

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITARIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**ESTABILIDADE DE AGREGADOS, DISTRIBUIÇÃO E PERDA DE
CARBONO EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB
DIFERENTES MANEJOS NO BIOMA AMAZÔNIA.**

**Lana Cristina Baumgärtner
Engenheira Agrônoma**

2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITARIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**ESTABILIDADE DE AGREGADOS, DISTRIBUIÇÃO E PERDA DE
CARBONO EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB
DIFERENTES MANEJOS NO BIOMA AMAZÔNIA.**

Lana Cristina Baumgärtner

Orientador: Dr. Eduardo da Silva Matos

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 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B348e Baumgärtner, Lana Cristina.
Estabilidade de agregados, distribuição e perda de carbono em um Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes manejos no Bioma Amazônia. / Lana Cristina Baumgärtner. - 2016
57 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Eduardo da Silva Matos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Sinop, 2016.
Inclui bibliografia.

1. pastagem. 2. matéria orgânica do solo. 3. palha. 4. ILPF. 5. braquiária. 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.



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

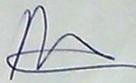
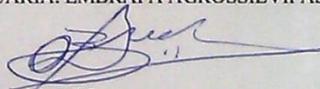
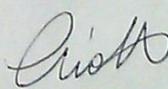
TÍTULO : "Estabilidade de agregados, distribuição e perda de carbono em um Latossolo Vermelho Amarelo submetido a diferentes manejos no bioma Amazônico."

Titulo sugerido e acatado: Estabilidade de agregados, distribuição e perda de carbono em um Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes manejos no Bioma Amazônia.

AUTOR : Mestranda LANA CRISTINA BAUMGÄRTNER

Dissertação defendida e aprovada em 20/04/2016.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Eduardo da Silva Matos	
Instituição :	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL		
Examinador Interno	Doutor(a)	Carlos Cesar Breda	
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO		
Examinador Externo	Doutor(a)	Ciro Augusto de Souza Magalhães	
Instituição :	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL		

SINOP, 20/04/2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Lana Cristina Baumgärtner, filha de Odelar Baumgärtner e Almira Schowanz Baumgärtner, nascida em 24 de dezembro de 1989 em Sinop – MT, cursou o ensino médio no Colégio Alternativo (Sinop – MT). Em 2008 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário de Sinop, obtendo o título de Engenheira Agrônoma em 2013. Em 2014 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela mesma instituição, obtendo o título de Mestre em Agronomia em 2016.

EPÍGRAFE

“Quando nada parece ajudar,
eu vou e olho o cortador de pedras, martelando uma rocha.
Talvez cem vezes sem que uma rachadura apareça.
No entanto, na centésima primeira martelada,
a pedra se abre em duas,
e eu sei que não foi a última martelada que conseguiu,
mas todas as que vieram antes.”

Jacob Riis.

OFEREÇO

Ao criador dos céus e da terra, Deus!

DEDICO

Aos meus pais, Odelar e Almira, por todo o amor,
apoio e confiança ao longo desses anos.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência, saúde, alegria, esperança e por tudo que tem me proporcionado.

A Universidade Federal de Mato Grosso – Campus de Sinop e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia, por todo o conhecimento transmitido.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais Odelar Baumgärtner e Almira Schowanz Baumgärtner que sempre estiveram presentes em minha vida, me aconselhando e apoiando durante os momentos mais difíceis, como também, participando dos momentos de maior alegria.

A minha irmã Lidia Marina Baumgärtner, por existir e pela força.

Ao Rodrigo Berticelli por me apoiar e me acalmar nos momentos de angústias, mas também pelas risadas sem fim, tenho grande carinho e admiração por você.

Ao meu orientador Dr. Eduardo da Silva Matos, pela paciência, confiança, pela oportunidade de trabalharmos juntos, pela amizade, pelos ensinamentos e pela contribuição marcante em minha formação profissional e pessoal.

Aos membros de minha banca, Dr. Carlos Cesar Breda e Dr. Ciro Augusto de Souza Magalhães, pela atenção e sugestões que enriqueceram esse trabalho e que serão úteis em minha vida.

Aos estagiários André Luiz Schowanz e Rubens Mauro Barragan, meus quatro braços expandidos, vocês foram parte essencial para o desenvolvimento e conclusão desse trabalho. Muito obrigada!

As engenheiras agrônomas, Mirelly Mioranza e Kaynara Fabíola Kawasaki pela amizade ao longo desses anos de graduação e pós graduação, para sempre no meu coração.

A minha querida amiga Tairiny de Oliveira, pelas 'parcerias' (...rs...) ao longo desses 8 anos de amizade e confidências. Obrigado por fazer parte de minha vida, com certeza sempre dividindo as tristezas e somando as alegrias. Amo você!

As minhas queridas Embrapianas, Jacqueline Jesus Nogueira da Silva, Mirelly, Andressa Botin, Carol Giustina, Camila Eckstein, Tatiana Dias, Mariana Yumi Takahashi, pelos momentos de descontração, pelos 'coffees', pelos 'Happy Hour'. Enfim, obrigada por fazerem desta jornada bem mais divertida!

Aos analistas de laboratórios Ana Paula Moura da Silva, Bruno Rafael da Silva, Joyce Mendes Andrade Pinto, Rodrigo Chelegão e Rogério de Campos Bicudo, sempre muito prestativos e atenciosos.

E a todos que participaram de forma direta e indiretamente, para realização e conclusão desse trabalho. Muito Agradecida!!!!

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
Palavras-chave.....	1
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	2
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Sistema integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF)	4
3.2 Agregação do solo.....	5
3.3 Emissão de dióxido de carbono (CO ₂).....	8
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
RESUMO.....	16
Palavras-chave.....	16
ABSTRACT	17
Keywords.....	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 Área Experimental	19
2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental.....	19
2.3 Coleta das amostras	20
2.4 Preparo das amostras.....	22
2.5 Análises Laboratoriais.....	22
2.5.1 Estabilidade de agregados via úmida.....	22
2.5.2 Índice de estabilidade de agregados.....	23
2.5.3 Teor de carbono nos agregados	23
2.5.4 Emissão de dióxido de carbono	24
2.6 Análise estatística.....	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.1 Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico	25
3.2 Índice de estabilidade de agregados (IEA)	28
3.3 Teor de carbono	29
3.4 Emissão de dióxido de carbono.....	31

3.5 Comportamento dentro do sistema de ILPF	33
3.5.1 DMP e DMG.....	33
3.5.2 IEA	34
3.5.3 Teor de C	35
4. CONCLUSÕES	37
5. AGRADECIMENTOS	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
7. ANEXOS	43

Estabilidade de agregados, distribuição e perda de carbono em um Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes manejos no Bioma Amazônia.

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações causadas na estabilidade de agregados, distribuição e perda de C em agregados em solo submetido a sistemas exclusivos de cultivo em comparação ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.. As avaliações foram realizadas em Sinop-MT, em Latossolo Vermelho Amarelo. Os tratamentos foram: **Floresta**: (floresta plantada com eucalipto); **Lavoura**: (lavoura com sucessão soja na safra e milho segunda safra consorciado com braquiária); **Pastagem**: (pastagem de *B. brizantha* (*U. brizantha*) cv Marandu); **ILPF**: (sistema integração lavoura-pecuária-floresta com floresta de eucalipto e cultivo entre renques de soja na safra e milho consorciado com pasto na segunda safra). O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Para as análises de estabilidade de agregados e distribuição de carbono foram retiradas de cada tratamento amostras indeformadas (monólitos), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. Ao analisar os agregados não foram observadas diferenças para DMP (diâmetro médio ponderado) e DMG (diâmetro médio geométrico) nas camadas de 0-5 e 10-20 cm. Porém, na camada de 5-10 cm o tratamento pastagem mostrou os maiores DMP (4,91 mm) e DMG (3,35 mm). As classes de agregados retidas nas peneiras 1,00 e 0,50 mm apresentaram os maiores teores de C nas três camadas estudadas, porém entre manejos não houve diferença significativa. No período considerado, apenas o DMG foi sensível às mudanças ocasionadas pelo sistema ILPF na camada superficial ao longo das distâncias dos renques de árvores. Após três anos de implantação, o sistema ILPF não promoveu alterações na agregação do solo comparado com os cultivos exclusivos.

Palavras-chave: pastagem, matéria orgânica do solo, palha, ILPF, braquiária

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o tipo de manejo adotado nos cultivos agrícolas, o solo pode sofrer impactos. Os sistemas conservacionistas evitam ou reestabelecem solos já degradados, possibilitando a utilização para cultivos mais sustentáveis. Dentre eles pode-se ressaltar a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que, associada com outras práticas conservacionistas, tem potencial para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como contribuir com o aumento da produtividade em áreas pouco produtivas.

Os sistemas conservacionistas interferem pouco na estrutura do solo, pois não envolvem processos de aração, gradagem e escarificação, favorecendo a qualidade física do solo. Devido à quantidade e o manejo de resíduos culturais adicionados pelas culturas envolvidas no sistema, no qual há o mínimo de revolvimento, a matéria orgânica (MO) recebe uma proteção física que é realizada pelos agregados.

Em contrapartida, sistemas de preparo de solo que promovem a ruptura dos agregados e aceleram as perdas de carbono (C), devido à aceleração da decomposição pelos microrganismos.

Assim, os solos de sistemas conservacionistas são vistos como solos com maior estabilidade de agregados, sendo este, um dos atributos que pode-se identificar a qualidade de um solo.

No entanto, essa estabilidade dos agregados do solo esta diretamente relacionada ao conteúdo de C do solo, que por sua vez está diretamente relacionado à MO que é um dos principais agentes agregantes, ou seja, na maioria dos solos o seu incremento resulta em agregados de maiores diâmetro e mais estáveis.

Além de estarem ligados intimamente, o teor de C e o estado de agregação do solo participam de importantes processos de estruturação do solo, como: resistência à erosão, capacidade de infiltração e de retenção de água, densidade do solo, aeração, resistência à penetração das raízes entre outros.

Ao mesmo tempo, a maior agregação do solo promove maior proteção física do C, mitigando sua perda para atmosfera, como exemplo do dióxido de carbono (CO₂), um dos gases que contribui para o efeito estufa.

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) é um dos principais problemas ambientais atuais. Em condições naturais de vegetação, os solos apresentam estoques de C orgânico estáveis, resultado da igualdade entre a adição e perda de CO₂ pelo solo devido à decomposição microbiana da MO.

A transformação de ambientes naturais em ambientes de produção, dependendo do manejo adotado, pode contribuir para maiores ou menores emissões de GEE, Portanto, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo pode contribuir para a redução dessas perdas, tornando a produção agrícola mais sustentável.

Diante do exposto, nota-se que o fluxo de CO₂ na interface solo-atmosfera está intimamente relacionando com a agregação e com o conteúdo de C orgânico do solo. Sendo assim, os impactos negativos da agricultura no ambiente global poderão ser mitigados através da identificação e utilização de sistemas de manejos capazes de proteger os estoques de C no solo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Comparar as alterações causadas na estabilidade de agregados, distribuição e perda de C em agregados em solo submetido a sistemas exclusivos de cultivo em comparação ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes sistemas de cultivo exclusivos e de integração sobre a estabilidade de agregados no solo;
- Avaliar os teores de C nas diferentes classes de agregados do solo sob diferentes sistemas de manejo;
- Correlacionar os teores de carbono com a distribuição dos diferentes tamanhos das classes de agregados no solo;
- Avaliar as perdas de C na forma de CO₂ em função da desagregação do solo.
- Avaliar a distribuição horizontal de atributos físicos do solo no sistema ILPF.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistema integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF)

O conceito de “Agricultura Sustentável” tem sido amplamente difundido e discutido, no entanto, para que exista de fato a sustentabilidade, Zimmer et al., (2012) abordam que é necessário que se respeite os três parâmetros basais: vantagem econômica ao produtor, conservação do meio ambiente e benefício a toda sociedade. O sistema ILPF, quando bem manejado pode atender a esses quesitos e ser uma alternativa para a exploração mais sustentáveis da terra.

Em meados de 2000, o ILPF se mostrou como importante alternativa para recuperação de pastagens degradadas ou pouco produtivas, minimizando a abertura de novas áreas de cultivo. Recentemente passou a ter um forte enfoque ambiental, especialmente com relação ao balanço de carbono (C) e bem-estar animal (ZIMMER et al., 2012).

Visando o aumento da sustentabilidade e a redução dos impactos ao meio ambiente, Macedo et al. (2009), definem a ILPF como um sistema produtivo de grãos, fibras, carne, energia entre outros, por meio do cultivo simultâneo de espécies arbóreas com culturas agrícolas e criação de animais, maximizando a utilização da área produtiva durante o ano todo com diversidade e qualidade de produção.

Entretanto, o sucesso desse sistema depende diretamente da escolha das espécies que serão implantadas. Deve-se existir uma relação harmônica entre as espécies consorciadas, para que se mantenha economicamente viável. Por exemplo, a perda em produtividade de um componente deve ser compensada por ganhos em um dos outros componentes do sistema (OLIVEIRA NETO et al., 2010).

Silva et al. (1996) ressaltam como vantagem do sistema ILPF a preservação da qualidade do solo, através de adição da MO e da ciclagem de nutrientes, que é o aproveitamento dos nutrientes e água do solo de diferentes profundidades, pelas raízes das espécies de diferentes plantas diminuindo a dependência de entradas externas de nutrientes (adubações) e água. Além disso, o componente arbóreo e a forrageira promovem a proteção do solo, amenizando o efeito direto dos raios solares, a redução do impacto da gota de chuva, que atua como maior agente erosivo do solo, bem como formando barreiras de quebra-vento (MURGUEITIO et al., 1999).

A ILPF ainda permite a redução da idade de abate animal, contribuindo dessa forma, para mitigar a emissão de gases de efeito estufa na agropecuária, já que, reduz a emissão de metano por unidade animal produzida (ZIMMER et al., 2012).

Além do papel reconhecido das árvores em sequestrar C e, conseqüentemente, mitigar a emissão de GEE, os sistemas ILPF, segundo estudos recentes, armazenam maior quantidade de C na superfície e em subsuperfície do que os cultivos exclusivos e sistemas de pastoreio. (NAIR et al., 2011).

Tsukamoto Filho et al. (2004) relataram que o sistema foi considerado o mais indicado para projetos de fixação de C, pois, na idade de cinco anos, o eucalipto fixou maior quantidade de C do que nos sistemas tradicionais.

Dessa forma, o sistema ILPF é, potencialmente, uma das principais estratégias de produção agropecuária sustentável, com benefícios econômicos e sociais, ecológicos e ambientais.

3.2 Agregação do solo

Por definição, os agregados do solo são estruturas formadas pela união de partículas primárias do solo (areia, silte e argila) que se juntam através da atuação de microrganismos do solo, exsudatos de raízes de plantas e, principalmente, dos principais agentes agregantes eu são a matéria orgânica do solo (DEXTER, 1988) e os óxidos de ferro e alumínio (OADES e WATERS, 1991).

Essas pequenas estruturas são responsáveis pela proteção do C do solo e pela manutenção de uma estrutura ideal para o desenvolvimento das plantas, pois têm grande influência na manutenção da porosidade e aeração do solo, no crescimento das plantas e da população microbiana e no controle dos processos erosivos (DEXTER, 1988), entre outros. Além disso, influenciam diretamente na movimentação da água no solo, na transferência de calor, na densidade do solo, na resistência à penetração de raízes e na redução do selamento superficial do solo (SÁ et al., 2000; CALEGARI et al., 2006).

A formação e estabilização dos agregados do solo ocorrem por consequência do acúmulo e incorporação da MO no solo, sendo que seu aumento deveria ser considerado uma prioridade, não somente pelo sequestro de C, como também para o aumento da qualidade, fertilidade, ciclagem de nutrientes e estabilidade da estrutura do solo (BARRETO et al., 2009). Estudos realizados por Anders et al., (2010) reportam que a presença de macroagregados é, de modo geral, associada positivamente aos conteúdos de MO, e estes agregados protegem o solo contra a degradação e erosão pela água da chuva, especialmente em zonas tropicais e subtropicais (BAYER et al., 2006).

A matéria orgânica e a estabilidade de agregados do solo possuem uma estreita correlação. Compostos orgânicos são considerados os principais agentes de cimentação das partículas do solo (TISDALL e OADES, 1982) e, ao mesmo tempo, a maior agregação promove maior proteção física da MO do solo permitindo o seu acúmulo (FELLER e BEARE, 1997).

Boas práticas de conservação e de manejo do solo têm objetivado a entrada de C no solo (sequestro de C), através da manutenção ou elevação dos estoques de MO do solo como também evitando a perda do C na forma de CO₂ para a atmosfera, devido às operações de manejo que promovem a desagregação do solo.

Por estar relacionada a diversos fatores físicos, químicos e biológicos, a estabilidade de agregados é um bom atributo para indicar a qualidade física do solo. Além disso, é de fácil determinação e muito sensível às práticas de manejo. Portanto, dependendo do manejo adotado, o solo pode sofrer mudanças em sua agregação e, com isso, apresentar agregados mais ou menos estáveis e de diferentes tamanhos. (SÁ et al., 2000; CALEGARI et al., 2006).

Pinheiro et al., (2004), revelaram que a adoção do sistema plantio direto (SPD) aporta maiores quantidades de MO quando comparado ao sistema plantio convencional (PC), e também com a formação de macroagregados. O aumento do estoque de C sob SPD é comumente atribuído ao maior conteúdo de material orgânico adicionado aos primeiros centímetros do perfil do solo e ausência de revolvimento comparado ao sistema convencional, sendo isso um importante fator que interfere na estabilização dos macroagregados (MADARI et al., 2005).

No manejo de pastagens, principalmente cultivadas com espécies de gramíneas, também existe relação entre aumento da agregação e teores de C no solo. Por possuírem sistema radicular abundante e de rápido crescimento, as gramíneas são capazes de agrupar fisicamente as partículas de solo e, em conjunto com a liberação de exsudatos, estimulam a cimentação dessas partículas e, por conseguinte, o acúmulo de C (SALTON et al., 2008).

No entanto, Piva (2012), em seu estudo verificou que o sistema ILPF teve uma maior contribuição para o aumento dos teores de C no solo quando comparado com outros sistemas de sucessão e exclusivos, não somente na camada superficial, mas também em maior profundidade. Esse efeito foi atribuído à deposição dos resíduos das culturas que ficam sobre o solo e pelo maior aporte de resíduos na camada subsuperficial promovidos pelas raízes das pastagens e das árvores.

Para a determinação do estado de agregação e tamanho de agregados do solo, muitos autores usam como parâmetros: **diâmetro médio ponderado (DMP)**, que está diretamente relacionado à percentagem de agregados grandes, retidos nas peneiras com malhas maiores; **diâmetro médio geométrico (DMG)**, que representa a estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência; e **índice de estabilidade dos agregados (IEA)**, que representa uma medida da agregação total do solo e não considera a distribuição de agregados por classes de tamanho

(CASTRO FILHO et al., 1998; CALEGARI et al. 2006; WENDLING et al., 2012; IBIAPINA et al., 2014), Apesar de existirem outros métodos para avaliar a qualidade dos agregados do solo, esses três índices são muito utilizados para monitorar estas características.

3.3 Emissão de dióxido de carbono (CO₂)

O Brasil é um dos maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera, principalmente devido ao desmatamento e às queimadas na Amazônia que são realizadas para aberturas de áreas agricultáveis (CERRI et al., 2009). Os incrementos na concentração desses gases na atmosfera estão causando um dos principais problemas ambientais da Terra: o aumento do efeito estufa e, como consequência, o aquecimento global (JANZEN, 2004).

O dióxido de carbono (CO₂), o óxido nitroso (N₂O) e o metano (CH₄) são os gases com maior contribuição no aquecimento do planeta, sendo as atividades agropecuárias, no Brasil, responsáveis por 75% das emissões de CO₂ e mais de 90% das emissões de CH₄ e N₂O (CERRI et al., 2009).

No caso do CO₂, isso se deve à elevada emissão que ocorre desde a Revolução Industrial no final do século XVIII. As principais fontes antropogênicas de emissão de CO₂ têm origem na queima de combustíveis fósseis e da biomassa vegetal, bem como na mineralização da matéria orgânica do solo (KRAM et al., 2000).

Os solos, quando em condições de vegetação natural, apresentam estoque de C orgânico estável, resultado da igualdade entre a taxa de entrada do CO₂ atmosférico no solo via plantas e a taxa de saída de CO₂ do solo pela decomposição da MO por ação microbiana. Quando o solo é cultivado e manejado ocorrem alterações no efluxo e influxo de CO₂ na interface solo-atmosfera (COSTA et al., 2006).

A mudança do uso da terra e a atividade agrícola podem alterar efetivamente a dinâmica da MO do solo, contribuindo significativamente para a elevação das emissões de CO₂ do solo para a atmosfera, entretanto, boas práticas de manejo e

conservação do solo podem ajudar o solo a sequestrar o C e mantê-lo protegido dentro do agregado (proteção física) (SCHUMAN et al., 2002). Isso irá evitar que os microrganismos consigam consumir o C e liberar CO₂ para o ambiente. Passos et al. (2007), ressaltam que um dos principais mecanismos responsáveis pela preservação do C no solo sob sistemas de cultivos conservacionistas parece ser a formação e a estabilização de agregados.

A proteção física do C no interior dos agregados é um fator importante que controla a decomposição da MO no solo. A alocação de MO dentro de agregados diminui a sua acessibilidade aos microrganismos (LADD et al., 1993), pois grande parte do espaço poroso do agregado possui diâmetros tão pequenos que dificultam a movimentação dos organismos decompositores. O aumento da mineralização da MO do solo, provocado pela quebra de agregados após as práticas de manejo não conservacionistas (arações, gradagens, etc), tem sido atribuído à exposição, aos microrganismos, do C anteriormente inacessível (BEARE et al., 1994). Logo, se o C está fisicamente protegido, a quebra dos agregados pode aumentar o acesso ao substrato, causando aumento da mineralização da MO e, conseqüentemente, da emissão de CO₂ (EDWARDS e BREMNER, 1967).

Dessa forma, a adoção de um manejo do solo que possa manter e/ou adicionar MO em sua estrutura, formando agregados estáveis, pode dificultar a perda de C, sobretudo, na forma de CO₂, pela ação da decomposição dos microrganismos e trazer benefícios para alcançar uma produção agropecuária mais limpa e sustentável ao planeta.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.189-197, 2001.

ANDERS, M.M.; BECK, P.A.; WATKINS, B.K.; GUNTER, S.A.; LUSBY, K.S.; HUBBELL, D.S. Soil aggregates and their associated carbon and nitrogen content in winter annual pastures. **International Soil and Water Conservation Research.**, v.74, p.1339-1347, 2010.

BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.; COSTA, A.R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil Agric. **Agriculture, Ecosystems and Environment** , Amsterdam , v.132, p.243-251, 2009.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUC, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.86, p.237-245, 2006.

BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, p.787-795, 1994.

BONFIM-SILVA, E.M.; ANICÉSIO, E.C.A.; SILVA, F.C.M.; DOURADO, L.G.A.; AGUERO, N.F. Compactação do solo na cultura do trigo em Latossolo do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12; p.1-8, 2011.

CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C. de; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. de F. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, p.147-158, 2006.

CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de

preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.527-538, 1998.

CERRI, C. C.; MAIA, S. M. F.; GALDOS, M. V.; CERRI, E. P.; FEIGL, B. J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

COSTA, F. S.; GOMES, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 693-700, 2006.

COSTA, F.X.; NUNES JÚNIOR, E.S.; MELO FILHO, J.S. Efeito da torta de mamona no plantio da mamoneira com diferente densidade global do solo. **Revista Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal v.7, p.229-238, 2010.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.11, p.199-238, 1988.

DEXTER, A.R.; YOUNGS, I.M. Soil physic toward 2000. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.24, p.101-106, 1992.

EDWARDS, A.P.; BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. **Journal of Soil Science**, London, v.18, p.64-73, 1967.

FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p.69-116, 1997.

IBIAPINA, T. V. B.; SALVIANO, A. A. C.; NUNES, L. A. P. L.; MOUSINHO, F. E. P.; LIMA, M. G.; SOARES, L. M. S. Resistência à penetração e agregação de Latossolo Amarelo sob monocultivo de soja e de eucalipto no cerrado piauiense. **Científica**,

Jaboticabal, v. 42, n. 4, p. 411-418, 2014.

JANZEN, H.H. Carbon cycling in earth systems: A soil science perspective. **Agriculture, Ecosystems and Environment**., Amsterdam, v.104, p.399-417, 2004.

KRAM, T.; MORITA, T.; RIAHI, K.; ROEHRL, R.A.; ROOJEN, S. van; SANKOVSKI, A.; VRIES, B. Global and regional greenhouse gas emissions scenarios. **Technological Forecasting and Social Change**, v.63, p.335-371, 2000.

LADD, J.N.; FOSTER, R.C.; SKJEMSTAD, J.O. Soil structure: carbon and nitrogen metabolism. **Geoderma**, Amsterdam, v.56, p.401-434, 1993.

MACEDO, R.L.G.; BEZERRA, R.G.; VENTURIN, N.; VALE, R.S.do; OLIVEIRA, T.K.de. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.701-709, 2009.

MARTINS, M. V.; PASSOS, E.; CARVALHO, M.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Correlação linear e espacial entre a produtividade do feijoeiro e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, 147-154, 2009.

MEDEIROS, R.D.; SOARES, A.A.; GUIMARÃES, R.M. Compactação do solo e manejo da água. I: Efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, p.940-947, 2005.

MURGUEITIO, E.; ROSALES M.; GÓMEZ, M. **Agroforestería para la producción animal sostenible**. Cali: Centro para La Investigación em Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, p.67, 1999.

NAIR, P.K.R.; KUMAR, B.M.; TONUCCI, R.G. **Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges**. New York, p.145-162, 2011 (Advances in agroforestry, 8).

OADES, J.M.; WATERS, S.G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v.29, p.815-828, 1991.

OLIVEIRA NETO, S.N. de; REIS, G.G. dos; REIS, M. das G.F.; LEITE, H.G. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. v.31, n.257, p.47-58, 2010.

PASSOS, R.R.; RUIZ, H.A.; MENDONÇA, E. de S.; CANTARUTTI, R.B.; SOUZA, A.P. de. Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um Latossolo Vermelho distróficos sob duas coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1119-1129, 2007.

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

PIVA, J. T. **Fluxo de gases de efeito estufa e estoque de carbono do solo em sistemas integrados de produção no sub trópico brasileiro**. 2012. 96 p. (Tese - Doutorado), Programa de pós-graduação em Produção vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2012.

SÁ, M.A.C. de; LIMA, J.M. de; SILVA, M.L.N.; DIAS JUNIOR, M. de S. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1825-1834, 2000.

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

SCHUMAN, G.E.; JANZEN, H.H.; HERRICK, J.E. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. **Environmental Pollution**, v.116, p.391-396, 2002.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p797-804, 2004.

SILVA, J. L. S.; GARCIA, R.; SIABRO, J. C. Desempenho de bovinos e seus efeitos sobre as árvores em florestas de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) na região fisiográfica da depressão central do RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: BIOSFERA, 1996, p. 342-345.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; PEREIRA, P.R.G. Eficiência nutricional de potássio e crescimento de eucalipto influenciados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. 26, p1001-1010, 2002.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1994.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 141-163, 1982.

TSUKAMOTO FILHO, A.A.; COUTO, L.; NEVES, J.C.L.; PASSOS, C.A.M.; SILVA, M.L. Fixação de carbono em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais. **Revista Agrossilvicultura**, v.1, p.29-41, 2004.

Wendling, B.; Freitas, I. C. V.; Oliveira, R. C.; Babata, M. M.; Borges, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de Conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e Plantio direto. **Bioscience Journal**, v.28, p.256-265, 2012.

ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J.; KICHEL, A. N. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, 2012, Belém. Sistemas silvipastoris, o caminho para a economia verde na pecuária mundial. **Anais...** Belém: UFPA, 2012, p.5.

CAPÍTULO 2 – ESTABILIDADE DE AGREGADOS, DISTRIBUIÇÃO E PERDA DE CARBONO EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB DIFERENTES MANEJOS NO BIOMA AMAZÔNIA.

RESUMO – O objetivo deste estudo foi verificar as alterações causadas na estabilidade de agregados, distribuição e perda de C em agregados em solo submetido a sistemas exclusivos de cultivo em comparação ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Os tratamentos foram: **Floresta**: (floresta plantada com eucalipto); **Lavoura**: (lavoura com sucessão soja na safra e milho segunda safra consorciado com braquiária); **Pastagem**: (pastagem de *B. brizantha* (*U. brizantha*) cv Marandu); **ILPF**: (sistema integração lavoura-pecuária-floresta com floresta de eucalipto e cultivo entre renques de soja na safra e milho consorciado com pasto na segunda). O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Para as análises de estabilidade de agregados e distribuição de carbono foram retiradas de cada tratamento amostras indeformadas (monólitos), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. Ao analisar os agregados não foram observadas diferenças para DMP (diâmetro médio ponderado) e DMG (diâmetro médio geométrico) nas camadas de 0-5 e 10-20 cm. Porém, na camada de 5-10 cm o tratamento pastagem mostrou os maiores DMP (4,91 mm) e DMG (3,35 mm). As classes de agregados retidas nas peneiras 1,00 e 0,50 mm apresentaram os maiores teores de C nas três camadas estudadas, porém entre manejos não houve diferença significativa. No período considerado, apenas o DMG foi sensível às mudanças ocasionadas pelo sistema ILPF na camada superficial ao longo das distâncias dos renques de árvores. Após três anos de implantação, o sistema ILPF não promoveu alterações na agregação do solo comparado com os cultivos exclusivos.

Palavras-chave: pastagem, matéria orgânica do solo, palha, ILPF, braquiária

Aggregate stability, distribution and losses of carbon in an Latosol under different management practices in the Amazon biome.

ABSTRACT – The aim of this study was to assess the changes caused in the aggregate stability, distribution and losses of C on aggregates in soil under monocultural systems compared to integrated crop-livestock-forest. The treatments were: **Forest** (forest planted with eucalyptus); **Crop**: (soybean crop and off-season corn intercropped with pasture); **Pasture**: (pasture of *B. brizantha* (*U. brizantha*) ‘Marandu’); **ICLF**: (integrated crop-livestock-forest with eucalyptus forest, soybean crop and off-season corn intercropped with brachiaria). The experiment was in a randomized block design with four replications and four treatments. For analysis of aggregate stability and bulk density (BD) samples were taken from each treatment in the layers of 0-5, 5-10 and 10-20 cm. No significant differences were found in the layers 0-5 and 10-20 cm for DMP and DMG. However, Pasture in the layer of 5-10 cm obtained the larger diameter for both DMP (4.91 mm) and DMG (3.35 mm), being superior to the others treatments. Aggregates classes retained in sieves 1.00 and 0.50 mm showed the highest C content in the three layers studied, but among management systems there were no significant differences. In the evaluation period, only DMG showed changes caused by ICLF system in the surface layer along the distances from the trees rows. After three years, the ICLF system did not modify soil aggregation when compared to monocultural systems.

Keywords: pasture, soil organic matter, crop residues, ICLF, mean weight diameter

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas conservacionistas de manejo são vistos como menos impactantes ao ambiente com potencial para a conservação e melhoria da qualidade do solo. Dentre os sistemas conservacionistas, tem sido destacado o sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que, quando bem manejado pode proporcionar aumentos substanciais na produção, principalmente em se tratando de áreas degradadas ou pouco produtivas. Isso faz com que essa prática se torne uma excelente alternativa para evitar aberturas de novas áreas para exploração agrícola e pecuária (MAPA, 2015). Entretanto, para avaliar a eficiência do sistema ILPF na melhoria da qualidade do solo é necessário definir atributos do solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação.

Nesse sentido, os indicadores da qualidade física do solo merecem destaque especial, pois interferem diretamente nos processos químicos e biológicos dos solos, já que uma depende da outra, ou seja, melhorando a qualidade física de determinado solo contribui-se para a melhoria das suas condições biológicas e químicas (ARAÚJO et al., 2007).

Dentre os atributos físicos do solo, os indicadores associados com a agregação se mostram como importantes ferramentas para o manejo e o estudo da qualidade física do solo, já que estão diretamente relacionados à movimentação de água, à densidade, à aeração, à porosidade, bem como à resistência a penetração de raízes e ao selamento superficial. (CALEGARI et al., 2006). A agregação do solo é um atributo muito sensível às práticas agrícolas e, portanto, muito afetado pelo tipo de manejo.

Com vistas ao desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis, as práticas conservacionistas favorecem além de outros, esse atributo físico do solo (TAVARES FILHO et al., 2012). A matéria orgânica do solo (MO) atua como um dos principais agentes de formação (TISDALL e OADES, 1982), sendo que o seu incremento contribui para a melhoria estrutural do solo e estabilização dos agregados, bem como para a maior disponibilidade e ciclagem de nutrientes, aumento da qualidade do solo e para o sequestro de carbono (C) (BARRETO et al., 2009). Por outro lado, se o tipo de manejo utilizado provocar a ruptura desses

agregados, poderá acelerar as perdas de C pela decomposição da matéria orgânica (MENDONÇA e ROWELL, 1994).

Dessa forma, sistemas de manejo que promovam incremento de MO e sequestro de C pelo solo podem contribuir, em longo prazo, para a melhoria da qualidade do solo, propiciando o uso eficiente dos nutrientes e da água, bem como contribuindo para se atingir sustentabilidade na agricultura (GUIMARÃES, 1999).

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo comparar as alterações causadas por sistemas exclusivos de cultivo e pelo sistema de ILPF sobre a estabilidade de agregados, a distribuição de C nas classes de tamanho de agregados no solo e as perdas de C pela destruição dos agregados do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área Experimental

O experimento foi implantado e conduzido durante a safra 2011/2012 na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril (Anexo 1a), localizada no município de Sinop-MT (11°51'S, 55°35'W, a 357 m de altitude). O clima da região, de acordo com Köppen, é classificado com tropical monçônico (Am), com temperatura média mensal de 25,8°C (ALVARES et al., 2014) e precipitação anual de 1941 mm (MARCO et al., 2014). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (VIANA, et al., 2015), com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm: pH em H₂O de 5,6; 14,3 mg dm⁻³ de P (Mehlich1); 73,8 mg dm⁻³ de K (Mehlich1); 1,77 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,62 cmol_c dm⁻³ de Mg; e 33,6 g kg⁻¹ de MO. O solo é de textura argilosa, com 322 g kg⁻¹ de areia, 118 g kg⁻¹ de silte e 560 g kg⁻¹ de argila.

2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e quatro tratamentos (Anexo 1b), a saber:

Floresta: cultivo de eucalipto com 952 plantas ha⁻¹ e espaçamento de 3,5 x 3,0 m entre plantas;

Lavoura: sistema plantio direito com soja na safra e milho consorciado com *Brachiaria brizantha* (*Urochloa brizantha*) cv. Marandu na segunda safra;

Pastagem: com estabelecimento de *B. brizantha* (*U. brizantha*) cv. Marandu, com início do pastejo dos animais em dezembro de 2014;

Sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): com cultivo de eucalipto em linhas triplas, no espaçamento de 3,5 x 3, 0 m entre plantas e 30 m entre renques, cultivados com soja na safra e milho consorciado com *B. brizantha* (*U. brizantha*) cv. Marandu na segunda safra, com colheita do milho e estabelecimento do pasto no inverno, ressaltando que não houve entrada do componente animal até a coleta das amostras.

2.3 Coleta das amostras

As amostras de solo da área experimental foram coletadas em janeiro de 2015 e, paralelamente às coletas das amostras de solo dos tratamentos, foram coletadas amostras de solo de uma área de mata remanescente, localizada nas proximidades do experimento, e seus resultados foram considerados como valores de referência.

Para as análises do solo nos tratamentos de Floresta, Lavoura e Pastagem, foram retirados de cada repetição uma amostra, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

No tratamento ILPF as amostras foram retiradas em transecto, sendo um ponto amostrado nas entrelinhas do componente florestal (ILPF F), posteriormente à 3 (ILPF 3m), 6 (ILPF 6m), 10 (ILPF 10m) e 15 m (ILPF 15m) a partir das linhas de eucalipto, originando 5 amostras no tratamento ILPF, nas três camadas avaliadas (figura 1).

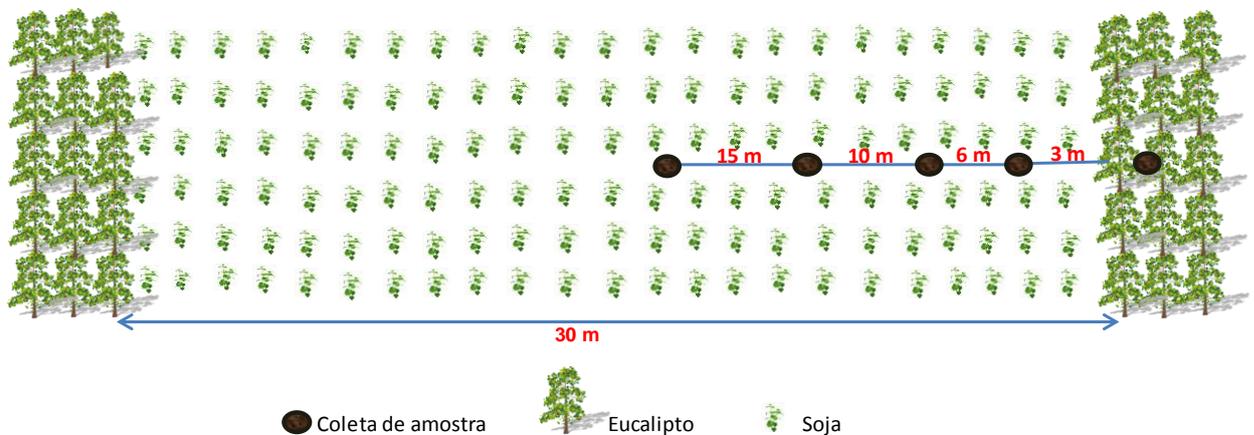


Figura 1. Esquema da retirada das amostras em transecto no sistema ILPF

Essas 5 amostras foram processadas separadamente, para comparação no transecto dentro do sistema ILPF, mas para comparação com os demais tratamentos foi calculada a média ponderada das 5 amostras (Média ILPF = (Amostra do componente florestal x 0,25 + Amostra na área agricultável x 0,75)) em função da área de floresta representar 25% e a área de agricultura 75% da área total do tratamento.

Para estudo da agregação do solo foram retirados monólitos na parte central das parcelas e nas entre linhas de plantio com auxílio de uma pá de corte, marreta e enxadão. A superfície foi limpa, e abriu-se mini trincheiras de 30 cm para facilitar a medição das camadas e a retirada das amostras. Estas eram acondicionadas em potes plásticos para evitar possíveis alterações da estrutura durante o transporte até o laboratório (Anexo 2).

A densidade aparente foi realizada de acordo com metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997). Foram retiradas amostras em cilindros volumétricos nas três camadas, conservando a estrutura do solo. A área superficial era limpa com auxílio de enxada, em seguida o cilindro volumétrico era posicionado no solo e golpeado com marreta em cima do castelinho, até que o cilindro volumétrico estivesse totalmente inserido no solo. Para retirada do cilindro era utilizada uma espátula removendo todo o solo do entorno. Em seguida, realizava-se o “*toilet*”, ou seja, era retirado todo excesso de solo no entrono e nas extremidades de forma que o solo

ficasse apenas preenchendo o volume do cilindro. Para evitar perdas de solo, as duas extremidades eram tampadas (Anexo 3).

2.4 Preparo das amostras

As amostras destinadas às análises de agregação do solo foram destorroadas manualmente de acordo com seus pontos de fraqueza, para que passassem na peneira de malha 9,52 mm. Foram excluídas as extremidades lisas ocasionadas pela pá de corte e quaisquer outros materiais não provenientes do solo como pedras, fragmentos de plantas, entre outros. Essas amostras eram dispostas sobre bancadas para secagem ao ar (Anexo 4).

2.5 Análises Laboratoriais.

2.5.1 Estabilidade de agregados via úmida

Para análise de estabilidade de agregados via úmida, foi retirada uma amostra representativa de cada tratamento, a qual era obtida após a homogeneização, que consistia em depositar cada amostra em uma bancada fazendo-se o quarteamento, e em seguida, era retirada uma amostra com 50 g agregados e terra solta.

Essa amostra era colocada sobre papel germiteste úmido durante 2 h, para um pré-umedecimento lento (por capilaridade) e, posteriormente, transferida para um conjunto de peneiras (4,75; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,106 mm), e agitada por agitador mecânico de Yoder (Marconi), por 15 minutos com 42 oscilações min^{-1} (SALTON et. al, 2012) (Anexo 5).

Os agregados retidos em cada peneira foram retirados e colocados em recipientes de metal e levados para secagem em temperatura de 105°C durante 24 h. Após a secagem os agregados eram pesados, para obtenção da massa seca de cada classe.

Os valores de diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) foram determinados através das equações 1 e 2 respectivamente (KEMPER e CHEPIL, 1965):

[Equação 1]

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

Onde:

w_i = proporção de agregados nas diferentes classes de peneiras (decimal).

x_i = valor médio de cada classe (mm).

[Equação 2]

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

Onde: $DMG = 10$

w_i = proporção de agregados nas diferentes classes de peneiras (%).

x_i = valor médio de cada classe (mm).

2.5.2 Índice de estabilidade de agregados

O índice de estabilidade de agregados foi calculado pela aplicação da equação 3:

[Equação 3]

$$IEA = \frac{(ps - wp_{25} - areia)}{(ps - areia)} \cdot 100$$

Onde:

IEA = índice de estabilidade de agregados (%)

ps = peso seco (g)

wp₂₅ = peso dos agregados da classe < 0,25 mm

2.5.3 Teor de carbono nos agregados

Os agregados de cada classe, depois de secos, foram separados através de agitador mecânico de peneiras nas malhas de 4,75; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,106 mm. Portanto, de cada amostra, foram geradas seis amostras de agregados de tamanhos diferentes, totalizando 648 amostras analisadas. Respeitando essa separação, procedeu-se a maceração dos agregados em almofariz de ágata até que passassem por peneira de 0,106 mm (Anexo 6).

Esse solo totalmente pulverizado foi analisado em aparelho de CNHS Elementar (Vario Macro Cube). Para isso eram pesadas 50 mg e acondicionadas em uma folha de estanho, que envolvia a amostra, compactando-a em formato de moeda, a qual era colocada no carrossel do equipamento para análise (Anexo 7).

Para verificação do perfeito funcionamento e calibração do equipamento, antes das amostras serem analisadas, foram realizados testes com sulfanilamida, que possui teor conhecido de C (41,81%) e foi utilizada como padrão de referência.

2.5.4 Emissão de dióxido de carbono

Utilizou-se duas amostras com 25 g de agregados da classe entre os diâmetros de 9,52 e 4,75 mm de cada tratamento, obtidas nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. Uma amostra ficou na forma agregada e outra foi macerada em almofariz de ágata (Anexo 8). Utilizou-se a classe de maior tamanho desse estudo, pois é a classe que mais sofreria ruptura no caso de um manejo com grade, arado, escarificador, etc. A amostra macerada, foi para simular a total destruição da proteção física do C pelo agregado.

As amostras foram umedecidas a 70% da capacidade de campo e acomodadas em recipientes de alumínio, dentro de câmaras de incubação em temperatura controlada de 25° C.

Essas câmaras de incubação foram confeccionadas com potes herméticos, que possuíam torneiras de três vias na tampa. Por essas torneiras eram retiradas as amostras de gases, com auxílio de uma seringa (20 ml). As amostras de gases eram transferidas para frascos de vidro injetáveis (20 ml) com vácuo (Anexo 9), e analisadas em Cromatógrafo Gasoso (modelo Shimadzu GC 2014) (Anexo 10).

Após cada coleta era realizada a abertura das câmaras para entrada de oxigênio e a retirada do vácuo.

As amostras de gases foram retiradas, analisadas e apresentados os resultados parciais, pois até a última coleta (9 dias de incubação) não houve a estabilização da curva de emissão de CO₂. A evolução de CO₂ desprendida de cada amostra de agregados foi referente à soma dos valores obtidos em cada análise, que foram realizadas aos 2, 5 e 9 dias após a incubação.

Junto ao ensaio, foram incubadas amostras em branco (sem solo), para subtrair o gás presente no ambiente (amostra x – amostra branca), e obter apenas a emissão proveniente de cada tratamento.

2.6 Análise estatística

Avaliou-se a normalidade da distribuição dos dados, pelo teste Lilliefors, e a homogeneidade de variâncias, pelos testes Hartley, Cochran e Bartlett com auxílio do programa Statistica. Após a verificação dos pressupostos da análise de variância, os dados foram analisados, no caso de significância a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey pelo programa Sisvar®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico

De modo geral, os maiores valores de diâmetro médio ponderado (DMP) (Figura 2a) e diâmetro médio geométrico (DMG) (Figura 2b) foram encontrados na camada de 0-5 cm, variando de 3,52 a 4,53mm para DMP e 1,98 a 3,58mm para DMG, isso provavelmente devido aos elevados teores de matéria orgânica (MO) que se concentraram na camada superficial, e atuam como principal agente cimentante, porém sem diferença significativa entre os manejos. Ao contrário, verificou-se na

camada de 10-20 cm os menores valores de DMP e DMG, por consequência do teor de C diminuir com a profundidade do perfil do solo.

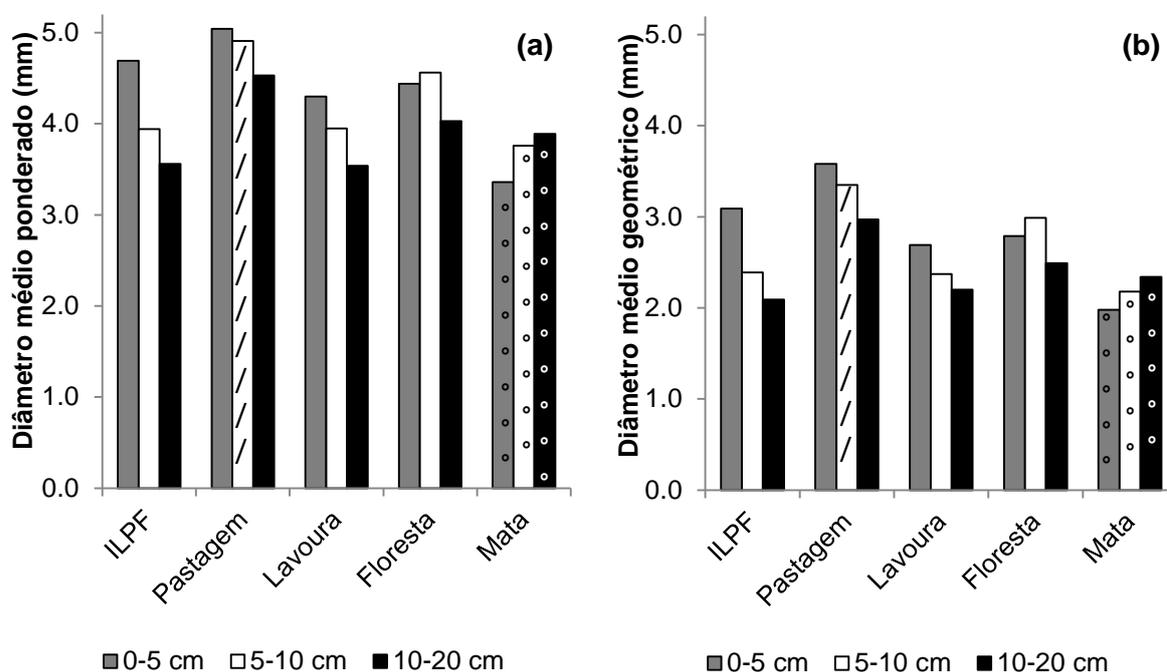


Figura 2. (a) DMP e (b) DMG do solo submetido a diferentes manejos nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. [°] significativo ao teste de Tukey 5%, entre manejo na mesma camada. [°] valores de referência.

Na camada de 5-10 cm da Pastagem foram observados os maiores valores de DMP (4,91mm) (Figura 2a) e DMG (3,35mm) (Figura 2b), os quais foram estatisticamente superiores aos valores obtidos nos demais manejos.

Por sua vez, a área de referência (Mata) obteve os menores valores, tanto para DMP (3,76mm) quanto para DMG (2,18mm), quando comparada com todos os tratamentos. A área de referência talvez possa apresentar de um tipo de solo distinto dos tratamentos estudados (Latosolo Vermelho Amarelo), o que explicaria tais resultados. TERASSI et al. (2014) constatou agregados maiores quando em um Latossolo Vermelho, tamanhos intermediários em Argissolo Vermelho e maior instabilidade dos agregados em Neossolo Quartzarênico. Já o efeito agregante da pastagem pode ser atribuído ao sistema radicular das gramíneas (raiz fasciculada) e à grande quantidade de palha produzida e depositada sobre o solo, que contribui para elevar os teores de C.

Silva e Mielniczuk (1997) confirmam que as pastagens perenes conferem grande efeito rizosférico sobre a agregação, por terem maior densidade e melhor distribuição de raízes no solo, que favorecem as ligações entre as partículas minerais e os agregados, além de serem consideradas plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas.

Os maiores valores de DMP são comumente observados em solos onde se aplicam sistemas de manejo que promovem grande adição de biomassa, o que aumenta o teor de C do solo, com a presença de espécies que tenham sistema radicular abundante, já que a formação e a estabilidade dos macroagregados estão ligadas ao crescimento das raízes e à dinâmica da (MO) (BONO et al., 2013).

No entanto, CONTE et al. (2011) justificam que o DMP mais elevado na pastagem está associado também ao efeito do pisoteio animal, pois promove a aproximação de partículas minerais e que a agregação do solo aumenta nas áreas pastejadas, independentemente da intensidade de pastejo, em comparação às áreas não pastejadas. Neste estudo, esse fato foi comprovado através da análise da densidade do solo (Figura 3), na qual a Pastagem apresentou os maiores valores de D_s ($1,28 \text{ g cm}^{-3}$) na camada de 0-5 cm o que pode indicar relação com o pisoteio animal, que também, provoca a compactação da primeira camada.

Os dados corroboram com os encontrados por VIZZOTTO et al. (2000) quando destacam que o pisoteio animal ocasiona, além do aumento da D_s , a redução da porosidade total nos primeiros 0,05 m da superfície do solo.

Com valores de densidade do solo mais elevados, a aeração, penetração e a proliferação de raízes são prejudicadas (RICHART, 2005), além de reduzir a velocidade de infiltração básica, podendo ocasionar escoamento superficial (SALES, 1999).

Portanto, esses valores superiores de DMP e DMG na Pastagem podem ser resultado da compressão do solo pelos animais, o qual resultou em aumento de torrões no solo.

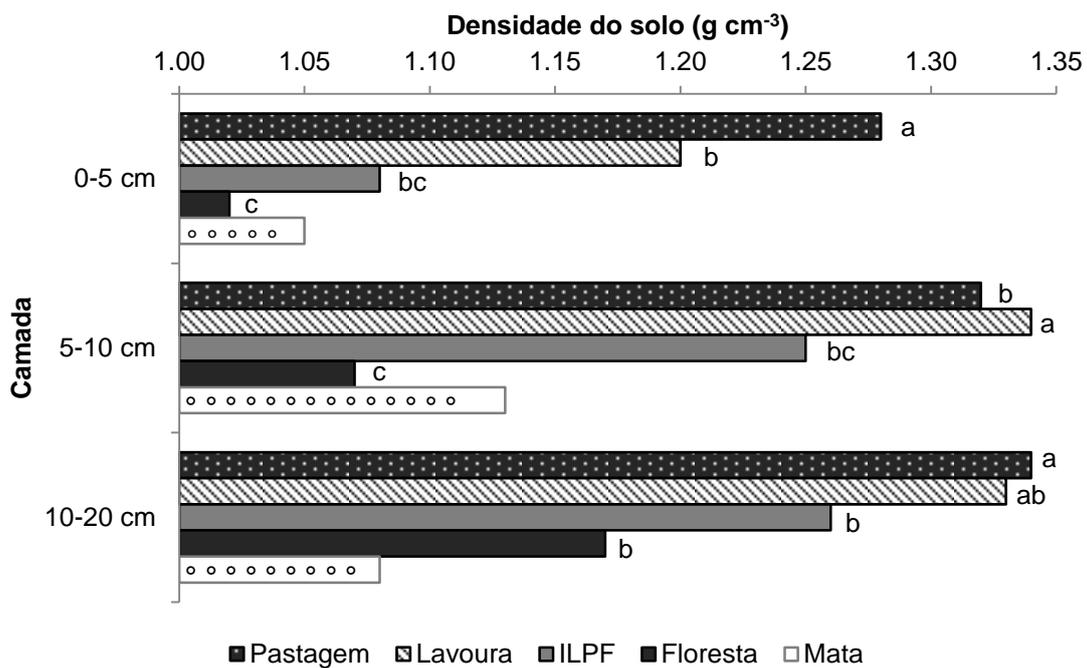


Figura 3. Densidade do solo (Ds) em função dos diferentes manejos nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Letras iguais na mesma camada não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. [°] valores de referência.

3.2 Índice de estabilidade de agregados (IEA)

O IEA não diferiu entre os manejos nas camadas avaliadas (Figura 4). No entanto, nota-se que os IEAs da pastagem (88 e 86%), são os que mais se aproximam da mata (90 e 87%) e tem tendência de superar os demais manejos com mais tempo de condução do experimento, respectivamente, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, constatando que a manutenção de pastagem pode proporcionar redução das classes de agregados menores que 0,25 mm, e, portanto, elevar o IEA.

SALTON et al. (2008), justificaram que em áreas de pastagem, ocorre maior uniformidade de umidade que favorece o melhor desenvolvimento do sistema radicular, criando um ambiente mais favorável à agregação do solo.

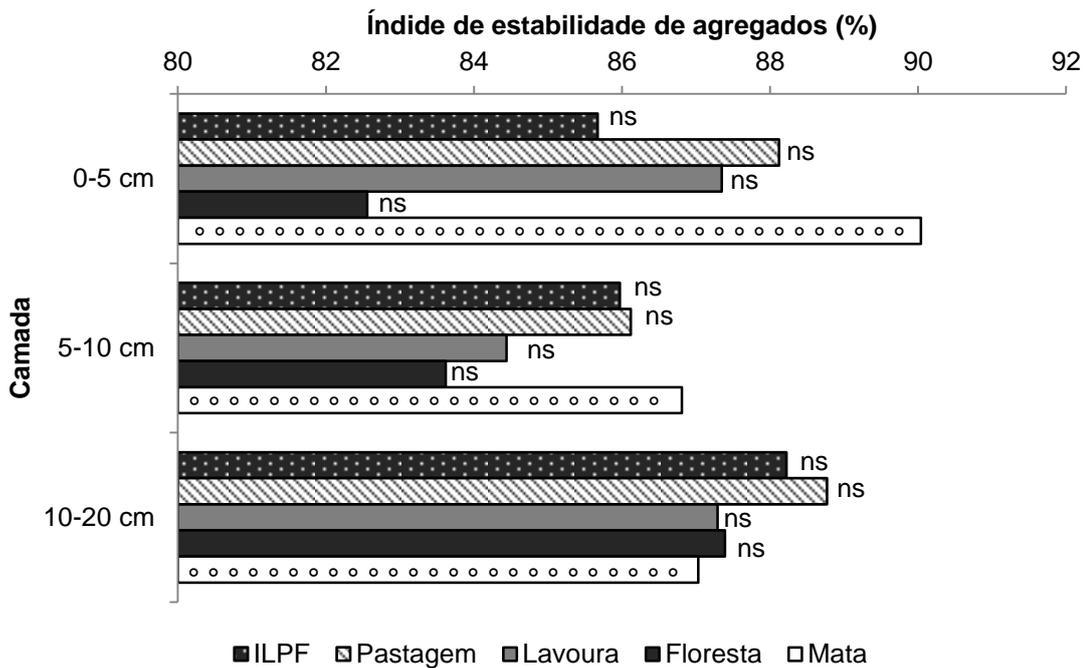


Figura 4. Índice de estabilidade de agregados (IEA) em função dos diferentes manejos nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20. ns: não significativo entre manejo na mesma camada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. [°] valores de referência.

3.3 Teor de carbono

A distribuição de C nas classes de agregados não resultaram diferenças entre os manejos. As classes retidas nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm apresentaram os maiores teores de C (Tabela 1), sendo estatisticamente superiores às demais classes, para as três camadas avaliadas.

Tabela 1. Concentrações de carbono (g kg^{-1}) em diferentes tipos de manejo, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, e a sua distribuição nas diferentes classes de agregados.

Manejo	Classe de agregados (mm)						Média	CV (%)
	4,75	2,00	1,00	0,50	0,25	0,106		
Camada 0-5 cm								
----- g kg^{-1} -----								
ILPF	26,2 Abc	21,4 Ad	30,2 Aa	29,1 Aab	24,2 Acd	23,0 ABcd	25,7	5,82
Pastagem	30,9 Aab	23,7 Ac	34,7 Aa	32,9 Aa	26,1 Abc	25,8 ABbc	29,0	8,81
Lavoura	31,4 Abc	26,4 Ac	38,9 Aa	35,5 Aab	29,9 Abc	27,3 Ac	31,6	10,25
Eucalipto	27,4 Aab	21,0 Ac	31,1 Aa	29,9 Aa	22,9 Abc	21,7 Bc	25,7	8,92
Mata	20,2	21,8	34,3	37,3	30,7	30,5	29,1	
Média	29,0	23,1	33,7	31,8	25,8	24,4		
CV (%)	12,47	12,68	16,03	11,72	14,69	9,30		
Camada 5-10 cm								
----- g kg^{-1} -----								
ILPF	18,5 Ab	15,0 Ac	22,4 Aa	22,2 Aa	18,7 Ab	17,7 Ab	19,1	4,24
Pastagem	20,8 Ab	18,7 Ab	26,6 Aa	25,7 Aa	21,4 Ab	21,9 Ab	22,5	6,82
Lavoura	21,3 Aab	16,9 Ab	24,7 Aa	24,1 Aa	19,1 Ab	18,8 Ab	20,8	9,36
Eucalipto	18,1 Abc	14,3 Ac	23,7 Aa	23,4 Aa	19,0 Ab	18,3 Abc	19,5	9,00
Mata	12,9	14,2	24,4	25,6	21,1	23,6	20,3	
Média	19,6	16,2	24,3	23,9	19,6	19,2		
CV (%)	16,83	13,37	14,41	15,79	15,74	14,02		
Camada 10-20 cm								
----- g kg^{-1} -----								
ILPF	13,9 Ab	12,3 Ac	16,3 Aa	16,7 Aa	14,6 Ab	13,9 Ab	14,6	3,94
Pastagem	12,1 Abc	11,8 Ac	17,3 Aa	17,1 Aa	14,5 Ab	13,7 Abc	14,4	7,95
Lavoura	14,0 Abc	12,6 Ac	17,6 Aa	16,9 Aa	15,4 Aab	14,5 Abc	15,2	6,44
Eucalipto	13,8 Abcd	11,3 Ad	16,6 Aa	16,0 Aab	15,0 Aacb	13,0 Abc	14,3	7,55
Mata	11,7	10,7	15,5	15,2	16,4	14,0	13,9	
Média	13,5	12,0	17,0	16,7	14,9	13,8		
CV (%)	6,52	7,25	13,01	11,99	10,09	11,80		

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A camada superficial contemplou as maiores concentrações com média dos manejos de 33,7 e 31,8 g kg^{-1} para as peneiras de 1,00 e 0,50 mm, respectivamente, ou seja, nas condições avaliadas os mesoagregados concentram maiores teores de C comparado com os micro e macroagregados. Esse comportamento demonstra que os agregados intermediários podem proporcionar melhor proteção ao C para as

condições estudadas. Fernández et al. (2010) também encontraram concentrações de C maiores nas classes de agregados com tamanho intermediário. Entretanto, é comum os teores de C respeitarem uma ordem de hierarquia de tamanhos de agregados, ou seja, um aumento no tamanho dos agregados associado com aumento nos teores C (CALONEGO e ROSOLEM, 2008; ROZANE et al., 2010 CASTRO FILHO et al. 1998).

Contudo, uma das razões para os teores de C não ocorrerem de forma crescente em relação às classes maiores (4,75 e 2,00mm), neste estudo, podem estar relacionadas à mineralogia do solo. Zotarelli et al. (2005) sugerem que o acúmulo de MO desempenha papel secundários na formação de agregados em solos que contêm predominantemente argilas do tipo 1:1 e óxidos de Fe. Oades e Waters (1991), também verificaram que em razão da forte ação cimentante dos óxidos de ferro e de alumínio nos macroagregados, a teoria da hierarquização não se aplica completamente aos Latossolos.

3.4 Emissão de dióxido de carbono

Os resultados preliminares da evolução de CO₂ demonstram comportamentos semelhantes entre o tratamento Floresta (Figura 5a) e Pastagem (Figura 5b), na qual as diferenças de emissão entre as amostras agregadas e desagregadas são sutis. Já para o tratamento Lavoura (Figura 5c) e ILPF (Figura 5d), há uma tendência das amostras desagregadas apresentarem maiores perdas de C comparados com as amostras agregadas, sobretudo na primeira camada. Tal resultado sugere que a proteção física do carbono pelo agregado está sendo eficiente, dificultando o acesso dos microrganismos decompositores da MO, mitigando a perda de C, na forma de CO₂, do solo.

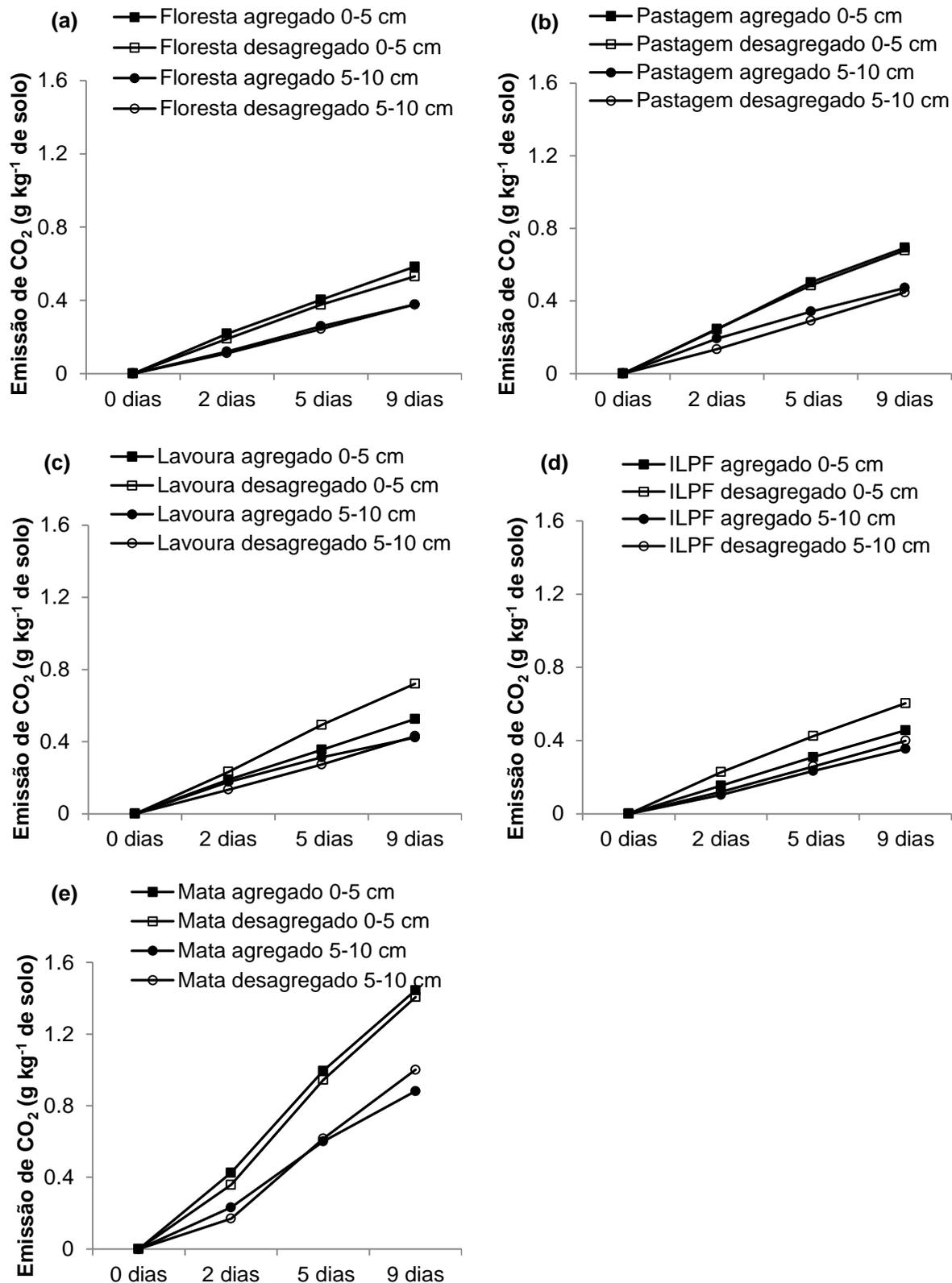


Figura 5. Evolução de CO₂ em amostra agregadas e desagregadas nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm nos manejos: **(a)** Floresta, **(b)** Pastagem, **(c)** Lavoura, **(d)** ILPF e na área de referência **(e)** Mata.

Na camada de 0-5 cm, em todos os tratamentos, houve maior perda de C quando comparada com a camada de 5-10, isso devido à maior concentração de C e a maior atividade microbiana estarem na primeira camada. Entretanto, Parra (1986) constatou diminuição dos valores de emissão de CO₂ em profundidade, atribuindo a redução na liberação de CO₂ à maior estabilidade da MO nas camadas mais profundas e menor atividade microbiana.

Em relação às quantidades, os tratamentos apresentam valores muito próximos de emissão. Escobar (2008), em seu estudo também encontrou pouca oscilação na emissão de CO₂ em diferentes manejos.

No entanto, os valores de referência da Mata (Figura 5e) são praticamente o dobro das emissões comparadas com os tratamentos estudados. Isso porque, apesar da Mata apresentar tendência de menores valores de teor de C comparados com os tratamentos, em ambiente natural pode haver maior disponibilidade de C, ou seja, C de fácil decomposição (C lábil), além de maior biodiversidade de microrganismos. Além de que, em ambiente natural o aporte de C pela mata nativa ser constante e com diversidade de espécies.

3.5 Comportamento dentro do sistema de ILPF

3.5.1 DMP e DMG

Com relação à variabilidade espacial dos índices DMP e DMG no sistema ILPF, não houve diferenças significativas nos valores de DMP em razão das diferentes distâncias de coleta para nenhuma das camadas estudadas (Figura 6a). Já para DMG, houve diferença na camada de 0-5 cm, (Figura 6b), em que o ponto de coleta localizado no componente florestal (ILPF F) obteve os maiores valores (3,72 mm), enquanto os pontos localizados a 3 (ILPF 3m) e 15 (ILPF15m) m do componente florestal obtiveram os menores valores de diâmetros, respectivamente, 2,62 e 2,58 mm. Para as demais camadas avaliadas (5-10 e 10-20 cm), não foram observadas diferenças de DMG.

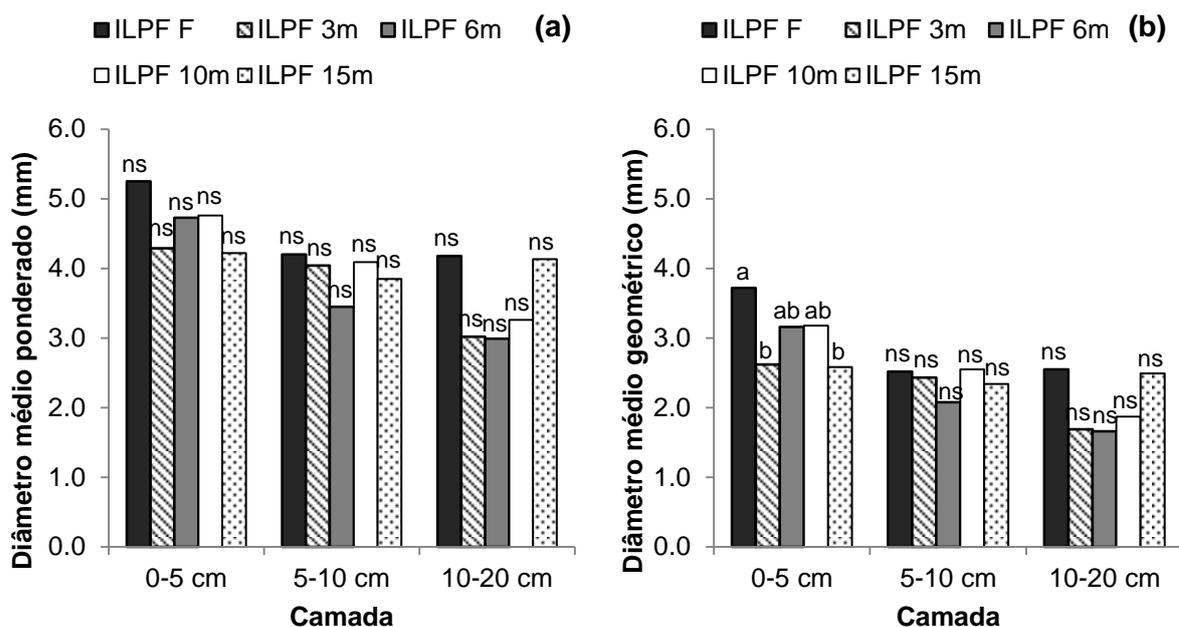


Figura 6. (a) DMP e (b) DMG em transecto na face sul do sistema ILPF nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. ns: não significativo entre as distâncias de coleta na mesma camada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.5.2 IEA

Os índices de estabilidade de agregados foram similares para as camadas de 0-5 e 5-10 cm (Figura 7). Porém, na camada de 10-20 cm, o maior IEA (91,26 %), foi encontrado ponto no localizado a 6 m do componente arbóreo (ILPF 6m), indicando que a essa distância há menos agregados da classe menor que 0,25 mm. O que ocorre inversamente para o ponto localizado na linha central do componente florestal, na qual foi observado o menor IEA (85,23 %).

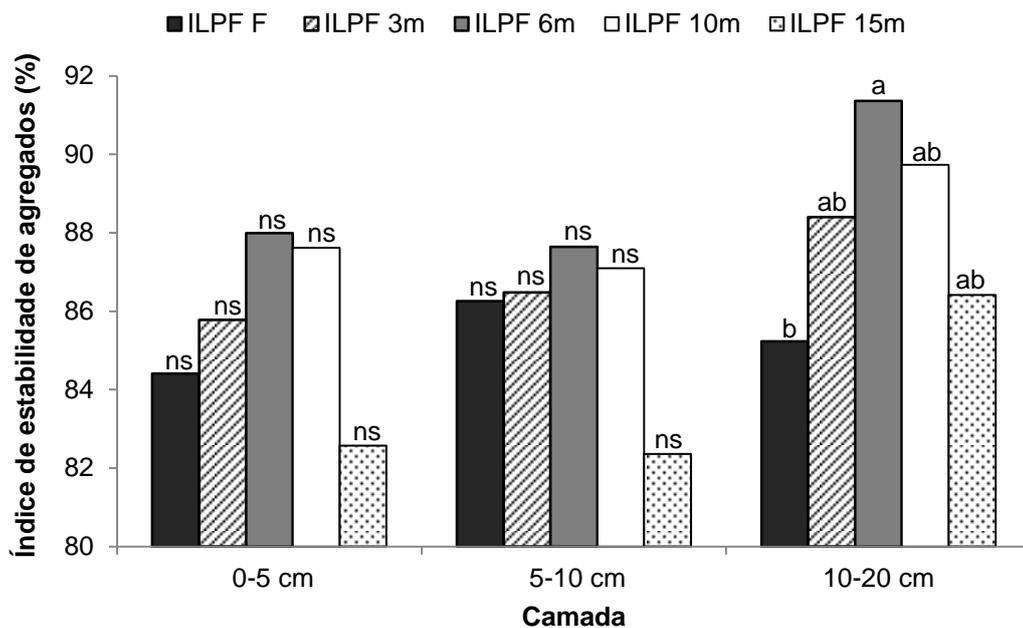


Figura 7. IEA em transecto na face sul do sistema ILPF. ns: não significativo entre as distâncias de coleta na mesma camada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.5.3 Teor de C

Os teores de carbono nas diferentes classes de agregados avaliados em diferentes distâncias a partir do componente florestal no sistema ILPF não diferiram entre si (Figura 8). Portanto, para o sistema ILPF, a distribuição de carbono ocorreu de forma homogênea, não importando onde fica o ponto de coleta da amostra, concordando, com os dados obtidos por Diel et al. (2014) em estudo na mesma área. Em contrapartida, em relação à distribuição de C nas classes de agregados, os maiores valores foram encontrados nos mesoagregados de 1,00 mm na camada de 0-5 cm e nas camadas de 5-10 e 10-0 cm nos diâmetros de 1,00 e 0,50 mm, como verificado anteriormente na comparação entre os tratamentos.

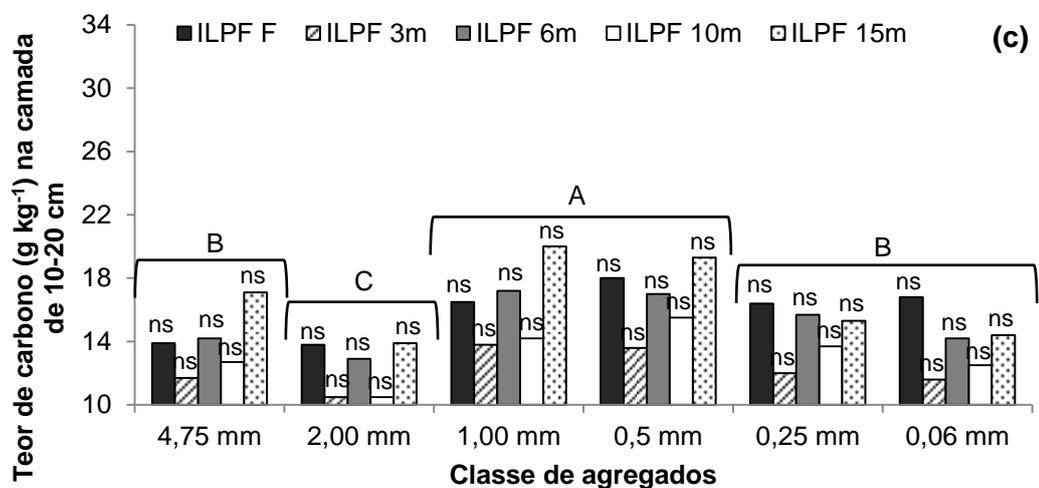
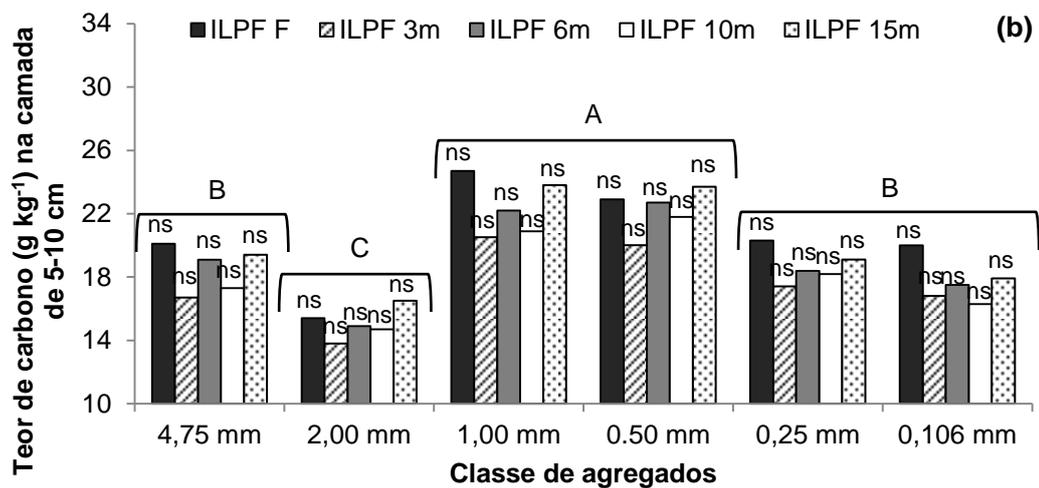
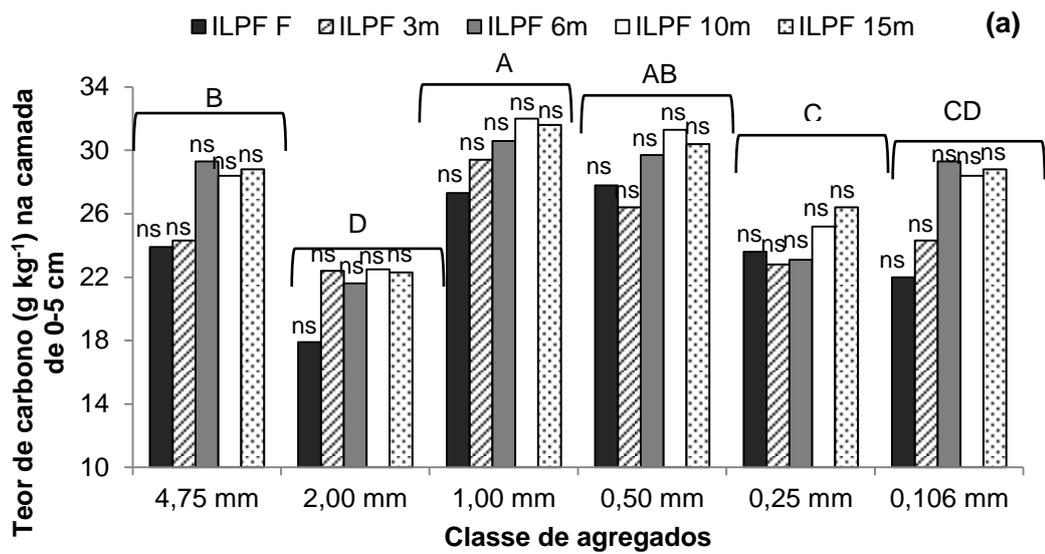


Figura 9. Teores de carbono (TC) na camada de 0-5 cm **(a)**, 5-10 cm **(b)** e 10-20 cm **(c)** em transecto na face sul do sistema ILPF e da distribuição nas classes de agregados. ns: não significativo entre as distâncias de coleta na mesma classe de agregados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Por ter pouco tempo de implantação (3 anos), estas avaliações, no sistema ILPF, devem ser reavaliadas, para verificar se tais características se manterão ou serão modificadas ao longo do tempo.

4. CONCLUSÕES

- Após três anos de implantação, não foram observados efeitos do sistema ILPF sobre a estabilidade de agregados em comparação com os cultivos exclusivos.
- O cultivo de pastagem bem manejada beneficia maior diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico de agregados.
- Para as condições avaliadas, os mesoagregados (1,00 e 0,50 mm) mostraram as maiores concentrações de carbono.
- Apenas o DMG foi sensível às mudanças ocasionadas pelo sistema ILPF na camada superficial ao longo das distâncias dos renques de árvores.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro para execução do projeto, à Embrapa Agrossilvipastoril pela área experimental e pelo suporte físico para processamento das análises e à Capes pela concessão de bolsa de estudos do primeiro autor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. de M.; Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711–728, 2014.

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

BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.; COSTA, A.R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil Agric. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.132, p.243-251, 2009.

BONO, J. A. M; MACEDO, M. C. M; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um Latossolo Vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 743-753, 2013

CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C.; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, p.147-158, 2006.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1.399-1.407, 2008.

CASTILHO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo

distrófico, e, função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.527-538, 1998.

CONTE, O.; FLORES, J.P.C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1301-1309, 2011.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L. de; ISEMHAGEN, E. C. C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n.8, p.639-647, 2014

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p. 15-16, 1997

ESCOBAR, L.S. **Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de manejo em solo do planalto médio do Rio Grande do Sul**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, 2008. 104p.

FERNÁNDEZ, R.; QUIROGA, A.; ZORATI, C. & NOELLEMAYER, E. Carbon contents and respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.109, p.103-109, 2010.

GUIMARÃES, J.B.R. **Efeitos de sistemas de manejo de um Latossolo roxo em seus atributos físicos e químicos e na produtividade de soja (*Glycines max*, L., Merrill)**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 1999. 62p.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: Black, C.A. et al., **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, part. 1, cap 40, p. 499-510, 1965.

MARCO, K. de ; DALLACORT, R. ; SEABRA JUNIOR, S. ; FARIA JUNIOR, C. A. ; SILVA, E. S. Aptidão Agroclimática do Feijoeiro-Comum às Regiões Produtoras do Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de geografia física**, Pernambuco, v.7, p.558-571, 2014.

MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob serrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, p.295-303, 1994.

OADES, J.M.; WATERS, S.G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v.29, p.815-828, 1991.

PARRA, M.S. **Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e diferentes sucessões de culturas**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Viçosa Viçosa, 1986. 94p.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R. ; LLANILLO, R .F. & FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, p.24-32, 2010.

SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; SILVA, M.O; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p. 2091-2095, 1999.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. **Determinação da agregação do solo - metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 8 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 184).

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

SALTON, J.C.; SILVA, W.M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L.C. **Determinação da agregação do solo - metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 8 p. (Comunicado técnico, 184).

SILVA, I. L.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilidade de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.113-117, 1997.

TAVARES FILHO, J.; FELTRAN, C. T. M.; OLIVEIRA, J. F. de.; ALMEIDA, E. de; GUIMARÃES, M. de F. Atributos de solo determinantes para a estimativa do índice de estabilidade de agregados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.3, p.436-441,2012.

TERASSI, P. M. de B.; SILVEIRA, H.; BONIFÁCIO; C.M. Variação da estabilidade de agregados e as suas relações com a vulnerabilidade dos solos ao longo de uma vertente na região noroeste do Paraná. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 32, n. 1, p. 166-176, 2014.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.33, p. 141–163, 1982.

VIANA, J.H.M.; SPERA, S.T.; MAGALHAES, C.A. de S.; CALDERANO, S.B. **Caracterização dos solos do sítio experimental dos ensaios do projeto safrinha em Sinop – MT**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 20 p. (Comunicado técnico, 210).

VIZZOTTO, V.R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.30,n.6, p.965-969, 2000.

ZOTARELLI, L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; TORRES, E.; SANTOS, H. dos P.; PAUSTIAN, K.; BODDEY, R.M.; SIX, J. Impacto of tillage and crop rotation on aggregate associated carbon in two Oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69. 482-491, 2005.

7. ANEXOS



Anexo 1. (a) Imagem frontal da área experimental, Embrapa Agrossilvipastoril, 2015 (Fonte: SIGEO). (b) Imagem de satélite da área experimental com delimitações dos blocos e tratamentos.



Anexo 2. Etapas da retirada de amostras indeformadas (monólitos) para análise da agregação do solo.



Anexo 3. Retirada de amostras indeformadas para determinação da densidade do solo pelo método do cilindro volumétrico.



Anexo 4. Destorroamento manual com passagem na peneira de 9,52 mm e secagem ao ar.



Anexo 5. Pré umedecimento lento das mostras e aparelho agitador de Yoder com conjuntos de peneiras.



Anexo 6. Separação das classes de agregados, via seca, em agitador mecânico e maceração em almofariz de ágata para análise de teor de carbono.



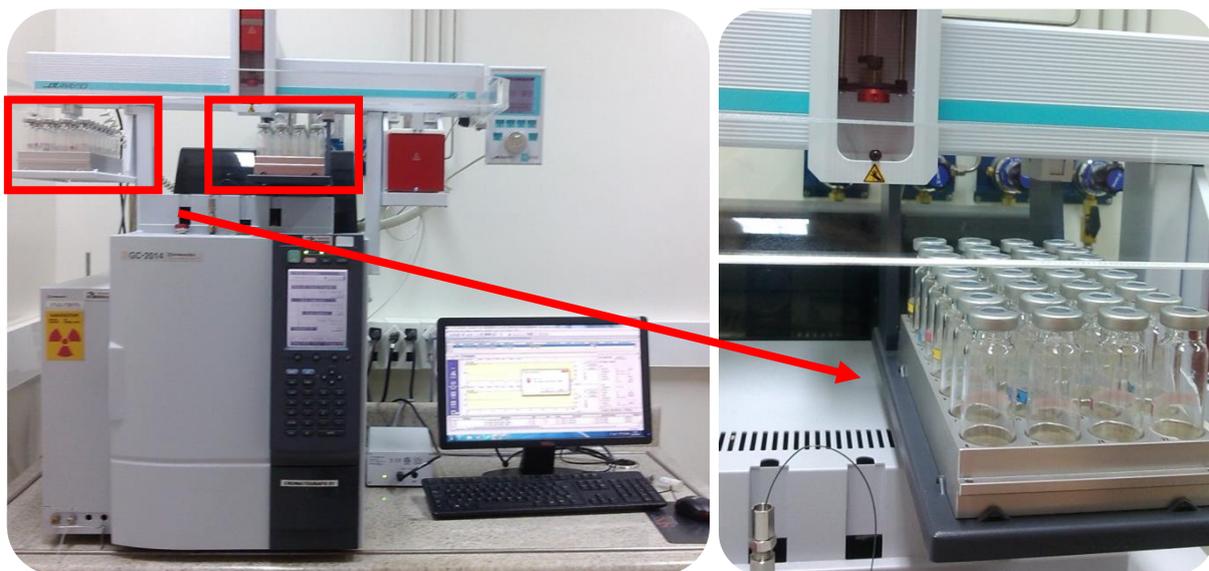
Anexo 7. Etapas de preparação das amostras para realização da análise do teor de carbono no aparelho de CNHS Elementar (Vario Macro Cube).



Anexo 8. Amostras agregada e amostra macerada incubadas para análise de emissão de CO_2 .



Anexo 9. Câmaras de incubação e retirada das amostras de gases transferidas para frascos injetáveis.



Anexo 10. Aparelho Cromatógrafo Gasoso (modelo Shimadzu GC 2014) com destaque das amostras de gases coletadas.