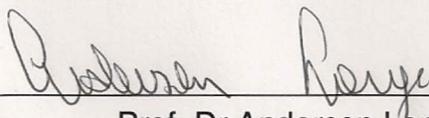
**ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

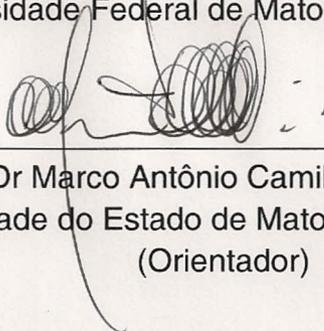
APROVADA em 08 de março de 2013.



Prof. Dr Rivanildo Dallacort
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT



Prof. Dr Anderson Lange
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT



Prof. Dr Marco Antônio Camillo de Carvalho
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT
(Orientador)

DEDICATÓRIA

A Deus, pela força e fé proporcionada nos momentos mais difíceis,

Aos meus pais, Jolberto e Maria Sueli, pelo amor e confiança,

Aos meus irmãos, Belquior e Beatriz pelo companheirismo,

Aos meus avós, que mesmo ausentes, me trazem paz e proteção,

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”

(Mahatma Gandhi)

AGRADECIMENTOS

Em nome de minha vó Maria Camila (*in memorian*), a todos entes queridos que não estão de corpo presente neste grande momento de minha vida.

Em nome da Maria Sueli, fonte das minhas forças e de equilíbrio, a todos da família pelo apoio e por não me deixarem abandonar de meus objetivos.

Em nome do Edicarlos Benette e República Saporra a todos os amigos pelo apoio, seja diretamente abrindo trincheiras e na estadia no período da pesquisa, ou pelo apoio indireto com rezas e desejo de força. Em especial a Dona Mariazinha Bizelli, Bruna Bizelli e Jéssica Soares pela colaboração na reta final deste projeto.

Em nome do Valvenarg Silva, a todos os amigos do mestrado pelas alegrias e dificuldades compartilhadas nos últimos anos.

Em nome do meu orientador Marco Antonio, a todos os professores do mestrado, pela paciência que alguns tiveram que ter comigo nesses últimos dois anos e principalmente pela contribuição em meu crescimento profissional e pessoal.

Aos proprietários da Fazenda Gamada, ao pesquisador Flávio Wruck e Professor Anderson Lange pela colaboração na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS.....	13
Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na Região Amazônica.	15
Resistência do solo à penetração em áreas sob o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na Região Amazônica.....	37
Atributos Biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na Região Amazônica	55
CONSIDERAÇÕES GERAIS	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS	733
ANEXOS	744

RESUMO

As propriedades físicas e biológicas do solo são fatores que podem caracterizar a qualidade do mesmo, podendo determinar o manejo a ser adotado no contexto de uma produção agropecuária sustentável. Essas propriedades são importantes indicadores utilizados no monitoramento das alterações ambientais decorrentes do uso agrícola. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os atributos físicos e biológicos do solo, em áreas submetidas aos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, implantadas com quatro espécies florestais (usos). O presente trabalho foi realizado em uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantada em 20 hectares na Fazenda Gamada (10°24'10" S, 55°43' 22" W e altitude de 280 m), município de Nova Canaã do Norte–MT. Caracterizados pelas espécies florestais implantadas, os usos foram constituídos pelas espécies: Pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teca (*Tectona grandis*) e Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), sendo estas implantadas em linha tripla, intercalada por faixas de 20 metros de largura, destinadas para implantação das atividades agrícola e pecuária. Foram analisadas também áreas com solos sob vegetação nativa e pastagem conduzida pelo sistema convencional, localizadas em área adjacente a URT e que apresentam a mesma classe de solo (Latosolo Vermelho Amarelo distroférico). Na avaliação dos atributos físicos do solo foram analisadas a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (6x2x3), sendo seis usos (Pinho cuiabano, pau balsa, teca e eucalipto, vegetação nativa e pastagem convencional), dois locais de avaliações (entre os renques florestais e na faixa de pastagem) e três profundidades (0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,30-0,40 m), com três repetições. Para determinação da resistência do solo à penetração (RSP), utilizou-se o penetrômetro de impacto (modelo Planalsucar-Stolf), o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (6x2x8), sendo seis usos, dois locais de avaliações e oito profundidades (em secções de 0,05m até a profundidade de 0,40m do solo), com três repetições. Na análise biológica foram analisadas a Respiração Basal do Solo (RBS), Carbono Orgânico (C-orgânico), e teor de Matéria Orgânica (M.O). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (6x2), sendo seis usos e dois locais de avaliações com três

repetições. Na análise física o uso vegetação nativa apresentou as maiores taxas de microporosidade e porosidade total do solo, com respectivamente 35,62% e 54,97%, resultando assim na menor densidade observada entre os usos, 1,11 g. cm⁻³. Os maiores valores médios de RSP foram observados nos usos: eucalipto, teca e pastagem convencional, apresentando respectivamente 7,97, 5,63 e 5,12 Mpa, ambos os usos apresentaram os menores percentuais de umidade solo, acrescido pelo tratamento Pau-balsa que apresentou 19,85% de umidade. Na análise dos atributos biológicos, o uso vegetação nativa apresentou o maior valor de respiração basal do solo, 2,54 mg de C-CO₂ Kg⁻¹.solo.hora⁻¹. Entre os usos sob os sistemas integração lavoura-pecuária-floresta o tratamento balsa foi quem apresentou as melhores médias das características analisadas. Com avaliação das características dos atributos físico e biológico do solo, foi possível observar que o sistema iLPF exerce impacto negativo nos atributos do solo, comparado com a vegetação nativa, porém quando comparado com solos sob pastagem convencional, foi possível observar melhora nas condições físicas e biológicas do solo.

Palavras chaves: agrossilvipastoril; iLPF, sistemas integrados: florestais.

ABSTRACT

The physical and biological properties of the soil are factors that can characterize the quality of it, and may determine the management to be adopted in the context of a sustainable agricultural production. These properties are important indicators used in monitoring environmental changes resulting from agricultural use. This study aimed to evaluate the physical and biological soil in areas subjected to integrated crop-livestock-forest, implanted with four forest species (uses). The study was conducted in a Reference Unit Technology (RUT) with integrated crop-livestock-forest (iLPF) implanted in 20 acres of Finance Gamada (10°24'10" S, 55°43' 22" W and altitude of 280 m), in the town of Nova Canaã do Norte - MT. Characterized by forest species implanted, the different uses were formed by the combination of species: Pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teak (*Tectona grandis*) and Eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*), deployed in triple line, interspersed with lanes 20 feet wide designed for deployment of agricultural and livestock activities. Were also analyzed soils under native vegetation and pasture conducted through the conventional system, located in the area adjacent to RUT and present the same kind of soil (Typic dystrophic). In the evaluation of soil physical properties were analyzed macroporosity, microporosity, total porosity and bulk density, the experimental design was completely randomized in a factorial (6x2x3), six uses (pinho cuiabano, pau-balsa, teak and eucalyptus, native vegetation and conventional pasture), two local ratings (rows between forest and grassland range) and three depths (0-0.10 m, 0.10-0.20 m and 0.30-0.40 m), with three replications. To determine the resistance to penetration (RSP), we used the impact penetrometer (model-Planalsucar Stolf), the experimental design was completely randomized in a factorial (6x2x8), six uses two local assessments and eight depths (in sections of 0.05 m to a depth of 0.40 m above the ground), with three replications. In biological analysis were analyzed Basal Respiration of Soil (BRS), Organic Carbon (organic C), and content of Organic Matter (OM). The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement (6x2) and six uses and two local assessments with three replications. Physical analysis using native vegetation had the highest rates of microporosity and total porosity, with respectively 35.62% and 54.97%, thus resulting in lower density observed between uses, 1.11 g. cm⁻³. The highest mean values were observed in RSP uses: eucalyptus, teka and conventional pasture, with

respectively 7.97, 5.63 and 5.12 MPa, both uses had the lowest percentages of soil moisture, increased by treatment Pau-balsa showed that 19.85% of moisture. In the analysis of biological attributes, use native vegetation had the highest amount of soil basal respiration, 2.54 mg de C-CO₂ Kg⁻¹.solo.hora⁻¹. Among the uses under systems integrated crop-livestock-forest treatment ferry was who had the best averages of the characteristics analyzed. With evaluation of the characteristics of the physical and biological attributes of the soil, it was observed that the system iLPF exerts negative impact on soil properties, compared with the native vegetation, but when compared to soils under conventional pasture improvement was observed in the physical and biological soil.

Keywords: agrossilvipastoril; iLPF; integrated systems; forest.

INTRODUÇÃO GERAL

A relação meio ambiente e sistema de produção agrícola vêm se tornando um dos principais instrumentos de discussão nos planos de governos, ocorrendo na esfera nacional e mundial, uma vez que essa relação se torna fator limitante ao se referir ao crescente aumento populacional das últimas décadas, ora visando atender a demanda alimentícia e energética, ora visando preservação dos recursos naturais e da qualidade e conservação do meio ambiente.

Segundo Fonseca et al., (2007), a pressão social e econômica para produção de alimentos nos últimos anos, conjuntamente com a exploração inadequada e não planejada dos recursos naturais, têm provocado a degradação de extensas áreas e transformações impróprias de ambientes naturais em áreas agrícolas. Nesta perspectiva o principal impacto ocorre no solo, o qual corresponde diretamente para sustentabilidade e produtividade de ecossistemas naturais e agrícolas (COOPER, 2008).

Os sistemas de manejo do solo considerados conservacionistas, têm se apresentado como a principal alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo. Dentre os sistemas, a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) ganha destaque como potencial estratégia de produção agropecuária sustentável nos trópicos (Balbino et al., 2012; EPAMIG, 2012; Franchini et al., 2011) tornando-se importante ferramenta do programa do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono).

A tecnologia iLPF também conhecida como Sistema Agrossilvipastoril ou Sistema Agroflorestal (SAF) é um sistema que visa ter em uma mesma área as atividades de lavoura (grãos e/ou fibras), pecuária (carne e/ou leite) e florestal (madeira, energia e/ou celulose) com adoção de práticas conservacionista do solo visando um menor impacto ambiental (EMBRAPA, 2009).

Conforme abordado por Balbino et al., (2011), devido as interações entre as culturas agrícolas, florestais e pecuária, a iLPF torna-se um sistema dinâmico e complexo, sendo necessário maiores pesquisas científicas e tecnológicas para que haja uma consolidação quanto sua sustentabilidade ambiental e produtiva. O autor destaca ainda a importância das pesquisas serem regionalizadas e contínuas, em especial referentes aos atributos físico, químico e biológico do solo, estes

denominados por Melloni et al., (2008), como importantes indicadores de qualidade do solo e ambiente.

Segundo Ingaramo (2003), para avaliação da qualidade do solo os principais fatores físicos considerados adequados para descrevê-la são: porosidade, distribuição do tamanho de poros, densidade do solo e distribuição de tamanhos de partículas. Nos solos, embora não exista uma nítida separação entre poros pequenos e grandes, inúmeras classificações do diâmetro de poros são citadas na literatura, sendo que uma forma mais simplificada separa os poros em duas classes: micro e macroporos, que por sua vez influenciam a densidade do solo (BRADY, 1979).

Dentre os atributos físicos do solo, outro fator considerado importante para determinação da qualidade do solo, é a resistência á penetração. Vários autores utilizam e denominam a resistência do solo à penetração como a propriedade mais adequada para expressar a facilidade de penetração das raízes no solo e o grau de compactação do mesmo (Ribon et al., 2003; Campos & Alves, 2006; Silveira et al., 2010). Vale ressaltar que a resistência do solo à penetração apresenta relação direta com a umidade do solo, teor de matéria orgânica, textura e a densidade do solo (Imhoff et al., 2000; Tormena et al., 2004; Oliveira et al., 2007).

Abordando a parte viva do solo, se destacam as propriedades biológicas, como importantes indicadores a serem utilizados no monitoramento das alterações ambientais decorrentes do uso agrícola (Araujo e Monteiro, 2007). Dentre as propriedades biológicas pode-se destacar a respiração basal, ou atividade microbiana que assim como outros processos metabólicos, é dependente do estado fisiológico da célula microbiana e é influenciada por diversos fatores do solo, como: a umidade, a temperatura, a estrutura, a disponibilidade de nutrientes, a textura, a relação C/N e pela a presença de resíduos orgânicos (Silva et al., 2010).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os atributos físicos e biológicos do solo em área submetida ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, implantada com quatro espécies florestais. Para efeito de comparação o mesmo estudo foi realizado em solos de área com vegetação nativa e pastagem conduzida através de sistema convencional.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de qualidade do solo. **Biosci. J., Uberlândia**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.46, nov.10. 2011.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura Sustentável por meio da integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). **International Plant Nutrition Institute – Brasil. Informações Agronômicas**. n° 138, 2012.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Tradução de Antônio B. N. Figueiredo. 7° edição, Rio de Janeiro: Livraria Freitas Barbosa.1989.
- CAMPOS, F. S.; ALVES, M, C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.759–764, 2006.
- COOPER, M. **Degradação e Recuperação de Solos. Recuperação de Áreas Degradadas**. ESALQ – Piracicaba. 2008.
- EMBRAPA - PECUARIA SUL. ILPF: **Transferência de tecnologia visa estimular a integração de culturas na agricultura brasileira**. 2009. Disponível em: <www.cppsul.embrapa.br/projetos/projeto31/download/artigo01.doc>. Acesso: 12 fev. 2013
- EPAMIG. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em propriedades rurais. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**. Prudente de Moraes – MG, 2012.
- FONSECA, G.C.; CARNEIRO, M.A.C.; COSTA, A.R.; OLIVEIRA, G.C.; BALBINO, L.C. Atributos físicos químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**. 37(1);22-30. 2007.
- FRANCHINI, J. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; JUNIOR, A. A. B.; SICHIERI, F.; PADULIA, R.; DEBIASI, H.; MARTINS, S. S. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Noroeste do Paraná. Circular Técnica, 86 – EMBRAPA Soja. Londrina – PR, 2011.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações de curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.
- INGARAMO, O.E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo** (Tese de Doutorado) . La Coruña, Universidade da Coruña,. 298p. 2003.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, N.; VIEIRA, F. B. M. (2008) Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2461-2470.

OLIVEIRA, G. C., SEVERIANO, E. C., MELLO, C. R. Dinâmica da Resistência à penetração de um latossolo vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.265–270, 2007.

RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; PEREIRA, G. T. Densidade e resistência a penetração de solos cultivados com seringueira sob diferentes manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**. Maringá, v. 25, n. 1, p. 13-17, 2003

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1585-1592. 2010.

SILVEIRA, D. C.; FILHO, J. F. M.; SACRAMENTO, A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, V. 34, p. 659-667, 2010.

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa**, v.28, n.6, p.1023-1031, 2004

1 **Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na**
2 **Região Amazônica.**

3

4 Benhur da Silva OLIVEIRA² e Marco Antonio Camillo de CARVALHO²

5 [Preparado de acordo com as normas da Acta Amazonica]

6

7 **RESUMO**

8 Objetivo deste trabalho foi avaliar atributos físicos do solo em área submetida ao
9 sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. O estudo foi realizado em uma Unidade
10 de Referência Tecnológica (URT) com integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)
11 implantada em 20 hectares da Fazenda Gamada, no município de Nova Canaã do Norte
12 – MT. Caracterizados pelas espécies florestais implantadas, os diferentes usos foram
13 constituídos pela combinação das espécies: Pinho cuiabano (*Schizolobium*
14 *amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teca (*Tectona grandis*) e Eucalipto
15 (*Eucalyptus urograndis*), implantadas em linha tripla, intercalada por faixas de 20
16 metros de largura destinadas para implantação das atividades agrícola e pecuária. Foram
17 analisadas também solos sob vegetação nativa e pastagem conduzida através de sistema
18 convencional, localizadas em área adjacente a URT e que apresentam a mesma classe de
19 solo (Latosolo Vermelho Amarelo distroférico). Foram analisadas as seguintes
20 características: macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do
21 solo. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial
22 (6x2x3), sendo seis usos (sistemas iLPF, mata nativa e pastagem convencional), , dois
23 locais de avaliações (entre os renques florestais e na faixa de pastagem) e três

24 profundidades (0,0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,30-0,40 m), com três repetições. O uso
25 vegetação nativa apresentou as maiores taxas de microporosidade e porosidade total do
26 solo, com respectivamente 35,62% e 54,97%, resultando assim na menor densidade
27 observada entre os usos, 1,11 g cm⁻³. As maiores diferenças de valores observados
28 foram apresentados entre os usos vegetação nativa e pastagem convencional,
29 caracterizando assim melhoria nos atributos físico do solo com a adoção do sistema
30 integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

31 **Palavras chaves:** 1.agrossilvipastoril 2.iLPF 3.sistemas integrados 4. florestais.

32

33

34 **Physical attributes of soil in system integration crop-livestock-forest, the Amazon**

35 **Region**

36

37 **ABSTRACT**

38 Objective of this study was to evaluate soil physical properties in an area under
39 integrated crop-livestock-forest. The study was conducted in a Reference Unit
40 Technology (RUT) with integrated crop-livestock-forest (iLPF) implanted in 20 acres of
41 Finance Gamada in the town of Nova Canaã do Norte - MT. Characterized by forest
42 species implanted, the different uses were formed by the combination of species: Pinho
43 cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teak (*Tectona*
44 *grandis*) and Eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*), deployed in triple line, interspersed
45 with lanes 20 feet wide designed for deployment of agricultural and livestock activities.
46 Were also analyzed soils under native vegetation and pasture conducted through the
47 conventional system, located in the area adjacent to RUT and present the same kind of

48 soil (Typic dystrophic). Were analyzed the following characteristics: macroporosity,
49 microporosity, total porosity and bulk density. The experimental design was completely
50 randomized factorial (6x2x3), six uses (iLPF systems, native forest and pasture
51 conventional), two local ratings (rows between forest and grassland range) and three
52 depths (0,00-0,10 m, 0,10-0,20m and 0,30-0,40 m) with three replications. The use of
53 native vegetation had the highest rates of microporosity and total porosity, with
54 respectively 35.62% and 54.97%, thus resulting in lower density observed between
55 uses, 1.11 g cm⁻³. The greatest differences in observed values, were shown between the
56 use of native vegetation and conventional pasture, thus demonstrating improvement in
57 soil physical attributes with the adoption of the system integration Agriculture-Forest.
58 **Keywords:** 1.agrossilvipastoril 2.iLPF 3.sistemas integrated 4. forest.

59 INTRODUÇÃO

60 Nas últimas décadas, as áreas agrícolas utilizadas em sistema de integração
61 lavoura-pecuária (ILP), vêm se tornando mais expressivas no Brasil, em virtude dos
62 inúmeros benefícios que podem ser obtidos com o uso desse sistema, que se constitui
63 em um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais
64 ou semi perenes, destinadas à alimentação animal e culturas destinadas à produção
65 vegetal, sobretudo grãos. A nova tendência dos sistemas ILP é a incorporação de
66 árvores nos sistemas, configurando o que se chama de sistemas integrados de lavoura-
67 pecuária-floresta - iLPF (MACEDO, 2009).

68 Segundo Flores et al., (2007), a implantação dos sistemas integrados ainda não
69 se consolidou na agricultura, pois há receio por parte dos produtores quanto a
70 possibilidade de impactos do sistema ligados à degradação do ambiente e do solo,
71 principalmente referente à degradação física do solo, com a compactação pelo pisoteio
72 do gado.

73 Solos compactados podem inibir o crescimento radicular, diminuindo a
74 produtividade das culturas devido ao pouco volume de solo explorado pelas raízes, pois
75 neste caso ocorre menor penetração, ramificação e espessamento, limitando a eficiência
76 na absorção de água e nutrientes, além do fato de que fica prejudicada a absorção da
77 maioria dos nutrientes à medida que a compactação aumenta (Tormena et al., 2002;
78 Reinert et al., 2008).

79 Diferentes resultados são observados em trabalhos referentes aos atributos
80 físicos do solo sob sistemas integrados. Santos et, al., (2011), observaram impactos
81 negativos do sistema iLP em Latossolos Vermelho acriférico típico, diferindo do
82 resultado observados por Spera et al., (2010), onde não foi observado impacto

83 degradativo na estrutura superficial do solo em avaliação do sistema iLP estabelecidos á
84 10 anos em Latossolo Vermelho distrófico típico, havendo apenas alterações quando
85 comparado á solo sob floresta nativa.

86 Segundo Balbino et al., (2011), esses diferentes comportamentos ocorrem
87 devido as interações entre as atividades, que o tornam um sistema dinâmico e complexo,
88 onde se faz necessário maior quantidade de pesquisas científicas e tecnológicas para que
89 haja uma consolidação quanto sua sustentabilidade ambiental e produtiva. Essas
90 pesquisas devem ser regionalizadas e contínuas, em especial referentes aos atributos
91 físico, químico e biológico do solo, estes denominados por Melloni et al., (2008), como
92 importantes indicadores de qualidade do solo e ambiente.

93 Araujo e Monteiro (2007) enfatizam que nenhum indicador, individualmente,
94 conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, pois ocorre
95 uma relação entre todos os atributos do mesmo. Entre os atributos físicos, destaca-se a
96 quantificação da densidade do solo, porosidade, taxa de infiltração de água e a
97 resistência à penetração, que têm sido largamente utilizados na avaliação de
98 compactação do solo.

99 Segundo Ingaramo (2003), para avaliação da qualidade física do solo os
100 principais atributos considerados para descrevê-la são: porosidade, distribuição do
101 tamanho de poros, densidade do solo e distribuição de tamanhos de partículas.

102 Nos solos, embora não exista uma nítida separação entre poros pequenos e
103 grandes, inúmeras classificações do diâmetro de poros são citadas na literatura, sendo
104 que a forma mais simplificada separa os poros em duas classes: micro e macroporos,
105 que por sua vez influenciam a densidade do solo (BRADY, 1979).

106 Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição da
107 porosidade e densidade do solo submetido ao sistema de integração lavoura-pecuária-
108 floresta, implantado com quatro espécies florestais. Para efeito de comparação o
109 mesmo estudo foi realizado em solos de área de vegetação nativa e de pastagem
110 conduzida pelo sistema convencional na mesma região.

111

112 MATERIAL E MÉTODOS

113

Área de estudo

114 O presente trabalho foi realizado em uma Unidade de Referência Tecnológica
115 (URT) integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantada em 20 hectares na
116 Fazenda Gamada (10°24'10" S, 55°43' 22" W e altitude de 280 m), município de Nova
117 Canaã do Norte – extremo norte do Estado de Mato Grosso.

118 A área de 20 hectares foi subdividida em quatro usos de 5 hectares cada, os
119 quais foram caracterizados e diferenciados de acordo com a espécie florestal
120 implantada. A área de vegetação nativa e de pastagem implantada e conduzida no
121 sistema convencional, utilizadas como parâmetro de comparação, trata-se de áreas
122 adjacentes á área experimental, que apresentam a mesma classe de solo e condições de
123 relevo.

124 Em 1998 a área da URT - iLPF teve sua vegetação de Floresta Ombrófila
125 desmatada para a implantação de pastagem com braquiário (*Brachiaria brizantha* cv
126 *Marandu*), a qual permaneceu por dois anos. Em seguida a área foi utilizada para o
127 cultivo de culturas anuais por seis anos consecutivos, sendo: dois anos cultivos de arroz
128 e quatro anos de soja com segunda safra o cultivo de milho. Depois desse período a

129 lavoura foi substituída pela pastagem novamente com braquiarião, a qual permaneceu na
130 área por dois anos, até a implantação do experimento (2006-2008).

131 Para implantação do experimento a pastagem foi dessecada com 3,5 L ha⁻¹ de
132 glyphosate, no volume de calda de 200 L ha⁻¹ e iniciou-se o preparo somente das faixas
133 de plantio (cultivo mínimo). Em janeiro de 2009 foi realizado o plantio das mudas das
134 espécies florestais Pinho Cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma*
135 *pyramidale*), Teca (*Tectona grandis*) e Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em linha
136 tripla, intercalada por faixas de 20 metros de largura destinadas para implantação das
137 atividades agrícola e pecuária.

138 No primeiro ano de estudo, juntamente com o plantio das espécies florestais, foi
139 cultivado arroz, variedade BRS Monarca, com densidade de semeio de 70 kg de
140 sementes por ha⁻¹, no espaçamento de 0,45 m entre linhas. Na semeadura foram
141 aplicados 400 kg ha⁻¹ do formulado de NPK 01-18-18 + micronutrientes. Nove dias
142 após emergência foram aplicados 70 kg ha⁻¹ de uréia (45% de N), uma semana após
143 aplicou-se 40 kg ha⁻¹ uréia, ambas aplicadas a lanço em superfície. Após 115 dias da
144 semeadura, realizou-se a colheita de arroz, obtendo produtividade média de 3.600 kg
145 ha⁻¹. Neste ano não houve plantio da segunda safra, foi conduzida a rebrota da
146 *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*.

147 No segundo ano agrícola (safra 2009/10) cultivou-se a soja variedade BRS
148 Flora, no espaçamento de 0,42 m entrelinhas, com densidade de 14 sementes m⁻¹. Foram
149 aplicados 318 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% de P₂O₅) como adubação de
150 semeadura e 32 dias após a emergência das plântulas foi realizada a adubação de
151 cobertura com 105 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (58% de K₂O). A colheita da soja foi
152 realizada 106 dias após a semeadura, obtendo produtividade média de 3.546 kg ha⁻¹.

153 Como plantio de segunda safra, cultivou-se arroz precoce, porém devido à severa seca
154 que a região norte passou em 2010 a colheita se tornou inviável.

155 No terceiro ano agrícola (safra 2010/11), visando à introdução do componente
156 pecuária no sistema, cultivou-se soja precoce (BRS Flora), com o mesmo manejo
157 conduzido na safra 2009/2010. Porém na safra 2010/2011 devido as condições
158 climáticas (seca) a produtividade foi menor, alcançando média de 2.900 kg ha⁻¹. Para a
159 introdução da pecuária, foi implantada e conduzida a pastagem com *Brachiaria*
160 *ruziziensis*. Segundo Wruck (2012), em análise parcial da produtividade da área
161 experimental, com o manejo sendo rotacionado pela altura da forrageira a taxa de
162 lotação média da área foi de 3,7 animais ha⁻¹, com ganho de 1,040 kg/dia/animal (Raça:
163 F1-cruzamento industrial resultante da Rúbia galega x Nelore) na fase recria e
164 terminação.

165 A média anual de precipitação pluviométrica da área nos últimos seis anos é de
166 2.175 mm. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Aw
167 (tropical chuvoso) com nítida estação seca. A temperatura média anual varia entre 20°C
168 e 38°C, com média de 26°C (FERREIRA 2001). O solo da área experimental é
169 classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico de textura média. Dois
170 meses antes da instalação do experimento, o solo foi amostrado na profundidade de 0-
171 0,20 m, o qual apresentava as seguintes características químicas: pH_{H2O}= 5,70;
172 P(Mehlich) = 2,50 mg dm⁻³; K(Mehlich) = 111 mg dm⁻³; Ca = 1,56 cmolc dm⁻³; Mg =
173 0,44 cmolc dm⁻³; Al = 0,00 cmolc dm⁻³; MO = 17,00 g dm⁻³.

174

175

Coleta e análise dos dados

176 O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial
177 (6x2x3), sendo seis usos (Sistemas iLPF, mata nativa e pastagem), dois locais de

178 avaliações (embaixo dos renques florestais e na faixa de pastagem) e três profundidades
 179 (camada 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,30-0,40 m), com três repetições. Na Tabela 1, encontra-se
 180 a relação dos usos, com a caracterização das coletas e do tratamento. As coletas do local
 181 de avaliação floresta foram realizadas na linha central dos renques triplo dos indivíduos
 182 florestais, já no local de avaliação pastagem, foram realizadas as coletas no centro da
 183 faixa.

184 Todas as coletas foram realizadas de forma aleatória, no tratamento vegetação
 185 nativa observou-se um distanciamento da borda, para que a mesma não tivesse
 186 interferência nos resultados. As coletas foram realizadas em junho de 2012, onde foram
 187 confeccionadas mini trincheiras de 0,40 m de profundidade em cada local de avaliação
 188 de todos os tratamentos e com o auxílio de anel volumétrico (kopeck) foram coletadas
 189 três amostras de cada profundidade, sendo essas envolvidas por folha de papel alumínio,
 190 armazenadas em caixa térmica e posteriormente levadas para o laboratório.

191 **Tabela 1.** Tratamentos, número de coletas em cada local de avaliação e espaçamento de
 192 cada uso.

Tratamentos (usos)	Locais de avaliação		Espaçamento (m)
	Floresta Nº de coletas	Pastagem	
Eucalipto	9	9	20 x 3 x 2
Teca	9	9	20 x 3 x 2
P. Cuiabano	9	9	20 x 3 x 3
Pau-balsa	9	9	20 x 3 x 3
V. nativa	9	**	--
Past. conven.	**	9	--

193 **Table 1.** Treatments, number of samples in each trial site and spacing of each use

194 ** Não apresentam locais diferentes para avaliação.

195 **There have different locations for evaluation

196

197 As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Análise Foliar da
 198 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Alta Floresta. Para as
 199 determinações de porosidade do solo utilizou-se o método da mesa de tensão, adaptada

200 de Kiehl (1979). As amostras de solo indeformadas foram devidamente preparadas
 201 (toilet e proteção da face inferior do anel com tecido, um pouco maior que o diâmetro
 202 do anel, de maneira a dobrar o excesso sobre as paredes do anel e prender com elástico)
 203 e saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água em uma bandeja, até
 204 atingir 2/3 da altura das amostras, conforme EMBRAPA (1997). Posteriormente foram
 205 realizados os seguintes procedimentos para analisar:

- 206 • Macroporosidade do solo (Macro)

207 Depois de saturadas, as amostras foram colocadas sobre a mesa de tensão, o
 208 “frasco de nível” foi abaixado para o nível de sucção correspondente a 0,60 m de altura
 209 de coluna d’água (-0,006 Mpa), a qual retira a água dos macroporos (poros com
 210 diâmetro de 0,05mm). Após a pesagem, antes (saturado) e depois de ir à mesa (até parar
 211 de drenar, quando obteve-se peso constante da amostra), obteve-se o volume de
 212 macroporos utilizando-se a seguinte equação (EMBRAPA, 1997):

$$213 \quad \text{MAC (\%)} = ((P_{\text{Saturado}} - P_{\text{após mesa de tensão}}) / \text{Volume total}) * 100$$

- 214 • Microporosidade do solo (Micro)

215 Após a retirada a água dos macroporos (poros com diâmetro de 0,05mm), as
 216 amostras foram secas em estufa a 105°C por 24 horas. Após pesagem, antes (drenado a
 217 -0,006 MPa) e depois (seca em estufa), obteve-se o volume de microporos utilizando-se
 218 a seguinte equação (EMBRAPA, 1997):

$$219 \quad \text{MIC (\%)} = ((P_{\text{após mesa de tensão}} - P_{\text{seco}}) / \text{Volume total}) * 100$$

- 220 • Porosidade total do solo (Pt)

221 Determinou-se o volume de poros totais do solo, ocupado por água e / ou ar nas
 222 amostras, conforme EMBRAPA (1997):

$$223 \quad P_{\text{tot}} (\%) = \text{Mac} + \text{Mic}$$

- 224 • Densidade do solo (Ds)

225 A densidade do solo foi obtida com a massa da amostra seca em estufa a 105°C
226 (subtraindo-se das pesagens o peso do tecido, do elástico e do anel) e o volume do anel
227 correspondente, utilizando-se a seguinte equação (EMBRAPA, 1997):

$$228 \quad Ds \text{ (g. cm}^{-3}\text{)} = P_{\text{seco}} / \text{Volume do anel}$$

229 Os resultados foram submetidos à análise de variância e a teste de médias,
230 utilizando o teste de Tukey a 5 %, com auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira,
231 2000).

232

233 **RESULTADO E DISCUSSÃO**

234 Conforme apresentado na Tabela 2, observou-se que somente para a densidade
235 do solo ocorreu diferença significativa entre as profundidades. Ocorreram diferenças
236 significativas entre os usos para todas as características e para o local de coleta somente
237 para a macroporosidade ocorreu diferença entre os mesmos. Com relação a interações
238 duplas, esta somente foi verificada, de forma significativa, para profundidade x uso nas
239 características macroporosidade, porosidade total e densidade do solo. Não ocorreu
240 interação tripla entre os fatores para todas as variáveis.

241 Com relação à microporosidade do solo (Tabela 3), ocorreu diferença
242 significativa somente entre os diferentes usos, onde o uso Teca foi o único que não
243 diferiu da vegetação nativa, mostrando assim, este uso uma alternativa para a
244 recuperação das características físicas do solo. Os resultados de microporosidade
245 assemelharam-se aos encontrados por Santos et al., (2011) em área de cerrado nativo e
246 em área sob sistema integração lavoura pecuária (consórcio de *Urochloa brizantha* com

247 milho). Segundo Hillel (1982) a microporosidade do solo é menos sensível ao processo
 248 de compactação do solo, quando comparado a macroporosidade.

249

250 **Tabela 2.** Valores de F e coeficiente de variação (CV%) da Macroporosidade (Macro),
 251 Microporosidade (Micro), Porosidade total (Pt) e Densidade do solo (Dens) em função
 252 de diferentes usos e locais de amostragem e profundidades. Nova Canaã do Norte - MT
 253 (2012).

254 **Table 2.** F values and coefficient of variation (CV%) macroporosity (Macro),
 255 microporosity (Micro) Total porosity (Pt) and Soil density (Dens) for different uses and
 256 sampling locations and depths. Nova Canaã do Norte- MT (2012).

Fonte de var.	Macro	Micro	Pt	Dens
Profundidade	0,32 ^{NS}	0,42 ^{NS}	0,15 ^{NS}	57,95**
Uso	4,58**	21,39**	26,11**	48,18**
Local	4,99*	1,85 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,05 ^{NS}
Prof x uso	3,59**	1,64 ^{NS}	3,12**	7,97**
Prof x local	0,19 ^{NS}	3,10 ^{NS}	2,64 ^{NS}	5,42 ^{NS}
Uso x Local	1,63 ^{NS}	0,95 ^{NS}	1,21 ^{NS}	0,27 ^{NS}
Prof x uso x local	0,65 ^{NS}	0,86 ^{NS}	0,62 ^{NS}	0,72 ^{NS}
CV (%)	11,90	16,69	9,46	7,05

257 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

258 * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

259 NS – Não significativo

260 ** - Significant at 1% probability

261 * - Significant at 5% probability

262 NS - Not Meaningful

263

264 Esses resultados corroboram estudos realizados por Souza et al., (2005) em
 265 sistema de integração Lavoura-Pecuária e por Goedert et al., (2002) em sistemas de
 266 plantio direto, onde atribuem as atividades antrópicas (pisoteio do gado e uso de
 267 máquinas agrícolas) para a redução do volume de microporos e assim da porosidade do
 268 solo. Segundo Tormena et al., (1998), o cultivo do solo provoca diminuição de até 24%
 269 no volume total de poros, quando comparado a uma área não trafegada.

270 Spera et al., (2010), em avaliação continuada de sistemas de integração lavoura
 271 pecuária, observam melhoria da microporosidade do solo ao passar dos anos, e não
 272 diferindo estatisticamente de solos sob vegetação nativa. Marcolan e Anghinoni (2006)

273 também observaram a melhora na microporosidade em solos sob o sistema de plantio
 274 direto, indicando assim que um bom manejo do solo tende a melhorar as características
 275 alteradas pelo uso convencional e não conservacionista.

276

277 **Tabela 3.** Valores médios da Macroporosidade (Macro), Microporosidade (Micro),
 278 Porosidade total (Pt) e Densidade do solo (Dens) em função de diferentes usos, locais de
 279 amostragem e profundidade. Nova Canaã do Norte – MT, 2012.

280 **Table 3.** Mean values of macroporosity (Macro), microporosity (Micro) Total porosity
 281 (Pt) and Soil density (Dens) for different uses, locations and sampling depth. Nova
 282 Canaã do Norte – MT, 2012.

	Macro (%)	Micro (%)	Pt (%)	Dens. (g. cm ⁻³)
Uso (U)				
Vegetação Nativa	19,35	35,62 a	54,97	1,11
Pastagem conv.	17,67	24,48 b	42,15	1,53
Eucalipto	19,92	26,50 b	46,42	1,30
Pau-balsa	21,10	25,41 b	46,51	1,28
Teca	19,45	33,14 a	52,59	1,15
P. Cuiabano	18,65	23,08 b	41,73	1,28
DMS (Tukey 5%)	2,24	4,56	4,38	0,08
Local (L)				
Renque Floresta	18,86 b	28,65	47,51	1,27
Pastagem	19,85 a	27,42	47,28	1,28
DMS (Tukey 5%)	0,89	1,79	1,72	0,03
Profundidade (m) (P)				
0,00 - 0,10	19,10	28,61	47,73	1,38
0,10 - 0,20	19,45	27,79	47,24	1,28
0,30 - 0,40	19,50	27,71	47,21	1,16
DMS (Tukey 5%)	1,30	2,64	2,53	0,05

283 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

284 * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

285 NS – Não significativo

286 ** - Significant at 1% probability

287 * - Significant at 5% probability

288 NS - Not Meaningful

289

290 Na análise dos valores médios dos locais de amostragem (Tabela 3), foi

291 observada diferença significativa apenas nos valores de macroporosidade do solo, onde

292 no local pastagem apresentou 19,85% enquanto que na floresta 18,86%, podendo ser

293 atribuído essa diferença, a atividade que antecedeu o pastoreio do gado (lavoura sob o
294 sistema de plantio direto), enquanto que no local floresta a pressão exercida sobre o solo
295 pelo crescimento das raízes das espécies florestais, assim como a ocupação das raízes
296 nos poros, podem ter influenciado esse comportamento. Young (1998) e White (1975)
297 observaram impacto negativo (compactação) no solo no entorno de raízes, provocadas
298 pelo crescimento das mesmas.

299 No desdobramento da interação significativa (profundidade x uso) conforme
300 apresentados na Tabela 4, pôde-se observar o comportamento de cada uso, dentro das
301 profundidades analisadas e das profundidades dentro dos usos.

302 Na camada 0,00-0,10m, observa-se diferença significativa entre os usos quanto à
303 macroporosidade do solo apenas entre o uso eucalipto e os usos vegetação nativa e
304 pinho cuiabano, indicando nesta camada, a melhoria do solo com o uso eucalipto. Na
305 camada 0,10-0,20m não foi observada diferença significativa entre os usos, podendo ser
306 resultado da reestruturação do solo (macroporosidade) influenciados pelo acúmulo
307 matéria orgânica oriundo do plantio direto nos sistemas integrados, Spera et al., (2009)
308 observaram em diferentes sistemas de plantio direto, que a matéria orgânica exerceu
309 influencia ao aumento do volume de macroporos do solo.

310 Em avaliação da qualidade do solo, comparando área de reflorestamento de
311 eucalipto de diferentes idades, com área de pastagem, cultura anuais e de vegetação
312 nativa, Mota et al, (2012) também não observaram diferença quanto ao volume de
313 macroporos do solos camada 0,10-0,20m, caracterizando influência nos diferentes tipos
314 de uso, apenas na camada mais superficial do solo (0,00-0,10m)

315 **Tabela 4.** Desdobramento da interação significativa entre profundidades e usos, para
 316 macroporosidade (Mac), porosidade total (Pt) e densidade do solo (Dens). Nova Canaã
 317 do Norte – MT, 2012.

318 **Table 4.** Unfolding the significant interaction for depths and use, macroporosity (Mac),
 319 porosity total (Pt) and soil density (Dens). Nova Canaã do Norte – MT, 2012.

Uso (U)	Profundidade(m)		
	0,00 - 0,10	0,10 - 0,20	0,30 - 0,40
	Macroporosidade		
V. Nativa	17,75 b A	19,79 a A	20,50 a A
Past. conv.	18,93 ab A	18,95 a A	15,10 b B
Eucalipto	22,16 a A	18,48 a B	19,12 a AB
Pau-balsa	19,30 ab A	21,79 a A	22,22 a A
Teca	18,43 ab A	18,63 a A	21,28 a A
P. Cuiabano	18,08 b A	19,07 a A	18,81 ab A
DMS (Tukey 5%): Uso(profundidade): 3,89 / Profundidade(uso): 3,18			
	Porosidade total		
V. Nativa	56,22 a A	52,48 ab A	56,20 a A
Past conv.	44,37 cd A	42,21 c A	39,86 d A
Eucalipto	52,00 ab A	43,91 c B	43,36 cd B
Pau-balsa	45,20 bcd A	45,75 bc A	48,56 bc A
Teca	49,07 abc A	54,35 a A	54,35 ab A
P. Cuiabano	39,50 d A	44,72 c A	40,95 d A
DMS (Tukey 5%): Uso(profundidade): 7,58 / Profundidade(uso): 6,19			
	Densidade		
V. Nativa	1,25 c A	1,14 c A	0,95 c B
Past. conv.	1,59 a A	1,56 a A	1,43 a B
Eucalipto	1,23 c B	1,27 bc AB	1,38 a A
Pau-balsa	1,45 ab A	1,30 b B	1,08 bc C
Teca	1,30 bc A	1,17 bc B	0,97 bc C
P. Cuiabano	1,47 a A	1,26 bc B	1,10 b C
DMS (Tukey 5%): Uso(profundidade): 0,15 / Profundidade(uso): 0,12			

320 DMS: Diferença mínima significativa.

321 Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
 322 Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Classificação
 323 com letras minúsculas para Colunas e letra maiúsculas para linhas.

324 DMS: least significant difference.

325 Note: Means followed by the same letter do not differ statistically from one
 326 another. We applied the Tukey test at 5% probability. Ranking in lowercase to
 327 uppercase letter for Columns and rows.

328 As porcentagens de macroporos observadas nesta camada de solo podem ser
329 consideradas normais, pois segundo Kiehl (1979) um solo ideal é aquele que contém 1/3
330 de macroporos e 2/3 de microporos.

331 Para os usos mata nativa, Pau-Balsa, Teca e Pinho Cuiabano, não foi verificada
332 diferença significativa entre as profundidades com relação à macroporosidade. Na
333 pastagem convencional foi verificada uma diminuição do volume de macroporos na
334 camada de 0,30-0,40 m. No uso eucalipto verificou-se menor volume de macroporos na
335 camada de 0,10 a 0,20 m, no entanto essa não diferiu da camada 0,30-0,40 m. Esse
336 comportamento no uso eucalipto pode estar relacionado ao maior volume de raízes
337 verificados nesta espécie na camada 0-0,10 m, o que pode ter contribuído para aumentar
338 o volume de macroporos nesta profundidade. Silva e Martins (2010) trabalhando com
339 sistema radicular e propriedades físicas do solo, observaram um aumento da porosidade
340 do solo, com o aumento da quantidade de raízes, confirmando assim, os resultados
341 obtidos no presente trabalho.

342 Na camada de 0-0,10 m o maior volume de poros foi verificado na vegetação
343 nativa, a qual não diferiu do Eucalipto e da Teca (Tabela 4). O volume de poros
344 observado no uso Eucalipto pode estar relacionado ao grande volume de raízes
345 encontrado na camada superficial deste uso, o que pode estar contribuindo para
346 aumentar o volume de poros. Com relação a Teca, o fato da melhoria da porosidade
347 pode estar relacionada ao grande volume de serapilheira que a mesma proporciona, que
348 pode estar melhorando as condições para o desenvolvimento de uma macrofauna do
349 solo.

350 O menor volume de poros observado para o Pinho cuiabano pode estar
351 relacionado a velocidade de decomposição da serapilheira, sendo o mesmo uma

352 leguminosa, apresenta baixa relação C/N o que facilita o trabalho dos microrganismos
353 decompositores e assim acelera o processo, diminuindo o volume de serapilheira e
354 assim também a presença da macrofauna que poderia estar contribuindo para melhoria
355 da porosidade do solo. Spera et al., (2009) estudando atributos físicos do solo em
356 sistema de plantio direto, abordam que a atividade biológica do solo podem contribuir a
357 formação e estabilização de agregados. Debiase e Franchini (2012) comentam a
358 importância do manejo da pastagem nos sistemas integrados, sendo que o aumento da
359 intensidade de pastejo e encurtamento do ciclo de pastejo na mesma área certamente
360 ocorrerá o aumento da compactação do solo e conseqüentemente a diminuição da taxa
361 de porosidade total na camada até 0,30m.

362 O maior volume de poros nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,30-0,40 m foi
363 verificado na mata nativa e no uso Teca, reforçando assim, a indicação da Teca como
364 um melhorador das condições físicas do solo, como já comentado anteriormente.

365 O uso eucalipto foi o único tratamento em que foi observado diferença
366 significativa da porosidade total entre as profundidades analisadas, apresentando uma
367 diminuição de porosidade total conforme se aprofundou as coletas. Este fato pode estar
368 relacionado a grande quantidade de raízes do eucalipto, que pode estar contribuindo
369 para o aumento da porosidade superficial do solo. Young (1998) e White (1975)
370 caracterizam um impacto negativo (compactação) do solo no entorno de raízes,
371 provocadas pelo crescimento das mesmas. Cavichioli et al., (2005) observaram esse
372 mesmo comportamento até a camada 0,20m de profundidade do solo em área de
373 reflorestamento de eucalipto de segunda rotação (rebrotas de 2 anos), porém os autores
374 relacionam a diminuição da porosidade com o aumento da profundidade pelo tráfego de
375 maquinários no manejo da cultura.

376 A menor densidade do solo na camada 0-0,10 m foi verificada na condição
377 natural (mata nativa) a qual não diferiu apenas do uso Eucalipto e Teca, fato já ocorrido
378 em relação à porosidade total. A maior densidade do solo observada nesta profundidade
379 do solo foi observada na pastagem convencional a qual não diferiu do uso Pinho
380 cuiabano, esta maior densidade pode ter sido ocasionada pelo pisoteio de animais na
381 área de pastagem convencional e ao pequeno volume de serapilheira encontrado no uso
382 Pinho cuiabano, devido a maior velocidade de decomposição da serapilheira depositada
383 neste uso. Na camada de 0,30-0,40 m nota-se também a menor densidade na mata nativa
384 a qual não diferiu do uso Pau-balsa e Teca e as maiores densidade foram verificadas na
385 pastagem convencional e no uso eucalipto. Silva (1993) considera que as atividades
386 antrópicas, por menor que seja a intensidade, alteram as propriedades originais do solo,
387 no caso da pastagem convencional, por sofrer impacto direto da chuva, pressão do
388 pisoteio animal, pastejo intensivo e inexistência de praticas conservacionista do solo
389 podem estar relacionadas a essa diferença significativa na densidade do solo.

390 Assim como na microporosidade do solo o tratamento eucalipto apresentou
391 comportamento diferente aos demais tratamentos quanto à densidade, onde foi
392 observado um aumento da densidade nas camadas mais profundas, configurando uma
393 compactação subsuperficial.

394 Reinert et al., (2008) e Spera, et al., (2009) configuram os valores da densidade
395 do solo como forma de representar o nível de compactação do solo, assim como
396 caracterizar o comportamento do crescimento das raízes. Parte dos valores da densidade
397 do solo apresentados neste trabalho estão classificado entre os valores de condições
398 limitantes ao crescimento radicular, segundo a classificação adaptada por Reinert et al.,

399 (2008), que considera valores entre $1,4 \text{ g. cm}^{-3}$ á $1,8 \text{ g. cm}^{-3}$ como condições de
400 impedimento severo.

401

402 **CONCLUSÃO**

403 As maiores diferenças observadas com relação às características físicas do solo
404 foram entre os tratamentos de vegetação nativa e pastagem convencional,
405 caracterizando a melhoria nos atributos físico do solo com a introdução do sistema
406 integração Lavoura-Pecuária-Floresta, destacando-se o uso Pau-balsa.

407 A relação inversa do aumento da porosidade do solo com os valores da
408 densidade do solo ficou nítida entre os tratamentos avaliados. Os tratamentos
409 apresentaram redução do valor da densidade nas camadas mais profundas, salvo o
410 tratamento eucalipto que apresentou comportamento contrario.

411

412 **AGRADECIMENTO**

413 Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
414 (CAPES) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa e a Universidade
415 do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em especial ao programa de Pós-graduação
416 Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, pelo fomento ao
417 desenvolvimento da pesquisa.

418 **BIBLIOGRAFICA CITADA**

- 419 ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. (2007). *Indicadores Biológicos de qualidade*
420 *do solo*. Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75.
- 421 BALBINO, L. C. et al. (2011). *Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas*
422 *de integração* lavoura-pecuária-floresta no Brasil. Revista Pesquisa Agropecuária
423 Brasileira, vol.46, no.10.
- 424 BRADY, N. C. (1989). *Natureza e propriedades dos solos*. Tradução de Antônio B. N.
425 Figueiredo. 7º edição, Rio de Janeiro: Livraria Freitas Barbosa.
- 426 CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L.; (2005). *Modificações nos*
427 *atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de*
428 *Eucalyptus saligna*. R. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.571-577.
- 429 DEBIASE, H.; FRANCHINI, J. C. (2012). *Atributos físicos do solo e produtividade da*
430 *soja em sistema de integração lavourapecuária com braquiária e soja*. Ciência Rural,
431 Santa Maria, v.42, n.7, p.1180-1186.
- 432 EMBRAPA. (1997). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de*
433 *análise de solos*. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 212p.
- 434 FERREIRA, D. F. (2000). *Sisvar: a computer statistical analysis system*. Ciência e
435 Agrotencologia (UFPA), V. 35, n.6, p. 1039-1042,.
- 436 FERREIRA, J.C.V. (2001). *Mato Grosso e seus Municípios*. Cuiabá - MT: Secretaria de
437 Estado da Educação, 365p.
- 438 FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F. de; LEITE,
439 J.G.D.; FRAGA, T.I. (2007). *Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema*
440 *plântio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo*.
441 Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.771-780.
- 442 GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. (2002). *Estado de*
443 *compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto*. Pesquisa
444 Agropecuária Brasileira, v.37, p.223-227.
- 445 HILLEL, D. *Introduction to soil physics*. San Diego, Academic, 1982. 264p
- 446 INGARAMO, O.E. (2003). *Indicadores físicos de la degradación del suelo* (Tese de
447 Doutorado) . La Coruña, Universidade da Coruña,. 298p.
- 448 KIEHL, E.J.(1979). *Manual de edafologia: relação solo-água-planta*. São Paulo:
449 Agronômica Ceres, 262p.
- 450 MACEDO, M.C.M. (2009). *Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e*
451 *inovações tecnológicas*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.133-146.

- 452 MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, A. (2006). *Atributos físicos de um argissolo e*
453 *rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto.*
454 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:163-170.
- 455 MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M.
456 (2008). *Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de*
457 *pastagem no sul de Minas Gerais.* *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2461-2470.
- 458 MOTA, F. O. B.; NESS, R. L. L.; MOTA, J. C. A.; CLEMENTE, C. A.; SOUSA, S. C.
459 (2012). *Physical quality of na oxisol under different uses.* *Revista Brasileira de Ciência*
460 *do Solo*, 36:1828-1835.
- 461 REINERT, D. J.; ALBURQUERQUE, J. A.; REICHERT, M.; AITA, C.; ANDRADA,
462 M. M. C. (2008). *Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de*
463 *plantas de cobertura em argissolo vermelho.* *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,
464 32:1805-1816.
- 465 SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M. BECQUER, T.
466 (2011). *Qualidade física do dolo sob sistemas de integração lavoura-pecuária.* *Revista*
467 *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.46, n.10, p.1339-1348.
- 468 SILVA, I.F.(1993). *Formação, estabilidade e qualidade de agregados do solo afetados*
469 *pelo uso agrícola.* Porto Alegre: 126f. (Tese de Doutorado em Ciência do Solo) -
470 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Faculdade de Agronomia.
- 471 SILVA, V.; L.; B.; MARTINS, P. F. S. (2010) *Propriedades físicas do solo e sistema*
472 *radicular do cafeeiro, varietade conilon, sob diferentes espaçamentos.* *Revista ciências*
473 *Agrarias*, v.53, n.1, p.96-101, jan/jun.
- 474 SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULI. NO, H. B. (2005). *Atributos físicos de*
475 *um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de*
476 *manejo.* *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.11, p.1135-1139.
- 477 SPERA, S, T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOM, G. O. (2010). *Efeito de*
478 *integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do*
479 *solo após dez anos.* *Bragantina, Campinas*, v. 69, n. 3, p695-704.
- 480 SPERA, S, T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOM, G. O. (2009). *Integração*
481 *lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto.*
482 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:129-136.
- 483 TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; DA COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A.
484 (2002). *Densidade, porosidade e resistência á penetração em latossolo cultivado sob*
485 *diferentes sistema de preparo do solo.* *Scientia Agricola*, V.59, n.4, p.795-801, out/dez.
- 486 TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. (1998) *Propriedades físicas do solo sob*
487 *plantio direto influenciados por calagem, preparo inicial e tráfego.* *Revista Brasileira*
488 *de Ciência do Solo*, v.22, p.301-309.

- 489 WHITE, E.M. (1975) *Soil compaction and contraction around plant roots*. Soil Sci.,
490 119:461-465.
- 491 WRUCK, F. J. (2012). Conceitos de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). Curso
492 de Capacitação de Técnicos – Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop - MT.
- 493 YOUNG, I.M. (1978) *Biophysical interactions at the root-soil interface: a review*. J.
494 Agric. Sci., 130:1-7.

1 **Resistência do solo à penetração em áreas sob o sistema de integração lavoura-pecuária-**
2 **floresta, na Região Amazônica.**

3 Benhur da Silva Oliveira² e Marco Antonio Camillo de Carvalho²

4
5 [Preparado de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agro. Tropical]

6
7 **RESUMO**

8 Objetivo do trabalho foi avaliar a resistência do solo á penetração (RSP) em área submetida
9 ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Este estudo foi realizado em uma Unidade
10 de Referência Tecnológica (URT) integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantada em
11 20 hectares da Fazenda Gamada, no município de Nova Canaã do Norte – MT. O estudo foi
12 realizado em uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) integração lavoura-pecuária-
13 floresta (iLPF) implantada em 20 hectares da Fazenda Gamada, no município de Nova Canaã
14 do Norte – MT. Caracterizados pelas espécies florestais implantadas, os tratamentos foram
15 implantados em áreas com as seguintes espécies : Pinho cuiabano (*Schizolobium*
16 *amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teca (*Tectona grandis*) e Eucalipto
17 (*Eucalyptus urograndis*), sendo estas implantadas em linha tripla, intercalada por faixas de 20
18 metros de largura destinadas para implantação das atividades agrícola e pecuária. Foram
19 analisadas também solos sob vegetação nativa e pastagem conduzida através de sistema
20 convencional, localizadas em área adjacente a URT e que apresentam a mesma classe de solo
21 (Latosolo Vermelho Amarelo distroférico) e topografia. Para determinação da resistência do
22 solo à penetração, utilizou-se o penetrômetro de impacto (modelo Planalsucar-Stolf). O
23 delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (6x2x8), sendo seis
24 usos (Pinho Cuiabano, Pau-balsa, Teca e Eucalipto), dois locais de avaliações (entre os
25 renques florestais e na faixa de pastagem) e oito profundidades (em secções de 0,05m até a
26 profundidade de 0,40m do solo), com três repetições. Os maiores valores de RSP foram
27 observados nos tratamentos: eucalipto teca e pastagem convencional, apresentando
28 respectivamente 7,97; 5,63 e 5,12 Mpa, sendo estes os tratamentos que apresentaram os
29 menores percentuais de umidade solo, acrescido pelo tratamento Pau-balsa com 19,85% de
30 umidade, o qual apresentou menor taxa de umidade encontrada neste trabalho. O tratamento

31 eucalipto no local de avaliação floresta apresentou o maior valor de resistência do solo à
32 penetração, comportamento esse, que pode ser atribuído á baixa umidade do solo, pressão
33 exercida pelo pisoteio dos animais e impedimento físico (raízes).

34 **Palavras chaves:** agrossilvipastoril; iLPF; sistemas integrados; florestais.

35

36 **Resistance to ground penetration in areas under the system integration crop-livestock-**
37 **forest, the Amazon Region**

38

39

ABSTRACT

40 Objective was to evaluate the resistance to penetration (RSP) in an area under integrated crop-
41 livestock-forest. The study was conducted in a Reference Unit Technology (RUT) with
42 integrated crop-livestock-forest (iLPF) implanted in 20 acres of Finance Gamada in the town
43 of Nova Canaã do Norte - MT. Characterized by forest species implanted, the different uses
44 were formed by the combination of species: Pinho Cuiabano (*Schizolobium amazonicum*),
45 Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teca (*Tectona grandis*) and Eucalyptus (*Eucalyptus*
46 *urograndis*), deployed in triple line, interspersed with lanes 20 feet wide designed for
47 deployment of agricultural and livestock activities. Were also analyzed soils under native
48 vegetation and pasture conducted through the conventional system, located in the area
49 adjacent to RUT and present the same kind of soil (Typic dystrophic). To determine the
50 resistance to penetration, we used the impact penetrometer (model-Planalsucar-Stolf). The
51 experimental design was completely randomized factorial design (6x2x8), six uses (Pinho
52 Cuiabano, Pau-balsa, Teak and Eucalyptus), two local ratings (rows between forest and
53 grassland range) and eight depths (in sections of 0.05 m to a depth of 0.40 m above the
54 ground), with three replications. The highest values were observed in treatments RSP: teak
55 and eucalyptus conventional pasture, with respectively 7.97, 5.63 and 5.12 MPa, which are
56 the treatments that had the lowest percentages of soil moisture, increased by treatment Pau-
57 balsa with 19.85% moisture, which showed the lowest moisture found in this work. Treatment
58 on-site assessment eucalyptus forest showed the highest resistance to penetration, a behavior
59 which may be attributable to low soil moisture, pressure exerted by animal trampling and
60 physical obstacles (roots).

61 **Keywords:** agrossilvipastoril; iLPF; integrated systems; forest.

62 **INTRODUÇÃO**

63 Os sistemas de manejo do solo considerados conservacionistas, têm se apresentado
64 como a principal alternativa para assegurar a sustentabilidade do solo no uso agrícola. Dentre
65 estes sistemas, a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) tem ganho destaque como
66 potencial estratégia de produção agropecuária sustentável nos trópicos (Balbino et al., 2012;
67 EPAMIG 2012; Franchini et al., 2011) tornando-se importante ferramenta do programa do
68 Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento –MAPA para o Plano da agricultura de
69 baixo carbono (Plano ABC).

70 Segundo Balbino et al., (2011), devido as interações entre as culturas agrícolas,
71 florestais e pecuária, a iLPF torna-se um sistema dinâmico e complexo, sendo necessário
72 maiores pesquisas científicas e tecnológicas para que haja uma consolidação quanto sua
73 sustentabilidade ambiental e produtiva. O autor destaca ainda, a importância das pesquisas
74 serem regionalizadas e contínuas, em especial referentes aos atributos físicos, químicos e
75 biológicos do solo, atributos estes descritos por Melloni et al.,(2008) como importantes
76 indicadores de qualidade do solo e ambiente. Para Corrêa et al., (2009), os atributos do solo
77 como indicadores deve ser um trabalho constante na avaliação de sistemas produtivos com o
78 objetivo de adaptar sistemas ou propor usos mais sustentáveis do solo.

79 Os solos agrícolas funcionam como um sistema complexo, sendo condicionado através
80 de sua qualidade física a função de sustentação das plantas, bem como o suprimento de
81 nutrientes, água e oxigênio para as mesmas (Blainski et al., 2008; Costa et al., 2012). As
82 condições físicas do solo alteram diretamente e indiretamente a produção vegetal e qualidade
83 ambiental do solo e essas condições físicas por sua vez são caracterizadas pela formação do
84 solo (pedogênese) e principalmente pelo seu uso e manejo (Silveira et al., 2010; Tormena et
85 al., 2002).

86 Segundo Embrapa (2006), entre os principais indicadores físicos de qualidade do solo
87 sob o ponto de vista agrícola, estão a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade
88 de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água e o
89 sistema de cultivo.

90 Vários autores utilizam e denominam a resistência do solo à penetração como a
91 propriedade mais adequada para expressar a facilidade de penetração das raízes no solo e o
92 grau de compactação do mesmo (Campos & Alves 2006; Ribon et al., 2003; Silveira et al.,
93 2010). Vale ressaltar que a resistência do solo à penetração apresenta relação direta com a
94 umidade do solo, teor de matéria orgânica, textura e a densidade do solo (Imhoff et al., 2000;
95 Oliveira et al., 2007; Tormena et al., 2004).

96 Considerando-se a influência dos diferentes tipos de uso e manejo sobre as
97 propriedades do solo, em específico na resistência do solo à penetração, objetivou-se, com o
98 presente trabalho, avaliar a resistência à penetração do solo submetido ao sistema de
99 integração lavoura-pecuária-floresta, implantadas com quatro espécies florestais. Para efeito
100 de comparação o mesmo estudo foi realizado em solos de área com vegetação nativa e
101 pastagem conduzida pelo sistema convencional na mesma região.

102

103 **MATERIAL E MÉTODOS**

104

Área de estudo

105 O presente trabalho foi realizado em uma Unidade de Referência Tecnológica (URT)
106 integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantada em 20 hectares na Fazenda Gamada
107 (10°24'10" S, 55°43' 22" W e altitude de 280 m), município de Nova Canaã do Norte –
108 extremo norte do Estado de Mato Grosso.

109 A área de 20 hectares foi subdividida por quatro tratamentos de 5 hectares cada, os
110 quais foram caracterizados e diferenciados de acordo com a espécie florestal implantada. A

111 área com vegetação nativa e pastagem conduzida pelo sistema convencional utilizada como
112 parâmetro de comparação, trata-se de uma área adjacente a área de iLPF, que possuem a
113 mesma classe de solo e topografia.

114 Em 1998 a área da URT - iLPF teve sua vegetação original de Floresta Ombrófila
115 desmatada para a implantação de pastagem com braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv
116 *Marandu*), a qual permaneceu por dois anos. Em seguida a área foi utilizada para o cultivo de
117 culturas anuais por seis anos consecutivos, sendo: dois anos cultivos de arroz e quatro anos de
118 soja com segunda safra o cultivo de milho. Depois desse período a lavoura foi substituída pela
119 pastagem novamente com braquiarião, a qual permaneceu na área por dois anos, até a
120 implantação do experimento (2006-2008).

121 Para implantação do experimento a pastagem foi dessecada e iniciou-se o preparo
122 somente das faixas de plantio (cultivo mínimo). Em janeiro de 2009, nos sulcos centrais foi
123 realizado o plantio das mudas das espécies florestais Pinho Cuiabano (*Schizolobium*
124 *amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teca (*Tectona grandis*) e Eucalipto
125 (*Eucalyptus urograndis*) em linha tripla, intercalada por faixas de 20 metros de largura
126 destinadas para implantação das atividades agrícola e pecuária.

127 No primeiro ano de estudo, juntamente com o plantio das espécies florestais, foi
128 cultivado arroz, variedade BRS Monarca, com densidade de semeio de 70 kg de sementes por
129 ha⁻¹, no espaçamento de 0,42 m entre linhas. Na semeadura foram aplicados 400 kg ha⁻¹ do
130 formulado de NPK 01-18-18 + micronutrientes. Nove dias após emergência foram aplicados
131 70 kg ha⁻¹ de uréia (45% de N), uma semana após aplicou-se outra dose de 40 kg ha⁻¹ uréia,
132 ambas aplicadas a lanço em superfície. Após 115 dias da semeadura, o arroz foi colhido,
133 obtendo produtividade média de 3.600 kg ha⁻¹. Neste ano não houve plantio da segunda safra,
134 foi conduzido a rebrota *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*.

135 No segundo ano agrícola (safra 2009/10) cultivou-se a soja variedade BRS Flora, no
136 espaçamento de 0,40 m entrelinhas, com densidade de 14 sementes m⁻¹. Foram aplicados 318
137 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% de P₂O₅) como adubação de semeadura e 32 dias após a
138 emergência das plântulas foi realizada a adubação de cobertura com 105 kg ha⁻¹ de cloreto de
139 potássio (58% de K₂O). A colheita da soja foi realizada 106 dias após a semeadura, obtendo
140 produtividade média de 3.546 kg ha⁻¹. Como plantio de segunda safra, cultivou-se arroz
141 precoce, porém devido à severa seca que a região norte passou em 2010 a colheita se tornou
142 inviável.

143 No terceiro ano agrícola (safra 2010/11), visando à introdução do componente
144 pecuária no sistema, cultivou-se soja precoce (BRS Flora), com o mesmo manejo conduzido
145 na safra 2009/2010. Porém na safra 2010/2011 a produtividade foi menor, alcançando média
146 de 2.900 kg ha⁻¹. Para a introdução da pecuária, foi implantada e conduzida a pastagem com
147 *Brachiaria ruziziensis*. Segundo Wruck (2012), em análise parcial da produtividade da área
148 experimental, com o manejo sendo rotacionado pela altura da forrageira a taxa de lotação
149 média da área é de 3,7 animais ha⁻¹, com ganho de 1,040 kg dia⁻¹animal⁻¹ (Raça: F1-
150 cruzamento industrial resultante da Rúbica galega x Nelore) na fase recria e terminação.

151 Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Aw (tropical
152 chuvoso) nítida com estação seca. A temperatura média anual varia entre 20°C e 38°C, com
153 média de 26°C (Ferreira 2001). A média anual de precipitação pluviométrica da área nos
154 últimos seis anos é de 2.175 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo
155 Vermelho Amarelo distroférico de textura média. Dois meses antes da instalação do
156 experimento, o solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm, o qual apresentava as
157 seguintes características químicas: pH_{H2O} = 5,70; P(Mehlich) = 2,50 mg dm⁻³; K(Mehlich) =
158 111 mg dm⁻³; Ca = 1,56 cmolc dm⁻³; Mg = 0,44 cmolc dm⁻³; Al = 0,00 cmolc dm⁻³; MO =
159 17,00 g dm⁻³.

Coleta e análise dos dados

160
 161 O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo
 162 fatorial (6x2x8), sendo seis usos (sistemas integrados, mata nativa e pastagem convencional),
 163 dois locais de avaliações (entre os renques florestais e na faixa de pastagem), e oito
 164 profundidades (em secções de 0,05m até a profundidade de 0,40m do solo), com três
 165 repetições. Na Tabela 1, encontra-se a relação dos tratamentos, com a caracterização das
 166 amostragens e do tratamento. As amostragens do local de avaliação floresta foram realizadas
 167 na linha central dos renques triplo dos indivíduos florestais, já no local de avaliação pastagem
 168 foram realizadas as amostragem no centro da faixa.

169 Todas as amostragens foram realizadas de forma aleatória, no tratamento vegetação
 170 nativa observou-se um distanciamento da borda, para que a mesma não tivesse interferência
 171 nos resultados.

172 Para determinação da resistência do solo à penetração, utilizou-se o penetrômetro de
 173 impacto (modelo Planalsucar-Stolf) com ponta cônica de 2,27 cm², êmbolo de 1,58 kg,
 174 aparelho de 1,53 kg, e altura de queda do embolo de 0,412 m.

175

176 **Tabela 1.** Tratamentos, número de amostragens em cada local de avaliação e espaçamento de
 177 cada tratamento.

Tratamento (uso)	Locais de avaliação		Espaçamento (m)
	Floresta	Pastagem	
	Nº de amostragens		
Eucalipto	9	9	20 x 3 x 2
Teca	9	9	20 x 3 x 2
P. cuiabano	9	9	20 x 3 x 3
Pau-balsa	9	9	20 x 3 x 3
Vegetação nativa	9	**	--
Pastagem conv.	**	9	--

178 ** Não apresentam locais diferentes para avaliação.

179

180 Os cálculos realizados seguiram as considerações teóricas de Sá & Junior (2007) sobre
 181 o cálculo da resistência mecânica dos solos à penetração. A transformação da penetração da
 182 haste do aparelho (cm/impacto) em resistência à penetração foi obtida através da expressão
 183 dos “holandeses” determinada pelo índice de cone (IC):

$$184 \quad IC = \left(\frac{Mg+mg}{A} \right) + \left[\left(\frac{M}{M+m} \right) * \left(\frac{Mg * h}{A * P} \right) \right]$$

185 Onde:

186 IC: índice de cone (Mpa)

187 M: è a massa que provoca o impacto – embolo (Kg)

188 m: Massa dos demais componentes do aparelho (Kg)

189 Mg e mg: São os pesos das massas consideradas (Kgf)

190 H: Altura de queda de M (cm)

191 A: é a área da base do cone (cm²)

192 P: Medida de penetração unitária ocasionada por um impacto.

193

194 As amostragens foram realizadas em junho de 2012. Para determinação da umidade do
 195 solo no momento da amostragem, foram coletadas três amostras de solo de cada tratamento
 196 (uso), sendo essas acondicionadas em sacos plásticos e, posteriormente levadas para o
 197 Laboratório de Solos e Análise Foliar da Universidade do Estado de Mato Grosso –
 198 UNEMAT, Campus de Alta Floresta para análise.

199 Os resultados foram submetidos à análise de variância e a teste de médias, utilizando o
 200 teste de Tukey a 5 %, com auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

201

202 **RESULTADO E DISCUSSÃO**

203 Conforme apresentando na Tabela 2 constatou-se que houve diferença significativa da
 204 Resistência do Solo à Penetração (RSP) nas diferentes profundidades, usos e locais. Foi
 205 verificada interação dupla entre os fatores profundidade x uso e uso x local. Ressalta-se que a
 206 umidade do solo foi realizada apenas para a camada de 0-0,10 m de profundidade, no intuito
 207 de avaliar as condições de cada ponto de avaliação.

208 **Tabela 2.** Valores de F e coeficiente de variação (CV%) da Resistência do Solo a Penetração
 209 (RSP) e umidade do solo em função de diferentes usos e locais. Nova Canaã do Norte – MT,
 210 (2012).

Fonte de variação	RSP	umidade
Profundidade	3,80**	--
Uso	66,14**	108,12**
Local	63,48**	238,50**
Profundidade x uso	6,07**	--
Profundidade x local	0,279 ^{NS}	--
Uso x Local	21,23**	--
Profun x uso x local	2,38 ^{NS}	--
CV (%)	32,80	3,19

211 **- Significativo ao nível de 1% de probabilidade

212 *- Significativo ao nível de 5% de probabilidade

213 NS – Não significativo

214

215 Na Tabela 3 pode ser observado os valores médios de resistência do solo a penetração
 216 e umidade do solo em função dos diferentes usos, locais e profundidades. A maior umidade
 217 solo foi verificada na mata nativa, a qual foi superior aos demais usos. Essa maior umidade se
 218 deve ao maior sobremento e acúmulo de serapilheira ocorrido neste uso.

219 Com relação à RSP nos locais de amostragens, o melhor comportamento do local
 220 pastagem pode ser atribuído pelos benefícios da integração Lavoura-Pecuária-Floresta,
 221 conforme abordam Macedo (2009) e Chioderoli et al., (2012), que devido a prática de
 222 integração ocorre a melhora das condições físicas do solo devido à maior produção de palha,
 223 favorecendo a infiltração de água, permitindo maior exploração do perfil do solo pelas raízes,
 224 e conseqüentemente, a manutenção da estabilidade do sistema.

225 No local floresta o aumento da RSP pode ser atribuído ao pisoteio e permanência do
 226 gado, uma vez que neste local apresenta sombreamento ocasionado pelas copas das árvores
 227 que auxilia no conforto térmico dos animais. A compressão do solo acarretado pelo
 228 crescimento das raízes, também pode ter contribuído para o aumento da RSP, assim como
 229 observado por Young (1998) e White (1975) onde observaram impacto negativo
 230 (compactação) do solo no entorno de raízes, provocadas pelo crescimento das mesmas.

231

232 **Tabela 3.** Valores médios de resistência do solo à penetração em função de diferentes usos e
 233 locais de amostragem. Nova Canaã do Norte – MT, 2012.

	RSP (Mpa)	Umidade (%)
Uso (U)		
Vegetação Nativa	2,88	28,80 a
Pastagem conv.	5,12	20,79 d
Eucalipto	7,97	22,93 c
Pau-balsa	3,14	19,85 d
Teca	5,63	23,06 bc
P. cuiabano	3,81	24,33 b
DMS (Tukey 5%)	0,91	1,32
Local (L)		
Floresta	5,43	21,38 b
Pastagem	3,98	25,20 a
DMS (Tukey 5%)	0,36	0,51
Profundidade (P)		
0 – 0,05	4,26	--
0,05 – 0,10	5,27	--
0,10 – 0,15	5,27	--
0,15 – 0,20	5,29	--
0,20 – 0,25	4,72	--
0,25 - 0,30	4,47	--
0,30 – 0,35	4,15	--
0,35 – 0,40	4,23	--

234 DMS: Diferença mínima significativa.

235 Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey
 236 ao nível de 5% de probabilidade.

237

238 O comportamento de usos dentro das profundidades esta apresentado na Tabela 4. Nas
 239 três primeiras profundidades (0,00-0,15 m) a maior resistência foi verificada no uso Eucalipto
 240 o qual foi superior aos demais usos. Essa maior resistência a penetração de deve ao maior
 241 número de raízes presentes neste uso. Ainda nestas primeiras camadas a menor resistência foi
 242 verificada para a Mata nativa, que não diferiu dos usos Pau-balsa e Pinho cuiabano,
 243 destacando-se estes usos como melhoradores da qualidade física do solo. Essa menor
 244 resistência observada nos usos Pau-balsa e Mata nativa pode ser atribuída ao acúmulo de
 245 matéria orgânica na camada superficial do solo. Carvalho et al., (2004) em avaliação dos
 246 atributos físicos do solo em sistema agroflorestal atribui a baixa RSP na camada 0,00- 0,10m
 247 à incorporação de matéria orgânica ocasionada por esses sistemas.

248 Na quarta e quinta camada (0,15-0,25 m) a maior resistência ainda é observada no uso
 249 Eucalipto, no entanto esta não difere dos usos Teca e Pastagem convencional. Nas três últimas
 250 camadas (0,25-0,40 m) já não ocorre diferença entre os usos, mostrando assim que a partir da
 251 profundidade de 0,25 m não se teve interferência antrópica sobre a RSP. Dados similares
 252 foram obtidos por Debiase e Franchini (2012) na avaliação da RSP em área de integração
 253 lavoura-pecuária com diferentes intensidades de pastejo, onde observaram nível de
 254 compactação do solo pelos diferentes tipos de usos até a camada de 0,30m do solo.

255

256 **Tabela 4.** Comportamento da resistência mecânica a penetração em função de usos dentro de
 257 cada profundidades. Nova Canaã do Norte-MT, 2012.

Profundidades (m)	Usos					
	Pinho Cuiabano	Pau-Balsa	Teca	Eucalipto	Pastagem Convencional	Mata Nativa
	RSP (Mpa)					
0,00-0,05	3,98 bc	2,75 cd	5,38 b	8,93 a	3,75 bc	1,10 d
0,05-0,10	3,73 bc	2,86 c	5,81 b	11,93 a	5,90 b	1,37 c
0,10-0,15	3,73 bc	2,86 c	5,81 b	11,93 a	5,90 b	1,36 c
0,15-0,20	3,91 b	3,31 b	7,11 a	8,28 a	5,80 ab	3,30 b
0,20-0,25	3,53 b	3,70 b	6,45 a	6,46 a	5,13 ab	3,07 b
0,25-0,30	3,41 a	3,38 a	5,80 a	5,25 a	5,20 a	3,77 a
0,30-0,35	4,02 a	2,98 a	4,40 a	4,35 a	4,80 a	4,36 a
0,40-0,40	4,15 a	3,25 a	4,25 a	4,25 a	4,80 a	4,70 a

258 Obs.: Médias seguidas de mesma letra, em cada profundidade, não diferem estatisticamente
 259 pelo teste de tukey a 5% de probabilidade,
 260 DMS Tukey (5%) = 2,56.
 261

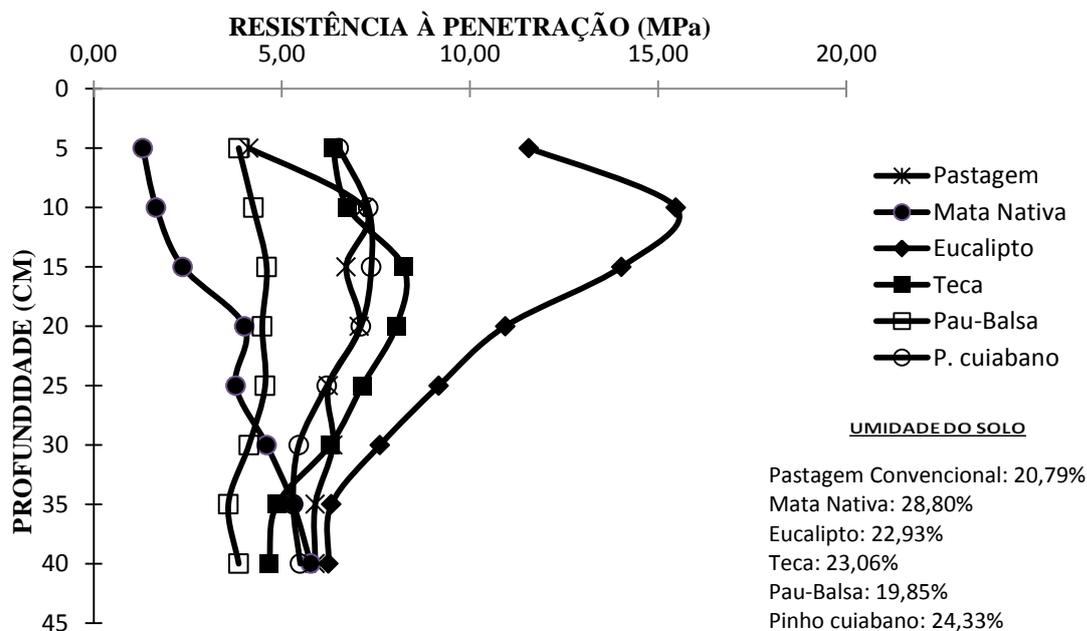
262 Na Figura 1, encontra-se a representação da resistência do solo a penetração dos
 263 diferentes usos em função das profundidades amostradas (camada 0,00 - 0,40 m), sendo
 264 destacado o comportamento dos usos mata nativa e eucalipto, únicos usos que apresentaram
 265 diferença significativa quanto aos valores de resistência do solo a penetração em função da
 266 profundidade.

267 O comportamento de aumento gradativo da RSP com o aprofundamento do solo
 268 apresentado pelo tratamento mata nativa, também foi observado por Cardoso et al., (2011) em
 269 solo sob mata semidecidual e por Centurion et al., (2001) em Floresta Latifoliada Tropical.

270 Esse comportamento pode ser atribuído ao elevado acúmulo de matéria orgânica nas camadas
 271 superficiais do solo, como já abordado anteriormente. Relação direta entre a resistência à
 272 penetração e o teor de matéria orgânica foi observada em trabalho de RSP em solo sob cultura
 273 perene conduzido por Ribon e Filho (2008).

274 Diferente da mata nativa o tratamento eucalipto apresentou maiores valores da RSP
 275 nas camadas mais superficiais, tendo um decréscimo nas camadas mais profundas,
 276 configurando apenas uma significativa compactação superficial, comportamento esse que pode
 277 estar associado à baixa umidade do solo, assim como descrita por Lima et al., (2010), que
 278 avaliando RSP em reflorestamento homogêneo de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*)
 279 observou também valores elevados de RSP, com amplitude de 3,38 à 17,54 MPa em solos
 280 com umidade gravimétrica entre 8,1% á 17,8%. A compactação superficial do solo neste
 281 tratamento também pode ser associado também à pressão exercida sobre o solo pelo pisoteio
 282 dos animais, devido ser um local usado como área descanso dos animais já que há
 283 sombreamento constante (copa das árvores) nesta área.

284



285

286 **Figura 1.** Resistência do solo à penetração nos usos avaliados, na profundidade de 0,00-0,40m.

287

288 Com comportamento similar ao longo de todo o perfil do solo o tratamento Pinho
289 cuiabano no local de avaliação pastagem e o tratamento Pau-balsa nos locais de avaliações
290 pastagem e floresta, foram os tratamentos que apresentaram valores mais próximos ao valor
291 da RSP da mata nativa. Com amplitude de 3,20 à 7,60 Mpa o tratamento teca no local de
292 avaliação floresta apresentou valores superiores da RSP ao observado por Gomes et al.,
293 (2005) em um reflorestamento de teca com diferentes espaçamentos, onde apresentou valores
294 da RSP na amplitude de 1,92 à 3,11 Mpa, sem a determinação da umidade do solo.

295 O comportamento de locais em cada uso e dos usos em cada local pode ser verificado
296 na Tabela 5. No local Floresta a maior resistência foi verificada para o uso eucalipto, sendo
297 esta resistência superior aos demais usos. Como comentado anteriormente, esta maior
298 resistência se deve a presença de raízes, umidade do solo e pisoteio do gado neste local.
299 Destaca-se novamente o uso Pau-balsa, que não diferiu da Mata nativa.

300 No local Pastagem, a maior resistência foi verificada no uso pastagem convencional, o
301 qual não diferiu dos usos Eucalipto e Teca. Silva (1993) considera que as atividades
302 antrópicas, por menor que seja a intensidade, alteram as propriedades originais do solo, no
303 caso da pastagem convencional, por sofrer impacto direto da chuva, pressão do pisoteio
304 animal, pastejo intensivo e inexistência de praticas conservacionista do solo podem estar
305 relacionadas a essa diferença significativa na RSP.

306 Em todos os usos com espécies florestais o local Floresta apresentou maior resistência
307 a penetração em relação ao local Pastagem, fato esse que pode estar correlacionado a
308 atividade agrícola realizado sob o plantio direto que antecedeu a atividade (pecuária),
309 resultando na camada superficial um acúmulo residual de material orgânico (palhada
310 soja/arroz) e na camada subsuperficial o aumento da porosidade formada pelo sistema
311 radícula do cultivo agrícola.

312

313 **Tabela 5.** Desdobramento da interação significativa entre usos e locais para resistência do
 314 solo a penetração (Mpa). Nova Canaã do Norte-MT, 2012.

Locais	Usos					
	Pinho Cuiabano	Pau-Balsa	Teca	Eucalipto	Pastagem Convencional	Mata Nativa
Floresta	4,38 a CD	3,47 a DE	6,32 a B	10,41 a A	5,11 a BC	2,88 a E
Pastagem	3,24 b B	2,80 b B	4,93 b A	4,94 b A	5,11 a A	2,88 a B

315 Obs.: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não
 316 diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

317 DMS Tukey 5%: uso(local) = 1,28; Local(uso) = 0,88

318

319 Os valores da resistência do solo à penetração apresentados neste trabalho estão
 320 classificados de moderados a extremamente altos, segundo a classificação de Soil Survey
 321 Staff (1993), que considera até 2,0 Mpa como uma resistência a penetração moderada e acima
 322 de 8 Mpa como extremamente alta. Tormena & Roloff (1996) consideram 2,0 Mpa de RSP
 323 como um valor limitante para o crescimento e desenvolvimento de raízes ao solo. Esses
 324 valores podem estar relacionados à baixa umidade do solo e a impedimentos físicos (raízes)
 325 presentes nas áreas. Lima et al., (2010), Ribon et al., (2003) e Silveira et al., (2010)
 326 correlacionam o alto valor de RSP a umidade do solo, onde a mesma exerce efeito negativo
 327 na RSP quando o solo apresenta baixa umidade.

328

329 CONCLUSÃO

- 330 1. O tratamento eucalipto no local de avaliação floresta apresentou o maior valor de
 331 resistência do solo à penetração, comportamento esse, que pode ser atribuído á
 332 baixa umidade do solo, pressão exercida pelo pisoteio dos animais e impedimento
 333 físico (raízes).
- 334 2. O uso Pau-balsa se destaca como recuperador das características físicas do solo,
 335 não se diferindo das condições naturais (Mata nativa).

336

337

338 AGRADecIMENTO

339 Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)
340 pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa e a Universidade do Estado de
341 Mato Grosso (UNEMAT), em especial ao programa de Pós-graduação Stricto Sensu em
342 Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, pelo fomento ao desenvolvimento da pesquisa.

343 **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

- 344 BALBINO, L. C. et al. *Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração*
345 *lavoura-pecuária-floresta no Brasil*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol.46, n°.10.
346 Outubro, 2011.
- 347
348 BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.;
349 GALERANI, P. R.; VILELA, L. *Agricultura Sustentável por meio da integração Lavoura-*
350 *Pecuária-Floresta (iLPF)*. International Plant Nutrition Institute – Brasil. Informações
351 Agronômicas. n° 138, 2012.
- 352
353 BLAINSKI, É.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. *Quantificação*
354 *da degradação física do solo por meia da curva de resistência do solo à penetração*. Revista
355 Brasileira de Ciência do Solo, 32:975-983, 2008.
- 356
357 CAMPOS, F. S. e ALVES, M. C. *Resistência à penetração de um solo em recuperação sob*
358 *sistemas agrosilvopastoris*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.3,
359 p.759–764, 2006.
- 360
361 CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. F.
362 *Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-*
363 *Mato-Grossense*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 2, Apr. 2011.
- 364
365 CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. *Atributos físicos da qualidade de*
366 *um solo sob sistema agroflorestal*. Pesquisa. agropecuária. brasileira., Brasília, v.39, n.11,
367 p.1153-1155, nov. 2004
- 368
369 CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. *Efeito de formas de manejo em*
370 *algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes*
371 *agroecossistemas*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental., Campina Grande,
372 v. 5, n. 2, Maio 2001.
- 373
374 CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J.
375 O. R.; CESARIN, A. L. *Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistemas de*
376 *consórcio milho e braquiária*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.
377 Campina Grande, v. 16, n. 1, p.37-43, 2012.
- 378
379 CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, F. J. F.; PESSOA, L. G. M.;
380 MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. *Atributos químicos de solos sob diferentes usos em*
381 *perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco*. Revista Brasileira de Ciência do Solo,
382 Viçosa , v. 33, n. 2, Abril. 2009
- 383
384 COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W.
385 G.; MEDEIRO, F. M. *Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem*
386 *em diferentes níveis de intensificação do pastejo*. Revista Brasileira de Ciência do Solo,
387 36:993-1004, 2012
- 388

- 389 DEBIASE, H.; FRANCHINI, J. C. (2012). *Atributos físicos do solo e produtividade da soja*
390 *em sistema de integração lavourapecuária com braquiária e soja*. Ciência Rural, Santa
391 Maria, v.42, n.7, p.1180-1186.
- 392
- 393 EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Indicadores*
394 *físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola*. Jaguariúna, 2006. 8 p.
- 395
- 396 EPAMIG. *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em propriedades rurais*. Empresa de
397 Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Prudente de Moraes – MG, 2012.
- 398
- 399 FERREIRA, D. F. *Sisvar: a computer statistical analysis system*. Ciência e Agrotencologia
400 (UFLA), V. 35, n.6, p. 1039-1042, 2000.
- 401
- 402 FERREIRA, J.C.V. *Mato Grosso e seus Municípios. Cuiabá - MT: Secretaria de Estado da*
403 *Educação*, 365p. 2001.
- 404
- 405 FRANCHINI, J. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; JUNIOR, A. A. B.; SICHIERI, F.;
406 PADULIA, R.; DEBIASI, H.; MARTINS, S. S. *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na*
407 *Região Noroeste do Paraná*. Circular Técnica, 86 – EMBRAPA Soja. Londrina – PR, 2011.
- 408
- 409 GOMES, J. E.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORAIS, V. M.; SALGADO, B. G.;
410 JUNIOR, C. E. I; CARVALHO, E. *Resistência à penetração do solo em sistemas de plantio*
411 *de Tectona grandis (teca) no cerrado do estado de Minas Gerais*. Revista Científica
412 Eletrônica de Engenharia Florestal. Ano III, número, 05, fevereiro de 2005.
- 413
- 414 IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. *Aplicações de curva de resistência no*
415 *controle da qualidade física de um solo sob pastagem*. Pesquisa Agropecuária Brasileira,
416 Brasília, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.
- 417
- 418 LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; NARIMATSU, K. C. P.; SILVA, M. G.; QUEIROZ,
419 H. A. *Atributos físico-químico de um latossolo do cerrado brasileiro e sua relação com*
420 *características dendrométricas do eucalipto*. Revista brasileira de ciência do solo, 34:163-
421 173, 2010.
- 422
- 423 MACEDO, M. C. M. *Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações*
424 *tecnológicas*. Revista Brasileira de Zootecnia. V.38, p133-146, 2009.
- 425
- 426 MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. ; VIEIRA, F. B. M. *Avaliação*
427 *da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas*
428 *Gerais*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2461-2470, 2008.
- 429
- 430 OLIVEIRA, G. C., SEVERIANO, E. C., MELLO, C. R. *Dinâmica da Resistência à*
431 *penetração de um latossolo vermelho da Microrregião de Goiânia, GO*. Revista Brasileira de
432 Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.3, p.265–270, 2007.
- 433
- 434 RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; PEREIRA, G. T. *Densidade*
435 *e resistência a penetração de solos cultivados com seringueira sob diferentes manejos*. Acta
436 Scientiarum: Agronomy. Maringá, v. 25, n. 1, p. 13-17, 2003
- 437

- 438 RIBON, A. A.; FILHO, J. T. *Estimativa da Resistência mecânica à penetração de um*
439 *Latossolo Vermelho sob cultura perene no Norte do Estado do Paraná*. Revista Brasileira de
440 Ciência do solo. 32:1817-1825, 2008.
- 441
- 442 SÁ, M. A. C. e JUNIOR, J. D. G. S. *Considerações teóricas sobre o cálculo da resistência*
443 *meccânica do solo à penetração determinada com penetrômetros dinâmicos*. Documentos –
444 Embrapa Cerrados. Planaltina – DF, 2007
- 445
- 446 SILVA, V.; L.; B.; MARTINS, P. F. S. *Propriedades físicas do solo e sistema radicular do*
447 *cafeeiro, variedade conilon, sob diferentes espaçamentos*. Revista ciências Agrárias, v.53, n.1,
448 p.96-101, jan/jun. 2010.
- 449
- 450 SILVEIRA, D. C.; FILHO, J. F. M.; SACRAMENTO, A. S.; SILVEIRA, E. C. P. *Relação*
451 *umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no*
452 *recôncavo da Bahia*. Revista Brasileira de Ciência do solo, V. 34, p. 659-667, 2010.
- 453
- 454 Soil Survey Division Staff. *Soil survey manual*. **Soil Conservation Service**. U.S Department
455 of Agriculture Handbook 18. 1993. Disponível em: <ftp://ftp-
456 fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Survey_Manual/pdf/SSM.pdf> Acessado em:27 de fevereiro
457 de 2013.
- 458
- 459 TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; DA COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A.
460 *Densidade, Porosidade e Resistência á Penetração em Latossolo Cultivado sob Diferentes*
461 *Sistema de Preparo do Solo*. Scientia Agricola, V.59, n.4, p.795-801, out/dez. 2002.
- 462
- 463 TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J.
464 *Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho*
465 *após dez anos sob dois sistemas de manejo*. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa,
466 v.28, n.6, p.1023-1031, 2004.
- 467
- 468 TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. *Dinâmica da resistência a penetração de um solo sob*
469 *plantio direto*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, p.333-339, 1996.
- 470
- 471 WHITE, E.M. *Soil compaction and contraction around plant roots*. Soil Sci., 119:461-465.
472 1975
- 473
- 474 WRUCK, F. J. *Conceitos de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)*. Curso de
475 *Capacitação de Técnicos – Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop - MT*. 2012.
- 476
- 477 YOUNG, I.M. *Biophysical interactions at the root-soil interface: a review*. J. Agric. Sci.,
478 130:1-7.1978.

1 **Atributos Biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta,**
2 **na Região Amazônica**

3 *Benhur da Silva Oliveira¹ e Marco Antonio Camillo de Carvalho*

4 [Preparado de acordo com as normas da Revista Ceres]

5
6 **RESUMO**

7 As propriedades biológicas do solo são importantes ferramentas a serem utilizadas no
8 monitoramento das alterações ambientais no solo decorrentes do uso agrícola. O
9 Objetivo do trabalho foi avaliar os atributos biológicos do solo em área submetida ao
10 sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Este estudo foi realizado em uma
11 Unidade de Referência Tecnológica (URT) integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)
12 implantada em 20 hectares da Fazenda Gamada, no município de Nova Canaã do Norte
13 – MT. O estudo foi realizado em uma Unidade de Referência Tecnológica (URT)
14 integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantada em 20 hectares da Fazenda
15 Gamada, no município de Nova Canaã do Norte – MT. Caracterizados pelas espécies
16 florestais implantadas, os tratamentos foram constituídos pela combinação das espécies:
17 Pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teca
18 (*Tectona grandis*) e Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), sendo estas implantadas em
19 linha tripla, intercalada por faixas de 20 metros de largura destinadas para implantação
20 das atividades agrícola e pecuária. Foram analisadas também solos sob vegetação nativa

(1) Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

(2) Engenheiro Florestal, Mestrando no curso Ambiente e Sistema de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Email:benhur.florestal@hotmail.com

(3) Agrônomo, Professor e Orientador no curso Ambiente e Sistema de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Email: marcocarvalho@unemat.br

21 e pastagem conduzida através de sistema convencional, localizadas em área adjacente a
22 URT e que apresentam a mesma classe de solo (Latosolo Vermelho Amarelo
23 distroférico). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo
24 fatorial (6x2), sendo seis tratamentos e dois locais de avaliações (entre os renques
25 florestais e na faixa de pastagem) com três repetições. As seguintes características
26 foram analisadas : Respiração Basal do Solo (RBS), Carbono Orgânico (C-orgânico), e
27 teor de Matéria Orgânica (M.O). O tratamento vegetação nativa apresentou o maior
28 valor de respiração basal do solo, 2,54 mg de C-CO₂ Kg⁻¹.solo.hora⁻¹. Entre os
29 tratamentos sob os sistemas integração lavoura-pecuária-floresta o tratamento Pau-balsa
30 foi o que apresentou as melhores médias para as características analisadas.

31 **Palavras-chaves:** agrossilvipastoril, iLPF, sistemas integrados, florestais

32

33 **Biological attributes of soil in integrated crop-livestock-forest in the Amazon**

34 **Region**

35 **ABSTRACT**

36 The biological properties of the soil are important tools to be used in monitoring
37 environmental changes in the soil resulting from agricultural use. The objective of the
38 study was to evaluate the biological attributes of soil in an area under integrated crop-
39 livestock-forest. The study was conducted in a Reference Unit Technology (RUT) with
40 integrated crop-livestock-forest (iLPF) implanted in 20 acres of Finance Gamada in the
41 town of Nova Canaã do Norte - MT. Characterized by forest species implanted, the
42 different uses were formed by the combination of species: Pinho cuiabano
43 (*Schizolobium amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*), Teak (*Tectona grandis*)

44 and Eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*), deployed in triple line, interspersed with lanes
45 20 feet wide designed for deployment of agricultural and livestock activities. Were also
46 analyzed soils under native vegetation and pasture conducted through the conventional
47 system, located in the area adjacent to RUT and present the same kind of soil (Typic
48 dystrophic). The experimental design was completely randomized in a factorial
49 arrangement (6x2), with six treatments and two local ratings (rows between forest and
50 grassland range) with three replications. The following characteristics were analyzed:
51 Basal Respiration of Soil (BRS), Organic Carbon (organic C), and content of Organic
52 Matter (OM). Treatment native vegetation had the highest amount of soil basal
53 respiration, 2.54 mg C-CO₂ kg⁻¹.solo.hora⁻¹. Among the treatments under systems
54 integrated crop-livestock-forest treatment Pau-balsa showed the best means for traits.

55 **Keywords:** agrossilvipastoril, iLPF, integrated systems, forest

56 **INTRODUÇÃO**

57 A pressão social e econômica para produção de alimentos nos últimos anos,
58 conjuntamente com a exploração inadequada e não planejada dos recursos naturais, tem
59 provocado a degradação de extensas áreas e transformações impróprias de ambientes
60 naturais em áreas agrícolas (Fonseca, et al, 2007). Com isso o principal elemento
61 impactado é o solo, o qual faz parte diretamente da sustentabilidade dos ecossistemas
62 naturais e influencia diretamente a produtividade nos sistemas agrícolas (COOPER,
63 2008).

64 Para Neves et al., (2009) e Silva et al., (2010), a preocupação com a avaliação da
65 qualidade do solo merece atenção, pois a quantificação das alterações em seus atributos,
66 decorrentes da intensificação de uso e manejo, serve para monitorar a produtividade dos
67 solos e a conservação dos recursos naturais. Araujo & Monteiro (2007) destacam as
68 propriedades biológicas e bioquímicas do solo, como importantes indicadores a serem
69 utilizados no monitoramento das alterações ambientais decorrentes do uso agrícola,
70 sendo ferramentas para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo
71 utilizadas.

72 Dentre as propriedades biológicas pode-se destacar a respiração basal, ou
73 atividade microbiana, que assim como outros processos metabólicos, é dependente do
74 estado fisiológico da célula microbiana e é influenciada por diversos fatores do solo,
75 como: a umidade, a temperatura, a estrutura, a disponibilidade de nutrientes, a textura, a
76 relação C/N e pela a presença de resíduos orgânicos (Silva et al., 2010).

77 A microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos resíduos
78 orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, exercendo

79 influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono
80 e nutrientes minerais (Jenkinson & Ladd, 1981 citado por Matsuoka et al., 2003).

81 Com o crescente interesse em aspectos relacionados com o funcionamento
82 biológico do solo sob sistemas naturais e agrícolas, há necessidade de maiores estudos,
83 principalmente os de forma contínua (monitoramento) sobre o impacto dos diferentes
84 sistemas de manejo na biomassa e atividade microbiana dos solos (Pereira et al., 2007),
85 pois como abordado por Araujo & Monteiro (2007) a biomassa e a atividade microbiana
86 têm sido apontadas como indicadores adequados de alterações provocadas ao equilíbrio
87 do solo.

88 Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a atividade
89 microbiana (respiração basal) do solo em áreas submetidas a sistema de integração
90 lavoura-pecuária-floresta, implantada com quatro espécies florestais. Para efeito de
91 comparação o mesmo estudo foi realizado em solos de área com vegetação nativa e
92 pastagem implantada e conduzida pelo sistema convencional no mesmo local.

93

94 MATERIAL E MÉTODOS

95

Área de estudo

96 O presente trabalho foi realizado em uma Unidade de Referência Tecnológica
97 (URT) integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantada em 20 hectares na
98 Fazenda Gamada (10°24'10" S, 55°43' 22" W e altitude de 280 m), município de Nova
99 Canaã do Norte – extremo norte do Estado de Mato Grosso.

100 A área de 20 hectares foi subdividida por quatros tratamentos de 5 hectares cada,
101 os quais foram caracterizados e diferenciados de acordo com a espécie florestal
102 implantada. A área com vegetação nativa e pastagem implantada, conduzida pelo

103 sistema convencional, utilizadas como parâmetro de comparação, trata-se de duas áreas
104 adjacentes da área experimental, que apresentam a mesma classe de solo e condições de
105 declividade.

106 Em 1998 a área da URT - iLPF teve sua vegetação de Floresta Ombrófila
107 desmatada para a implantação de pastagem com braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv
108 *Marandu*), a qual permaneceu por dois anos. Em seguida a área foi utilizada para o
109 cultivo de culturas anuais por seis anos consecutivos, sendo: dois anos cultivos de arroz
110 e quatro anos de soja com segunda safra o cultivo de milho. Depois desse período a
111 lavoura foi substituída pela pastagem novamente com braquiarião, a qual permaneceu na
112 área por dois anos, até a implantação do experimento (2006-2008).

113 Em janeiro de 2009, no sulco central foi realizado o plantio das mudas das
114 espécies florestais Pinho Cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), Pau-balsa (*Ochroma*
115 *pyramidale*), Teca (*Tectona grandis*) e Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em linha
116 tripla, intercalada por faixas de 20 metros de largura destinadas para implantação das
117 atividades agrícola e pecuária.

118 Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Aw (tropical
119 chuvoso) com nítida estação seca. A temperatura média anual varia entre 20°C e 38°C,
120 com média de 26°C (FERREIRA 2001). A média anual de precipitação pluviométrica
121 da área nos últimos seis anos é de 2.175 mm. O solo da área experimental é classificado
122 como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico de textura média. Dois meses antes da
123 instalação do experimento, o solo foi amostrado na profundidade de 0-0,20 m, o qual
124 apresentava as seguintes características químicas: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,70$; $\text{P}(\text{Mehlich}) = 2,50 \text{ mg}$
125 dm^{-3} ; $\text{K}(\text{Mehlich}) = 111 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 1,56 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 0,44 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Al} =$
126 $0,00 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{MO} = 17,00 \text{ g dm}^{-3}$.

Coleta e análise dos dados

127

128 O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial
 129 (6x2), sendo seis tratamentos e dois locais de avaliações (entre os renques florestais e na
 130 faixa de pastagem) com três repetições. Na Tabela 1, encontra-se a relação dos
 131 tratamentos, com a caracterização das amostragens e do tratamento. As amostragens do
 132 local de avaliação floresta foram realizadas na linha central dos renques triplo dos
 133 indivíduos florestais, já no local de avaliação pastagem foram realizadas as amostragem
 134 no centro da faixa.

135 Todas as amostragens foram realizadas de forma aleatórias, no tratamento
 136 vegetação nativa observou-se um distanciamento da borda, para que a mesma não
 137 interferisse nos resultados.

138

139 **Tabela 1.** Tratamentos, número de amostragens em cada local de avaliação e
 140 espaçamento de cada tratamento.

Tratamento	Locais de avaliação		Espaçamento (m)
	Floresta Nº de amostragens	Pastagem	
Eucalipto	9	9	20 x 3 x 2
Teca	9	9	20 x 3 x 2
Pinho cuiabano	9	9	20 x 3 x 3
Pau-balsa	9	9	20 x 3 x 3
Vegetação nativa	9	**	--
Pastagem conv.	**	9	--

141 ** Não apresentam locais diferentes para avaliação.

142

143 As amostragens foram realizadas em junho de 2012, onde foram coletadas
 144 amostras de solo da camada 0-0,10 m de profundidade, sendo essas, acondicionadas em
 145 sacos plásticos protegidas da luz e mantidas em uma caixa térmica. Seguindo as

146 recomendações de Silva et al., (2007), visando manter as amostras em condições mais
147 próximas da quais foram coletadas em campo, as amostras foram encaminhadas no
148 prazo máximo de 24 horas pra o laboratório.

149 As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Análise Foliar da
150 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Alta Floresta,
151 adotando os procedimentos proposto por Silva et al., (2007) para determinação da
152 respiração basal do solo (RBS). Já para determinação do C-orgânico e matéria orgânica
153 do solo foram realizada de acordo com as determinações analíticas estabelecidas pelo
154 Manual de Métodos de Análise de Solos - EMBRAPA (1997).

155 Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e a teste de
156 médias, utilizando o teste de Tukey a 5 %, com auxílio do programa estatístico Sisvar
157 (Ferreira, 2011).

158

159 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

160

161 Conforme apresentado na Tabela 2, observou-se que para nenhuma das
162 características avaliadas houve influencia do local de avaliação. Foi observada diferença
163 significância entre os usos e interação somente entre os fatores uso x local para a
164 respiração basal. Para o teor de matéria orgânica do solo, não ocorreu diferença
165 significativa entre os níveis dos fatores e também interação entre os mesmos.

166

167

168 **Tabela 2.** Valores de F e coeficiente de variação (CV%) da Respiração Basal do Solo
 169 (RBS) em função de diferentes usos e locais. Nova Canaã do Norte – MT, (2012).

Fonte de variação	RBS	C- orgânico	M.O
Uso	114,93**	0,92 ^{NS}	0,93 ^{NS}
Local	3,60 ^{NS}	0,70 ^{NS}	0,71 ^{NS}
Uso x Local	9,46**	0,48 ^{NS}	0,47 ^{NS}
CV (%)	12,41	27,16	27,06

170 **- Significativo ao nível de 1% de probabilidade

171 *- Significativo ao nível de 5% de probabilidade

172 NS – Não significativo

173

174 Os resultados dos valores médios de Respiração Basal do Solo (RBS), Carbono
 175 Orgânico (C-orgânica), e teor de Matéria Orgânica (M.O), conforme apresentado na
 176 Tabela 3, demonstram o comportamento para o uso e locais de avaliações analisados
 177 neste trabalho.

178 Não foram observadas diferenças significativas no teor de C-orgânico e M.O em
 179 análise dos diferentes usos e locais de avaliação. Verificou-se que em todos os usos
 180 analisados havia acúmulo de material orgânico, resultante da contribuição do sistema de
 181 plantio direto e das folhas e galhos das espécies florestais nos sistemas integrados,
 182 assemelhando assim, as condições (valores) do uso vegetação nativa. Bayer et al.,
 183 (2000), Ciotta et al., (2002) e Santos et al., (2009), abordam a eficiência dos sistemas
 184 integrados em acumular M.O e Carbono nas camadas mais próximas à superfície do
 185 solo, decorrente dos resíduos vegetais que permanecem sobre o solo.

186 O uso pastagem convencional também apresentou acúmulo de material orgânico,
 187 assim como de matéria orgânica sobre o solo, logo não se diferiu do teor de C-orgânico
 188 e matéria orgânica dos demais tratamentos. Braz et al., (2004) e Netto et al., (2009)
 189 caracterizam altos teores de matéria orgânica em solo sob pastagem convencional
 190 devido ao comportamento da gramínea, dada sua eficiência de incorporação de matéria

191 orgânica no solo, podendo alguns casos ser superior ao encontrados em área sob
192 vegetação nativa.

193 Os valores muito próximo de C-orgânico, matéria orgânica e RBS entre os locais
194 de avaliação podem estar associado aos benefícios dos sistemas integrados, os quais
195 visam à sinergia entre as atividades (agrícola/pecuária/florestal), tanto pela formação da
196 serrapilheira pelas espécies florestais, conforme também observado por Melo & Resck,
197 (2003) que destaca a importância da ciclagem de nutrientes, como também pelos
198 benefícios da lavoura e pecuária apontados por Macedo (2009) e Chioderoli et al.,
199 (2012) que ocorre a melhoria das propriedades físicas e biológica do solo devido à
200 maior produção de palha.

201

202 **Tabela 3.** Valores médios de Respiração Basal do Solo (RBS), Carbono orgânico (C-
203 orgânico) e teor de Matéria Orgânica do solo (M.O), em função de diferentes usos e
204 locais de amostragem. Nova Canaã do Norte – MT, 2012.

Uso (U)	RBS (mg de C-CO ₂ Kg ⁻¹ solo hora ⁻¹)	C-orgânico (g. kg ⁻¹ solo)	M.O (g. kg ⁻¹ solo)
Vegetação Nativa	2,54	20,12	34,51
Pastagem conv.	0,85	13,96	24,04
Eucalipto	0,85	17,04	29,40
Pau-balsa	0,91	17,32	24,82
Teca	0,85	15,12	26,07
Pinho cuiabano	0,52	13,33	26,42
DMS (Tukey 5%)	0,32	10,60	17,85
Local (L)			
Floresta	1,14	17,22	29,71
Pastagem	1,04	15,68	27,05
DMS (Tukey 5%)	0,12	3,95	6,82

205 DMS: Diferença mínima significativa.

206

207 O desdobramento da interação significativa (uso x locais) esta apresentado na
208 Tabela 4. Nota-se que o tratamento vegetação nativa apresentou maiores valores de
209 RBS em ambos os locais. Ressalta-se que o valor do tratamento vegetação nativa e

210 pastagem convencional foram duplicados para efeito de comparação com os demais
211 tratamentos.

212 O tratamento vegetação nativa (Tabela 4) apresentou a maior média da taxa de
213 respiração basal do solo, 2,54 mg de C-CO₂ kg⁻¹.solo.hora⁻¹, diferindo significamente
214 dos demais tratamentos, fato este que pode ser atribuído ao elevado acúmulo de matéria
215 orgânica do tratamento e pela qualidade edafoclimáticas, fornecendo assim, melhores
216 condições para atividade microbiana no solo, corroborando ao resultado observado por
217 Jakelaitis et al., (2008) em área sob vegetação nativa quando comparado a área de
218 pastagem, área de integração lavoura pecuária e área de cultivo agrícola em plantio
219 direto.

220 Apresentando a menor média da taxa de respiração basal do solo em ambos os
221 locais de avaliação (0,69 e 0,36 mg de C-CO₂ kg⁻¹.solo.hora⁻¹, respectivamente para
222 floresta e pastagem) o tratamento Pinho cuiabano diferiu estatisticamente apenas do uso
223 Mata nativa e Pau-balsa no local Floresta e no local Pastagem não diferiu apenas do uso
224 Pau-balsa (Tabela 4). A baixa taxa de respiração basal do solo do tratamento Pinho
225 cuiabano pode estar relacionada ao processo de decomposição das folhas e galhos da
226 espécie florestal, que por apresentarem alto teores de nitrogênio em suas composições,
227 exercem influencia direta na atividade microbiota, onde há um maior consumo de
228 Carbono, no processo de mineralização do N (baixa relação C/N). Della Bruna et al.,
229 (1991) também verificaram menor atividade microbiana nas áreas de reflorestamento
230 em relação às condições naturais, atribuindo essa menor atividade a composição
231 química do material depositado.

232 No local floresta, o tratamento Pau-balsa apresentou diferença significativa ao
233 local Pastagem, apresentando 1,32 mg de C-CO₂ Kg⁻¹ solo hora⁻¹ e 0,49 mg de C-CO₂

234 Kg^{-1} solo hora⁻¹ respectivamente, fato esse que pode ser atribuído as características da
 235 espécie, que por apresentar rápida formação de copa (sombreamento) e produção de
 236 elevada quantidade de serrapilheira, (matéria orgânica) cria um microclima favorável a
 237 atividade microbiana, corroborando aos resultado obtido por Melloni et al., (2003), que
 238 observaram em solos sob floresta de eucalipto implantada em espaçamento de 3 x 3 m e
 239 em floresta de araucária em espaçamento de 2 x 2 m maiores valores de RBS que a área
 240 sob o cultivo de pastagem (*B. decumbens*).

241 No local Pastagem, todos os usos tiveram menor atividade microbiana em
 242 relação à condição natural (Tabela 4), o que pode ser explicado pela maior quantidade
 243 de matéria orgânica presente neste uso em relação aos demais (Tabela 3). Segundo
 244 Carmo et al., (2009), em locais com maior densidade de raízes, ocorre maior liberação
 245 de compostos exsudados na região rizosférica contribuindo assim, com maior fonte de
 246 substrato e energia para o metabolismo microbiano.

247

248 **Tabela 4.** Desdobramento da interação significativa entre uso e locais de amostragem
 249 da Respiração Basal do Solo (RBS). Nova Canaã do Norte – MT, (2012).

Uso	Local	
	Floresta	Pastagem
	RBS (mg de C-CO₂ Kg⁻¹ solo hora⁻¹)	
Vegetação Nativa	2,54 a A	2,54 a A*
Pastagem conv.	0,85 c A*	0,85 bc A
Eucalipto	0,72 c A	0,97 b A
Pau-balsa	1,32 b A	0,49 cd B
Teca	0,71 c A	0,99 b A
Pinho cuiabano	0,69 c A	0,36 d B
DMS (Tukey 5%)	0,4547	0,2948

250 Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi
 251 aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Classificação com letras
 252 minúsculas para Colunas e letra maiúsculas para linhas. * Valores duplicados para
 253 efeito de comparação com os demais usos.

254

255 Assim como o tratamento Pau-balsa, o tratamento Pinho cuiabano também
256 apresentou diferença significativa entre os locais de avaliações, apresentando no local
257 floresta 0,69 mg de C-CO₂ Kg⁻¹ solo hora⁻¹ e no local pastagem 0,36 mg de C-CO₂ Kg⁻¹
258 solo hora⁻¹. Dias (2008) observou valores semelhantes em solos sob o consorcio de
259 Pinho cuiabano com outras espécies florestais, com avaliação em dois períodos do ano
260 (seco e chuvoso), onde foi observada maior atividade microbiana no período chuvoso e
261 menor no período seco, apresentando respectivamente média de 0,46 mg de C-CO₂ Kg⁻¹
262 solo hora⁻¹ e 0,24 mg de C-CO₂ Kg⁻¹ solo hora⁻¹, sendo esse resultado atribuído ao
263 aumento do microorganismos pela umidade no período chuvoso.

264 Os tratamentos teca, eucalipto e pastagem convencional não tiveram diferença
265 significativa entre os locais de avaliações. Pulrolnik et al., (2009) relacionam a baixa
266 atividade microbiana sob material vegetal oriundo do eucalipto, devido a inferioridade
267 nutricional de seus resíduos (serrapilheira).

268 Segundo Paul e Clark (1996) as condições edafoclimáticas (temperatura,
269 umidade, pH, teores de O₂ e de nutrientes no solo) e a qualidade do material orgânico
270 são fatores de que exercem grande influência nos resultados da avaliação da RBS em
271 solos sob diferentes manejos e sistema de produções.

272 Essas condições podem estar relacionadas aos diferentes comportamentos da
273 RBS em cultivos de eucalipto, que são observados em diversos trabalhos. Silva et al.,
274 (2010) verificaram maiores valores de RBS em solo sob cerrado nativo, quando
275 comparado com solo sob cultivo de eucalipto de 13 anos. Moraes et al., (2011) em
276 avaliação entre campo nativo e floresta homogênea de eucalipto não verificaram
277 diferença significativa. Ibiapina (2011), onde observou em reflorestamento clonal de
278 eucalipto de 2 anos de idade valores de RBS superior a área de cerrado nativo no Piauí.

279 Essas respostas encontradas podem ser um indicativo da grande influência do local e da
280 espécie explorada que contribui para maior ou menor RBS, dependendo muito da época
281 do ano, condições climáticas locais no momento da amostragem e quantidade de
282 serapilheira produzida.

283 Cunha et al., (2011), Carneiro et al, (2009) e Roscoe et al., (2006) destacam a
284 importância da interpretação dos resultados da atividade biológica, uma vez que
285 elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis: a curto prazo
286 pode significar liberação de nutrientes para as plantas e, a longo prazo, perda de C
287 orgânico do solo para a atmosfera.

288

289 **CONCLUSÃO**

290 1. O tratamento vegetação nativa apresentou os maiores valores Respiração
291 Basal do Solo (RBS), Carbono Orgânico (C-orgânico), e teor de Matéria
292 Orgânica (M.O). Entre os tratamentos sob o sistema integração lavoura-
293 pecuária-floresta o tratamento Pau-balsa apresentou as melhores médias para
294 as características analisadas.

295 2. Apenas os tratamentos Pau-balsa e teca apresentaram diferença significativa
296 entre os locais de avaliações (renque floresta e faixa de lavoura/pastagem).

297 3. Não houve diferença significativa para os valores de Carbono Orgânico (C-
298 orgânico), e teor de Matéria Orgânica (M.O) para usos e locais de avaliação,
299 porém a diferença significativa da RBS nos tratamento vegetação nativa e
300 Pau-balsa em relação aos demais tratamentos podem ser atribuídas ao maior
301 incremento das duas variáveis nos referidos tratamentos.

302

303 **AGRADECIMENTO**

304 Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
305 (CAPES) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa e a Universidade
306 do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em especial ao programa de Pós-graduação
307 Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, pelo fomento ao
308 desenvolvimento da pesquisa.

309 **REFERÊNCIAS**

- 310 ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. (2007) Indicadores Biológicos de qualidade
311 do solo. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75.
312
- 313 BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN NETO, L. (2000).
314 Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping
315 systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 54, n. 1-2, p. 101-109.
316
- 317 BRAZ, S.P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. & BODDEY, R.M. (2004). Degradação
318 de pastagens, matéria orgânica do solo e a recuperação do pontencial produtivo em
319 sistemas de baixo “input” tecnológicos na região dos Cerrados. Brasília, EMBRAPA
320 (Circular Técnica, 9)
321
- 322 CARMO, F.F.; BARBOSA, E.A.; SILVA, D.E. ; FERNANDES, S.B.; BATISTA,
323 L.M.T.; DINIZ, L.T.; REIS, A.P.; RAMOS, M.L. (2009) Avaliação da atividade
324 microbiana em solo do Cerrado sob Sistema de Integração Lavoura Pecuária e culturas
325 anuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 32. 2009. Fortaleza.
326 Anais.O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios, SBCS.
327
- 328 CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO,
329 W.R.(2009). Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes
330 sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157.
331
- 332 CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.;
333 SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. (2012) Atributos físicos do solo e produtividade de
334 soja em sistemas de consórcio milho e braquiária. *Revista Brasileira de Engenharia*
335 *Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 16, n. 1, p.37-43.
336
- 337 CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V. (2002)
338 Acidificação de latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.
339 26, n. 4, p. 1055-1064.
340
- 341 COOPER, M. (2008). Degradação e Recuperação de Solos. Recuperação de Áreas
342 Degradadas. ESALQ – Piracicaba.
343
- 344 CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, P. B.; DIDONET, A. A.; LEANDRO, W.
345 M. (2011). Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de
346 feijão e milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:603-611.
347
- 348 DELLA BRUNA, E.; BORGES, A. C.; FERNANDES, B.; BARRO, N.; MUCHOVEJ,
349 R. M. C. (1991). Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de
350 eucalipto e de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, p. 15-20.
351
- 352 DIAS, J. D. (2008). Dinâmica do amônio e nitrato em solos consorciados com plantios
353 de paricá (*Schizolobium Amazonicum*) em Aurora do Pará, Pará. Dissertação (Mestrado
354 em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,

- 355 Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi
356 e EMBRAPA, Belém.
357
- 358 EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de
359 solos. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
360
- 361 FERREIRA, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e*
362 *Agrotencologia (UFLA)*, V. 35, n.6, p. 1039-1042.
363
- 364 FERREIRA, J.C.V. (2001). Mato Grosso e seus Municípios. Cuiabá - MT: Secretaria de
365 Estado da Educação, 365p.
366
- 367 FONSECA, G.C.; CARNEIRO, M.A.C.; COSTA, A.R.; OLIVEIRA, G.C.; BALBINO,
368 L.C. (2007). Atributos físicos químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de
369 cerrado sob duas rotações de cultura. *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical*. 37(1);22-
370 30.
371
- 372 IBIAPINA, T. V. B. (2011). Atributos físicos e biológicos de latossolo amarelo em
373 áreas cultivadas com soja e eucalipto no cerrado Piauiense. Dissertação (Mestrado em
374 Agronomia e Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia/
375 Produção Vegetal da Universidade Federal do Piauí – UFPI. Teresina.
376
- 377 JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B. & VIVIAN, R. (2008). Qualidade da
378 camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Revista Pesquisa*
379 *Agropecuária Tropical*, 38:118-127.
380
- 381 MACEDO, M. C. M. (2009). Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e
382 inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. V.38, p133-146.
383
- 384 MATSOUKA, M.; MENDES, L. C.; LOUREIRO, M. F. (2003). Biomassa microbiana
385 e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e
386 perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,
387 27:425-433.
388
- 389 MELO, J. T.; RESCK, D. V. S. (2003). Retorno ao solo de nutrientes de serrapilheira de
390 *Eucalyptus camaldulensis* no Cerrado do Distrito Federal. *Boletim de pesquisa e*
391 *desenvolvimento - Embrapa – Cerrados*, 17 p.
392
- 393 MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, N.; VIEIRA, F. B. M. (2008)
394 Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no
395 sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2461-2470.
396
- 397 MORAES, J. R.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F.; OLDRA, S.; DA ROSA, D. S. B.;
398 CASTILHO, R. M. V. (2011). Atributos microbiológicos em solos sob campo nativo e
399 cultivados com eucalipto no Bioma Pampa. IN: XIII Encontro de Pós-Graduação-
400 UFPEL. Pelotas – RS.
401

- 402 NETTO, I. T. P.; KATO, E.; GOEDERT, W. J.(2009). Atributos físicos e químicos de
403 um latossolo vermelho-amarelo sob pastagem com diferentes tipos de usos. Revista
404 Brasileira de Ciência do Solo, 33:1441-1448.
- 405
406 NEVES, C.M.N.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.;
407 FERREIRA, M.M.; SOUZA, F.S. (2009). Indicadores da qualidade do solo em sistema
408 agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. Ciências agrotécnicas.
409 Lavras, v. 33, n. 1, Feb.
- 410
411 PAUL, E. A.; CLARK, F. E. (1996) Dynamics of residue decomposition and soil
412 organic matter turnover. In: SOIL microbiology and biochemistry. 2nd ed. San Diego:
413 Academic.
- 414
415 PEREIRA, A. A. (2007). et al. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do
416 solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. Revista
417 Brasileira de Ciência do Solo, 31:1397-1412.
- 418
419 PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B.
420 (2009). Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria
421 orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. R.
422 Bras. Ci. Solo, 33:1125-1136.
- 423
424 ROSCOE, R.; MARCANTE. F. M.; SALTON, J.C. (2006). Dinâmica da matéria
425 orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos
426 auxiliares. – Dourados: Embrapa Agropecuaria Oeste, 304p.:Il.
- 427
428 SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G.O. (2009) Efeitos do
429 sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em
430 plantio direto. Acta Scientiarum. Agronomy Maringá, v. 31, n. 4, p. 719-727.
- 431
432 SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.;
433 ALOVISI, A. M. T. (2010). Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes
434 sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. Revista
435 Brasileira de Ciência do Solo, 34:1585-1592.
- 436
437 SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. (2007). Determinação da respiração
438 basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). Comunicado Técnico 99. Embrapa.
439 Seropédica – RJ.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Considerada como uma tecnologia nova entende-se que é necessário a realizações de mais estudos neste sistema e principalmente de forma continua e mais efetiva, pois como foi possível observar tanto na área da pesquisa como na área da produção (produtores rurais) há divergências quanto a eficiência deste sistema no aspecto produtivo e na sustentabilidade ambiental e agrícola.

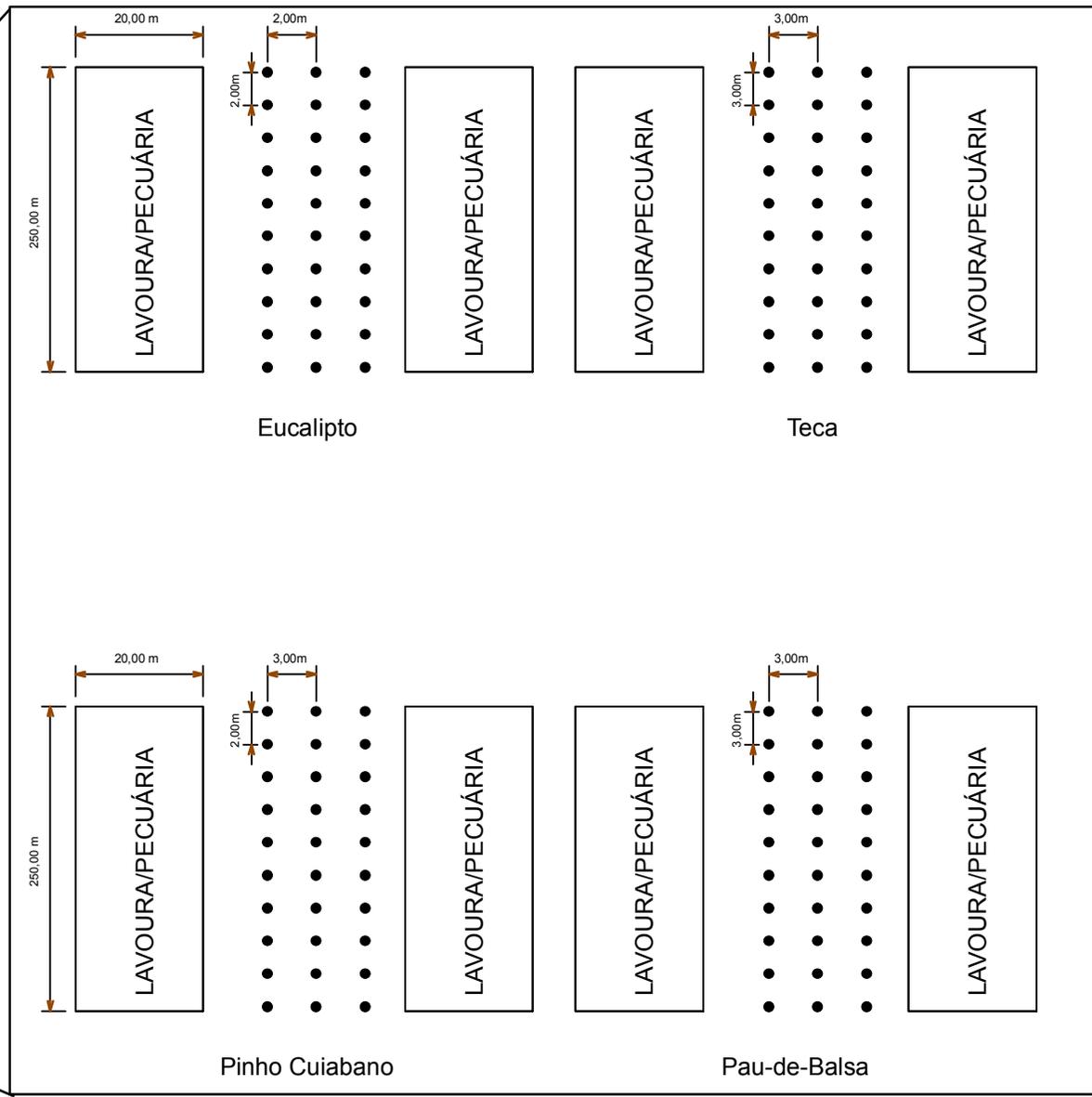
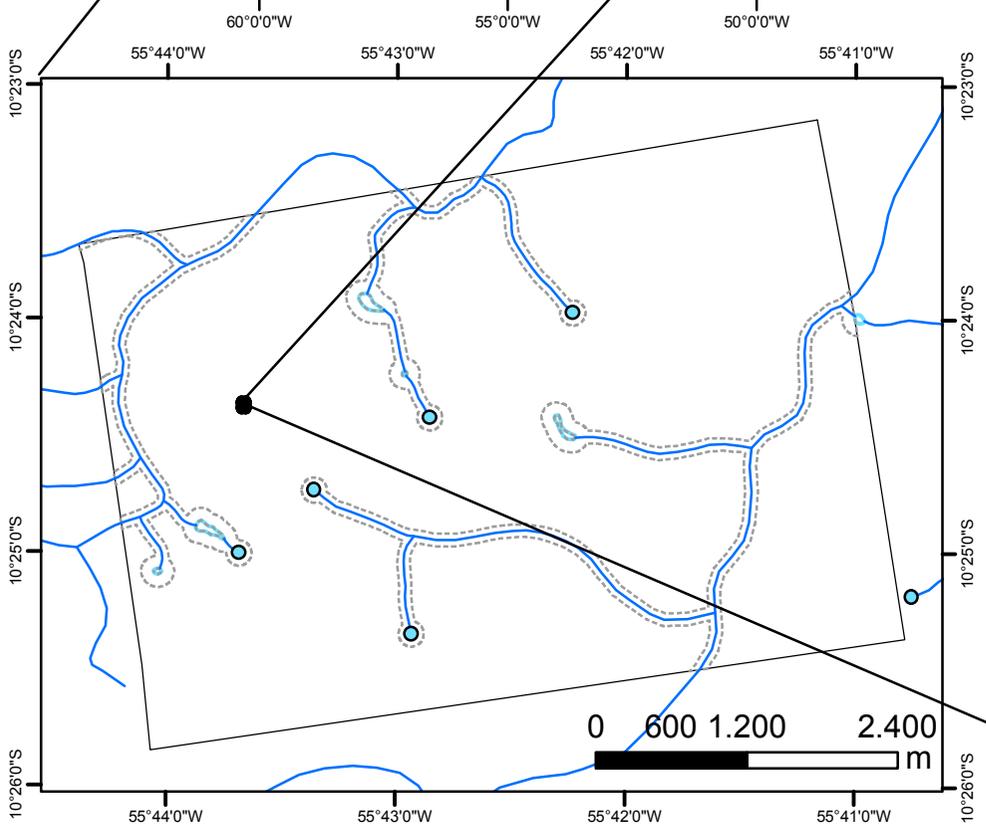
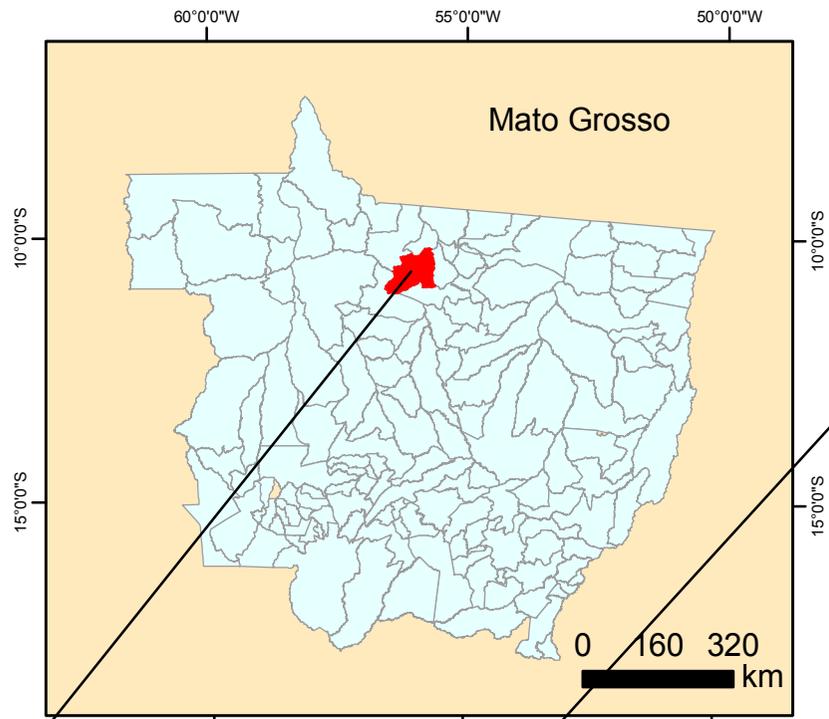
Acredita-se que esse trabalho possa contribuir para o estudo da viabilidade agrônômica e ambiental do sistema integração lavoura-pecuária-floresta, notado que o mesmo apresenta características importantes voltadas ao aumento e diversificação da produção agropecuária e principalmente a conservação do solo e recursos naturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com avaliação das características dos atributos físico e biológico do solo em área submetida ao sistema integração lavoura-pecuária-floresta, foi possível observar através da comparação com área sob vegetação nativa que assim como qualquer outro sistema de produção agrícola, o sistema integração lavoura-pecuária-floresta exerce impacto negativo aos atributos físico e biológico do solo analisados, porém quando comparado esses mesmos atributos com solos sob pastagem convencional, foi possível observar melhora tanto nas condições física como biológica do solo.

ANEXOS

LOCALIZAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL



Proj.: Lat/Long
Datum: WGs 1984



Foto 1. Tratamento com Eucalipto em linha tripla.(Fonte: Benhur, 2010)

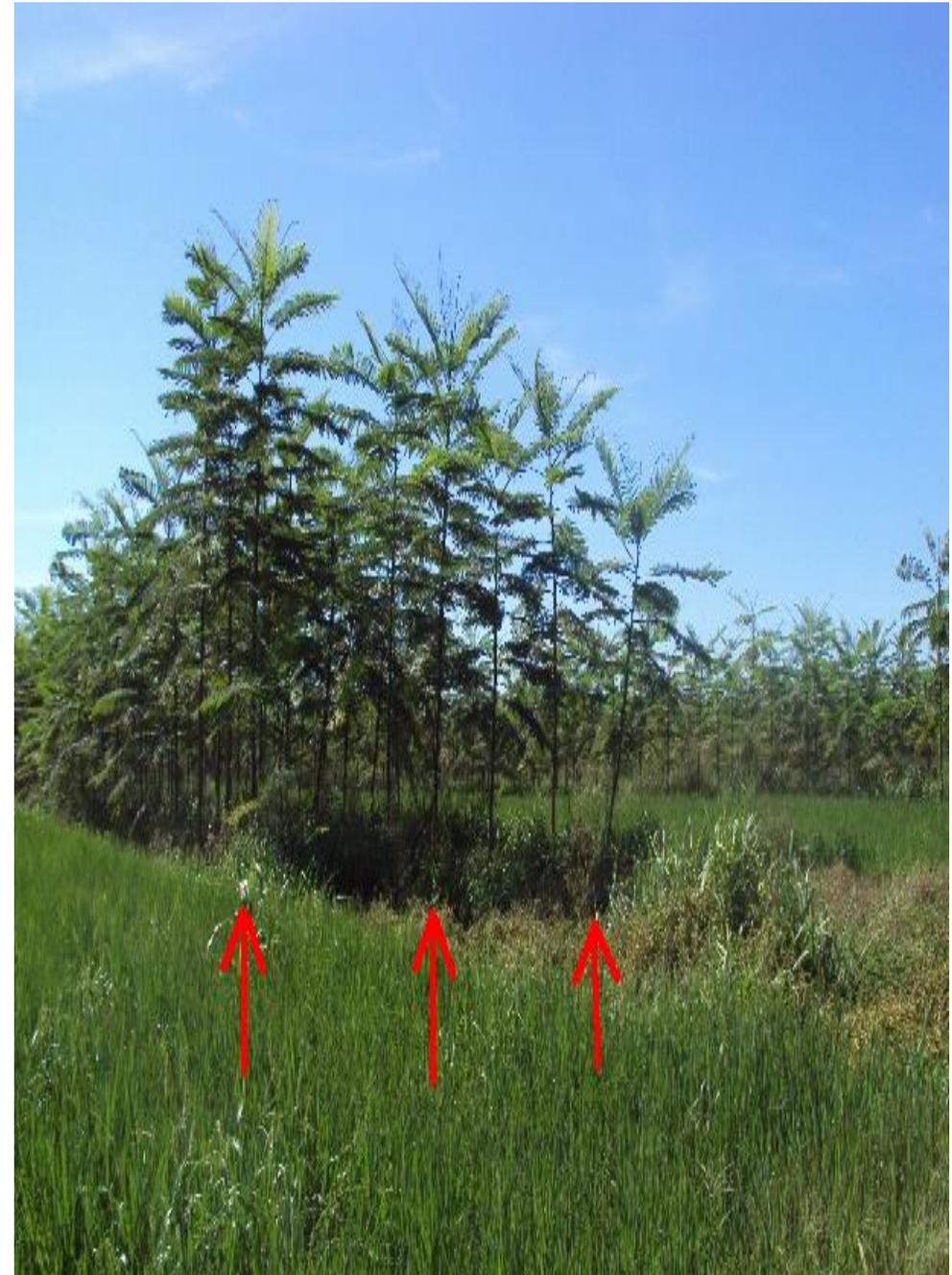


Foto 2. Tratamento com Pinho Cuiabano em linha tripla (Fonte: Benhur, 2010)



Foto 3. Tratamento com Teca em linha tripla (Fonte: Benhur, 2010).



Foto 4. Tratamento com Pau-balsa em linha tripla (Fonte: Benhur, 2010)