

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO MANEJADO  
EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO**

**Fernanda Schmitt Gregolin**

Engenheira Agrônoma

2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO MANEJADO  
EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO**

**Fernanda Schmitt Gregolin**

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Silva Matos**

**Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Ferreira**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos

**Abril de 2017**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35/Distrito Industrial - Cep: 78557267 - Sinop/MT  
Tel : (66) 3531-1663/ramal - Email : ppgasinop@ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO



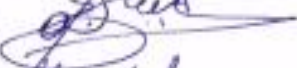
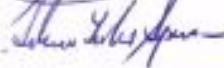
**TÍTULO : Estoques de Carbono e Nitrogênio do Solo Manejado com Sistemas de Integração**

AUTORA : Mestranda Fernanda Schmitt Gregolin

Dissertação defendida e aprovada em 18/04/2017.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador	Doutor	Eduardo da Silva Matos	
Instituição :	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agrossilvipastoril		
Coorientador	Doutor	Anderson Ferreira	
Instituição :	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agrossilvipastoril		
Examinador Interno	Doutor	Carlos Cesar Breda	
Instituição :	Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT-Sinop		
Examinador Externo	Doutor	Sívio Túlio Spera	
Instituição :	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária		

SINOP, 08 /05 /2017.

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

S355e Schmitt Gregolin, Fernanda.  
Estoque de Carbono e Nitrogênio de Solo Manejado com  
Sistemas de Integração / Fernanda Schmitt Gregolin. -- 2017  
viii, 60 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Eduardo da Silva Matos.  
Co-orientador: Anderson Ferreira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato  
Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Sinop, 2017.  
Inclui bibliografia.

1. Pastagem. 2. manejo do solo. 3. agrossilvipastoril. 4.  
agropastoril. 5. sustentabilidade. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Fernanda Schmitt Gregolinnasceu em 22 de novembro de 1992 na cidade de Crissiumal, Rio Grande do Sul, mudou-se para o estado de Mato Grosso em 1998, onde cursou seu ensino fundamental e médio na escola estadual Júlio Muller, no município de Barra do Bugres. Em março de 2010, iniciou sua vida acadêmica na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Câmpus Universitário de Sinop, no curso de Agronomia. Participou de projetos de iniciação científica (CNPq/Capes) e coordenou a Empresa Júnior de Agronomia (InterAgro). Em fevereiro de 2015, recebeu o título de Bacharel em Agronomia, pela UFMT - Sinop e, em março do mesmo ano, ingressou no mestrado, pelo programa de Pós-graduação em Agronomia, com ênfase em Solos, pela UFMT-Sinop.

*"Don't worry about a thing,  
'Cause every little thing is gonna be alright..."*Bob Marley.

## **DEDICATÓRIA**

À memória da minha avó Jaci Fernandes Gregolin. Uma dedicação especial a minha Irmã Cristina Schmitt Gregolin. E por fim, aos meus pais, Clovis Fernandes Gregolin e Neli Arselia Schmitt, exemplos de pilares implacáveis.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo auxílio financeiro, na forma de concessão de bolsa;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agrossilvipastoril por disponibilizar recursos, humanos e financeiros;

À Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop, pelos excelentes professores, que dividiram seus conhecimentos. Em especial ao Prof. Dr. Cassiano Pereira Spaziani, Coordenador do Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Especial ao Pesquisador Dr. Eduardo da Silva Matos por me orientar, pelos conselhos, "puxões de orelha" e compreensão ao longo do desenvolvimento projeto, que engrandeceram meu conhecimento teórico, prático e pessoal;

À equipe de estagiários e colaboradores da Embrapa Agrossilvipastoril, que contribuíram imensamente, de forma indireta e direta, para a concretização deste projeto, em especial a Ana Paula Zaiatz, Camila Juliana de Medeiros, Mariana Kamoi, Jessica Lima Viana e Jumara Carvalho;

Um agradecimento especial à Gessica Carvalho, Tarcio Rocha e Mariely dos Santos Lopes, pela amizade, carinho e principalmente pelas risadas e lágrimas compartilhadas;

À Allane Milla de Carvalho, que sempre esteve ao meu lado;

À minha família, meus pais Clovis Fernandes Gregolin e Neli Arselia Schmitt, por serem os pilares, o exemplo e muitas vezes a razão deste projeto e irmãs Carine Schmitt Gregolin e Cistina Schmitt Gregolin;

Em especial, a minha "irmãzinha" Cristina Schmitt Gregolin, a quem devo muito, que apesar dos meus devaneios nunca se esqueceu ou me deixou sozinha, a você agradeço imensamente por tudo, desde as pequenas até as grandes coisas, como a concretização deste projeto.

A todos deixo meu mais sincero agradecimento, Muito Obrigada!



## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
LISTA DE TABELA.....	x
LISTA DE FIGURA.....	xi
1.0. CAPÍTULO 1 –CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1. INTRODUÇÃO .....	1
1.2. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
1.2.1. Uso e manejo do solo e estoques de carbono e nitrogênio.....	2
1.2.2. Biomassa microbiana do solo .....	5
1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	7
2.0. CAPÍTULO 2 – RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE DO SOLO E ESTOQUES DE CARBONO E NITROGENIO DO SOLO, MANEJADO EM DIFERENTES SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO, NO NORTE DE MATO GROSSO.....	12
RESUMO .....	12
2.1. INTRODUÇÃO .....	13
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.2.1. Caracterização da área experimental e sistema de manejo .....	14
2.2.2. Coleta de amostras de solo.....	17
2.2.3. Análise estatística .....	20
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	20
2.3.1. Densidade do solo .....	20
2.3.2. Teor de carbono e nitrogênio do solo.....	23
2.3.3. Estoque de carbono do solo.....	25
2.3.4. Estoque de nitrogênio do solo.....	27
2.3.5. Distribuição horizontal dos estoques de carbono e nitrogênio do solo.....	28
2.4. CONCLUSÃO .....	30
2.5. AGRADECIMENTOS .....	31
2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
3.0. CAPÍTULO 3 – CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA NO SOLO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA .....	38
RESUMO.....	38
3.1. INTRODUÇÃO.....	39

3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	40
3.2.1. Caracterização da área e experimental e sistemas de manejo .....	40
3.2.2. Coleta amostras de solo .....	42
3.2.3. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo .....	43
3.2.4. Análise estatística .....	44
3.3. RESULTADO E DISCUSSÕES .....	44
3.3.1. Carbono da biomassa microbiana do solo .....	44
3.3.2. Distribuição horizontal do carbono da biomassa microbiana do solo .....	47
3.4. CONCLUSÕES.....	50
3.5. AGRADECIMENTOS.....	50
3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
APÊNDICES.....	55
APÊNDICE A .....	56
APÊNDICE B .....	56
APÊNDICE C .....	57
APÊNDICE D .....	58
APÊNDICE E .....	58
APÊNDICE F .....	59
APÊNDICE G .....	60

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o acúmulo de carbono (C) e nitrogênio (N), a densidade do solo (Ds) e o carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), em área submetida a três tipos de cultivo: 1)ILP (pastagem de *Urochloa ruziziensis* em rotação com o milho (*Zea mays*); 2)ILPF-50 (composto por renques duplos de eucalipto com espaçamento entre renques de 50 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* rotacionada com milho); 3)ILPF-15 (composto por renques triplos de eucalipto, com espaçamento entre renques de 15,0 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* em rotação com o milho). Para fins de comparação utilizaram-se dados de estoques de C, N e CBM obtidos em solo de uma área de mata nativa e pousio, localizados nas proximidades da área experimental. As análises foram realizadas em amostras de solo indeformadas (Ds) e deformadas (teor/ estoques de C e N e CBM), em dois períodos de avaliação 2013 e 2015. Para avaliação do CBM foram coletadas amostras na camada de 0-10 cm, para os teores de estoques de C e N foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-30 cm. Em relação a Ds, no ILPF-15 e ILPF-50, foi observada a influencia do componente florestal, com os menores valores nas linhas de árvores em relação as linhas de cultivo. Após quatro anos de implantação dos diferentes sistemas de integração foram obtidos incremento médio anual nos estoques de C de 1,4 Mg ha<sup>-1</sup> no ILPF-50; 1,0 Mg ha<sup>-1</sup> no ILP e de 0,2 Mg ha<sup>-1</sup> no ILPF-15. Onde o ILPF-50 obteve estoques médios de C similares aos apresentados pela mata nativa em ¼ do tempo estimado (20 anos). Ao avaliar a distribuição horizontal dos estoques de C e N no solo, foi observado a influência do componente florestal, onde os maiores estoques de C e N foram obtidos a 7,5m (ILPF-15) e a 25,0 m (ILPF-50) de distância das linhas de eucalipto. No ILPF-50, houve tendência de aumento nos acúmulos de C no solo, com o aumento nos estoques de N no solo. Por sua vez, em relação ao CBM foi observado o aumento em relação a mata nativa de 43, 28 e 58% para os tratamentos ILP; ILPF-50 e ILPF-15 respectivamente. No que diz respeito a distribuição do CBM nas diferentes faces de isolamento (norte e sul) e nas diferentes distâncias do transecto, dos tratamentos ILPF-15 e ILPF-50, a distribuição ocorreu de maneira uniforme ao longo de todo o tratamento, após quatro anos de implantação. Demonstrando a elevada capacidade de retenção de C e N em sistemas integrados com rotação de culturas.

**Palavras-chave:** Pastagem, manejo do solo, agrossilvipastoril, agropastoril, sustentabilidade.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the accumulation of carbon (C) and nitrogen (N), soil density (Ds) and soil microbial biomass carbon (CBM) in an area under three types of cultivation: 1) ILP (*Urochloa ruziziensis* pasture rotating with maize (*Zea mays*); 2) ILPF-50 (composed of double row of eucalyptus with 50 m row spacing under maize rotated *U. ruziziensis*); 3) ILPF-15 (composed of triple row of eucalyptus, with row spacing of 15.0 m, under cultivation of *U. ruziziensis* in rotation with corn). For comparison purposes, C, N and CBM stock data were obtained from an area of native forest and fallow, located in the vicinity of the experimental area. The analyzes were performed on undeformed (Ds) and deformed soil samples (C / N and CBM contents / stocks), in two 2013 and 2015 evaluation periods. For the evaluation of CBM samples were collected in the 0-10 cm layer, For the contents of C and N stocks were collected in the 0-5, 5-10 and 10-30 cm layers. In relation to Ds, in ILPF-15 and ILPF-50, the influence of the forest component was observed, with the lowest values in the tree lines in relation to the cultivation lines. After four years of implementation of the different integration systems, an average annual increase in C stocks of 1.4 Mg ha<sup>-1</sup> in ILPF-50 was obtained; 1.0 Mg ha<sup>-1</sup> in ILP and 0.2 Mg ha<sup>-1</sup> in ILPF-15. Where the ILPF-50 obtained average C stocks similar to those presented by the native forest in ¼ of the estimated time (20 years). When assessing the horizontal distribution of C and N stocks in the soil, the influence of the forest component was observed, where the highest C and N stock was obtained at 7.5 m (ILPF-15) and at 25.0 m (ILPF -50) away from the eucalyptus lines. In ILPF-50, there was a tendency of increase in C accumulations in the soil, with the increase in N stocks in the soil. In relation to the CBM, the increase in relation to the native forest of 43, 28 and 58% for the ILP treatments was observed; ILPF-50 and ILPF-15 respectively. Concerning the distribution of CBM in the different faces of isolation (north and south) and the different distances of the transect, ILPF-15 and ILPF-50 treatments, the distribution occurred uniformly throughout the treatment, after four years of implementation. Demonstrating the high retention capacity of C and N in integrated systems with crop rotation.

**Key words:** Pasture, soil management, agrosilvipastoril, agropastoril, sustainability

## LISTA DE TABELA

CAPÍTULO	Página
TABELA 1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO NO ANO DE 2011. .....	15
TABELA 2. SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS NA PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRA DURANTE O PRIMEIRO CICLO APÓS A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA. ....	17
TABELA 3. TEOR DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO, APÓS SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA E IMPLANTAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO.....	24

## LISTA DE FIGURA

	Página
<b>FIGURA 1.</b> ESQUEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS NOS DIFERENTES ANOS E QUADRANTES AVALIADOS.....	16
<b>FIGURA 2.</b> SISTEMA DE COLETA DE AMOSTRAS DEFORMADAS E INDEFORMADAS DE SOLO, NOS TRATAMENTOS ILPF-50 (A) E ILPF-15 (B), NOS DIFERENTES ANOS DE AVALIAÇÃO. ....	18
<b>FIGURA 3.</b> DENSIDADE DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DE MATO GROSSO. ....	20
<b>FIGURA 4.</b> DENSIDADE DO SOLO EM DIFERENTES ESQUEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA. ....	21
<b>FIGURA 5.</b> ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO NA CAMADA DE 0-30 CM, NOS DIFERENTES TRATAMENTOS E ANOS AVALIADOS .....	25
<b>FIGURA 6.</b> ESTOQUE DE NITROGÊNIO NO SOLO NA CAMADA DE 0-30 CM, NOS DIFERENTES SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO ESTUDADOS. ....	28
<b>FIGURA 7.</b> DISTRIBUIÇÃO HORIZONTAL DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM DIFERENTES ARRANJOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA.....	29
<b>FIGURA 8.</b> ESQUEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS NOS DIFERENTES QUADRANTES AVALIADOS. ....	41
<b>FIGURA 9.</b> ESQUEMA DE COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO NO SISTEMA ILPF-50 (A) E ILPF-15 (B).LC – LINHA CENTRAL DO RENQUE; LE – LINHA EXTERNA DO RENQUE; 3,5 M; 7,5 M; 12,5 M; 25,0 M – A 3,0 7,5; 12,5 E 25,0 M DE DISTÂNCIA DA LINHA EXTERNA DO RENQUE DE EUCALIPTO. ....	43
<b>FIGURA 10.</b> CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (0-10 CM) EM DIFERENTES SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO, COM CONSÓRCIO E ROTAÇÃO DE CULTURAS.....	45
<b>FIGURA 11.</b> DISTRIBUIÇÃO DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO. ....	48
<b>FIGURA 12.</b> DISTRIBUIÇÃO DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA COM ESPAÇAMENTO ENTRE RENQUES DE 15,0M.....	49

# **ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DE SOLO MANEJADO COM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO**

## **1.0. CAPÍTULO 1 –CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1.1. INTRODUÇÃO**

O aumento da demanda por alimentos associado à redução do desmatamento, promoveu o aumento da utilização de sistemas sustentáveis, com destaque aos sistemas com integração (GOUVELLO, 2010). No entanto, o baixo conhecimento técnico vem sendo considerado, no estado de Mato Grosso, como o principal fator limitante ao aumento das áreas sob algum tipo de integração (KLEFFMANN GROUP, 2016)

Diferentes tipos de sistema de manejo promovem diferentes impactos no solo, que podem ser benéficos ou não, podendo acarretar melhoria na qualidade do solo (ZANINETTI et al., 2016), de forma a promover menor densidade do solo, e consequente aumento da agregação, infiltração de água e porosidade do solo, ou acarretar na degradação física química e biológica do solo (COGO et al., 2013).

O principal fator ligado a melhoria/degradação dos solos localizados em regiões de clima tropical é o conteúdo de matéria orgânica (GOUVELLO, 2010), sendo o principal promotor da estabilidade e fertilidade desses solos. Desta forma a utilização de sistemas conservacionistas, como o sistema plantio direto, a utilização de adubos verdes, a rotação e o consórcio de culturas, aumentam a deposição de resíduos vegetais na superfície e a atividade microbiana (MERCANTE et al., 2004).

O aumento no conteúdo de matéria orgânica no solo está diretamente ligado à composição do material vegetal em decomposição. A relação C/N dos resíduos vegetais determina a velocidade de decomposição (ACOSTA et al., 2014; CONCEIÇÃO et al., 2014). A decomposição por sua vez, é totalmente dependente da atividade biológica do solo (NOGUEIRA et al., 2016). Desta forma, a avaliação da

biomassa microbiana vem sendo amplamente utilizada para determinar a qualidade do solo, por ser um indicador sensível as alterações sofridas no ambiente (DI CIOCCO et al., 2014; FERNANDES et al., 2013).

Assim sendo, a utilização de tecnologia adequada para o manejo do solo e das culturas é fundamental, principalmente quando adaptadas às condições específicas do ambiente de cultivo. Faz-se necessária a determinação dos estoques de carbono e nitrogênio do solo e da biomassa microbiana em sistemas de integração para a rápida percepção das alterações promovidas pelo sistema no solo, assim como a determinação dos efeitos da densidade do solo sobre os estoques de carbono e nitrogênio do solo. Objetivou-se então, avaliar a densidade do solo, os estoques de carbono e nitrogênio no solo e o conteúdo de carbono da biomassa microbiana e sua distribuição horizontal em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, cultivados com sistema plantio direto, em modo de rotação com o milho (*Zea mays*) e a *Urochloa ruziziensis*, consorciados com feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e *U. brizantha* cv. BRS Piatã.

## **1.2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.2.1. Uso e manejo do solo e estoques de carbono e nitrogênio**

O bioma Amazônia possui papel crítico no balanço global de carbono, funcionando como um “armazém” de carbono, tanto na biomassa das plantas como na do solo. Além de desempenhar papel crucial na reciclagem e regulação do clima e transporte de umidade na América do Sul, devido ao seu efeito sobre o ciclo da água (OMETTO et al., 2013).

Assim sendo, em um agrossistema estável, a liberação de carbono na forma de CO<sub>2</sub> por oxidação da matéria orgânica do solo é equilibrada pela entrada de carbono na forma de resíduos de plantas e animais. No entanto, algumas intervenções como desmatamentos, tipos de cultivo e incêndios, resultam em perda líquida de carbono no sistema solo (NEILL et al., 1997; RESCK et al., 2000;



ROSCOE et al., 2001). Além disso, em regiões de clima tropical, a combinação de altas temperaturas e umidade promove o aumento dos processos biológicos do solo provocando uma rápida perda de carbono orgânico.

No que se refere ao nitrogênio, a entrada deste no sistema ocorre por meio da adubação e fixação biológica, enquanto as perdas estão relacionadas aos fenômenos de erosão, lixiviação, desnitrificação e remoção pelas colheitas, sendo primordial um balanço positivo de nitrogênio no sistema para que haja acúmulo desse nutriente e, por conseguinte, de matéria orgânica do solo (NUNES et al., 2011).

Anualmente, a queima de combustíveis fósseis e a queima e derrubada de florestas acrescentam mais de 7,0 Gt de carbono na atmosfera e cerca de 70% do desmatamento de florestas tropicais na última década foram promovidos pela pressão de abertura de novas áreas destinadas a agricultura (MARDAS et al., 2013; GCP, 2016). O aumento das emissões de gases do efeito estufa (GEE) promove alterações no clima, como o aumento da temperatura e alterações no ciclo da água, podendo interferir severamente no ecossistema da floresta Amazônica, reduzindo sua capacidade de reter carbono (OMETTO et al., 2013). No Brasil, a mudança de uso do solo e florestas dos Biomas Amazônia e Cerrado contribuem com 80,7% das emissões de CO<sub>2</sub> nos diferentes biomas brasileiros, sendo o cerrado responsável por 62% das emissões (BRASIL, 2014).

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o desmatamento da floresta Amazônica teve redução a partir de 2004, com área total desmatada em 2012 cerca de 4.656 km<sup>2</sup>, sendo o estado de Mato Grosso responsável por desmatar 2.121 km<sup>2</sup> (INPE, 2012) e a atingir em 2015, valores de 1.660 km<sup>2</sup> desmatados na Amazônia legal, sendo novamente o estado de Mato Grosso responsável por 35% do total desmatado, liderando o “ranking”, seguido do estado do Pará (26%) e Rondônia (20%) (FONSECA, 2015).

O Brasil é um dos principais produtores de grãos e carnes, com 58,5 milhões de hectares destinados a produção de grãos. Destes, mais de 23 milhões de hectares estão localizados na região Centro-Oeste, que é responsável por 42% da

safrinha brasileira de grãos. O estado de Mato Grosso, por sua vez, é o principal produtor da região, produzindo mais de 50 milhões de toneladas de grãos em uma área de 14 milhões de hectares (CONAB, 2016) e aproximadamente 17,23 milhões de hectares, sob cultivo de pastagem natural ou plantada (IBGE, 2006; DIAS FILHO, 2014), localizados principalmente no Cerrado, nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde 50 a 80% da área atualmente ocupada por pastagens, destinadas à agropecuária encontra-se degradada ou com algum nível de degradação (ZIMMER et al., 2011; DIAS FILHO, 2014).

Em 2015, 80% da área da Amazônia legal (região Norte e os estados de Mato Grosso e Maranhão) brasileira desmatada ocorreu em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse, sendo que 389 km<sup>2</sup> da floresta encontram-se degradadas, devido a exploração madeireira intensa ou à queimada, e que toda a degradação registrada no período de agosto de 2013 a janeiro de 2016 estava localizada no Mato Grosso (FONSECA, 2015), estado no qual a agricultura é o principal promotor em resposta à crescente demanda urbana por alimentos e derivados.

Mudanças na economia e na legislação brasileira têm contribuído para uma redução do desmatamento nos últimos anos, sendo o setor agrícola responsável em 2009, por emitir menos CO<sub>2</sub> para a atmosfera quando comparado com a produção de energia. Todavia, apesar das reduções nas emissões de CO<sub>2</sub> promovidas pela mudança do uso do solo, as emissões de gás metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) permaneceram crescentes ao longo dos anos, sendo a agropecuária considerada a principal responsável pelas emissões à atmosfera (IBGE, 2015).

Alterações no uso do solo podem atuar como dreno ou fonte de carbono atmosférico, dependendo do sistema de manejo adotado. De acordo com a FAO (2010), as principais causas da degradação das pastagens no mundo ocorrem devido ao manejo inadequado e ao uso de taxas de lotação que excedam a capacidade do pasto se recuperar. No Brasil, além da superlotação, a ausência de adubações periódicas, falhas no estabelecimento das pastagens, uso do fogo e problemas como o ataque de pragas e insetos, são apontados como as principais causas da degradação (DIAS FILHO, 2014).

A fim de reverter ou deter a perda líquida de C, a adoção de práticas conservacionistas, como a substituição do modo de monocultivo por sistemas integrados, como a ILPF, associados ao sistema plantio direto com rotação de culturas podem ser estratégias eficientes de mitigação desses efeitos. De acordo com Tichit et al. (2011), integrar atividades adicionais ao sistema de produção promove a diversidade biológica do solo e a autossuficiência do sistema, quando comparados com sistemas especializados de produção. Além de trazer benefícios econômicos (WILKINS, 2008).

Na Amazônia brasileira, a transição de monocultivos para sistemas integrados de produção proporciona o acréscimo na produtividade, reduz o desmatamento e as emissões de gases do efeito estufa e promove maior resiliência na área (BONAUDO et al., 2013). O aumento dos estoques de carbono do solo está relacionado com o aumento da fertilidade do solo e, por conseguinte, com um sistema de manejo mais sustentável (BALDOTTO et al., 2015). Contudo, ainda há muito que se estudar sobre os efeitos da conversão das terras naturais para usos agrícola ou pastoril no que se refere aos estoques de carbono no solo (BATLE-BAYER et al., 2010).

A utilização de sistemas integrados como a ILPF, associados a práticas de manejo conservacionistas, com a utilização do sistema plantio direto, consórcios e rotações de culturas, proporciona aumento da cobertura do solo, reduz a temperatura e o revolvimento do solo, e por consequência reduz a atividade microbiana, fazendo com que a taxa de decomposição do resíduo vegetal seja reduzida, aumentando assim o tempo de permanência da cobertura no solo. Segundo Resck e Silva (1995), estudando sistema plantio direto observaram taxas de acúmulo de C orgânico, entre 0,001 e 0,002% ao ano, enquanto as taxas de perda de C orgânico em manejos convencionais foi de 0,005 a 1,6% ao ano.

### **1.2.2. Biomassa microbiana do solo**

A conversão de áreas de vegetação nativa para sistemas de produção agrícolas, pecuários ou florestais promove alterações no conteúdo de matéria orgânica do solo, na disponibilidade de nutrientes e na microbiota do solo, atributos que são responsáveis por garantir a qualidade do solo. Após a introdução de uma

nova cobertura vegetal, o solo estabelece um novo equilíbrio e o monitoramento da comunidade biológica pode servir como critério para detectar alterações na qualidade do solo.

O grau de impacto da supressão da vegetação nativa está relacionado com manejo do sistema produtivo e das práticas agrícolas adotadas (SILVA et al., 2007). Diversos autores vêm avaliando as alterações provocadas em diferentes solos, por diferentes tipos de manejo (SILVA et al., 2007; STIEVEN et al., 2014; ZANINETTI et al., 2016). Com destaque as práticas agrícolas conservacionistas, que garantem maior qualidade e sustentabilidade do sistema de produção adotado (GOMES et al., 2015).

Um dos principais índices utilizados para determinar a qualidade do solo, em curto intervalo de tempo é a biomassa microbiana do solo, por ser um indicador sensível as alterações sofridas pelo solo (GOMES et al., 2015), uma vez que é o fator responsável pela transformação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes no solo (LUIZÃO, 2007).

Conforme Zaninetti et al. (2016), o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana são os indicadores mais sensíveis às alterações ocasionadas pela supressão das florestas amazônicas, já que sofrem alterações devido ao clima e a composição dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo (STIEVEN et al., 2014).

O manejo do solo com sistema plantio direto, ao longo dos anos, propicia condições para a estabilização do carbono da biomassa microbiana no solo (CASTILHOS et al., 2004). Quando associado à rotação de culturas o sistema plantio direto, promove maior diversidade de espécies vegetais, favorecendo a sobrevivência e o crescimento de diferentes grupos de microrganismos (D'ANDREA et al., 2002; GOMES et al., 2015). Stieven et al. (2014) relatam que sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, de maneira geral promovem impactos positivos na comunidade microbiana do solo. Todavia, somente a determinação da biomassa microbiana não fornece indicações sobre os níveis de atividade dos microrganismos

(ALVES et al., 2011), podendo haver grandes quantidades de biomassa inativa no solo.

### 1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**. v. 44, p. 801-809, 2014.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**.v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**. v. 62, n. 3, p. 301-309, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562030010>>

BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. **Agriculture, Ecosystemsand Environment**. v. 137, n. 1-2, p. 47-58, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2010.02.003>>

BRASIL – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil – 2ª edição, 2014.

BONAUDO, T.; BENDAHAN, A. B.; SABATIER, R.; RYSCHAWY, J.; BELLON, S.; LEGER, F.; MAGDA, D.; TICHIT, M. Agroecological for the redesign of integrated crop-livestock systems. **European Journal of Agronomy**.9 p., 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>>.

CASTILHOS, D.D.; SANTOS, V.B.; CASTILHOS, R.M.V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A.S.; SILVA, D.G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e

nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**.v.10, n. 3, p. 333-338, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) Acompanhamento safra brasileira de grãos v. 4- Safra 2015/16 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-154, janeiro 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: janeiro de 2016.

CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; SANTOS, D. C. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência Rural**,v. 44, n. 5, p794-800, 2014.

COGO, F.D.; JUNIOR, C. F.A.; ZINN, Y. L., JUNIOR, M.S.D.; ALCÂNTARA, E.N.; GUIMARÃES, P.T.G. Estoques de carbono orgânico do solo em cafezais sob diferentes sistemas de controle de plantas invasoras. **Semina: Ciências Agrárias**. v.34, p. 1089-1098, 2013.

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

DI CIOCCO, E. A.; SANDLER, R. V.; FALCO, L. B.; COVIELL, C. E. Microbiological activity of a soil under different uses and its relation with physico-chemical variables. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 46, n. 1, p. 73-85, 2014.

DIAS FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em janeiro de 2017.

FAO.The state of food and agricultureRome: FAO, 2009. Disponível em: <http://bit.ly/dcsAFD>. Acesso em: janeiro de 2016.

FERNANDES, M. M.; SILVA, M. D.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, T. M.; FERNANDES, M. R. M.; SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-mansão solteiro

econsorciado com gramínea no Sul do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n. 3, p. 464-469, 2013.

FONSECA, A.; SOUZA JUNIOR, C.; VERÍSSIMO, A. Boletim do desmatamento da Amazônia legal (janeiro de 2015), Imazon. Versão online: SAD 10 pg. Disponível em: [http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/transparencia\\_florestal/amazonia\\_legal/SAD-Janeiro2015.pdf](http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/transparencia_florestal/amazonia_legal/SAD-Janeiro2015.pdf).

GOMES, S.; GOMES, M. S.; GALLO, A. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**. v. 144, n. 1 (especial), p. 30-37, 2015.

GOUVELLO, C. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Brasília: Banco Mundial, 2010. MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 280 p., 2010.

GLOBAL CONOPY PROGRAMME (GCP). Inform: International Forest Risk Model. Versão online. 4 p, 2016. Disponível em: <http://globalcanopy.org/publications/inform-international-risk-model>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Censo agropecuário 2006 – Brasil em síntese. Disponível em: <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria/atividade-economica-area.html>. Acesso em: janeiro de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Indicadores de desenvolvimento sustentável. Versão online: 348 pg., 2015. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) - PRODES –Amazon deforestation data base. 2012. Disponível em: [www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes).

KLEFFANN GROUP. Integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF, 2016. Acesso em: dez. 2016. Disponível em: <http://www.portalklff.com.br/publicacoes>.

LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. v. 59, p. 31-36, 2007.

MARDAS, N.; BELLFIELD, H.; JARVIS, A.; NAVARRETE, C.; COMBERTI, C. Amazon Security Agenda: Summary of Findings and Initial Recommendations. Global Canopy Programme and International Center for Tropical Agriculture, 2013.

MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004, 27 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20, ISSN 1679-0456; 20).

NEILL, C.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.; FEIGL, B.J.; STEUDLER, P.A.; MORAES, J.F.L.; POCCOLO, M.C. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondônia. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 9-28.

NOGUEIRA, L. R.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; GAIA-GOMES, J.; SILVA, E. M. R. Biological Properties and Organic Matter Dynamics of Soil in Pasture and Natural Regeneration Areas in the Atlantic Forest Biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p, 01-13, 2016.

NUNES, R. S.; LOPES, A. A. C., SOUZA, D. M. G.; MENDES, E. C. sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p. 1407-1409, 2011.

OMETTO, J. P.; SAMPAIO, G.; MARENGO, J.; ASSIS, T., TEJADA, G.; AGUIAR, A. P. Climate Change and Land Change in Amazon Use. Report for Global Canopy Programme and International Center for Tropical Agriculture as part of the Amazon Security Agenda project, 2013.

RESCK, D.V.S.; SILVA, J.E. Efeito de diferentes sistemas de preparo do solo no teor e na meia vida da matéria orgânica de um Latossolo argiloso na região do Cerrado.



In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995, v.4, p. 1837-1839.

RESK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrado's to cropland and pasture land on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWARD, B.A. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 169-196.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J. E.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**. v. 104, p. 185-202, 2001.

SILVA, M. B.; KLIEMAN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, p.1755-1761, 2007.

TICHIT, M.; PUILLET, L.; SABATIER, R.; TEILLARD, F. Multicriteria performance and sustainability in livestock farming systems: functional diversity matters. **Livestock Science**. v. 139, p. 161–171, 2011.

STIEVEN, A. C.; OLIVEIRA, D. A.; SANTOS, J. O. W. F. J.; CAMPOS, D. R. S. Impacts of integrates crop-livestock-forest on microbiological indicators of soil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.1, p.53-58, 2014.

ZANINETTI, R. A.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Amarelo na conversão de floresta primária para seringais na Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.51, n. 9, p.1061-1068, 2016.

ZIMMER, A.H.; VILELA, L.; MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A. Uso da melhoria da produção animal. In CECATO, U.; BARBOSA, M.A.; de GABIERO, S.; PARIS, W.; GRECO, F.C.A. R.; VIEGAS, C.S.; TEIXEIRA, S. **Simpósio de Produção Animal a Pasto**. Maringá – PR, Brasil, p. 39-78, 2011.

WILKINS, R. J. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences**. v. 363, p. 517–525, 2008

## 2.0. CAPÍTULO 2 – RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE DO SOLO E ESTOQUES DE CARBONO E NITROGENIO DO SOLO, MANEJADO EM DIFERENTES SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO, NO NORTE DE MATO GROSSO

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o acúmulo de carbono (C) e nitrogênio (N) e a densidade do solo (Ds) em área submetida a três tipos de cultivo. ILP (pastagem de *Urochloa ruziziensis* em rotação com o milho (*Zea mays*)); ILPF-50 (composto por renques duplos de eucalipto com espaçamento entre renques de 50 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* rotacionada com milho) e ILPF-15 (composto por renques triplos de eucalipto, com espaçamento entre renques de 15,0 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* em rotação com o milho). Para fins de comparação utilizaram-se dados de estoques de C e N obtidos em solo de uma área de mata nativa, localizada nas proximidades da área experimental. As análises foram realizadas em amostras de solo indeformadas (Ds) e deformadas (teor/ estoques de C e N). Na ILPF-15 e ILPF-50, houve decréscimo da Ds apenas nas linhas de árvores. Em relação aos estoques de C, houve aumento médio anual de 1,4 Mgha<sup>-1</sup> no ILPF-50; 1,0 Mgha<sup>-1</sup> no ILP e de 0,2 Mg ha<sup>-1</sup> no ILPF-15. Ao avaliar a distribuição horizontal dos estoques de C e N no solo, foi observado a influência do componente florestal, onde os maiores estoques de C e N foram obtidos a 7,5m (ILPF-15) e a 25,0 m (ILPF-50) de distância das linhas de eucalipto. No ILPF-50, houve tendência de aumento nos acúmulos de C no solo, com o aumento nos estoques de N no solo. Com estoque médio de C similar a mata nativa. Demonstrando a elevada capacidade de retenção de C e N em sistemas integrados com rotação de culturas.

**Palavras-chave:** Agrossilvipastoril, agropastoril, manejo.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate changes in carbon (C) and nitrogen (N) stocks and the effects in bulk density (BD) in three different land use: ILP (*Urochloa ruziziensis* in crop rotation with maize (*Zea mays*)); ILPF-50 (double row trees with inter-row spacing equal 50 m, cultivated with *U. ruziziensis* in rotation with maize; ILPF-15 (Threefold row trees with 15m in inter-row spacing, cultivated, with *U. ruziziensis* in rotation with maize. Native Forest was used as a reference area. Soil samples were collected in the layers 0-5; 5-10 and 10-30 cm, to evaluated C and N levels and stocks and BD. In ILPF-50 and ILPF-15 the BD decrease in the row tree. The C stock had an average annual increase around 1.4 Mg ha<sup>-1</sup> to ILPF-50, 1.0 Mg ha<sup>-1</sup> to ILP and 0.2 Mg ha<sup>-1</sup> to ILPF-15. The evaluation of horizontal distribution of C and N stocks, high C stock were obtained at 7.5 m (ILPF-15) and 25.0m (ILPF-50) distance from the line of trees. For ILPF-50 was observed a tendency to the increase on soil C stock with the increase in N stocks. The C stock, in ILPF-50 was similar to nature forest. Show the high capacity of integrated system, with crop rotation was, in increase the soil C stocks.

**Key-words:** Crop-livestock-forest, livestock, land use

## 2.1. INTRODUÇÃO

Nos solos tropicais, as perdas de carbono (C) e nitrogênio (N) e consequente aumento das emissões de GEE são intensificados em virtude da combinação entre alta temperatura e umidade (SCHOLES et al., 1997), associadas às relativamente baixas quantidades de material orgânico aportado nos sistemas resultam no aumento da degradação da matéria orgânica do solo (CARDOSO et al., 2010; SILVA JÚNIOR et al., 2009).

Neste sentido, a busca por sistemas agropecuários que aliem de forma sinérgica produção e sustentabilidade, vem aumentando anualmente, em virtude da maior demanda por alimentos e da necessidade de reduzir o desmatamento.

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) destaca-se dentre os demais sistemas de produção devido à interação das diferentes modalidades de produção rural (lavoura, pecuária e floresta), pois promove maior diversidade de produtos e intensificação do uso da terra de maneira sustentável, melhorando a qualidade física, química e biológica do solo, proporcionadas, principalmente, pelo aumento da matéria orgânica do solo (GOUVELLO, 2010).

Diversos atributos físicos do solo, como a densidade do solo, são amplamente utilizados como indicadores das alterações promovidas por diferentes sistemas de manejo no solo, que por sua vez, possui associação direta com o acúmulo de carbono. O maior incremento de matéria orgânica no solo proporciona maior porosidade, agregação e estabilidade dos agregados do solo, reduzindo assim a densidade do solo (BOTTEGA et al., 2011; COGO et al., 2013).

No Brasil, atualmente a área cultivada com algum tipo de integração corresponde a 6% da área total cultivada no país, sendo que a região centro-oeste possui a segunda maior área cultivada com algum tipo desse sistema e é estimada na safra 2015/16 em 2,5 milhões de hectares o potencial de aumento é de 20% até 2020, sendo o estado de Mato Grosso o principal promotor na região. (KLEFFMANN GROUP, 2016). O crescente aumento das áreas de ILPF se deve as políticas

públicas de incentivo à redução nas emissões de gases do efeito estufa (GEE)(BRASIL, 2009; 2010; 2014). Apesar do aumento das áreas com integração, Gil et al. (2016) e Kleffmann Group (2016) relatam que o baixo conhecimento técnico dos produtores do estado de Mato Grosso é o principal fator limitante para a expansão da área sob ILPF no estado.

A ILPF destaca-se como uma estratégia para maximizar efeitos desejáveis no ambiente, aliando o aumento de produção com a conservação de recursos naturais no processo de intensificação de uso das áreas já desmatadas no Brasil. Por sua vez, as contribuições da ILPF para o aumento/melhoria dos estoques de C e N no solo e melhoraria da qualidade física, química e biológica do solo devem ser melhor avaliadas para se estabelecer qual o arranjo que contribua para maior produtividade e atinja sustentabilidade ambiental.

Por fim, a melhoria da qualidade do solo proporcionada pelo uso de práticas agrícolas sustentáveis no estado de Mato Grosso, pode contribuir para maior produtividade nas áreas agricultáveis já estabelecidas, colaborando de maneira significativa para o aumento dos estoques de C e N no solo, e consequente redução das emissões de gases do efeito estufa.

Desta forma, o presente estudo visou avaliar o potencial de acúmulo de carbono e N do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o efeito sobre a densidade do solo.

## **2.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1. Caracterização da área experimental e sistema de manejo**

O experimento foi conduzido no norte de Mato Grosso, na área experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (Embrapa Agrossilvipastoril), localizado à 11° 52' de latitude sul e 55° 36' de longitude oeste com altitude média de 380 m e precipitação média de 2.000 mm ano<sup>-1</sup>(INMET, 2016). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (VIANA et al., 2015), argiloso (35% areia; 10% silte, 55% argila), relevo plano (declividade entre 0,0 a

2,5%) com as características químicas e os estoques de carbono, descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas e estoque de carbono do solo no ano de 2011.

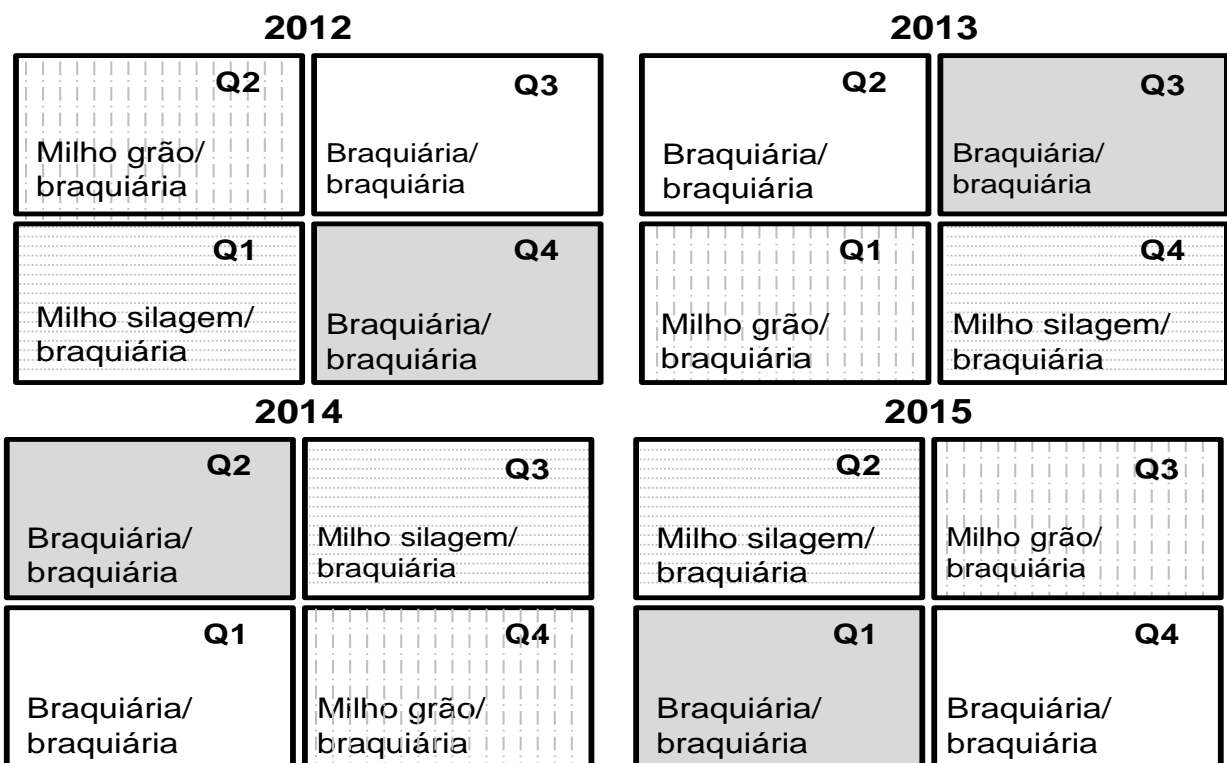
pH H <sub>2</sub> O	pH CaCl <sub>2</sub>	C. org <sup>b</sup> g dm <sup>-3</sup>	P <sup>b</sup> mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>b</sup> mg dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>a</sup> mg dm <sup>-3</sup>	Mg <sup>a</sup> mg dm <sup>-3</sup>	Al <sup>b</sup> mg dm <sup>-3</sup>	H <sup>b</sup> mg dm <sup>-3</sup>	SB	CTC	V%
5,7	4,9	16	14,4	57	2,6	0,6	-	3,8	3,4	6,5	41,5
Estoque de carbono do solo (Mg ha <sup>-1</sup> )											
Tratamento Camada		Mata Nativa	ILP	ILPF-15	ILPF-50						
0 – 30 cm		75,2	65,5	65,2	64,9						

<sup>a</sup> – Org C. Walkley Black Black; <sup>b</sup> - Mehlich<sup>-1</sup>; <sup>c</sup>- Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup>, KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

A área experimental foi desmatada em 1984, para produção de mandioca, de 2002 a 2007 a área foi cultivada com soja (*Glycine max* (L) Merr.) e milho (*Zea mays* L), no modelo convencional com revolvimento do solo. Nas safras 2007/2008 e 2008/2009, foram cultivados sucessões de cultivo de soja e de algodão (*Gossypium hirsutum* L) (Diel et al., 2014).

A área experimental corresponde a 40 ha, divididos em quatro quadrantes de 10 ha cada; denominados Q1, Q2, Q3 e Q4 (Apêndice A). Onde cada quadrante foi dividido em três tratamentos ILP, ILPF-50 e ILPF-15, com sistema de rotação entre os diferentes quadrantes (Figura 1). O plantio do eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (Clone H-13)) nos tratamentos ILPF-50 e ILPF-15 foi realizado em 2010. O cultivo de soja no transecto do ILPF-50 e do ILPF-15, assim como na área total do ILP, teve início na safra de 2011/12. A pastagem estabelecida nos diferentes tratamentos foi manejada com lotação rotacionada, com a introdução do componente animal (novilhas mestiças gir x holandeses) em outubro de 2012.

No período de julho a agosto de 2015, foi realizado o desbaste do eucalipto. Onde todo o material proveniente do desbaste foi depositado nas linhas de árvore (folhas e galhos finos) ou removido da área (caule). Sendo que todo o material proveniente do desbaste não permaneceu nas linhas de cultivo (transecto), por período maior que quinze dias.



**Figura 1.** Esquema de rotação de culturas nos diferentes anos e quadrantes avaliados.

Q1 – Quadrante 1; Q2 - Quadrante 2; Q3 – Quadrante 3 e Q4 – Quadrante 4.

Os tratamentos ILP, ILPF-50 e ILPF-15 foram compostos por cultivo de lavoura, alternado com pastagem a cada dois anos (Tabela 2). Inicialmente (2012), o Q1 e o Q2 foram cultivados com milho e o Q3 e Q4 com *Urochloa*. O Q1 foi destinado a produção de milho silagem (1ªsafra) e de feijão-caupi (2ªsafra), após a colheita do feijão-caupi o quadrante ficou em pousio até a semeadura seguinte. O Q2 foi destinado a produção de milho grão na 1ªsafra com semeadura consorciada com *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã; após a colheita do milho, a forrageira tornou-se pastagem por dois anos, quando então fora reformada novamente. Este esquema de rotação de culturas nos diferentes quadrantes repetiu-se anualmente ate completar o ciclo em 2015 (Figura 1).

**Tabela 2.** Sistema de rotação de culturas na primeira e segunda safra durante o primeiro ciclo após a implantação do sistema.

2012						
Tratamento	Ano		Quadrante 1	Quadrante 2	Quadrante 3	Quadrante 4
			1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra
ILP			Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>
ILPF-50 m			Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>
ILPF-15 m			Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>
Mata Nativa			--	--	--	--
2013*						
Tratamento	Ano		Quadrante 1	Quadrante 2	Quadrante 3	Quadrante 4
			1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra
ILP			Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi
ILPF-50 m			Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi
ILPF-15 m			Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi
Mata Nativa			--	--	--	--
2014						
Tratamento	Ano		Quadrante 1	Quadrante 2	Quadrante 3	Quadrante 4
			1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra
ILP			Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>
ILPF-50 m			Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>
ILPF-15 m			Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>
Mata Nativa			--	--	--	--
2015**						
Tratamento	Ano		Quadrante 1	Quadrante 2	Quadrante 3	Quadrante 4
			1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra	1º Safra\ 2º Safra
ILP			Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>
ILPF-50 m			Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>
ILPF-15 m			Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>	Milho silagem\ Feijão-caupi	Milho grão\ Braquiária <sup>1</sup>	Braquiária <sup>1</sup> \ Braquiária <sup>1</sup>
Mata Nativa			--	--	--	--

\*Primeira coleta de solo; \*\*Segunda coleta de solo. <sup>1</sup>*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.

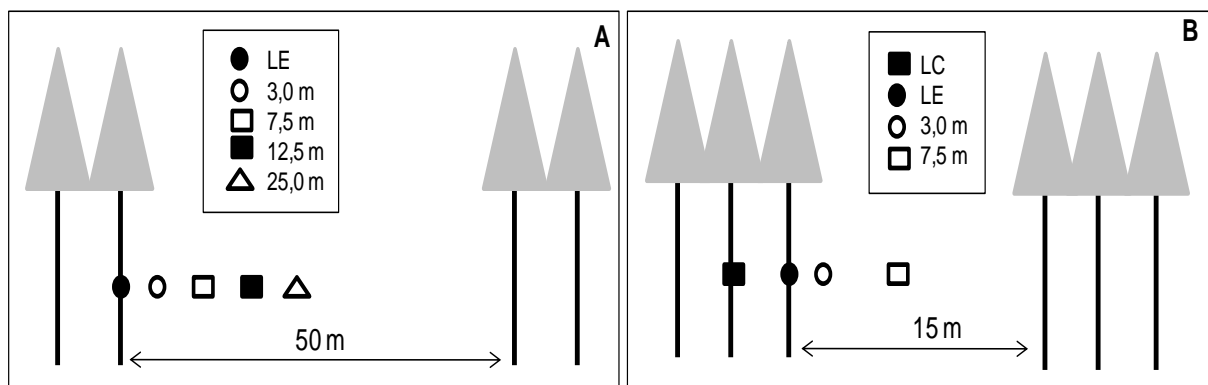
#### 2.3.4. Coleta de amostras de solo

Para a coleta de amostras de solo, cada tratamento (500 m lineares), foi dividido em três sub-repeticões de aproximadamente 134 m, totalizando três amostras compostas por tratamento. Foram eliminados, de cada face do tratamento 50,0 m de bordadura a partir da primeira árvore. No tratamento ILP foram coletadas, amostras deformadas (trado acoplado ao quadríciclo) e indeformadas (anel volumétrico) nos anos de 2013 e 2015. A coleta foi realizada em “zig-zag”, nas camadas de 0-5, 5-10e 10-30 cm, com a retirada de dez subamostras para formar uma amostra composta (Apêndice B).

O tratamento ILPF-50 foi amostrado somente no ano de 2015 (Apêndice C), devido à sua similaridade com o tratamento ILP no ano de 2013, proporcionado pelo

espaçamento entre renques (50,0m) e o curto tempo de implantação do componente florestal na área. Em 2015, o solo foi amostrado, no sentido transversal às linhas da espécie florestal (transecto), partindo-se da linha externa (LE) do renque até o centro da área destinada à lavoura/pastagem. As amostras deformadas e indeformadas de solo foram retiradas na face sul da parcela de cada tratamento, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-30 cm, na LE e nas distâncias de 3,0; 7,5; 12,5 e 25,0 m da linha externa do renque de eucalipto (Figura 2). Foram coletadas dez subamostras em cada distância amostrada, para formar uma amostra composta.

No ILPF-15, o solo foi amostrado nos anos de 2013 e 2015, e a coleta foi realizada partindo-se do renque central a até 7,5 m, no centro da área nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-30 cm de solo (Apêndice D). Coletadas na linha central (LC) e na LE do renque de eucalipto, e nas distâncias de 3,0 e 7,5 m, na face sul do tratamento (Figura 2), os quais foram coletadas para cada ponto amostrado dez subamostras para formar uma amostra composta.



**Figura 2.** Sistema de coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo, nos tratamentos ILPF-50 (A) e ILPF-15 (B), nos diferentes anos de avaliação.

**LC** – Linha central do renque; **LE** – Linha externa do renque; **3,0m;7,5m; 12,5m; 25,0m** – a 3,0 7,5; 12,5 e 25,0 m de distância da linha externa do renque de eucalipto.

Na área de mata nativa, foram coletadas, em quatro repetições amostras deformadas e indeformadas de solo, coletadas aleatoriamente, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-30 cm no qual as amostras deformadas foram retiradas manualmente com trado e as indeformadas mediante o uso de anel volumétrico.



### 2.2.2. Determinação da densidade e estoques de carbono e nitrogênio do solo

A Ds do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico e a concentração de C e N do solo foi determinada por combustão via seco em analisador elementar CHNS (Vario Macro, Elementar Analyser System, Hanau, Alemanha). O total de C e N acumulado (estoque) em cada camada foi calculado multiplicando-se a massa de solo contida na camada de solo pelo teor percentual de C total, e N total, pela densidade e espessura da camada de solo, deduzindo-se os percentuais de cascalho existente no solo. O cálculo foi realizado de acordo com a expressão a seguir:

$$Y_{stock} (Mg \cdot ha^{-1}) = X \times BD \times th \times (1 - S) \times 10^{-1}$$

Em que  $X$  é o teor de C ou N ( $g \cdot kg^{-1}$ );  $BD$  é a densidade do solo;  $th$  é a espessura da camada de solo (cm) e  $S$  o conteúdo de cascalho.

Os valores dos estoques de C e N foram corrigidos pelo método de massa equivalente (SISTI et al., 2004):

$$C_S = \sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti} + \left[ M_{Tn} - \left( \sum_{i=1}^n M_{Ti} - \sum_{i=1}^n M_{Si} \right) \right] C_{Tn}$$

Em que  $C_S$  é o estoque de C ( $Mg \cdot ha^{-1}$ ) no solo a uma profundidade equivalente ao da referência.  $\sum_{i=1}^n C_{Ti}$  é o somatório do conteúdo total de C presente na primeira camada até a penúltima camada ( $n-1$ ) do tratamento avaliado.  $M_{Tn}$  é a massa de solo correspondente a última camada do tratamento avaliado.  $\sum_{i=1}^n M_{Ti}$  é o somatório da massa de solo da primeira a última camada do tratamento avaliado.  $\sum_{i=1}^n M_{Si}$  é o somatório da massa de solo da primeira à última camada da área referência, e  $C_{Tn}$  o a concentração ( $Mg \cdot Mg^{-1}$ ) na última camada do tratamento avaliado.

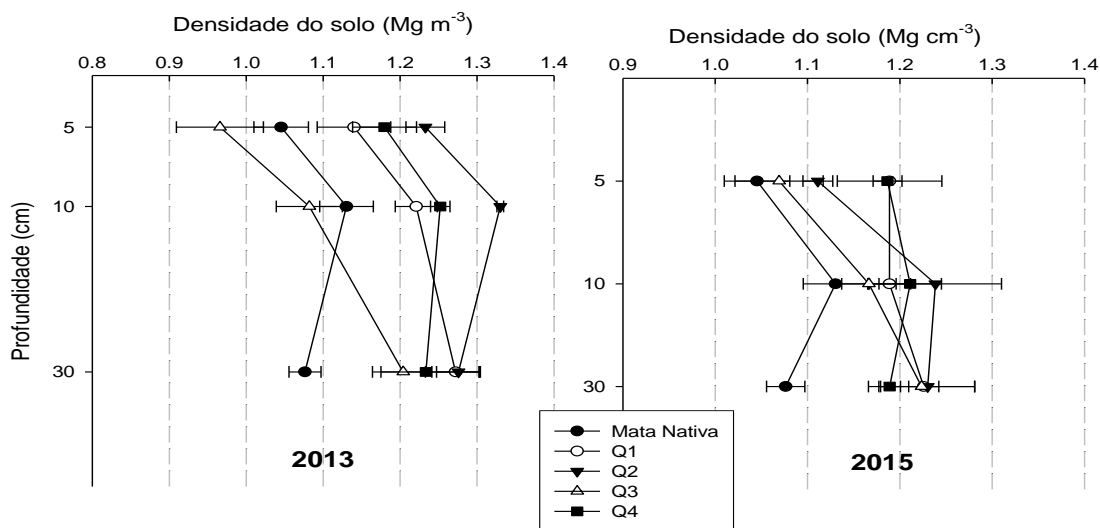
### 2.2.3. Análise estatística

Os valores numéricos dos estoques de C, N e a Ds, foram submetidos ao teste de homogeneidade e homocedasticidade. Atingindo os pressupostos, os dados foram então submetidos ao teste T de Student ao nível de 5% de significância

## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 2.3.1. Densidade do solo

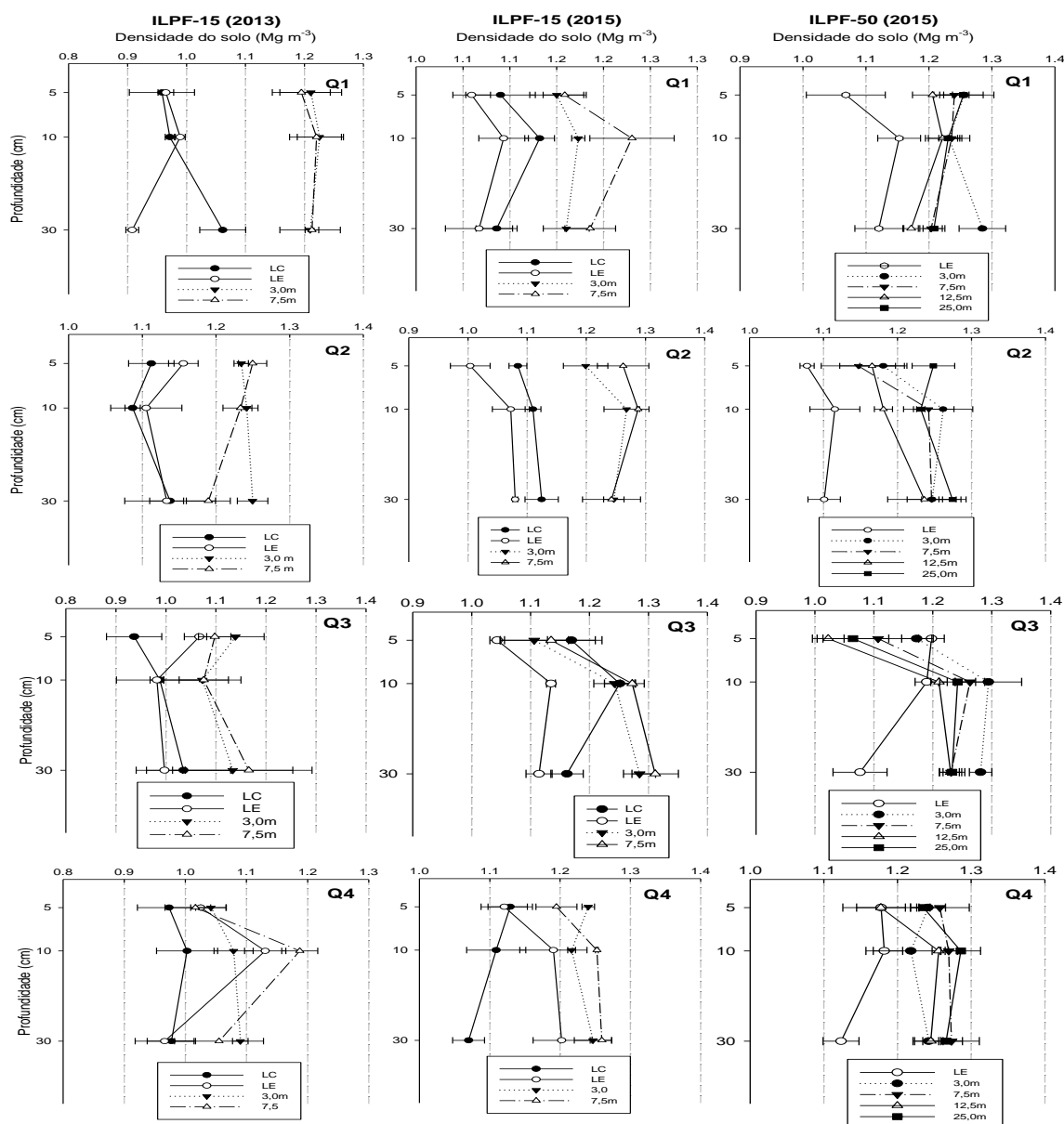
Ao avaliar o tratamento ILP (Figura 3), em 2013, foi observado o aumento da Ds, em relação à mata nativa, em todas as camadas e quadrantes avaliados, com efeitos mais expressivos a 10 cm de profundidade, no entanto não foi considerado restritivo ao crescimento radicular ( $>1,4 \text{ Mg m}^{-3}$ ) (ARSHAD et al.,1996). Por sua vez, ao comparar os diferentes anos 2013 e 2015, mesmo após a inserção do componente animal na área (outubro de 2012), com exceção do Q3, houve redução da Ds, mesmo que pouco significativa, sendo seus efeitos melhor expressados a 10 cm.



**Figura 3.** Densidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária no estado de Mato Grosso.

**ILP** – Integração lavoura-pecuária; **Mata Nativa** – Área de vegetação nativa, localizada em área adjacente ao experimento; **Q1, Q2, Q3 e Q4** – Quadrantes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Barras correspondem ao desvio padrão em relação a média.

Em relação às diferentes distâncias do renque do ILPF-15, em 2013 (Figura 4) nos quadrantes Q1 e Q2 cultivado com milho, foi observado diferenças entre as linhas de árvores (LC e LE) em relação às distintas distâncias do renque a 3,0 e a 7,5 m.



**Figura 4.** Densidade do solo em diferentes esquemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

**ILPF-50** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 50 m; **ILPF-15** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 15 m; **LC** – Linha central do renque de eucalipto; **LE** – Linha externa do renque de eucalipto; **3,0m**; **7,5m**; **12,5m**; **25,0m** – a 3,0 7,5; 12,5 e 25,0 m de distância da linha externa do renque de eucalipto; **Q1**, **Q2**, **Q3** e **Q4** – Quadrantes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Barras correspondem ao desvio padrão em relação a média.

No entanto, no mesmo ano nos Q3 e o Q4, cultivados com braquiária, foi encontrado Ds homogênea em relação às diferentes distâncias. Cujos valores médios de Ds foram inferiores aos observados no Q1 e Q2, a 5 e 10 cm de profundidade. Os valores por sua vez, foram semelhantes aos observados pelas linhas de árvores no Q1 e Q2, desta forma, pode-se inferir que após dois anos de cultivo com braquiária, nos quadrantes 3 e 4, esta espécie por possuir agressivo e bem desenvolvido sistema radicular, pode ter contribuído para a redução da Ds nas linhas de cultivo, que assumiram valores de Ds semelhantes aos presentes nas linhas sob cultivo de eucalipto.

Tais resultados evidenciam a importância da pastagem em conferir melhorias na estrutura do solo. A redução da Ds resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular da cultura sucessora, tanto em quantidade quanto em profundidade, sugerindo que o sistema radicular remanescente da braquiária se transforma em meio preferencial e mais eficaz de crescimento ao sistema radicular (TORRES et al., 2014). Isso associado ao maior aporte de resíduos vegetais na superfície do solo e de C orgânico e à menor alteração antrópica, devido à semeadura direta (TORRES e PEREIRA, 2008), proporciona a recuperação da agregação com maior volume total de poros no solo (LIMA et al., 2013), melhorando assim a permeabilidade do solo à água. Este aspecto está relacionado com a permanência da continuidade dos poros, resultante da decomposição das raízes, liberação de exsudatos radiculares, e a atividade biológica do solo mais efetiva, propiciando maior estabilidade dos agregados (TISDALL e OADES, 1982).

É importante ressaltar, ainda que, em solos tropicais, as temperaturas mais elevadas aceleram a decomposição da matéria orgânica, levando à necessidade do contínuo aporte de matéria orgânica para manter a estrutura do solo em condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas (SILVA et al., 2013), sendo de fundamental importância estudos que visem incluir culturas de rotação e de cobertura vegetal, objetivando a melhoria daqueles atributos físicos do solo importantes para a manutenção da qualidade do solo, da produtividade e da sustentabilidade ambiental.

Ao comparar os diferentes anos 2013 e 2015 do tratamento ILPF-15 (Figura 4), constatou-se que houve aumento na Ds em todos os quadrantes. Todavia, o aumento da densidade do solo não atingiu valores considerados restritivos ao crescimento radicular estabelecidos por Arshad et al. (1996) que variam entre 1,4 e 1,8 Mg m<sup>-3</sup>.

Em relação aos diferentes sistemas de ILPF (ILPF-50 e ILPF-15), em 2015, apesar da inserção do componente animal, observa-se que a linha de cultivo de eucalipto (LC e LE), tendeu a obter menor densidade, quando comparadas com as linhas de cultivo de milho ou braquiária, no entanto, não houve diferença entre as distintas distâncias. Corroborando com Silva et al. (2016) que ao avaliarem a Ds em diferentes distâncias e no renque de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) em sistema ILPF (2 anos), observaram que a presença da espécie florestal melhorou as condições de densidade e porosidade do solo, assim como o acúmulo de C orgânico. Por sua vez Sousa Neto et al. (2014), que em estudos sobre diferentes sistemas de integração (ILPF e LP), observaram que o uso do eucalipto não promoveu diferenças na Ds da camada de 0-10 cm, e que os efeitos na redução da Ds foram resultantes do sistema radicular da pastagem.

### **3.3.2. Teor de carbono e nitrogênio do solo**

Ao comparar, no ano de 2013 o teor de C e N do ILP e do ILPF-15, com a área de mata nativa, o teor de C do solo foi em média 30, 10 e 23% menores no ILP e no ILPF-15, nas camadas de 0-5; 5-10 e 10-30 cm, respectivamente (Tabela 3). Para o N as perdas foram inferiores a 1,0% em todas as camadas de solo avaliadas. A provável causa da redução dos teores de C e N pode estar relacionada ao histórico de uso anterior à implantação do experimento, que foi desmatada em 1984 e vinha sendo explorada com lavoura até a implantação do ensaio (DIEL et al., 2014).

As perdas de C e N são mais intensas na camada de 0-5 cm devido a maior concentração de matéria orgânica do solo (SILVA et al., 2009).

**Tabela 3.** Teor de carbono e nitrogênio do solo, após supressão da vegetação nativa e implantação de diferentes sistemas de integração.

		Teor de carbono no solo (g kg <sup>-1</sup> )					
Camada		----- 2013 -----			----- 2015 -----		
cm	Mata Nativa <sup>1</sup>	ILP <sup>2</sup>	ILPF-15 <sup>3</sup>	ILP <sup>2</sup>	ILPF-15 <sup>3</sup>	ILPF-50 <sup>4</sup>	
0-5	38,4 (4,4)	26,4 (1,9)	26,5 (3,0)	34,2 (3,8)	29,1 (3,6)	33,0 (4,5)	
5-10	24,4 (2,9)	21,9 (1,7)	22,2 (2,4)	23,3 (2,0)	22,2 (2,8)	23,1 (2,8)	
10-30	19,1 (1,9)	14,5 (1,5)	14,7 (2,2)	17,5 (1,8)	16,9 (2,4)	18,0 (1,7)	

		Teor de nitrogênio no solo (g kg <sup>-1</sup> )					
Camada		----- 2013 -----			----- 2015 -----		
cm	Mata Nativa <sup>1</sup>	ILP <sup>2</sup>	ILPF-15 <sup>3</sup>	ILP <sup>2</sup>	ILPF-15 <sup>3</sup>	ILPF-50 <sup>4</sup>	
0-5	2,7 (0,4)	2,0 (0,1)	1,9 (0,2)	2,3 (0,3)	1,9 (0,3)	2,2 (0,3)	
5-10	1,8 (0,2)	1,5 (0,2)	1,5 (0,2)	1,4 (0,1)	1,3 (0,2)	1,4 (0,2)	
10-30	1,4 (0,2)	0,9 (0,1)	0,9 (0,2)	1,0 (0,1)	1,0 (0,1)	1,0 (0,1)	

Valores entre parênteses representam o erro padrão em relação à média (<sup>1</sup>N=4; <sup>2</sup>N=12; <sup>3</sup>N=48; <sup>4</sup>N=60). **Mata Nativa** – Área de vegetação nativa, localizada em área adjacente ao experimento; **ILP** – Integração lavoura-pecuária; **ILPF-50** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 50 m; **ILPF-15** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 15 m.

Todavia, ao comparar o ILP e o ILPF-15 nos diferentes anos de avaliação (2013 e 2015), nota-se aumentos nos teores de C em todas as camadas avaliadas. Com acúmulo na ordem de 7,8 e 2,6 g kg<sup>-1</sup> na camada de 0-5 cm nos tratamentos ILP (p = 0,001) e ILPF-15 (p=0,003), respectivamente.

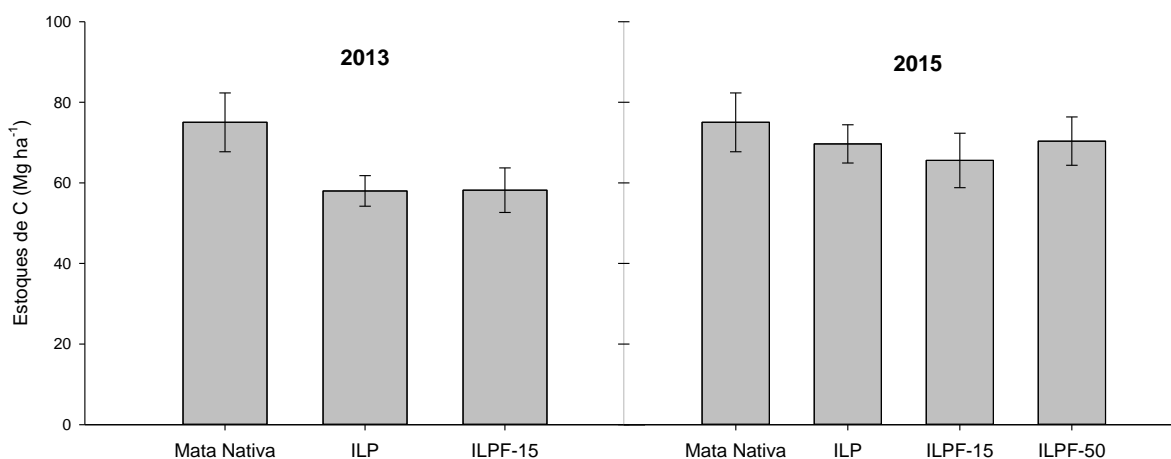
O elevado acúmulo de C do solo pode estar ligado a fatores como a textura e a práticas conservacionistas, como semeadura direta e rotação/consórcio, que promovem uma nova cobertura vegetal mais diversificada e de qualidade nutricional suficiente para manter o solo coberto e protegido, mantendo assim maior umidade no solo, ativando a biota, fornecendo C e nutrientes liberados pela decomposição contribuindo para a formação de uma nova matéria orgânica do solo (LUIZÃO, 2007).

De acordo com Rangel e Silva (2007), sistemas de cultivo com eucalipto e pastagens, contribuem para a elevação dos teores de C e N no solo, até valores próximos aos observados em floresta nativa, dependendo do manejo adotado. Por sua vez, Costa et al. (2015) observaram que cultivo de espécies forrageiras em sucessão às culturas produtoras de grãos, proporcionou maior incremento de C no

solo. Desta forma, o manejo da sucessão de culturas pode ter favorecido o rápido acúmulo de C no solo, que associado com a elevada produção de biomassa e com o crescimento radicular bem desenvolvido e profundo da pastagem certamente contribuíram para a melhoria das condições físicas e químicas (SOUSSANA e LEMAIRE, 2014). Isso, conseqüentemente, permitiu um fluxo mais apropriado de água no solo, que influenciou o fluxo de gases do solo, reduzindo assim as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, e aumentou o aporte de C no solo (LUIZÃO, 2007).

### 3.3.3. Estoque de carbono do solo

Na avaliação dos estoques de C na camada de 0-30 cm, em 2015, o valor do ILPF-50 foi de 70,4 Mg ha<sup>-1</sup> de C estocado no solo (Figura 5), enquanto na mata nativa o estoque foi de 75,0 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo semelhantes (p=0,22). Portanto, o tempo necessário para o retorno dos estoques de C aos estoques originais e atingir um novo equilíbrio pode ser inferior ao tempo estimado por diversos estudos, que relatam serem necessários 20 anos para que os estoques de C retornem aos valores equivalentes aos da vegetação original (PULROLNIK et al., 2009; SILVA et al., 2009).



**Figura 5.** Estoques de carbono no solo na camada de 0-30 cm, nos diferentes tratamentos e anos avaliados

**Mata Nativa** – Área de vegetação nativa, localizada em área adjacente ao experimento; **ILP** – Integração lavoura-pecuária; **ILPF-50** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 50 m; **ILPF-15** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 15 m. Barras correspondem ao desvio padrão em relação a média.

Em relação aos acúmulos de C no período de 2011 a 2015, o ILPF-15 teve menor acúmulo, quando comparado com os demais tratamentos, cujo acúmulo médio foi de  $0,2\text{Mgha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , seguidos do ILP; com acúmulo médio de  $1,0\text{Mgha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  e o ILPF-50 com acúmulo médio de C de  $1,4\text{Mgha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ .

Os acúmulos anuais nos diferentes tratamentos foram superiores aos encontrados por Maggioletto et al. (2014). No presente estudo, os acúmulos de C obtidos pelo ILPF-50 foram aproximadamente 2x maiores que os incrementos observados por aqueles autores ( $0,85\text{-}1,86\text{Mgha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ ), variando de acordo com a idade da árvore, em contrapartida o maior acúmulo de C no solo foi obtido em árvores com 15 anos de idade. No entanto, Costa et al. (2015), ao avaliar os estoques de C no solo, durante dois anos de implantação da ILPF, em sistema de consórcio e sucessão de culturas, obteve acúmulos de C na ordem de  $2,0\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , e foi constatada forte influência da cultura sucessora. Bayer et al. (2003) avaliando diferentes sistemas de manejo, observaram que diferentes sistemas de rotação, resultam em diferentes taxas de acúmulo, e no trabalho desses autores os maiores acúmulos foram obtidos em sistemas de rotação com leguminosas.

Assad et al. (2013), ressaltam que as perdas ou acúmulo de C no solo estão fortemente ligadas a fatores como clima e diferenças entre tipos de solos, no entanto há grandes contradições, e tais contradições são um indicativo de que no Brasil existe a necessidade de mais estudos detalhados sobre as alterações no estoque de C no solo de sistemas de produção em distintos ambientes edáfo-climáticos.

A diferença entre as taxas de acúmulo anual de C no solo observada na comparação entre o ILPF-15 e ILPF-50, pode estar relacionada ao maior espaçamento entre os renques, contribuindo para o melhor desenvolvimento vegetativo das culturas utilizadas em rotação na ILPF-50. De acordo com Ong et al. (2015), a competição entre as árvores e as culturas perenes é elevada devido ao crescimento radicular da espécie arbórea nas áreas adjacentes e que seus efeitos mais notáveis se expressam no subbosque, que competem mais intensamente por água e nutrientes. Villa Nova (2003) relata que maiores espaçamentos permitem maior acúmulo de nutrientes em folhas e galhos em relação a biomassa do tronco.

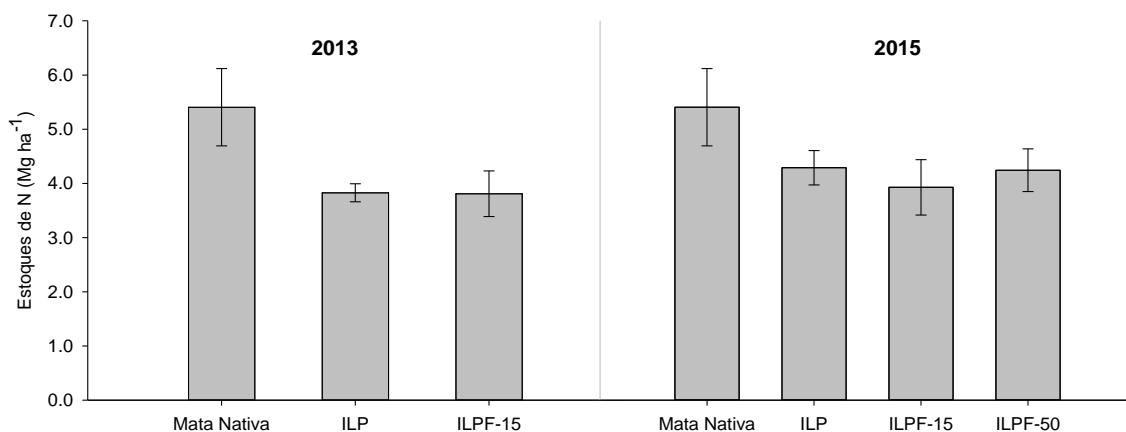


Desta forma, espaçamentos distintos geram quantidades distintas de C acumulado pela cultura.

Assim sendo, o maior acúmulo de C no solo, constatado no presente estudo, pode ter sido favorecido pela alta deposição de resíduos vegetais, propiciado pelo sistema de rotação adotado nos diferentes sistemas de integração. O maior aporte de C no solo nos diferentes sistemas de integração advém da combinação de diversos fatores, resultando em diferentes taxas de acúmulo de C no solo. A associação de práticas conservacionistas à sistemas de integração favorecem a elevada capacidade de acúmulo de C no solo, podendo se obter assim estoques de C semelhantes aos da vegetação nativa em apenas  $\frac{1}{4}$  do tempo estimado por diversos autores (MARCHIORI JUNIOR e MELO, 2000; ROSCOE et al., 2001; NEUFELDT, 2002; GARAY, et al., 2003; CERRI et al., 2007; PULROLNIK et al., 2009; SILVA et al., 2009).

#### **3.3.4. Estoque de nitrogênio do solo**

Os efeitos observados nos estoques de N (Figura 6) nos diferentes anos agrícolas foram similares ao comportamento dos estoques de C. Todavia os estoques de N no solo foram inferiores aos observados na área de mata nativa, em todos os tratamentos e anos avaliados.



**Figura 6.** Estoque de nitrogênio no solo na camada de 0-30 cm, nos diferentes sistemas de integração estudados.

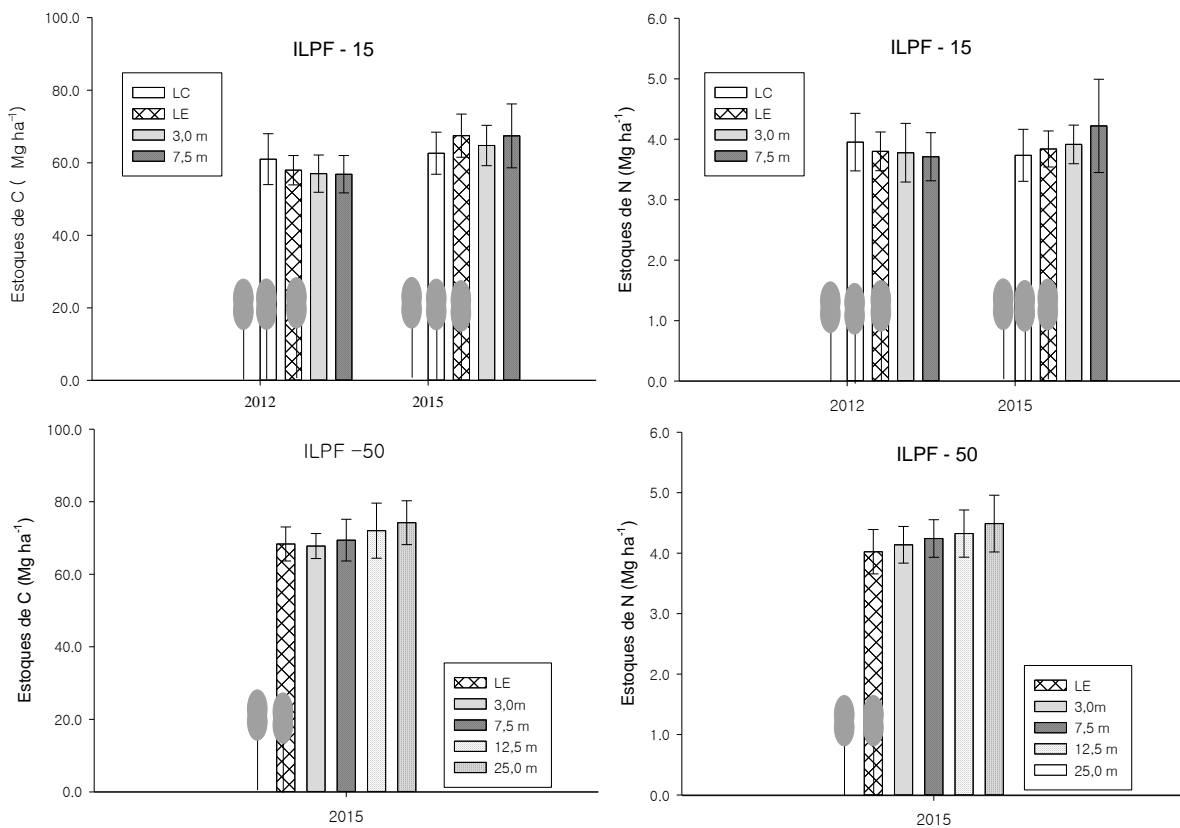
**Mata Nativa** – Área de vegetação nativa, localizada em área adjacente ao experimento; **ILP** – Integração lavoura-pecuária; **ILPF-50** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 50 m; **ILPF-15** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 15 m. Barras correspondem ao desvio padrão em relação a média.

Há divergências em relação ao acúmulo de N, após a conversão do uso do solo para sistemas de ILPF. Alguns autores observaram aumentos nos estoques de N após a conversão (SARTORI et al., 2007), enquanto outros relataram redução nos estoques de N após a conversão (SMAL e OLSZEWSKA, 2008). Todavia ao comparar a conversão do uso do solo para sistemas de cultivo em ILPF e ILF, Sacramento et al. (2013), observaram que a ILPF propiciou após 13 anos de cultivo as menores perdas de N no solo, seguido da ILF e monocultivos sob sistema convencional.

Todavia a liberação de nitrogênio no solo é influenciada pela quantidade e tipo de resíduos adicionados ao solo, onde os processos, decomposição e liberação de N, são regulados pela relação C/N da fitomassa das plantas de cobertura (JENSEN, 1997; ACOSTA et al., 2014).

### 3.3.5. Distribuição horizontal dos estoques de carbono e nitrogênio do solo

Ao avaliar a distribuição horizontal dos estoques de C e N do solo no ILPF-15, em 2012 (Figura 7), não houve diferença entre as distâncias 3,0 m ( $p=0,43$ ) e 7,5m ( $p=0,60$ ) em relação a LE, o mesmo efeito foi observado por Silva et al. (2016).



**Figura 7.** Distribuição horizontal dos estoques de carbono e nitrogênio do solo em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta.

**LPF-50** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 50 m; **ILPF-15** – Integração lavoura-pecuária-com espaçamento entre renques de 15 m; **LC** – Linha central do renque de eucalipto; **LE** – Linha externa do renque de eucalipto; **3,0 m** – a 3,0 m de distância da linha externa de eucalipto; **7,5 m** – à 7,5 m de distância da linha externa de eucalipto; **12,5 m** – à 12,5 m de distância da linha externa do renque de eucalipto e **25,0 m** – à 25,0 m de distância da linha externa do renque de eucalipto. Barras correspondem ao desvio padrão em relação a média.

Ao comparar os estoques de C nos diferentes anos avaliados, no ILPF-15, verificou-se aumento de N na LE ( $p=0,01$ ), a 3,0 ( $p=0,01$ ) e a 7,5m ( $p=0,02$ ). No entanto, apesar dos acúmulos de C em 2015, não houve diferença entre as distintas distâncias em relação à linha de árvores ( $p>0,05$ ). A ILPF-50 teve o mesmo comportamento verificado no ILPF-15. Na LE houve menor acúmulo de C, aumentando conforme o incremento das distâncias de 3,0; 7,5; 12,5 e 25,0 m

( $p > 0,05$ ). Os maiores acúmulos de C foram encontrados a 25,0 m de distância do renque de árvores. O mesmo efeito foi observado nos estoques de N.

O uso da rotação na 1<sup>o</sup> safra e 2<sup>o</sup> safra com leguminosas e gramíneas, e durante os diferentes anos agrícolas com a inserção da pastagem, pode ter contribuído para o incremento de C e N no transecto, devido ao incremento na deposição de resíduos vegetais na superfície. Aita e Giacomini (2003) ressaltam que a presença de gramíneas em consórcio com leguminosas adiciona ao solo fitomassa com relação C/N intermediária àquelas das culturas isoladas, proporcionando, simultaneamente, proteção no solo, e fornecimento de N à cultura em sucessão, assim como a adição de C ao solo e o acúmulo de nutrientes, principalmente de N, fósforo e potássio.

Além disso, o cultivo de pastagem com sistema de rotação associado ao não revolvimento do solo e entrada de N via fertilizante, pode proporcionar o sequestro de C, pelo sistema radicular e biomassa aérea (SEGNINI et al., 2007; STEINER et al., 2011), promovendo aporte de C no solo.

Em adição, a utilização da rotação entre espécies de leguminosas e gramíneas em longo prazo pode resultar no acréscimo significativo de C nas camadas subsuperficiais do solo, principalmente nos transecto das árvores, proporcionando ao solo adicionalmente melhor condição física, química e biológica, que por sua vez refletem no aumento da disponibilidade de nutrientes no solo.

## **2.4. CONCLUSÃO**

Os diferentes sistemas de integração não promoveram aumento da densidade do solo nas diferentes camadas avaliadas.

As linhas cultivadas com eucalipto na ILPF-50 e ILPF-15 contêm valores de densidade e estoques de C inferiores às linhas sob cultivo de milho e braquiária.

Os sistemas ILP, ILPF-50 e ILPF-15 propiciaram alta capacidade de acúmulo de C no solo.

Após quatro anos de implantação aLLPF-50, associada à semeadura direta, e à rotação de culturas, se mostrou eficiente no acúmulo de C e N no solo, promovendo valores médios desses elementos próximos aos encontrados no solo de mata nativa.

## 2.5. AGRADECIMENTOS

À fundação de amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pela concessão de bolsa e recursos para realização do estudo e à Embrapa Agrossilvipastoril, pela disponibilização da área experimental e laboratórios.

## 2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J.A.A.; AMADO, T.J.C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M.A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**.v. 44, p. 801-809, 2014.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas.**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601-612, 2003.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J.W.; Jones, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science. **Society American Journal** (SSSA Special publication 49).v. 49, p. 123-141, 1996.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; MARTINS, S.C.; GROppo, J.D.; SALGADO, P.R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; CAMARGO P.B.; MARTINELLI, L.A. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. **Biogeosciences**. v. 10, p. 6141-6160, 2013.

BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBURQUEQUE, J. A. Increase of carbon and nitrogen in a south Brazilian oxisol by using of summer cover-crops. **Ciência Rural**, v. 33, p. 469-475, 2003.

BRASIL - Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Lei Ordinária). Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 29 dez. 2009. Seção Extra, p.109, Coluna 2, 2009.

BRASIL - Decreto nº 7.390, de 09 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010.

BRASIL– Ministério da ciência, tecnologia e inovação – Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil – 2ª edição, 2014.

BOTTEGA, E.L.; BOTTEGA, S.P.; SILVA, S.A.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho Distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 6, p. 331-336, 2011.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.S.; SILVA, C.A.; CURI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 45, p. 1028-1035, 2010.

CERRI, C.E.P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M.; FALLON, P.; POWLSON, D.D.; BATJES, N.; MILNE, E.; CERRI, C.C. Simulating SOC changes in 11 land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with Roth C and Century models. **Agriculture Ecosystems Environment**. v. 122, p. 46-57, 2007.

COGO, F.D.; JUNIOR, C. F.A.; ZINN, Y. L., JUNIOR, M.S.D.; ALCÂNTARA, E.N.; GUIMARÃES, P.T.G. Estoques de carbono orgânico do solo em cafezais sob

diferentes sistemas de controle de plantas invasoras. **Semina: Ciências Agrárias**. v.34, p. 1089-1098, 2013.

COSTA, R.N.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K.S.M.; YOKOBATAKE, K.L.; FERREIRA, J.P.; PARIZ, C.M.; BONINI, C.S.B.; LONGHINI, V.Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.v. 39, p. 852-863, 2015.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L.; ISERNHAGEN, E.C.C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivo exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 9, p. 639-647, 2014.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A.A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, p. 705-712, 2003.

GIL, J.D.B.; GARRET, R.; BERGER, T. Determinants of crop-livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels. **Land Use Policy**. v.59, p. 557-568, 2016.

GOUVELLO, C. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Brasília: Banco Mundial, 2010. MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 280 p., 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Acesso em: dez. 2016. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>

JENSEN, E.S. Nitrogen immobilization and mineralization during initial decomposition of <sup>15</sup>N-labelled pea and barley residues. **Biology and Fertility of Soils**.v. 24, p. 39-44, 1997.

KLEFFANN GROUP. Integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF, 2016. Acesso em: dez. 2016. Disponível em: <http://www.portalklff.com.br/publicacoes>.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. B.; MENDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, p. 1053-1063, 2008.

LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. v.59, p. 31-36, 2007.

MARCHIORI JUNIOR, M.;MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 23, p.1177-1182, 1999.

MAGGIOTTO, S.R.; OLIVEIRA, D.; MARUR, C.J.; STIVARI, S.M.S.; LECLERC, M.; WAGNER-RIDLE, C. Potential carbon sequestration in rubber tree plantation in the northwestern region on the Paraná state, Brazil. **Acta Science Agronomy**. v. 36, p. 239-245, 2014.

NEUFELDT, H.; RESCK, D.V.S.; AYARZA, M.A. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. **Geoderma**.v. 107, p.151-164, 2007.

ONG, C.; BLACK, C.; WILSON, J. Tree-Crop Interactions – Agroforestry in a changing climate. 2ed, 2015.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, E.R; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.D. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica dos solos sob Eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.v. 33, p. 1125-1136, 2009.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.v. 31, p. 1609-1623, 2007.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J.E.; VASCONCELLOS, C.A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the <sup>13</sup>C/ <sup>12</sup>C isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**. v. 104, p. 185-202, 2001.



SACRAMENTO, J. A. A. A. S.; ARAÚJO, A. C.; ESCOBAR, M.E.O.; XAVIER, F.A.S.; CAVALCANTE, A.C.R.; OLIVEIRA, T.S. Soil Carbon and Nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 37, p. 784-795, 2013.

SARTORI, F.; MARKEWITZ, D.; BORDERS, B. E. Soil carbon storage and nitrogen and phosphorus availability in Loblolly Pine plantation after 4-16 years of herbicide and fertilizer treatments. **Biogeochemistry**, v. 84, p. 13-30, 2007.

SCHOLES, M. C.; POWLSON, D.; TIAN, G. Input control of organic matter dynamics. **Geoderma**. v. 79, p. 25-47, 1997..

SEGNINI, A.; MILORI, D. M. P.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; PRIMAVESI, O.; MARTIN-NETO, L. Potencial de sequestro de carbono em área de pastagem de *Brachiara decumbens* – Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – **conquistas e desafios da ciência do solo brasileira**, 2007.

SILVA, L.G.; MENDES, I.D.; REIS JUNIOR, F.B.; FERNANDES M.F.; MELO, J.T.E.;KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 44, p. 613-620, 2009.

SILVA JÚNIOR, M.L.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; MELO, V. S.; MARTINS, P.F.; SANTOS, E.R.; CARVALHO, C.J.R. Carbon content in Amazon Oxisols after Forest conversion to pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.v. 33, p. 1603-1611, 2009.

SILVA, P.C.; COSTA, R. A.; BARBOSA, K. F.; MARTINS, Y. A.M.; PEREIRA, C.B.J. Propriedades físicas indicadoras da qualidade do solo sob diferentes culturas e sistemas de manejo no sudoeste goiano. **Enciclopédia Biosfera**. v.9, 2201 p., 2013.

SILVA, A.R.; SALES, A.; VELOSO, C.A.C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Agropecuária Técnica**. v. 37, n. 1, p. 96-104, 2016.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, A. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Agropecuária Técnica**, v. 37, p. 96-104, 2016.

SISTI, C.P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B.J.R, URQUIAGA,S.; BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil Tillage Research**. v. 76, p. 39-58, 2004.

SMAL, I.H.E.; OLSZEWSKA, M. The effect of afforestation with scots pine (*Pinus silvestris* L) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. **Plant Soil**. v. 305, p. 171-187, 2008.

SOUSSANA,J-F.; LEMAIRE, G. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture Ecosystems Environment**, v.190, p. 9-17, 2014.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; LAL, R. Physical quality of na Oxisol under an integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, p. 608-618, 2014.

STEINER, F.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G.; COSTA, M.S.S. M.; COSTA, L.A.M. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**.v. 6, n. 3, p. 401-408, 2011.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**. v. 33, p. 141-163, 1992.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TORRES, J.L. R.; SILVA, M.G.S.; CUNHA, M.A.; VALLE, D.X.P., PEREIRA, M.G. Produção de fitomassa e decomposição de resíduos culturais de plantas de

coberturas no cultivo da soja em sucessão. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 247-253, 2014.

VILLA NOVA, N.A. Eficiência de captura de energia solar por dosséis de *Eucalyptus pellita* F. Muel sob várias densidades de plantio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n. 2, p. 63-68, 2003.

VIANA, J. H. M.; SPERA, S. T.; MAGALHÃES, C. A. S.; CALDERANO, S. B. **Caracterização dos Solos do Sítio Experimental dos Ensaio do Projeto Safrinha em Sinop – MT**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo: Comunicado Técnico, 2015. 20 p. (Embrapa – Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 210).

### 3.0. CAPÍTULO 3 –CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA NO SOLO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o acúmulo de carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), em área submetida a três tipos de cultivo: 1) ILP (pastagem de *Urochloa. ruziziensis* em rotação com o milho (*Zea mays*); 2) ILPF-50 (composto por renques duplos de eucalipto com espaçamento entre renques de 50 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* rotacionada com milho); 3) ILPF-15 (composto por renques triplos de eucalipto, com espaçamento entre renques de 15,0 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* em rotação com o milho). Para fins de comparação utilizaram-se dados de CBM obtidos em solo de uma área de mata nativa e pousio, localizados nas proximidades da área experimental. As análises foram realizadas em amostras de solo deformadas, em dois períodos de avaliação 2013 e 2015. Para avaliação do CBM foram coletadas amostras na camada de 0-10 cm. Ao avaliar o CBM foi observado o aumento em relação a mata nativa de 43, 28 e 58% para os tratamentos ILP; ILPF-50 e ILPF-15 respectivamente. No que diz respeito a distribuição do CBM nas diferentes faces de isolamento (norte e sul) e nas diferentes distâncias do transecto, dos tratamentos ILPF-15 e ILPF-50, a distribuição ocorreu de maneira uniforme ao longo de todo o tratamento, após quatro anos de implantação. Demonstrando a elevada capacidade de retenção de C e N em sistemas integrados com rotação de culturas.

**Palavras-chave:** Pastagem, manejo do solo, agrossilvipastoril, agropastoril, sustentabilidade.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the soil microbial biomass carbon accumulation (MBM), in an area under three types of cultivation: 1) ILP (*Urochloa ruziziensis* pasture rotating with maize (*Zea mays*), 2) ILPF -50 (composed of double rows of eucalyptus with spacing between rows of 50 m, under cultivation of *U. ruziziensis* rotated with corn); 3) ILPF-15 (composed of triple row of eucalyptus, with row spacing of 15.0 m, under cultivation of *U. ruziziensis* in rotation with corn). For comparison purposes, CBM data obtained on soil from an area of native forest and fallow were located in the vicinity of the experimental area. The analyzes were carried out on deformed soil samples, in two evaluation periods 2013 and 2015. For the evaluation of CBM samples were collected in the 0-10 cm layer. When evaluating the CBM, the increase was observed in relation to the native forest of 43, 28 and 58% for the ILP treatments; ILPF-50 and ILPF-15 respectively. Concerning the distribution of CBM in the different faces of isolation (north and south) and the different distances of the transect, ILPF-15 and ILPF-50 treatments, the distribution occurred uniformly throughout the treatment, after four Years of implementation. Demonstrating the high retention capacity of C and N in integrated systems with crop rotation.

**Key words:** Pasture, soil management, agrossilvipastoril, agropastoril, sustainability

### 3.1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se manter a qualidade dos recursos naturais, principalmente no setor agropecuário vem aumentando a demanda por sistemas que visem manter as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. Desta forma, sistemas integrados de produção, como a integração lavoura-pecuária e a lavoura-pecuária-floresta são uma alternativa, de reduzir os impactos do ambiente promovidos por intervenções antrópicas, aliando os setores agrícola, pecuário e florestal (TICHIT et al., 2011), podendo promover incrementos de até 21% do carbono da biomassa microbiana do solo, principalmente quando associado a práticas de manejo conservacionista (MERCANTE et al., 2004).

Devido a utilização de práticas de manejo, como a adubação verde, rotação de culturas, sucessão de culturas e pastagens, plantio direto, entre outros. Vem sendo amplamente utilizados para garantir a melhoria da qualidade do solo (KASCHUK et al., 2011; SOUZA NETO et al., 2014). Essas práticas podem promover maior produção de biomassa aérea e subterrânea, favorecendo o acúmulo de carbono e a manutenção da fertilidade do solo por meio da ciclagem mais eficiente de nutrientes e da redução de perdas por lixiviação e erosão (PEZARICO et al., 2013).

A associação de diferentes práticas conservacionistas de manejo do solo, agem na manutenção da matéria orgânica do solo, que por sua vez propicia melhorias tanto nas qualidades físicas e químicas como biológicas, aumentando assim o tempo de resiliência e a produção da área (DI CIOCCO et al., 2014). Todavia, a quantidade e qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provocam alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando a sua taxa de decomposição (MERCANTE et al., 2004; ACOSTA et al., 2014). Neste sentido, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na persistência dos resíduos no solo, no tamanho do compartimento da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas (MERCANTE et al., 2004; SIGNOR et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2016)

A qualidade do solo, após alteração do uso e ocupação, é determinada por meio de atributos físicos, químicos e biológicos com a capacidade de quantificar o nível de desequilíbrio que determinado ambiente está sujeito, podendo determinar os efeitos sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade das práticas agrícolas adotadas (GOMES et al., 2015).

A biomassa microbiana do solo vem sendo amplamente utilizada na avaliação de possíveis alterações e impactos sofridos pela microbiota do solo a determinado tipo de manejo (DI CIOCCO et al., 2014; DALLA COSTA et al., 2014; da SILVA et al., 2015), pois a microbiota é capaz de refletir as mudanças de uso do solo, em curto prazo (FERNANDES et al., 2013). Fazendo-se necessária a determinação da biomassa microbiana em sistemas de integração objetivando a rápida percepção das alterações promovidas pelo sistema no solo.

Objetivou-se então, neste estudo avaliar o carbono da biomassa microbiana e sua distribuição horizontal em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta.

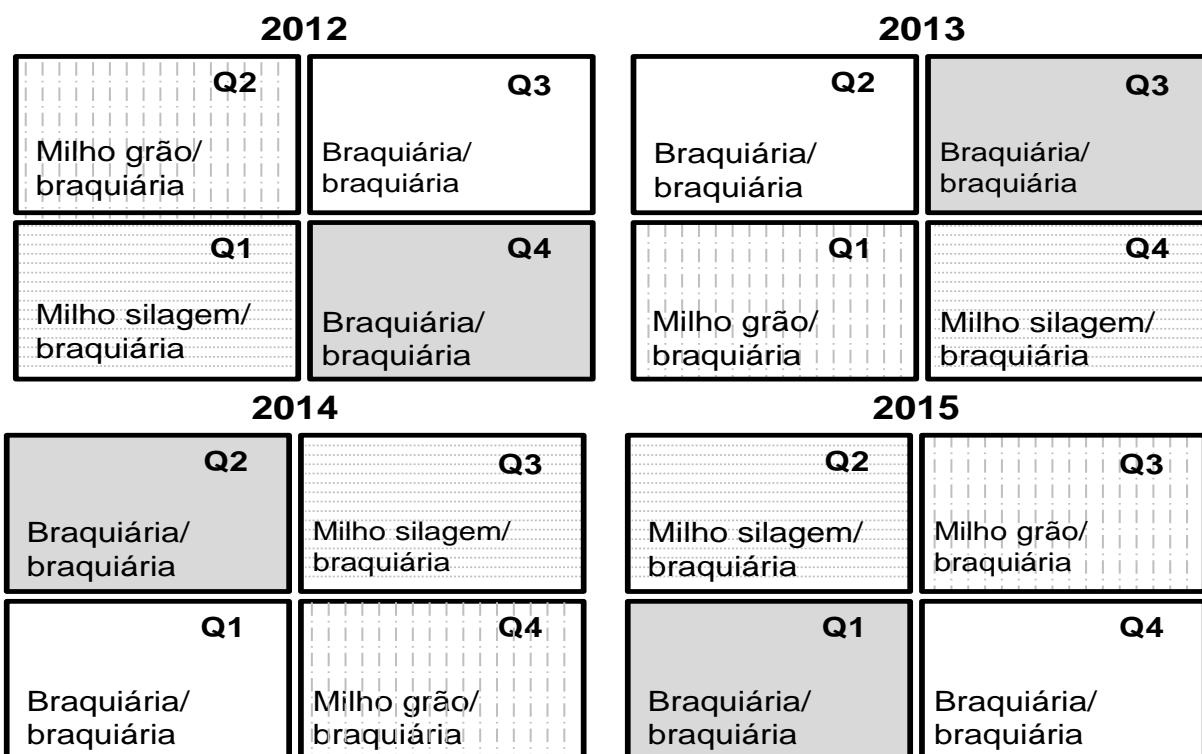
## **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1. Caracterização da área e experimental e sistemas de manejo**

O experimento foi conduzido no norte de Mato Grosso, na área experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (Embrapa Agrossilvopastoril), localizado à 11° 52' de latitude sul e 55° 36' de longitude oeste com altitude média de 380 m e precipitação média de 2.000mm $\text{ano}^{-1}$  (INMET, 2016). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (Viana et al., 2015), argiloso (35% areia; 10% silte, 55% argila), relevo plano (declividade entre 0,0 a 2,5%). Observou-se na camada de 0-20 cm as seguintes características químicas antes da instalação do experimento: pH em H<sub>2</sub>O de 5,7 mg dm<sup>-3</sup>; 14,4 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich<sup>-1</sup>); 57 mg dm<sup>-3</sup> de K (Mehlich<sup>-1</sup>); 2,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al e 16 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica.

A área experimental começou a ser desmatada em 1984, para produção de mandioca, de 2002 a 2007 a área foi cultivada com soja (*Glycine max* (L) Merr.) e

milho (*Zea Mays*L), com manejo convencional com revolvimento do solo. Nas safras 2007/2008 e 2008/2009, foram cultivadas sucessões soja e algodão (*Gossypium hirsutum* L) (Diel et al., 2014).



**Figura 8.** Esquema de rotação de culturas nos diferentes quadrantes avaliados. Q1, Q2, Q3 e Q4, correspondem aos quadrantes 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

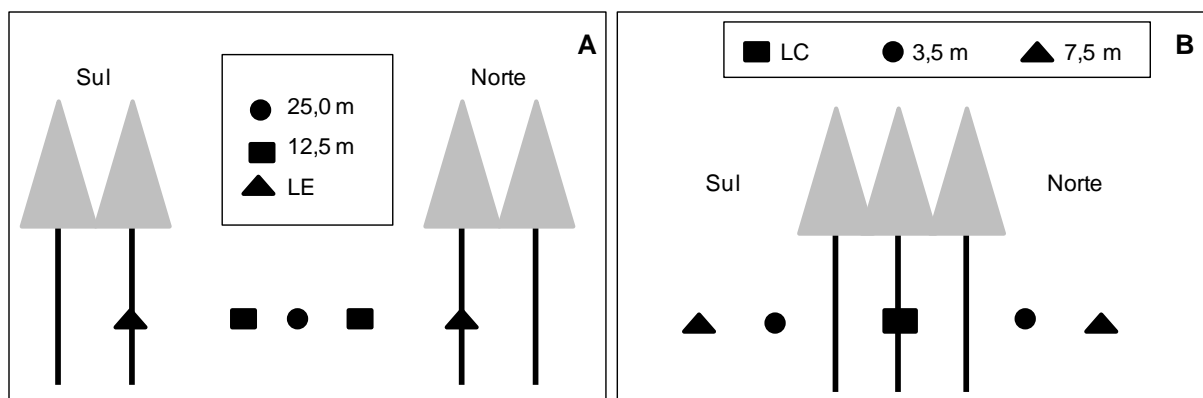
A área total do experimento corresponde a 40 há (Apêndice A), divididos em quatro quadrantes de 10 ha cada; denominados quadrantes 1, 2, 3 e 4 os quais foram destinados à produção agrícola pecuária e de silvicultura em associação (Figura 8). O carbono da biomassa microbiana foi determinado nos sistemas de produção nos anos de 2013 e 2015, em três tratamentos: ILP (pastagem de *Urochloa ruziziensis* em rotação com o milho (*Zea mays*)); ILPF-50 (composto por renques duplos de eucalipto com espaçamento entre renques de 50,0 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* rotacionado com milho) e ILPF-15 (composto por renques triplos de eucalipto, com espaçamento entre renques de 15,0 m, sob cultivo de *U. ruziziensis* em rotação com o milho).

### **3.2.2. Coleta amostras de solo**

As avaliações foram realizadas nos anos de 2013 e 2015 nos diferentes tratamentos. No ILP e nas testemunhas (pousio e mata) foram realizadas amostragens de solo em “zig-zag”, na camada de 0-10 cm de solo (Apêndice E). Foram coletadas, com auxílio de trado tipo holandês, 25 subamostras para compor cada amostra composta.

No sistema de ILPF-50 (Figura 9), no qual o componente florestal estava presente, o solo foi amostrado no sentido transversal às linhas da espécie florestal (transecto), partindo-se da linha externa (LE) do renque até o centro da área destinada a lavoura/pastagem, na LE e às distâncias de 12,5 e 25,0 m da linha externa do renque de eucalipto, em ambas as faces de insolação (norte e sul). Foram coletadas 25 subamostras (trado tipo holandês) para cada distância amostrada, para formar cada amostra composta (Apêndice F). No ILPF-15, o solo foi amostrado partindo-se do renque central até 7,5 m (centro da área destinada a produção de lavoura/pastagem), na camada de 0-10 cm de solo. Coletadas na linha central (LC) do renque de eucalipto, e às distâncias de 3,5 e 7,5 m, nas faces de insolação norte e sul do tratamento, nos quais foram coletadas para cada ponto amostrado 25 subamostras para formar cada amostra composta (Apêndice G).





**Figura 9.** Esquema de coleta de amostras de solo no sistema ILPF-50 (A) e ILPF-15 (B). LC – Linha central do renque; LE – Linha externa do renque; 3,5 m; 7,5 m; 12,5 m; 25,0 m – a 3,0 7,5; 12,5 e 25,0 m de distância da linha externa do renque de eucalipto.

### 3.2.3. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo

As amostras foram homogeneizadas, removidos resíduos vegetais e armazenadas a uma temperatura de  $7^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , até o momento da realização das análises. A determinação a umidade do solo foi realizada pelo método gravimétrico, a partir da massa de 5,0 g de solo, pesadas em placa de Petri e secas em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

Na determinação do carbono da biomassa microbiana, utilizou-se o método proposto por Vance et al. (1987), em quatro replicatas. Após a coleta no campo e determinação da umidade do solo, quando necessária a umidade do solo (amostras de 20g) foi elevada a 100% da capacidade de retenção de água, e posteriormente foram pré-incubadas (não fumigadas) por sete dias, em câmara climática a  $25^{\circ}\text{C}$ . No sexto dia, metade das amostras (2 amostras) foram fumigadas por 24 horas em um dissecador contendo uma placa de “Petri” com 25 mL de clorofórmio livre de álcool. No dia seguinte (antes da extração) o procedimento foi repetido, utilizando 15 mL de clorofórmio. As amostras não fumigadas foram mantidas em câmara climática a  $25^{\circ}\text{C}$  por sete dias.

As amostras de solo, fumigadas e não fumigadas, foram transferidas para frascos de vidro de 500 mL. Para extração do carbono da biomassa microbiana (CBM). Para isso foram adicionados ao frasco contendo as amostras, 50mL de uma

solução de sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) a 0,5 M, e agitados em mesa agitadora por quarenta minutos a 150 rpm. Após agitação, as amostras foram filtradas em filtro qualitativo (MN 616), e transferidas para tubos de ensaio (20mL) com tampas e armazenados em geladeira (no máximo uma semana), até o momento da extração.

O CBM das amostras de solo fumigadas e não fumigadas, foi quantificado em TOC analyzer (Shimadzu Model TOC-V/CPH-TN Elementar, Alemanha). E determinado pela diferença entre o carbono orgânico extraído das amostras de solo fumigadas e não fumigadas, usando o fator de correção (Kec) de 0,35 pelo método CFE (OLIVEIRA et al., 2001).

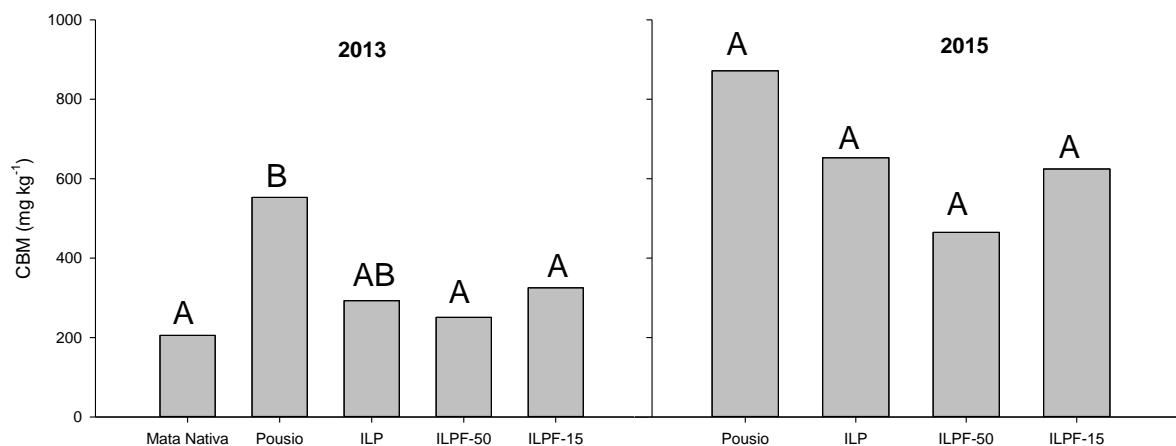
#### **3.2.4. Análise estatística**

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade e heterogeneidade e submetidas a análise de variância. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC) a 5% de significância. Para avaliação da distribuição do carbono nos diferentes anos de avaliação o delineamento utilizado foi o de parcelas subdivididas no tempo. Foi realizado o teste T de Student ao nível de 5% de significância para comparar as médias dos tratamentos referência (mata nativa e pousio) com os demais tratamentos.

### **3.3. RESULTADO E DISCUSSÕES**

#### **3.3.1. Carbono da biomassa microbiana do solo**

Os diferentes anos de coleta e os diferentes tratamentos influenciaram no teor CBM, no entanto, não foram observadas diferenças estatísticas ( $p=0,07$ ). A mata nativa, usada como área de referência, no ano de 2013 resultou em menor teor de CBM ( $205,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na camada de 0-10 cm de solo (Figura 10). Apesar disso, não diferiu dos tratamentos ILP ( $p=0,5$ ), ILPF-50 ( $p=0,6$ ) e ILPF-15 ( $p=0,13$ ).



**Figura 10.** Carbono da biomassa microbiana do solo (0-10 cm) em diferentes sistemas de integração, com consórcio e rotação de culturas.

**Mata Nativa** – Área de vegetação nativa, localizada em área adjacente ao experimento. **Pousio**– Composta por vegetação, localizado entre os tratamentos; **ILP** – Integração lavoura-pecuária; **ILPF-50** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 50 m; **ILPF-15** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 15,0 m. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste T de Student à 5% de significância.

Em 2013, apesar dos tratamentos possuírem teor médio de CBM iguais à mata nativa, após a implantação do experimento houve aumento do CBM do solo nos diferentes tratamentos avaliados, sendo em média 43, 28 e 58% superiores aos da mata nativa para o ILP, o ILPF-50 e o ILPF-15 respectivamente.

Em relação ao ano de 2015, o teor médio de CBM da mata nativa foi inferior ao ILP ( $p=0,04$ ), ao ILPF-15 ( $p=0,01$ ) e ao pousio ( $p=0,01$ ), e semelhante ao ILPF-50 ( $p=0,07$ ). Apesar dos valores de CBM do ILPF-50 ter valores semelhantes aos obtidos pela mata nativa, não houve diferença entre o teor médio de CBM dos tratamentos ILP, ILPF-50 e ILPF-15.

Ao comparar os diferentes anos de avaliação, 2013 e 2015, apesar dos teores de CBM no ano de 2015 terem sido superior ao observado em 2013, estes foram semelhantes entre si ( $p=0,07$ ). No entanto, somente a determinação da biomassa microbiana do solo, não é capaz de fornecer informações sobre a atividade das populações de micro-organismos, podendo então haver elevada quantidade de biomassa inativa (TÓTOLA e CHAER, 2002). Não sendo, neste caso possível determinar o estado metabólico e o potencial dessas comunidades microbianas.

Por sua vez, o incremento no teor de CBM, nos diferentes tratamentos pode estar relacionado ao manejo adequado das culturas utilizadas em rotação. Associado, ao cultivo de lavouras com sistema plantio direto promovem maior incremento de carbono da biomassa microbiana (DADALTO et al., 2015). Assim, como a utilização de animais em adequado sistema de pastejo (GARCIA e NAHAS, 2007) isso pode favorecer o incremento de carbono da biomassa (SILVA et al., 2015). Kluthcoushi et al. (2003), em estudos de sistemas de integração relatam ainda que além de favorecer a proteção dos microrganismos, sistemas integrados, quando associados à lavouras com plantio direto e com rotação/consórcio de culturas, favorecem a deposição de elevada quantidade de resíduos vegetais, que promovem o aumento da biomassa microbiana do solo.

O CBM constatado nos diferentes tratamentos foi superior ao observado por diversos autores (SILVA et al., 2015; ALVES et al., 2011), no entanto os valores obtidos em 2015 foram semelhantes aos encontrados por Fonseca et al. (2007), os quais em sistemas de ILP reportaram teor em torno de 560,0 mg kg<sup>-1</sup>. De acordo com esses autores o aumento da biomassa microbiana em solos de baixa fertilidade indica melhoria da qualidade do solo. Azar et al. (2013) relatam que o sistema silvipastoril, devido às características intrínsecas contribui para maior incremento do CBMe orgânico do solo, quando comparado com sistemas com monocultivo, devido à maior atividade decompositora quando em condições de sistema silvipastoril, o qual é altamente influenciado pela composição do material vegetal depositado (TORRES e PEREIRA, 2008).

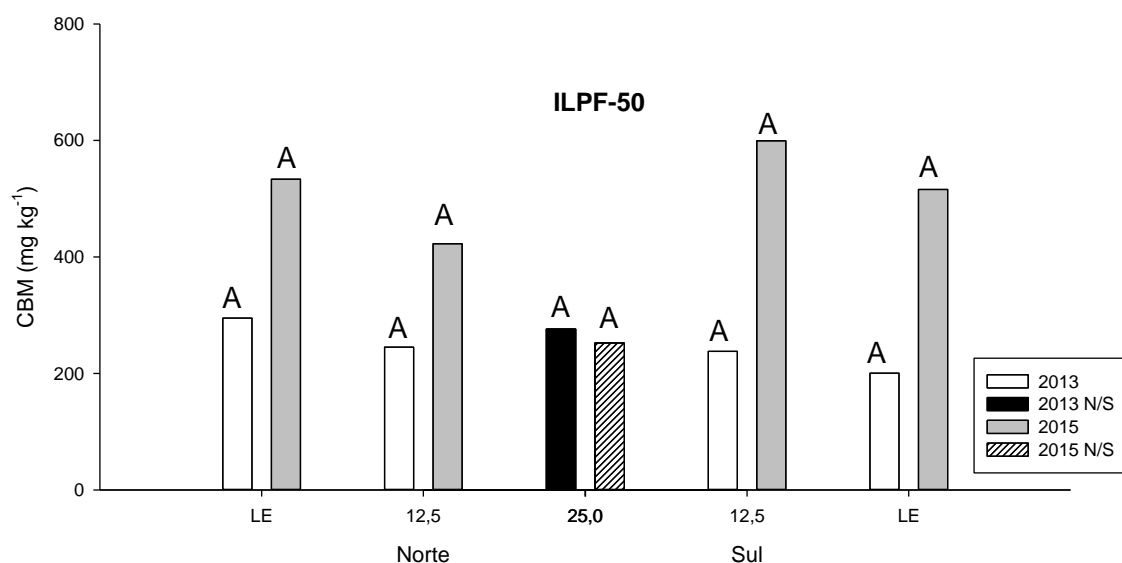
Outro fator que pode ter contribuído para o elevado incremento do CBM está relacionado ao período de coleta, sendo que nos períodos chuvosos tendem a resultar em maiores valores de biomassa, quando comparados com períodos de seca. Isso se deve ao fato de que os microrganismos necessitam de água para absorção de nutrientes e manutenção da integridade da superfície celular. A cobertura do solo proporcionada pela elevada deposição de resíduos vegetais e animais do sistema, pode ter contribuído para a manutenção da adequada temperatura e umidade do solo, de forma a favorecer o incremento de CBM do solo (AZAR et al., 2013; ARAUJO NETO et al., 2016).

Por sua vez a área sob pousio, composta por vegetação espontânea teve o maior conteúdo de CBM, com teormédio de 552,7 mgkg<sup>-1</sup>, sendo superior a mata nativa (p=0,001) e ao ILPF-50 (p=0,01) e ILPF-15 (p=0,02) e semelhante a ILP (p=0,07).

O maior teor de CBM na área de pousio está de acordo com Araújo Neto et al. (2016) que relatam que o efeito pode ser atribuído a maior diversidade de plantas que proporciona maior regularidade do substrato em condições estressantes e maiores quantidades de carboidratos, aminoácidos e polímeros. Outro fator que pode ter contribuído para os maiores incrementos de CBM na área de pousio esta relacionado a fertilidade construída deste solo antes da implantação do experimento, pois desde 1984 vinha sendo utilizado para fins agrícolas.

### **3.3.2. Distribuição horizontal do carbono da biomassa microbiana do solo**

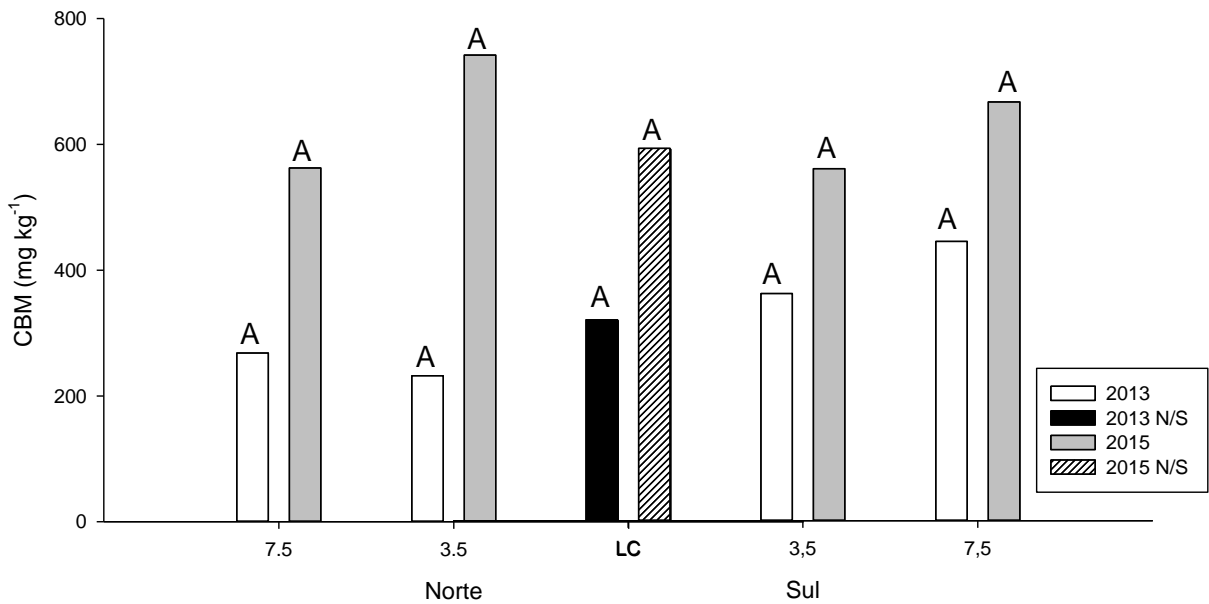
No transecto ao longo do ILPF-50 (Figura 11) não foram observadas diferenças entre as diferentes distâncias, faces (norte e sul de exposição solar) e entre os diferentes anos. O CBM variou de 295,0 mgkg<sup>-1</sup> na LE (norte) a 237,0 mg kg<sup>-1</sup> na LE sul em 2013 e de em média 515,8 a 533,5 mgkg<sup>-1</sup> para LE norte e sul, respectivamente, no ano de 2015. Podendo-se inferir que a distribuição CBM no ILPF-50 ocorre de maneira uniforme e homogênea nas diferentes faces de exposição solar do tratamento.



**Figura 11.** Distribuição do carbono da biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

**ILPF-50** – Integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 50 m; **LE** – linha externa do renque de árvore; **12,5** – à 12,5 m da linha externa no renque de árvore; **25,0** – à 25,0 m da linha externa; **N/S** – linha divisória face norte e sul. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste T de Student à 5% de significância.

Em 2013, o ILPF-15 (Figura 12), teve os mesmos valores e distribuição do CBM que o ILPF-50. No entanto, quando comparados os anos de 2013 e de 2015, houve aumento e uniformização do CBM ao longo do transecto e nas faces de insolação norte e sul ( $p > 0,05$ ), com leve tendência de aumento do teor de CBM à 7,5 m de distância da linha central do renque.



**Figura 12.** Distribuição do carbono da biomassa microbiana em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de 15,0m. **ILPF-15** – Integração lavoura-pecuária-floresta em sistema de rotação de culturas *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã e milho consorciado com *U. ruziziensis* e feijão-caupi; **7,5** – á 7,5 m de distância da linha externa do renque de eucalipto; **3,5**– a 3,5 m de distância da linha externa do renque de eucalipto; **LC** – linha central do renque de eucalipto; **N/S** – linha divisória face norte e sul. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste T de Student à 5% de significância.

A distribuição uniforme pode ter sido promovida tanto por fatores relacionados ao clima (umidade, temperatura), quanto a fatores relacionados ao manejo do solo e da cultura na área, e também pela qualidade do material depositado na superfície (CASTILHO et al., 2004; DADALTO et al., 2015), e nesse caso os valores mais elevados do teor de CBM implica em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta (MERCANTE et al., 2004).

A manutenção da produtividade em longo prazo nos agrossistemas agrícola e florestal depende dos processos de transformação do material orgânico desses solos (CASTILHO et al., 2004). Além disso, Wink et al. (2013) ressaltam que para sistemas de uso do solo similares, onde há manutenção das condições de solo e

clima, há tendência de homogeneização do índice de atividade microbiana em longo prazo, em resposta à limitações do sítio.

Desse modo, os sistemas ILPF-50 e ILPF-15 foram capazes de depositar resíduos vegetais de adequada qualidade e manter a temperatura e a umidade do solo de modo homogêneo em todos os tratamentos. Isso resultou na uniformização do teor de CBM em todos os tratamentos. Mercante et al. (2004) ressaltam a importância do uso de sistemas conservacionistas para o estabelecimento/manutenção dos valores da biomassa microbiana.

### **3.4. CONCLUSÕES**

Após implantação do ILPF-50 e ILPF-15 a distribuição do carbono da biomassa microbiana não revelou diferença entre as faces dos entre renques norte e sul.

Após 4 anos de implantação o ILPF-15 foi capaz de promover ao sistema melhor distribuição do carbono da biomassa microbiana ao longo de todo o tratamento. Assim como promoveu o maior incremento de carbono da biomassa microbiana.

O ILP, ILPF-50 e ILPF-15 demonstraram elevada capacidade de aportar carbono na biomassa microbiana, propiciando valores acima encontrado pela vegetação nativa.

### **3.5. AGRADECIMENTOS**

À fundação de amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pela concessão de bolsa e recursos para realização do estudo e à Embrapa Agrossilvipastoril, pela disponibilização da área experimental e laboratórios.



### 3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J.A.A.; AMADO, T.J.C.;SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M.A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**.v. 44, p. 801-809, 2014.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.;ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREEIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**.v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, A. N.;KUSDRA, J. F.;KOLLN, F. T.; ANDRADE NETO, R. C. Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura. **Revista Ciência Agronômica**.v. 45, n. 4, p. 650-658, 2014.

AZAR, G. S.; ARAÚJO, A. S. F.; OLIVEIRA, M. E.; AZEVÊDO, D. M. M. R. Biomassa e atividade microbiana do solo sob pastagem em sistemas de monocultura e silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 34, n. 6, p. 2727-2736, 2013.

CASTILHOS, D.D.; SANTOS, V. B.;CASTILHOS, R. M.V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolosob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.10, n. 3, p. 333-338, 2004.

DADALTO, J. P.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECO, P. R.; MATOS, A. T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**.v.35, n.3, p. 506-513, 2015.

DALLA COSTA, G.;SILVA, M. A. A.;DEMÉTRIO, G. B.;SILVA, M. A.;MATSUMOTO, L. S. Influência da adubação nos atributos microbiológicos do solo na produção de milho silagem. III Reunião Paranaense de Ciência do Solo, 2014, Londrina,**Anais**. Londrina: III RPCS, 2014.

DI CIOCCO, E. A.; SANDLER, R. V.; FALCO, L. B.; COVIELL, C. E. Microbiological activity of a soil under different uses and its relation with physico-chemical variables. **Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias**.v. 46, n. 1, p. 73-85, 2014.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L.; ISERNHAGEN, E. C. C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivo exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**.v.9, n. 8, p. 639-647, 2014.

FERNANDES, M. M.; SILVA, M. D.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, T. M.; FERNANDES, M. R. M.; SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-manso solteiro e consorciado com gramínea no Sul do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**,v.8, n. 3, p. 464-469, 2013.

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. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

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

GOMES, S.;GOMES, M. S.; GALLO, A. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**. v. 144, n. 1 (especial), p. 30-37, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Acesso em: dez. 2016  
Disponível em:<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **PlantSoil**,v. 338, p. 467–481, 2011.

KLUTHCOUSHI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob**

**sistemas integrados de produção agropecuária.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004, 27 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20, ISSN 1679-0456; 20).

NOGUEIRA, L. R.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; GAIA-GOMES, J.; SILVA, E. M. R. Biological Properties and Organic Matter Dynamics of Soil in Pasture and Natural Regeneration Areas in the Atlantic Forest Biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p, 01-13, 2016.

OLIVEIRA, J. R. A.; MENDES, I. C.; VIVALDI, L. J. **Carbono da Biomassa Microbiana em Solos de Cerrado: Comparação dos Métodos Fumigação-Incubação e Fumigação-Extração.** Planaltina: Embrapa Cerrados: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2001, 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 9, ISSN 1676-918X; 9).

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

SILVA, A. S.; COLOZZI FILHO, A.; NAKATANI, A. S.; ALVES, S. J.; ANDRADE, D. S.; GUIMARÃES, M. F. microbial characteristics of soils under na integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 39, p. 40-48, 2015.

SIGNOR, D.; ZANI, C. F.; PALADINI, A. A.; DEON, D. M.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v. 38, p. 1402-1410, 2014.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; LAL, R. Physical quality of na Oxisol under na integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.v. 38, p. 608-618, 2014.

TICHIT, M.; PUILLET, L.; SABATIER, R.; TEILLARD, F. Multicriteria performance and sustainability in livestock farming systems: functional diversity matters. **Livestock Science**.v. 139, p. 161–171, 2011.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**.v.43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos Especiais em Ciências do Solo**. v. 2, n. 1, p. 196-275, 2002.

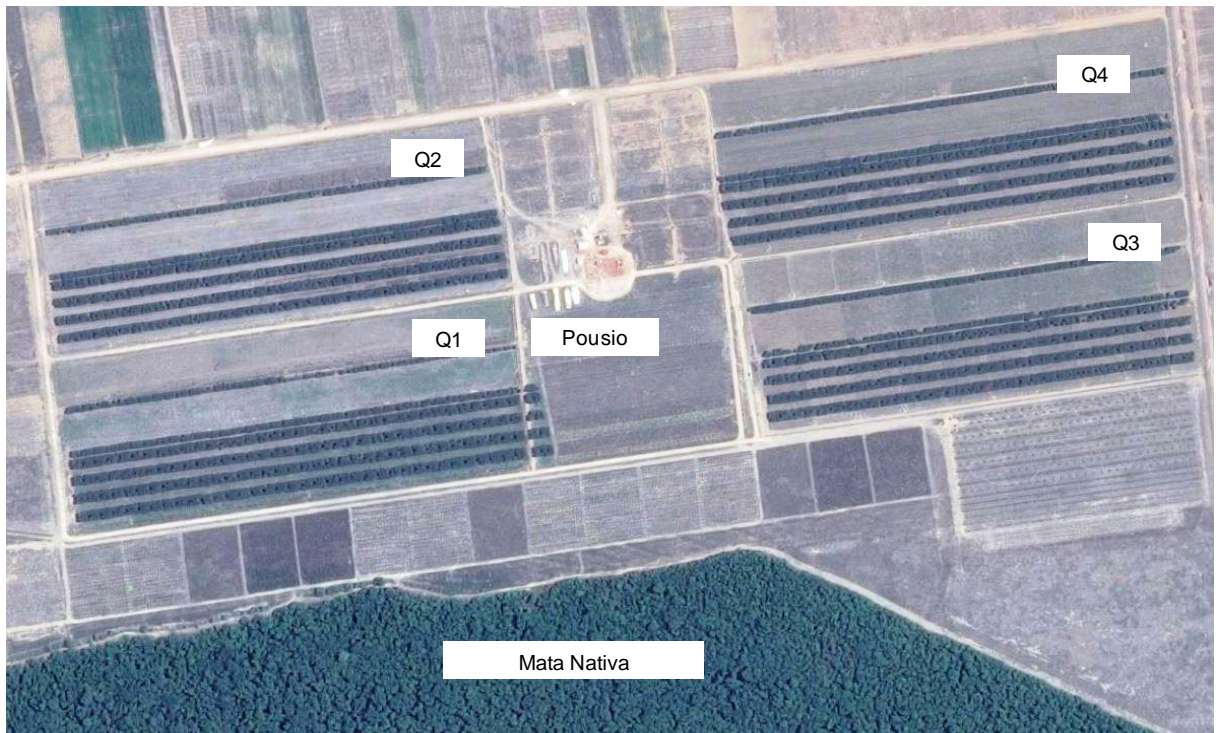
VANCE, E. D.; BRGGKE, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology Biochemistry**.v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VIANA, J. H. M.; SPERA, S. T.; MAGALHÃES, C. A. S.; CALDERANO, S. B. **Caracterização dos Solos do Sítio Experimental dos Ensaios do Projeto Safrinha em Sinop – MT**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo: Comunicado Técnico, 2015. 20 p. (Embrapa – Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 210).

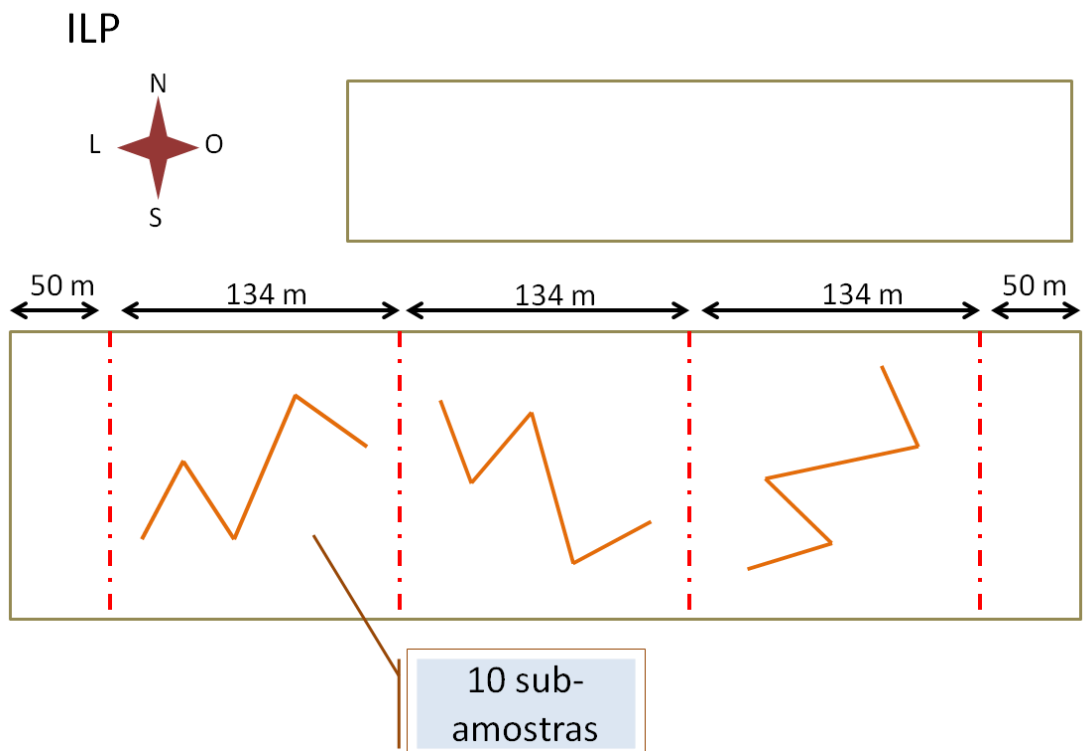
WINK, C.; REINERT, D. J.; MÜLLER, I.; REICHERT, J. M.; JACOMET, L. The *Eucalyptus* sp. age plantations influencing the carbon stocks. **Ciência Florestal**.v. 23, n. 2, p. 333-343, 2013.

## APÊNDICES

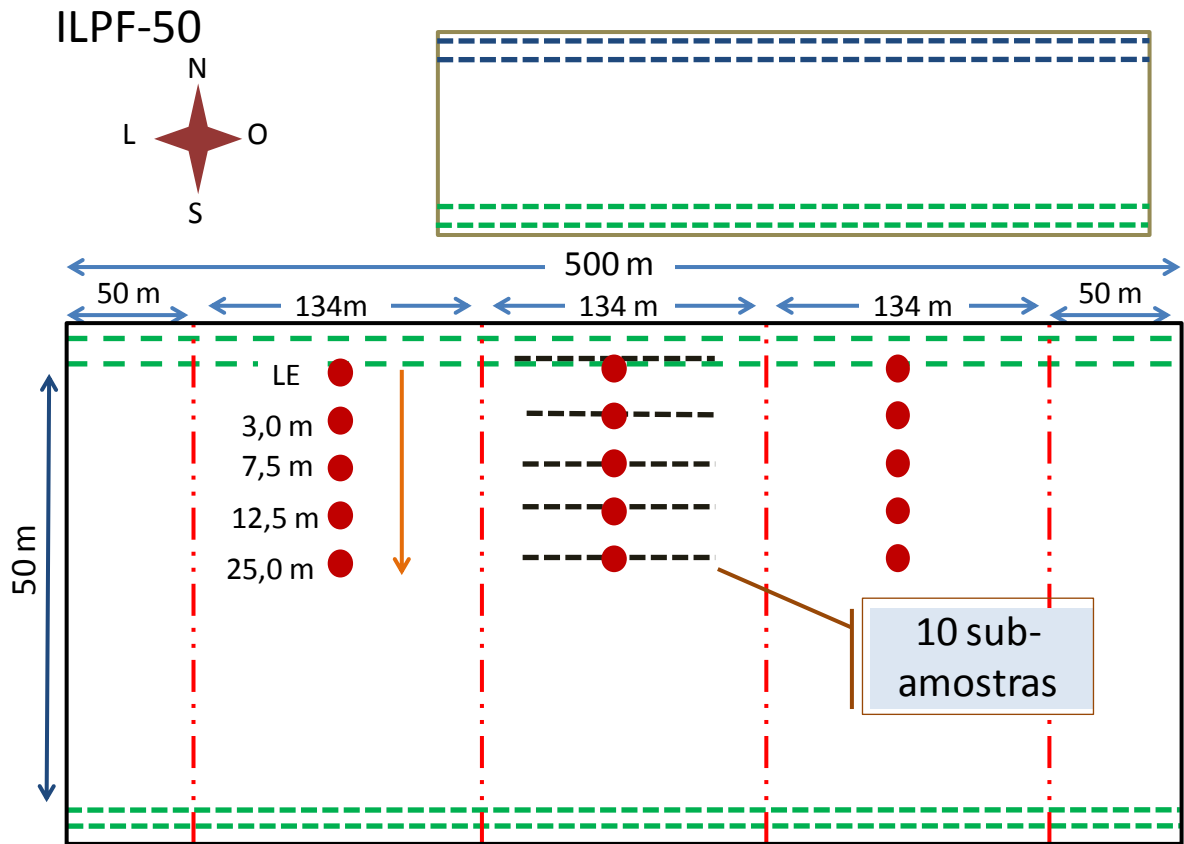
## APÊNDICE A



## APÊNDICE B

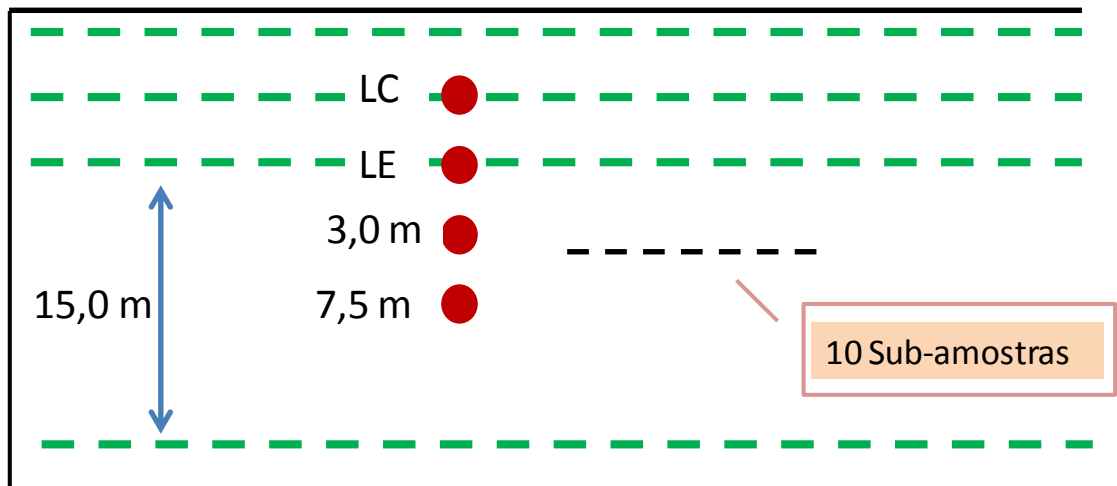
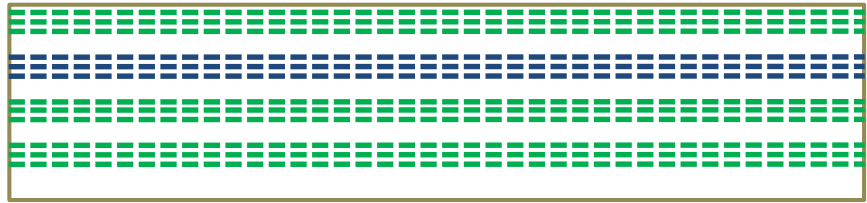
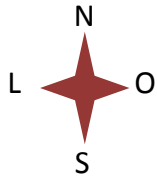


# APÊNDICE C

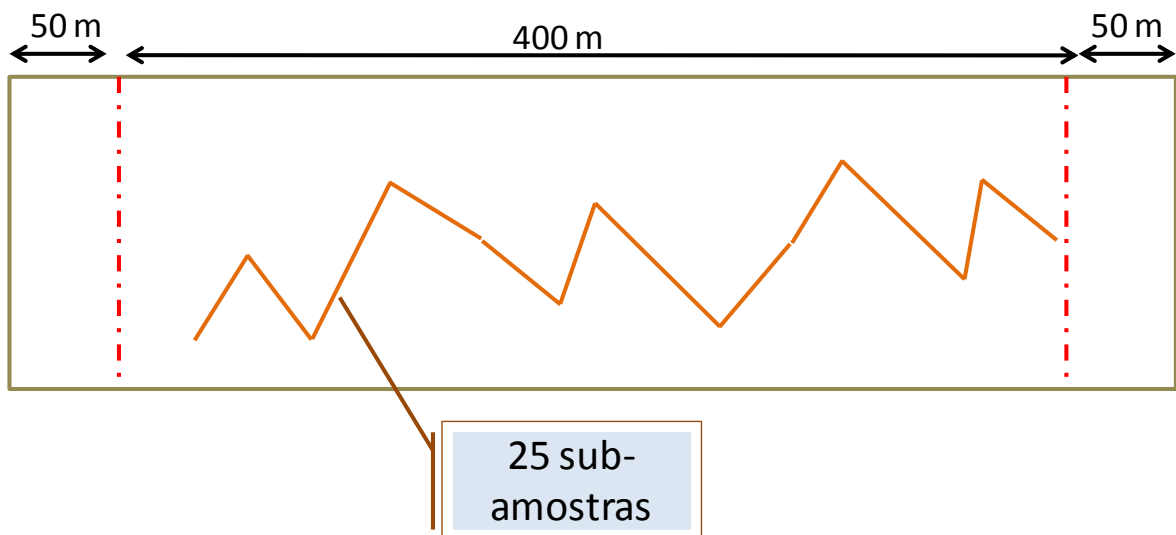


## APÊNDICE D

ILPF-15

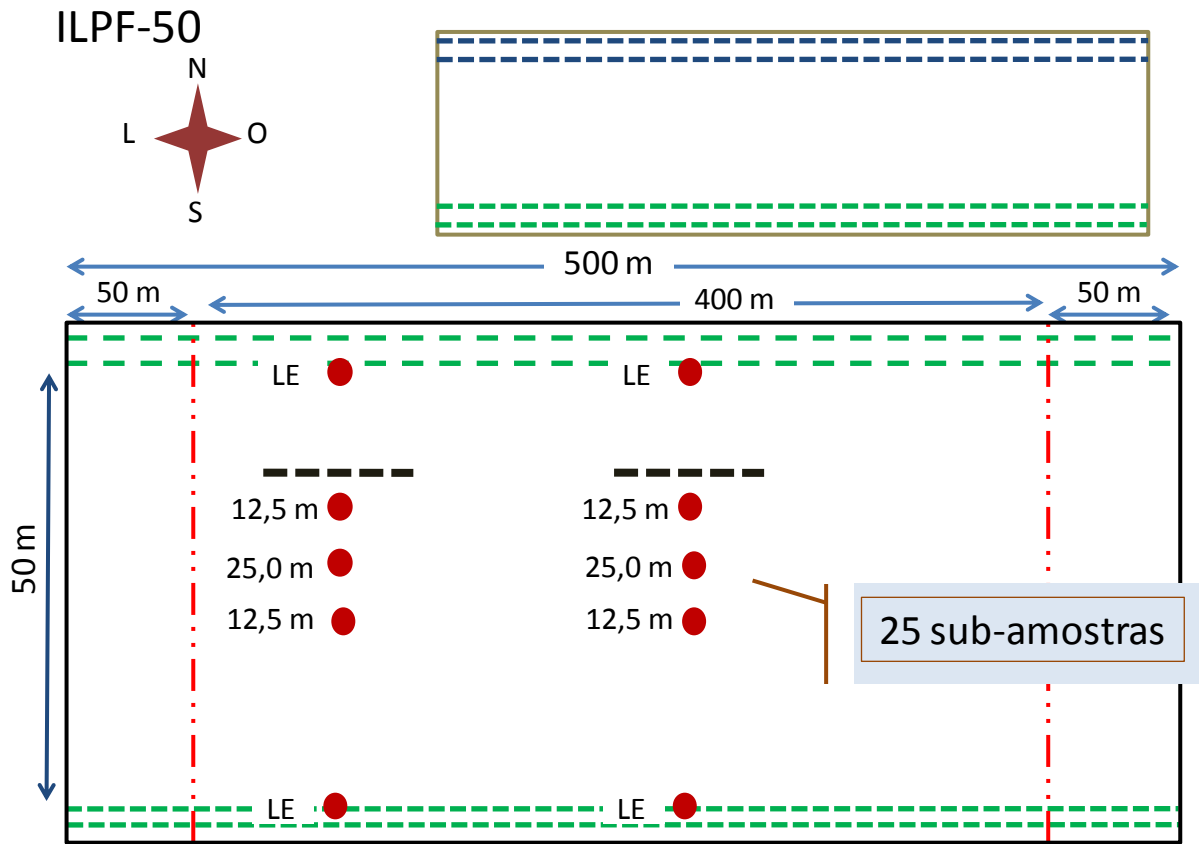


## APÊNDICE E





# APÊNDICE F



APÊNDICE G

ILPF-15

