

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE MUNDO NOVO
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

JAINARA SILVA ALBERTO

**CARBONO MINERALIZÁVEL DO SOLO SOB DIFERENTES
FONTES DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS E MINERAIS**

Mundo Novo – MS

Outubro de 2016

JAINARA SILVA ALBERTO

**CARBONO MINERALIZÁVEL DO SOLO SOB DIFERENTES
FONTES DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS E MINERAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial, para obtenção do grau de Tecnólogo (a) em Gestão Ambiental, no curso Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

Orientador: Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset

Mundo Novo – MS

Outubro 2016

JAINARA SILVA ALBERTO

**CARBONO MINERALIZÁVEL DO SOLO SOB DIFERENTES
FONTES DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS E MINERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

APROVADO EM 31 de OUTUBRO de 2016

Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset - Orientador – UEMS



Prof. Dr. Leandro Marciano Marra – UEMS



Prof. Dr. Selene Cristina de Pierri Castilho – UEMS



Dedico este trabalho a toda minha família,
em especial minha mãe Marina.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela conquista até o momento. Que sempre esteve comigo quando eu desacreditava.

A minha querida mãe Marina ao meu irmão Joatan pelo apoio e compreensão, por me ensinar a não desistir dos meus objetivos.

A todos os professores que me acompanharam nessa caminhada transmitindo seus conhecimentos, vivencia e experiências. Em especial ao professor e orientador Jean Sérgio Rosset.

Aos amigos e colegas do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental que estiveram presentes e me auxiliaram nesta etapa de minha vida profissional.

A todos os meus familiares, amigos e a todos que de alguma forma acreditaram em mim, torceram para que eu concluísse mais uma etapa para alcançar meus objetivos.

Muito obrigada a todos.

A fé em Deus é a força que mantém de pé perante as adversidades da vida.

(Autor Desconhecido)

RESUMO

O trabalho teve como o objetivo avaliar a liberação do carbono mineralizável (C-CO₂) e carbono orgânico total (COT) em solo adubado com diferentes fontes de fertilizantes. Para avaliar a liberação do C-CO₂ foi utilizado o método da incubação de solo em laboratório com avaliações periódicas (seguindo o protocolo pré-estabelecido). O experimento constituiu da continuidade de outro experimento realizado no município de Assis Chateaubriand, PR, onde foram coletadas amostras de solo de vasos que estiveram sob casa de vegetação com as culturas de trigo e aveia e com diferentes tratamentos em função do tipo de fertilizante aplicado. Os nove tratamentos foram constituídos com diferentes fontes de adubos como segue: adubo mineral (formulação 02-20-20), adubação organomineral (formulação 04-14-08 + 5% de MO), esterco bovino + ½ adubação química, esterco bovino + ½ adubação organomineral, cama de frango + ½ adubação química, cama de frango + ½ adubação organomineral, somente esterco bovino e somente cama de frango, além de um solo que não recebeu adubação. O processo de incubação consistiu em 50 g de solo colocados em recipientes de plástico de 5000 cm³, fechados hermeticamente, com umidade do solo ajustada para 65% da capacidade de campo e determinações de C-CO₂ periodicamente até a estabilização da emissão. Dos diferentes tratamentos avaliados, o tratamento que obteve maior teor de carbono orgânico total (COT) com 35,26 g kg⁻¹, foi o que recebeu adubação com esterco bovino associado à metade da dose da adubação organomineral, sendo diferente dos demais tratamentos. Durante todo período analisando a evolução de C-CO₂, o tratamento que liberou mais C-CO₂ foi o que recebeu esterco associado à metade da dose do fertilizante organomineral. No final do período de incubação, o tratamento que apresentou maior acúmulo C-CO₂ foi o que recebeu adubação com esterco bovino associado à adubação organomineral com 98,37 mg CO₂. A adubação utilizando fontes orgânicas (cama de frango e esterco bovino), especialmente o esterco bovino associada a fontes de fertilizantes minerais e organominerais, aumenta a atividade microbiana do solo, sendo uma estratégia para melhoria do solo contribuindo para a elevação no teor de COT.

Palavras-chave: Dióxido de carbono. Evolução de carbono. Qualidade do solo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OJBETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	5
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4.1 CARBONO ORGÂNICO TOTAL	9
4.2 EVOLUÇÃO DIÁRIA DE C-CO ₂	11
4.3 ACÚMULO DE C-CO ₂	13
5. CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS	15

1. INTRODUÇÃO

O sistema de agricultura utilizado em boa parte do território brasileiro e mundial é considerado altamente dependente de insumos externos, como fertilizantes químicos altamente solúveis e agroquímicos (ADL et al., 2011), que podem, quando utilizados de forma inadequada, provocar contaminação do ambiente, além de aumentar resistência de pragas e aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE's) (TSCHARNTKE et al., 2012). A alta dependência dos países por fertilizantes nos seus cultivos agrícolas, causa entre outros fatores, o aumento dos custos energéticos de conversão do nitrogênio (N) atmosférico, além do processo de extração dos outros elementos, como o fósforo (P) e potássio (K) (MACDONALD et al., 2011). O excesso de nutrientes aplicados na agricultura convencional pode causar problemas ambientais em todo planeta, como no continente europeu, americano e asiático como relatado no trabalho de Foley et al. (2011).

Em se tratando de qualidade do solo (QS) um dos atributos mais avaliados é a quantidade/qualidade da matéria orgânica do solo (MOS)/carbono (C). Quando o homem altera o equilíbrio do ecossistema, ocorrem mudanças na dinâmica da MOS, e os efeitos dessa perturbação são, geralmente, negativos para as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, pois quando manejada, a fração orgânica não apresenta a mesma estabilidade das frações minerais (areia, silte e argila) (CUNHA et al., 2001). A MOS apresenta inúmeras funções, influenciando os principais processos químicos, físicos e biológicos do solo (COLEMAN et al., 1989). O estudo da matéria orgânica em agroecossistemas brasileiros e também em função dos diferentes manejos realizados, como as diferentes formas de adubação, é um tema estratégico para que se alcance a sustentabilidade da agricultura em ecossistemas tropicais e de preservação ambiental (CUNHA et al., 2005).

O dióxido de carbono (CO_2) em alta concentração na atmosfera tende a favorecer o desenvolvimento das plantas. Por ser um componente básico da fotossíntese, o aumento da concentração pode promover alterações no metabolismo, crescimento e processos fisiológicos das plantas (PRITCHARD; AMTHOR, 2005). As emissões oriundas do solo, associadas à perda de C do solo via emissão de CO_2 em áreas agrícolas, frequentemente não são consideradas devido à sua grande variação no tempo (EPRON et al., 2006) e no espaço (TEIXEIRA et al., 2012) e por ser um fenômeno resultante de uma interação complexa das propriedades físicas, químicas, biológicas do solo e também das condições climáticas (SILVIA-OLAYA et al., 2013). Nesse sentido, a agricultura mundial é responsável pela emissão de quantidades significativas de CO_2 , metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) para

atmosfera, contribuindo com 11, 47 e 58% do total das emissões antrópicas desses gases, respectivamente (IPCC, 2007).

A taxa de decomposição do material orgânico e a consequente liberação de C-CO₂ são determinadas principalmente pelas características intrínsecas da própria MOS, tais como: relação C/N; teores de carboidratos, lignina; grau de agregação; características do solo (pH, teores de nutrientes e umidade) e também características ambientais (temperatura e precipitação) (DAVIDSON et al., 1998).

A MOS exerce um papel fundamental com relação à imobilidade da atividade microbiana nos solos. Os microrganismos são responsáveis por fazer a regulação da decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos em função de vários fatores. É de sua responsabilidade também a capacidade de troca catiônica dos solos, especialmente os arenosos, que resulta em influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL et al., 1985).

A liberação de CO₂ ou respiração edáfica está diretamente relacionada à decomposição da matéria orgânica e a mineralização da MOS (SIQUEIRA et al., 1994). Quando se adiciona ao solo fonte de C, estimula-se a respiração microbiana. Este padrão é observado pela adição de carboidrato simples, por exemplo, glicose, que é uma molécula pequena e com ligações simples, facilmente decomponível e que pode ser submetida a uma rápida metabolização pela população microbiana do solo, consequentemente induz prontamente a liberação de C-CO₂ para a atmosfera (FARIAS et al., 2005).

Essa atividade microbiana, com consequentes inferências na qualidade do carbono pode ser avaliada por vários métodos. Dentre estes, destaca-se o C mineralizável que é quantificado a partir da evolução de CO₂ (ZIBILSKÉ, 1994), principalmente com o intuito de avaliar o carbono mineralizável, de maior “labilidade”, considerando que a matéria orgânica lábil está intimamente relacionada com a dinâmica de crescimento da microbiota do solo (GREGORICH; ZECH, 1990).

Boas práticas de conservação e de manejo do solo, entre outros aspectos, têm objetivado a entrada de C no sistema solo (sequestro de C) em detrimento às perdas de C, como exemplo, na forma de CO₂ para a atmosfera devido ao desmatamento, queimadas, operações de aração e gradagem levando a uma maior oxidação da MOS. Nos últimos anos, tem sido referenciada no mundo a questão do aquecimento global e da participação das atividades agropecuárias na emissão de GEE's (CO₂, CH₄, N₂O), principalmente quando da transformação de ecossistemas naturais em agroecossistemas com culturas (CERRI et al., 2009).

Em razão do efeito estufa, existe interesse cada vez maior na identificação de sistemas de manejo de culturas que favoreçam a menor emissão de GEE's para a atmosfera (KAISER; GUGGENBERGER, 2003). Práticas de manejo, como a utilização de fertilizantes orgânicos maximizam as entradas de C no solo (BENBI et al., 2015), e influenciam desta forma, as propriedades do solo, conseqüentemente, o desenvolvimento e a produtividade das culturas (BRONICK; LAL, 2005). Diante disso, fica evidente a importância e a necessidade de estudos a respeito das diferentes fontes de adubos em relação a atividade microbiana e qualidade do material orgânico adicionado ao solo, aliado ao potencial de emissão de CO₂ para a atmosfera nos solos, fornecendo, desta forma, subsídios para o melhor manejo agrícola com sustentabilidade (SOUZA et al., 2006).

O aumento da poluição ambiental faz do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa, do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de nutrientes e aproveitamento dos mesmos. Esses fatos geram um aumento na demanda por informações com intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos e culturas agrícolas (SANTOS et al., 2011). A utilização de resíduos orgânicos é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes, principalmente N e P, especialmente em áreas de agricultura familiar em várias regiões brasileiras (MENEZES; SALCEDO, 2007). O uso da adubação orgânica pode ser um caminho a ser percorrido para a busca da harmonia do ser humano com o ambiente, uma alternativa sustentável, que possibilita satisfazer as necessidades dessa geração sem sacrificar a as próximas gerações futuras. E assim diminuindo o desgaste dos recursos naturais provocado pela agricultura química (MAZZOLENI; NOGUEIRA, 2006).

A associação entre diferentes fontes de fertilizantes orgânicos e minerais pode ser benéfica, pois o esterco bovino assim como a cama de frango possuem quantidades significativas de C em sua composição. Compostos orgânicos adicionados ao solo contêm, via de regra, elevados teores de matéria orgânica (MO) /C, que posteriormente sendo decomposta em função de alguns anos, contribui para a melhoria dos atributos edáficos (MUELLER et al., 2013). Para os atributos químicos, embora certa fração da MO dos esterco seja decomposta e liberada em curto período após sua aplicação, outra fração é transformada em húmus, que é mais estável; sob esta forma, os elementos são liberados lentamente (STEVENSON, 1994). Assim, os componentes do esterco, convertidos em húmus, exercerão influência nos solos de maneira duradoura (BRADY, 1989).

O esterco bovino e a cama de frango são resíduos orgânicos muito empregados na agricultura, por causa da riqueza deles em C e outros elementos essenciais para o

desenvolvimento das plantas, com algumas variações em sua composição, bem como seus efeitos benéficos nos atributos físicos, aumento do teor de MOS e fornecimento de nutrientes às plantas, através de sua decomposição/mineralização (CASSOL et al., 2001; MENEZES; SALCEDO, 2007; PITTA et al., 2012). O potencial de utilização desses resíduos na adubação das culturas depende da capacidade deles em disponibilizar nutrientes no momento adequado e beneficiar ao longo do tempo outros atributos edáficos, como os atributos físicos do solo (AZEEZ; VAN AVERBEKE, 2010; PITTA et al., 2012). Após cultivos sucessivos, a utilização de adubos orgânicos também pode contribuir para a melhoria da qualidade física do solo (estruturação), visto que a MO é um agente de agregação das partículas minerais do solo, e também contribuir para o aumento da atividade e diversidade biológica, importante para a ciclagem de nutrientes e aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção (BRONICK; LAL, 2005).

Fontes alternativas de fertilizantes são muito utilizadas na agricultura brasileira, dependendo da região de cultivo, principalmente pelas características de solubilidade dos nutrientes, ou seja, fertilizantes minerais tendem a liberar mais rapidamente os nutrientes em relação a fontes orgânicas, e estas últimas com efeito residual mais longo. Os adubos orgânicos podem ser utilizados para substituir em parte a adubação química, principalmente pela disponibilidade de oferta regional (com variações entre regiões).

Estudos avaliando o potencial de utilização em dose total ou de forma parcial de adubos orgânicos e organominerais sob solos muito argilosos ($> 600 \text{ g kg}^{-1}$ de argila) e, posteriormente a avaliação da emissão de C-CO₂ são incipientes na literatura. Desta forma, trabalhos visando o melhor entendimento sobre o potencial de oxidação da matéria orgânica do solo, seja ela mais lábil ou mais recalcitrante, além da emissão de CO₂ para a atmosfera em diferentes condições, a exemplo de diferentes formas de adubação se tornam essenciais para o melhor entendimento dos sistemas de produção. Isso pode ser mensurado através da evolução de C-CO₂ em amostras de solos incubadas em laboratório.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a liberação do carbono C-CO₂ (carbono mineralizável) e COT (carbono orgânico total) em solo adubado com diferentes fontes de fertilizantes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar o carbono orgânico total das amostras antes do período de incubação.

Inferir sobre a qualidade do carbono das diferentes fontes de fertilizantes.

Relacionar a emissão diária e total de C-CO₂ com a qualidade da matéria orgânica do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de ensino de química localizado na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), unidade de Mundo Novo, localizada a 23°55'22,7" S e 54°55'71".

Relato do experimento que antecedeu este experimento de TCC (histórico):

O experimento realizado consistiu de continuação de um experimento de avaliação do desenvolvimento inicial da cultura do trigo sob casa de vegetação no ano de 2015, realizado no município de Assis Chateaubriand, Paraná. Neste experimento, o solo utilizado consistiu na camada de 0-0,2 m de um Latossolo Vermelho Eutroférico típico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013). A composição granulométrica do solo é de: 680, 95 e 225 g kg⁻¹ de argila, silte e areia respectivamente. O solo foi coletado nesta camada, peneirado, sendo os vasos com capacidade de 8 dm³ preenchidos. Foi realizada análise do solo coletado, e evidenciando-se a necessidade de correção, sendo a mesma efetuada com aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 90%, 30 dias antes da semeadura, mantendo-se o solo úmido na capacidade de campo para que o calcário reagisse com o solo. Para os tratamentos que receberam os adubos orgânicos, os mesmos foram aplicados em período anterior de 15 dias da semeadura (Figura 1). No momento da semeadura das culturas, para as fontes solúveis de adubos, os respectivos tratamentos foram adubados de acordo com as recomendações técnicas específicas com as diferentes fontes de adubos. **fonte**



Figura 1 - Experimento realizado em Assis Chateaubriand, PR. A: Calagem; B: Aplicação dos resíduos orgânicos; C: Culturas do trigo e aveia; D: Coleta de solo para incubação de C-CO₂.

O experimento foi conduzido em vasos, os nove tratamentos foram constituídos com diferentes fontes de adubos como segue: adubo mineral (formulação 02-20-20), adubação organomineral (formulação 04-14-08 + 5% de MO), esterco bovino + ½ adubação química, esterco bovino + ½ adubação organomineral, cama de frango + ½ adubação química, cama de frango + ½ adubação organomineral, somente esterco bovino e somente cama de frango, além de um tratamento que não recebeu nenhum tipo de adubação. As doses de cada fonte de adubo químico foram aplicadas de acordo com a recomendação para adubação das culturas de trigo (IAPAR, 2013) e aveia (CBPA, 2006) para o estado do Paraná. Já para os adubos orgânicos (cama de frango e esterco bovino), foi utilizado o valor mediano de 6 t ha⁻¹, como recomendado por Fávero (2012) para solos muito argilosos do Oeste do estado do Paraná.

Experimento desenvolvido na UEMS (TCC):

Posteriormente esta primeira etapa experimental, após a retirada das plantas dos vasos (término do primeiro experimento), foram coletadas 100 g de solo de cada vaso, da camada superficial de 0-0,1 m sendo então levados para refrigerador para posteriores análises de carbono orgânico total (COT) e incubação em laboratório para avaliação da evolução de C-CO₂ (carbono mineralizável).

Para determinação da evolução de C-CO₂ (carbono mineralizável) em laboratório, as amostras de solo foram retiradas do refrigerador, sendo em seguida determinada a capacidade de campo segundo o método do funil. Para tal, foram pesados 30 g de solo, colocando-os em funil de plástico com 10 cm de diâmetro, vedado com algodão na base para evitar perda de material. Posteriormente o solo foi saturado com água destilada. Os funis foram cobertos com filme plástico para minimizar as perdas de água por evaporação, e assim permaneceram por 4-6 horas para drenagem do excesso de água. Em seguida, cerca de 5 g de cada amostra de solo foram secas em estufa a 105°C até obter-se massa constante. A capacidade de campo foi determinada de acordo com a equação 1:

$$CC = \frac{(P1-P2)}{P2} \quad (1)$$

onde:

CC = capacidade de campo;

P1 = peso da amostra de solo úmida (g); e

P2 = peso da amostra de solo seca (g).

Para a avaliação do C-CO₂ liberado em laboratório, foi utilizado o método proposto por Mendonça e Matos (2005), em que 50 g de solo foram colocados em recipientes de plástico de 5000 cm³, fechados hermeticamente, com umidade do solo ajustada para 65% da capacidade de campo. Os recipientes foram dispostos sobre a bancada do laboratório em delineamento inteiramente casualizado (Figura 2). A cada recipiente foi adicionado um frasco contendo 30 mL de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹, para capturar o C-CO₂ e outro contendo 30 mL de H₂O (para manter a umidade constante).



Figura 2 - Amostras de solos incubadas em laboratório.

As leituras para avaliação da emissão de C-CO₂ foram efetuadas em intervalos de 24 h nos primeiros 7 dias, de 48 h entre o 8º e 17º dia e de 96 h entre o 18º até o 49º dia (estabilização dos picos de emissão de C-CO₂). Ao abrir os recipientes, foi retirado o frasco contendo NaOH, tomando-se o cuidado para deixar cada recipiente contendo solo aberto por 15 minutos para que ocorresse a troca do ar (mantendo este tempo uniforme para todas as amostras). Decorrido o tempo, foi colocado outro frasco contendo 30 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹, e fechado hermeticamente o recipiente para nova incubação. Enquanto aguardava-se o tempo para a troca de ar, foram pipetados 10 mL da solução de NaOH (previamente incubada com o solo) para erlenmeyer de 125 mL, sendo em seguida adicionado 10 mL de solução de BaCl₂ 0,05 mol L⁻¹ e três gotas de fenolftaleína 1%, sendo a amostra titulada em seguida com HCl 0,25 mol L⁻¹ (Figura 3), conforme efetuado por Loss (2011). O cálculo do C-CO₂ evoluído foi apresentado em mg de C-CO₂/50 g de solo, durante o intervalo utilizado no monitoramento da amostra, conforme apresentado na equação 2 a seguir:



Figura 3 - Análise de C-CO₂ em laboratório

$$\text{C-CO}_2 \text{ (mg)} = (\text{B-V}) \times \text{M} \times 6 \times (\text{V}_1/\text{V}_2) \quad (2)$$

onde:

B = volume de HCl gasto na titulação do branco (mL);

V = volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL);

M = concentração real do HCl (mol L⁻¹);

6 = massa atômica do carbono (12) dividida pelo número de mols de CO₂ que reagem com o NaOH (2);

V₁ = volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (mL);

V₂ = volume de NaOH usado na titulação (mL).

A quantidade total de C-CO₂ produzido foi igual ao somatório dos valores obtidos para cada amostragem. Além disso, para todos os tratamentos, nas três repetições, foi avaliado o carbono orgânico total (COT), sendo determinado pela oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio, em meio sulfúrico, e titulado com sulfato ferroso amoniacal na presença de difenilamina sem aquecimento externo, segundo metodologia adaptada de Yeomans e Bremner (1988). A análise estatística foi realizada através da análise de variância com teste F e, quando da obtenção de resultado significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05) através da utilização do programa GENES (CRUZ, 2006). Esse tratamento estatístico foi realizado com os dados diários dos tratamentos e também ao final do experimento com o somatório da quantidade total de C-CO₂ emitido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Carbono Orgânico Total

De maneira geral, o carbono orgânico total (COT) dos diferentes tratamentos avaliados variou de 8,91 a 35,26 g kg⁻¹, com menor teor no tratamento que não recebeu nenhum tipo de adubação, e maior teor no tratamento que recebeu adubação com esterco bovino associado à metade da dose da adubação organomineral (Figura 4). Da mesma forma como observado nesse trabalho, porém em experimento realizado a campo, Galvão et al. (2008) observaram aumentos significativos dos teores de COT em áreas que receberam adubação orgânica com esterco bovino em relação às áreas que não receberam este resíduo orgânico, principalmente na camada arável de 0-0,2 m no estado da Paraíba.

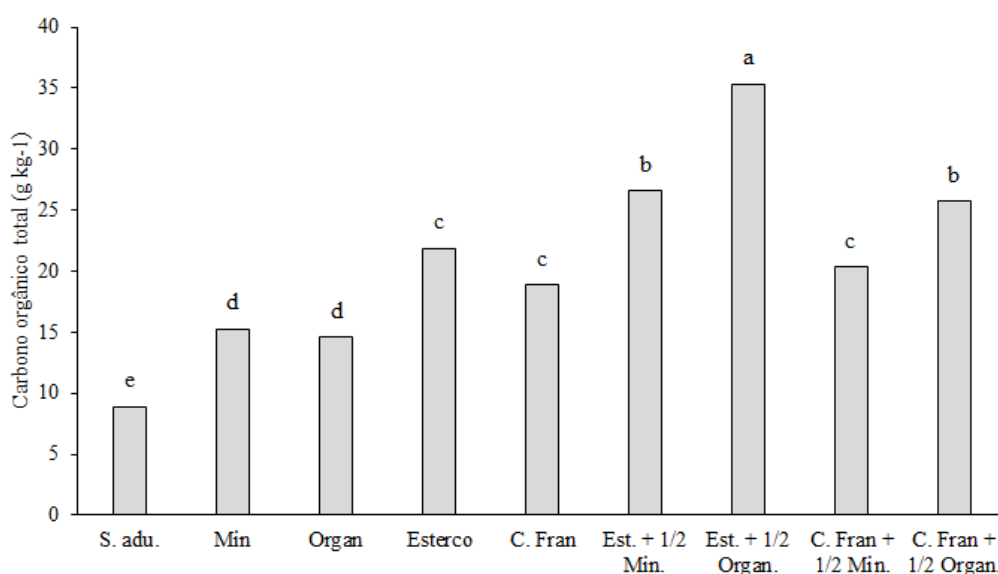


Figura 4 - Carbono orgânico total (COT) nos diferentes tratamentos avaliados em função da fonte de fertilizantes aplicada.

Em relação ao tratamento que não recebeu nenhum tipo de adubação (menor teor de C), o tratamento que recebeu adubação de esterco associada à metade da dose de adubação organomineral apresentou teor superior de carbono em 74,8%. Galvão et al. (2008) observaram um aumento que variou entre 20% e 30%, quase o dobro das áreas que não recebeu adubação em relação aquela que recebeu esterco bovino. Fato também demonstrado no trabalho de Whalen et al. (2002) com aplicação de esterco.

Tomando-se como base o tratamento que apresentou maior teor de COT (esterco bovino associado à aplicação de adubação organomineral), os demais tratamentos apresentaram teores de COT de 74,3 (sem adubação), 56,6 (mineral), 58,7 (organomineral), 38,0 (esterco), 46,5 (cama de frango), 24,6 (esterco associado a adubação mineral), 42,2

(cama de frango associada a adubação mineral) e 27,1% inferiores (cama de frango associada a adubação organomineral).

Comparando os tratamentos que receberam apenas adubação mineral e apenas adubação organomineral, não houve diferenças significativas, com teores de 15,29 e 14,57 g kg⁻¹, respectivamente. O mesmo ocorreu quando se compara os tratamentos que receberam apenas os resíduos isolados (esterco e cama de frango), ou seja, sem a presença de adubo mineral e organomineral, com teores de COT de 21,85 e 18,87 g kg⁻¹, respectivamente.

Quando se compara os tratamentos que receberam esterco bovino associado à aplicação de adubação mineral ou organomineral, observam-se diferenças significativas, com valores de 26,60 e 35,26 g kg⁻¹, respectivamente. Isso representa um ganho de COT na ordem de 24,6% de COT do solo, na associação entre esterco bovino e adubação organomineral. Esse fato demonstra que, com a associação do esterco com o adubo organomineral, os teores de COT foram superiores, ou seja, a associação destas duas formas de adubação pode contribuir para o aumento do teor de COT do solo em curto período de tempo (um ciclo de produção). A adubação com esterco de gado combinado com adubação mineral é uma estratégia para melhoria do solo contribuindo para a elevação no teor de C (LEITE et al., 2003). Maia et al. (2004) em seus estudos observaram que o teores de COT no solo nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m do solo, sofreram influências positivas (maiores teores) pela adubação orgânica, principalmente na camada mais superficial do solo (0-0,1 m).

Esse mesmo padrão de aumento no teor de COT em função da modificação da adubação mineral pela adubação organomineral também foi verificada nos tratamentos que receberam esses tipos de adubações associadas à cama de frango, com valores de 20,39 e 25,70 g kg⁻¹, respectivamente para a cama de frango associada à adubação mineral e à adubação organomineral. Isso equivale a um teor de COT 20,7% maior em função da associação do adubo organomineral com a cama de frango. Segundo Souza et al. (2009) os estoques de C no solo são influenciados pelo tipo de manejo adotado. Por isso a importância de se adotar práticas conservacionistas que aumentam a matéria orgânica do solo, como a utilização dos esterco de animais, quando de sua disponibilidade facilitada.

4.2 Evolução Diária de C-CO₂

A Figura 5 demonstra o padrão de evolução de carbono mineralizável (C-CO₂) nas amostras de solos incubadas em laboratório no 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 9°, 11°, 13°, 15°, 17°, 21°, 25°, 29°, 33°, 37°, 41°, 45° e 49° dias nos nove tratamentos avaliados.

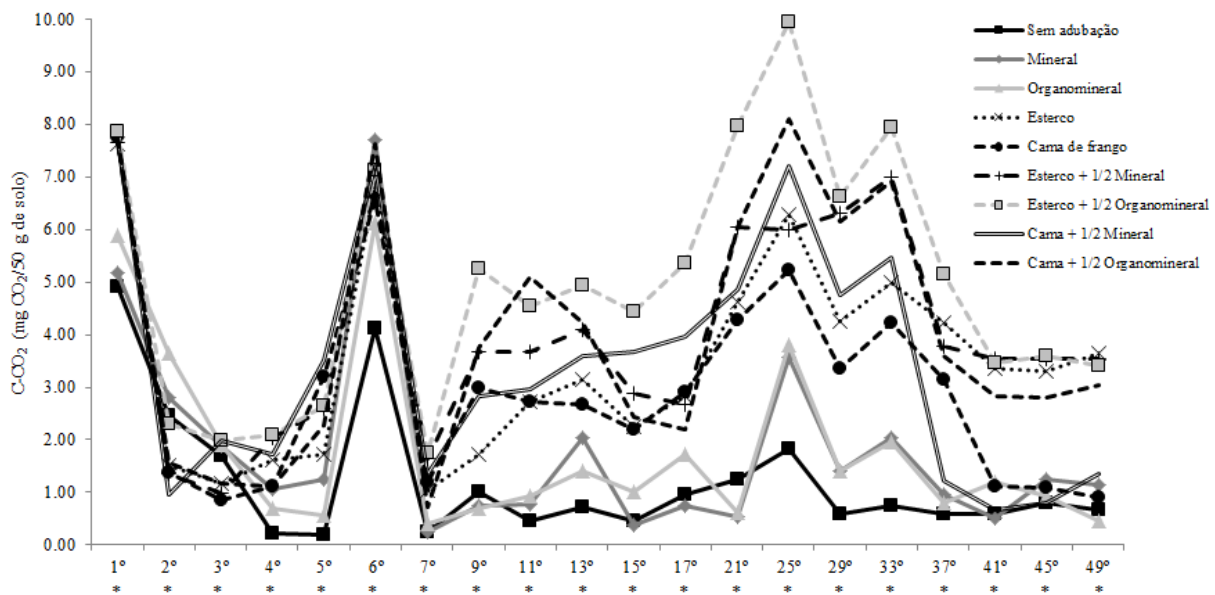


Figura 5- Evolução diária de C-CO₂ nas amostras de solos incubadas até os 49 dias de avaliação, nos diferentes tratamentos avaliados. * = significativo pelo teste Tukey a 5%; ns = não significativo pelo teste F a 5%

Mudanças na quantidade e qualidade da MOS sob diferentes formas de manejo do solo e também de fertilizantes, tem influência da quantidade e atividade microbiana com reflexos na evolução de C-CO₂ de amostras de solos incubadas em laboratório. Logo após a incubação (1º dia de avaliação) houve diferentes padrões de evolução de C-CO₂, variando de 4,91 a 7,86 mg de C-CO₂/50 g de solo, respectivamente no tratamento que não receberam nenhum tipo de adubação e no tratamento que recebeu adubação com esterco associado a metade da dose do fertilizante organomineral. Em termos percentuais, o tratamento que não recebeu nenhum tipo de adubação emitiu 37,5% menos C-CO₂ (Figura 5).

A maior ou menor liberação de C-CO₂ (Figura 5) esta relacionada aos teores de COT do solo (Figura 4) (mesma tendência), ou seja, aqueles que tiveram uma maior emissão de C-CO₂ no primeiro dia de incubação (Figura 5) também apresentaram maiores teores de COT (Figura 4). De acordo com Stevenson (1994) e Kuzyakov et al. (2000) esse padrão é conhecido como “*priming*”, em que a estimulação da atividade microbiana pela adição de resíduos orgânicos prontamente decomponível, como é o caso da adição dos fertilizantes orgânicos (cama de frango e esterco) e organominerais, favorece a aceleração da decomposição da MOS. Estas características associadas, beneficiam os microrganismos decompositores do material vegetal, no primeiro estágio de decomposição, influenciando posterior estabilização da MOS em frações associadas aos minerais. Esse consumo de C lábil prontamente disponível para o ataque microbiano, evidenciado no primeiro dia de incubação (Figura 5), influencia em posterior estabilização do C no solo (LOSS et al., 2009), sendo de

extrema importância para a melhoria de atributos do solo, como na ciclagem de nutrientes e nos processos de agregação a longo prazo (ZHONGKUI et al., 2010).

No 6º dia de avaliação para todos os tratamentos, e também, entre o 21º e 33º dias de incubação para os tratamentos que receberam adubação orgânica associada ou não com a adubação organomineral, foram verificados picos de evolução de C-CO₂ (Figura 5), principalmente nos tratamentos que receberam esterco ou cama de frango, associados a adubação organomineral. Esse padrão pode ser devido à morte de alguns microrganismos, pois a evolução de C-CO₂ foi gradativamente reduzindo em períodos anteriores a esses. Com a morte dos microrganismos possivelmente estes serviram de alimento para os remanescentes (GONÇALVES et al., 2002), o que originou maiores valores de liberações posteriores (picos). De acordo com Alves et al. (2011), solos com maiores teores de carbono fornecem maior fonte de nutrientes para o desenvolvimento da comunidade microbiana. Essa resposta rápida, representada pelos picos de emissão de C-CO₂, reflete a sensibilidade desta análise em detectar mudanças rápidas nas formas de manejo do solo. Assim como relatado por Araújo e Monteiro (2007) no qual indicam que os microrganismos possuem a capacidade de dar respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo.

Os tratamentos com maiores números de picos de evolução de C-CO₂ são aqueles que também apresentaram maior teor de COT (Figura 4). Esse fato possivelmente é devido ao C prontamente disponível adicionado ao solo proveniente dos adubos orgânicos (esterco e cama de frango) (STEVENSON, 1994). Leite et al. (2003) constataram que após 16 anos utilizando adubação orgânica em vários sistemas produtivos, a emissão de C-CO₂ aumentou em 1,5 vezes, em relação aos sistemas de produção que não receberam adubação orgânica.

A partir do 41º dia evidencia-se a ocorrência da estabilização da respiração microbiana, ou seja, não foi observados mais nenhum pico de evolução de C-CO₂, fato este devido ao consumo do C prontamente disponível ter sido realizado pelos microrganismos até esse período. Devido a essa sensibilidade em demonstrar variações nas emissões de C-CO₂ em função do tempo de incubação do solo, essa avaliação da atividade microbiana, que se relaciona com a qualidade do material orgânico do solo, têm sido apontada como indicador de qualidade do solo, especialmente na avaliação de modificações causadas por mudanças de uso e práticas de manejo adotadas (DORAN; PARKIN, 1994; TRANNIN et al., 2007).

4.3 Acumulo da emissão de C-CO₂

A figura 6 representa a emissão acumulada de C-CO₂, nos diferentes tratamentos avaliados, em função do período total de incubação do solo em laboratório (49 dias). O maior

acúmulo de C-CO₂ ao final do período de incubação ocorreu no tratamento que recebeu adubação com esterco bovino associado à adubação organomineral (98,37 mg CO₂/50 g de solo), diferindo de todos os demais tratamentos avaliados. Esse padrão é condizente ao maior teor de COT deste tratamento (35,26 g kg⁻¹) (Figura 4) e também ao maior número de picos de evolução de C-CO₂ (Figura 5). Esse padrão de maior evolução de C-CO₂ após o período que o solo ficou incubado, sendo relacionado aos maiores teores de COT também foi observado por Vale Junior et al. (2011).

Seguindo o mesmo padrão de teores de COT, a menor evolução total de C-CO₂ foi representada pelo tratamento que não recebeu nenhum tipo de adubação (24,51 mg CO₂/50 g de solo), diferindo de todos os demais tratamentos avaliados, representando 25% da emissão do tratamento que recebeu adubação com esterco bovino associada a adubação organomineral.

Não houve diferença na emissão total de C-CO₂ entre os tratamentos que receberam apenas adubação mineral ou adubação organomineral (Figura 6), nos quais representaram 37% da evolução total do tratamento com aplicação de esterco associada à adubação organomineral, padrão este, semelhante aos teores de COT destes tratamentos (Figura 4). Já para os tratamentos que receberam apenas os adubos orgânicos (esterco e cama de frango), houve diferença entre eles, com maior acúmulo no tratamento que recebeu esterco bovino, com valor de 68,86 mg CO₂/50 g de solo.

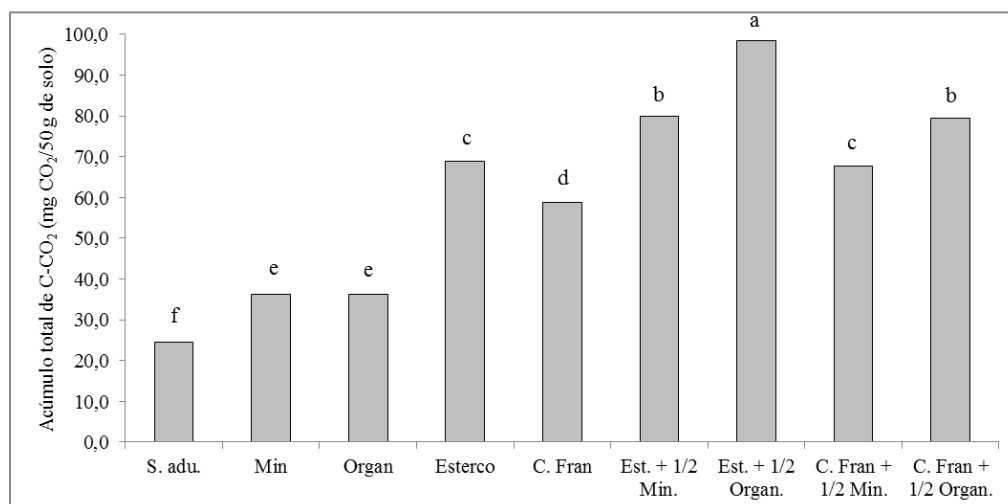


Figura 6- Acúmulo de C-CO₂ (mg CO₂/50g de solo) durante 49 dias de incubação nos diferentes tratamentos avaliados.

O uso da cama de frango como adubo orgânico é muito comum. Alguns experimentos, relatam os benefícios como um aumento na concentração de macronutrientes (ZHANG et al., 2002) e também aumento do COT (SINGH et al., 2009). O esterco bovino

funciona também como corretivo do solo e fonte de nutrientes para as plantas. Culturas que são adubadas com compostos orgânicos, como o esterco bovino e cama de frango, quando disponíveis na região, principalmente em função do valor do frete apresentam plantas com melhor desenvolvimento do que aquelas que recebem apenas fertilizantes minerais (KIEHL et al., 1985).

Da mesma forma como para o COT (Figura 4), quando se compara os tratamentos que receberam esterco bovino associado à aplicação de adubação mineral ou organomineral, houve diferença significativa, com diferença de 19% na evolução total de C-CO₂. A mesma tendência de diferença estatística segue quando se compara os tratamentos que receberam aplicação de cama de frango, diferenciando a associação da adubação (mineral ou organomineral), com valores totais emitidos de 67,78 e 79,41 mg CO₂/50 g de solo, respectivamente. Para Andrade et al. (2015) a cama de frango também estimula a atividade microbiana com reflexos evidentes na emissão de C-CO₂. Além disso, a taxa de mineralização de um resíduo orgânico é determinada pela quantidade e qualidade do resíduo, além da atividade da biota que é regulada pelos fatores ambientais (resíduos com baixo teor de lignina, relação C/N (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002), atributos químicos e físicos do solo, temperatura e umidade na capacidade de campo, entre outros (MERCANTE et al., 2008).

5. CONCLUSÕES

O solo que recebeu adubação com esterco bovino associado à metade da dose da adubação organomineral apresenta maior teor de carbono orgânico total.

A aplicação de compostos orgânicos estimula a atividade microbiana do solo.

O uso de fertilizantes orgânicos, associados ou não com a adubação organomineral ou química, aumenta a emissão de C-CO₂.

REFERÊNCIAS

ADL, S.; IRON, D.; KOLOKOLNIKOV, T. A threshold area ratio of organic to conventional agriculture causes recurrent pathogen outbreaks in organic agriculture. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 409, p. 2192-2197, 2011.

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**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ANDRADE, C. A. BIBAR, M. P.M. COSCIONE, A. R. PIRES, A. M. M.; SOARES, A. G. Mineralização e efeitos de biocarvão de cama de frango sobre a capacidade de troca catiônica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasil**, Brasília, v. 50, n. 5, p.407-416, 2015.

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

AZEEZ, J. O. E.; AVERBEKE, W. V. Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a sandy clay loam soil. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 14, p. 5645-5651, 2010.

BENBI, D. K.; BRAR, K.; TOOR, A. S.; SINGH, P. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. **Geoderma**, Amsterdam, v. 237-238, n. 1, p. 149-158, 2015.

BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Alterada pela Lei nº 6.934, de 13 de julho de 1981. **Agro Link Fertilizantes**. Disponível em <[http:// www.agrolink.com.br](http://www.agrolink.com.br)>. Acesso em 09 out. 2016.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 879 p.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, n. 1-2, p. 3-22, 2005.

CASSOL, P. C.; GIANELLO, C.; COSTA, V. E. U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 6, p. 635-644, 2001.

CBPA – Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA. **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Guarapuava, 2006. 82p.

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.

COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: NIFTAL Project, 1989. 200 p.

CRUZ, C. D. **Programa genes: biometria**. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 382 p.

CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RIBEIRO, L. P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2005. p. 54-80.

CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p. 27-36, 2001.

DAVIDSON, E. A.; BELK, E.; BOONE, R. D. Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. **Global Change Biology**, v. 4, n. 4, p. 217-227, 1998.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special publication, 35).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

EPRON, D.; BOSCH, A.; BONAL, D.; FREYCON, V. Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, Nova York, v. 22, n. 5, p. 565-574, 2006.

FARIAS, E. P.; ZONTA, E.; SANTOS, G.; SANTOS, G. A.; CANELLAS, L. P. Aporte de carbono solúvel pelo sistema radicular de arroz e sua influência nos teores de substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 875-882, 2005.

FÁVERO, F. USO DA CAMA DE FRANGO ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE GRÃOS DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ. 2012. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, Londres, v. 478, p. 337-342, 2011.

GALVÃO, S.R.S.; SALCEDO, I.H.; OLIVEIRA, F.F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

GREGORICH, E. G.; ZECH, W. Turnover of carbon through the microbial biomass in soils with different textures. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 12, n. 1, 1990.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Informações técnicas para trigo e triticale, safra 2013**. VI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Londrina, 2013. 220p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III. Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom and New York, 2007. 863p.

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

KAISER, .; GUGGENBERGER, G. Mineral surfaces and soil organic matter. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 54, n. 2, p. 219-236, 2003.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVAO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p.821-832, 2003.

LEPSCH, I. F. Solos — **formação e conservação**. Edições melhoramentos, São Paulo. 2.a edição, 1976. 160 p.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, E. P.; SANTOS, L. L.; BEUTLER, S. J.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. Frações oxidáveis do carbono orgânico do solo em sistema de aléias sob Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 867-874, 2009.

MACDONALD, G. K., BENNETT, E. M., POTTER, P. A.; RAMANKUTTY, N. Agronomic phosphorus imbalances across the world's croplands. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Nova York, v. 108, p. 3086-3091, 2011.

MAZZOLENI, E. M.; NOGUEIRA, J. M. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. **Revista de Economia e Sociologia Rural** v. 44 n. 2, 2006.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 39-44, 2004.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Ponte Nova: D e M Gráfica e Editora Ltda, 2005. 107 p.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MOITINHO, M. R.; PADOVAN, M. P.; PANOSSO, A. R.; La SCALA, N. Efeito do preparo do solo e resíduo da colheita de cana-de-açúcar sobre a emissão de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, MG, v. 37, n. 6, p. 1720-1728, 2013.

MOREIRA, F. M. S.; J. O. SIQUEIRA. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. UFLA, 2002. 626 p.

MUELLER, L.; SHEPHERD, G.; SCHINDLER, U.; BALL, B. C.; MUNKHOLM, L. J.; HENNINGS, V.; SMOLENTSEVA, E.; RUKHOVIC, O.; LUKIN, S.; HU, C. Evaluation of soil structure in the framework of an overall soil quality rating. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 127, p. 74-84, 2013.

PITTA, C. S. R.; ADAMI, P. F.; PELISSARI, A.; ASSAMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSOL, L. C.; SARTOR, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 1043-1053, 2012.

PRITCHARD S. G.; AMTHOR J. S. **Crops and environmental change**. Binghamton: Food Products Press, 2005. 421p.

PRODUCTION: I. Liming effect, contents of plant nutrients and chemical characteristics of some metals. **The Science of the Total Environment**, v. 284, n. 1-3, p. 215-225, 2002.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – SEMADE. **Estudo da Dimensão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul: Regiões de Planejamento**. Campo Grande, 2015. 91p.

SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. E. P.; LA SCALA, N.; DIAS, C. T. S.; CERRI, C. C. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2013.

SINGH, Y.; GUPTA, R.K.; THIND, H.S.; Poultry litter as a nitrogen and phosphorus source for the rice–wheat cropping system. **Biology Fertilization Soils**, v. 45, p. 701- 710, 2009.

SIQUEIRA, J.O., MOREIRA. F.M.S., GRISI, B.M., HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. **Embrapa**, Brasília, 1994. p.142.

SOUZA, E. D. Estoques de carbono orgânico e nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A; BUZETTI, S. Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2.ed. New York, Wiley, 1994. 496p.

TEIXEIRA, D. D. B.; BICALHO, E. S.; PANOSSO, A. R.; PERILLO, L. I.; IAMAGUTI, J. L.; PERIRA, G. T.; LA SCALA, N. Uncertainties in the prediction of spatial variability of soil CO₂ emissions and related properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1466-1475, 2012.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biofóssido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1173-1184, 2007.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T.C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 151, n. 1, p. 53-59, 2012.

VALE JÚNIOR, J. F.; FREITAS, R. M. S.; UCHÔA, S. C. P.; SOUSA, M. I. L.; CRUZ, D. L. S. Atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* Willd em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2011.

YEOMANS, A.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

WHALEN, J. K.; CHANG, C. Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. **Soil Science Society of American Journal**. Madison, v. 66, p. 1637-1647, 2002.

ZHANG, F.S.; YAMASAKI, S.; KIMURA, K. Waste ashes for use in agricultural production: I. Liming effect, contents of plant nutrients and chemical characteristics of some metals. **The Science of the Total Environment**, v. 284, n. 1-3, p.215-225, 2002.

ZHONGKUI, L.; WANG, E.; SUN, O. J. Soil carbon change and its responses to agricultural practices in Australian agroecosystems: a review and synthesis. **Geoderma**, Amsterdam, v. 155, n. 3-4, p. 211-223, 2010.

ZIBILSKE, L. M. Carbon mineralization. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. **Methods of soil analysis**. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 835-863.