IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAgro 2019

MATÉRIA ORGÂNICA E BIOLOGIA DO SOLO

MATERIA ORGÁNICA Y BIOLOGÍA DEL SUELO

ORGANIC MATTER AND SOIL BIOLOGY

Apresentação: Comunicação Oral

Wanderson Benerval de Lucena¹; Anderson Lucas da Silva²; José Lucas Farias da Silva³
Hugo Isaac da Silva⁴; Marciano De Carvalho Batista⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0137>

Resumo

A importância da matéria orgânica vai desde a estruturação do solo, aumento da biota edáfica e na disponibilização de nutrientes. O objetivo desse artigo foi apresentar os principais estudos nos últimos 10 anos sobre o tema matéria orgânica e biologia do solo. O ecossistema solo e a matéria orgânica, assim como todo o agroecossistema são dinâmicos e estão a todo tempo evoluindo, em constante processo de transformações e mudanças. O manejo não sustentável do solo tem causado processos de degradação e conseqüentemente diminuição da produtividade, levam os produtores rurais a recorrer em cada vez mais a altas doses de fertilizantes químicos, aumentando assim sua dependência de insumos externos e seu custo de produção e o custo ambiental. Para avaliar a qualidade do solo é necessário fazer uso dos bioindicadores, estes são processos biológicos dentro do solo que indicam o estado do ecossistema, logo, se indicam um estado/condição. Em suma, o Brasil precisa de mais estudos que se comprometam a verificar a complexidade, dinâmica e função da matéria orgânica de toda agrobiodiversidade dos solos, entender e propor soluções baseadas na realidade local de cada região do país.

Palavras-Chave: Degradação do solo, Ecossistema solo, Qualidade do solo.

Resumen

La importancia de la materia orgánica va desde la estructuración del suelo, el aumento de la biota edáfica y la disponibilidad de nutrientes. El objetivo de este artículo fue presentar los principales estudios en los últimos 10 años sobre el tema de la materia orgánica y la biología del suelo. El ecosistema del suelo y la materia orgánica, así como todo el agroecossistema son dinámicos y evolucionan constantemente, cambian y cambian constantemente. El manejo

¹Professor/Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo) e Pós-graduando em Estatística Aplicada, Universidade Estadual Paulista, wanderson.lucena@unesp.br

²Mestrando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, andersonagro1@hotmail.com

³Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista, fariaslucasf@gmail.com

⁴Graduando em Agronomia, Instituto Federal de Pernambuco, hugo.isaac32@gmail.com

⁵Professor/ Especialista, Universidade de Pernambuco, marcianocarvalho148@gmail.com

insostenible del suelo ha provocado procesos de degradación y, en consecuencia, una disminución de la productividad, lo que ha llevado a los agricultores a recurrir cada vez más a altas dosis de fertilizantes químicos, aumentando su dependencia de los insumos externos y su costo de producción y el costo ambiental. Para evaluar la calidad del suelo, es necesario utilizar bioindicadores, estos son procesos biológicos dentro del suelo que indican el estado del ecosistema, lo que indica un estado / condición. En resumen, Brasil necesita más estudios que se comprometan a verificar la complejidad, la dinámica y la función de la materia orgánica en toda la agrobiodiversidad del suelo, para comprender y proponer soluciones basadas en la realidad local de cada región del país.

Palabras Clave: Degradación del suelo, ecosistema del suelo, calidad del suelo.

Abstract

The importance of the organic matter goes from the structuring of the soil, increase of the edaphic biota and the availability of nutrients. The objective of this article was to present the main studies in the last 10 years on the subject organic matter and soil biology. The soil ecosystem and organic matter, as well as the whole agroecosystem are dynamic and are constantly evolving, constantly changing and changing. Unsustainable soil management has caused degradation processes and consequently decreased productivity, leading farmers to resort increasingly to high doses of chemical fertilizers, increasing their dependence on external inputs and their cost of production and the environmental cost . To evaluate soil quality, it is necessary to make use of bioindicators, these are biological processes within the soil that indicate the state of the ecosystem, thus indicating a state/condition. In short, Brazil needs more studies that commit to verify the complexity, dynamics and function of organic matter in all soil agrobiodiversity, to understand and propose solutions based on the local reality of each region of the country.

Keywords: Soil degradation, Soil ecosystem, Soil quality.

Introdução

A expansão da atividade agropecuária ligada ao manejo inadequado dos solos e retirada da vegetação nativa têm causado a degradação física, química e biológica dos solos, reduzindo assim o potencial produtivo do solo, acelerando a perda de nutrientes e matéria orgânica e por consequência desordem na estrutura do solo.

A importância da matéria orgânica vai desde a estruturação do solo, aumento da biota edáfica e na disponibilização de nutrientes através da mineralização do material orgânico pelos microrganismos. O manejo influencia diretamente no armazenamento de Carbono (C) no solo, quando o manejo é inadequado há aumento significativo na emissão de dióxido de

carbono (CO₂) do solo para atmosfera, por quanto, deve-se priorizar o manejo do solo que conserve o C na forma de matéria orgânica do solo.

Nos solos brasileiros a Matéria Orgânica do Solo (MOS) é essencial, pois o solos tropicais de apresentam-se em elevado estado evolutivo e com baixa fertilidade, assim a MOS é responsável por fornecer quantidade gradativa e importante de nutrientes á nutrição mineral de plantas.

Além disso a MOS auxilia na conversação do solo e da água, tendo em vista que, solos bem estruturados apresentam maior grau de desagregação, evitando assim os efeitos erosivos no solo, por consequência, garante a conservação do solo e da qualidade das águas nos grandes aquíferos.

Por outro lado, a matéria orgânica é uma fonte essencial para manutenção e qualidade da vida no solo, pois é através da biologia do solo e da diversidade microbiana do que ocorre uma série de processos bioquímicos assumindo assim importância nos sistemas de produção.

Para entender melhor a matéria orgânica no todo deve-se partir do pressuposto que o solo funciona com ecossistema para milhões de espécies da macro, meso e micro fauna edáfica, microrganismos de diferentes espécies povoam o solo que é um sistema aberto e dinâmico, isto é, existe fluxo de entrada e saída de energia do ecossistema solo para atmosfera, hidrosfera e a biosfera.

O solo ainda não é compreendido em toda sua magnitude, estudos recentes veem demonstrando gradativamente a importância do solo para manutenção da vida terrestre. O solo é responsável pela ciclagem de nutrientes e os ciclo biogeoquímicos do elementos, como por exemplo, Carbono, Nitrogênio, além é claro do ciclo hidrológico.

Vale destacar que o ecossistema solo é um sistema dinâmico e aberto, portanto está a todo tempo em constante processo de mudança e relacionando-se com a atmosfera, hidrosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera (MENDONÇA, 2010; EMBRAPA, 2018).

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) decretou em 2015 como ano internacional do solo, em seguida a década 2015 – 2024, como década do solo, ressaltando a importância do cuidado com o manejo do solo para proteção e manutenção da vida planetária.

Desde modo, a cultura, adubação e o manejo impõe ao solo condições ao agroecossistema que modificam a fauna edáfica, causando impactos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; LISBOA et al., 2012), daí a importância do manejo ecológico do solo para

diminuição dos impactos negativos ao ecossistema solo.

Müller et al (2014) constataram a adubação como principal forma de elevar o potencial produtivo do solo e um caminho para sustentabilidade, outros trabalhos também ressaltam a importância da adubação verde (MÜLLER et al., 2014), e do uso de esterqueiras e da compostagem para enriquecimento da matéria orgânica do solo e aumento da produtividade por área (SILVA; PEREZ MARIN; FRAGA, 2018).

Os estudos de La Scala Júnior et al., (2000) demonstram que o manejo do solo interfere na emissão de carbono do solo para atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO₂), demonstrando assim a importância do manejo ecológico como caminho para sustentabilidade.

Portanto, faz necessário aplicação de técnicas orgânicas, ecológicas e sustentáveis no manejo do solo, visando a diminuição dos impactos no ecossistema solo e assim garantindo a conservação desse recurso natural vital para futuras gerações e a exploração lógica e consciente dos recursos naturais, observando os princípios agroecológicos e empenhando-os visando obter a sustentabilidade na agricultura familiar brasileira.

Nesse sentido, compreender melhor a dinâmica e função da matéria orgânica no solo possui relevada importância diante dos benefícios que a MOS desempenha no solos brasileiros, nos agroecossistemas e no manejo, por esta razão, o objetivo geral desse artigo foi apresentar os principais estudos nos últimos 10 anos sobre o tema matéria orgânica e biologia do solo, bem como, apresentar técnicas de manejo ecológico do solo objetivando a sustentabilidade de agroecossistemas de agricultores familiares.

Fundamentação Teórica

O papel da matéria orgânica nos solos brasileiros

A matéria orgânica desempenha um papel muito importante nos agroecossistemas e solos brasileiros, pois mantém viva a qualidade biológica dos solos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), essa qualidade biológica do solo vem melhorando os atributos físicos, principalmente na manutenção da estrutura e umidade do solo (PRIMAVESI, 2009), atuando nos atributos químicos, sobretudo na ciclagem e nos processos de imobilização e mineralização dos nutrientes através dos microrganismos da biomassa microbiana do solo, garantindo assim fertilidade às plantas (LOUREIRO et al., 2016).

O ecossistema solo e a matéria orgânica, assim como todoo agroecossistema são dinâmicos e estão a todo tempo evoluindo, em constante processo de transformações e mudanças (PRIMAVESI, 2009; EMBRAPA, 2018). A diversidade de organismos vivos no solo e na matéria orgânica do solo está sempre em processo de crescimento ou decrescimento, dessa forma o manejo aplicado influencia diretamente na biota do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; COSTA et al., 2015).

Os estudos de Primavesi (2009) demostram que, quanto mais natural for o manejo aplicado ao sistema de produção agrícola, maior tendência ao equilíbrio o agroecossistema terá, isto é, reproduzindo os processos naturais do ecossistema. Desta forma, devem-se adotar sistemas de manejo que priorizem o uso de técnicas que garantam a qualidade e quantidade da matéria orgânica do solo e por consequência a manutenção da vida do solo (COSTA et al., 2008; SERAFIM et al., 2011; LOUREIRO et al., 2016).

Nos agroecossistemas de clima tropical a matéria orgânica tem um comportamento diferente quando comparada a um agroecossistema de clima temperado, como acontece a rápida degradação do material orgânico em sua interação com a biomassa microbiana, isso porque, em solos tropicais há maior biodiversidade natural e o intenso enraizamento do solo (PRIMAVESI, 2009).

Além das características edafoclimáticas distintas existem também outros fatores como, temperatura, altitude e exposição solar, o alto grau de intemperismo do solo e a baixa fertilidade dos solos tropicais, desta forma, Coelho et al. (2013) confirmam que a matéria orgânica do solo constitui-se como componente de elevada importância nos solos de agroecossistemas tropicais, pois em solos tropicais e subtropicais a MOS representa entre 75% a 90% da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo (BRIEDIS et al., 2012), destacando assim a importância da MOS a fertilidade do solo no Brasil.

Embora, nos solos tropicais e subtropicais a porcentagem de matéria orgânica é pequena (Quadro 01 – apresenta as classes de MOS no solo segundo Alvarez Venegas et al. 1999), suas funções são muito positivas, com destaque para: retenção de água no solo, reciclagem de nutrientes, aumento da capacidade de troca de cátions, formação e estabilização de agregados e fonte de liberação lenta de nutrientes, especialmente o nitrogênio (BRADY; WEIL, 2013).

Classes para interpretação da matéria orgânica e do carbono orgânico no solo			
Classes:	Unidade	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
Muito baixo		< 4,0	< 7,0
Baixo		4,1 - 11,6	7,1 - 20,0
Médio	<i>g/kg</i>	11,7 - 23,2	20,1 - 40,0
Bom		23,3 - 40,6	40,1 - 70,0
Muito Bom		> 40,6	>70,0

Quadro 01: Classes para interpretação da matéria orgânica e do carbono orgânico no solo. Fonte: Alvarez Venegas et al. (1999). Nota: os valores foram convertidos de dag/kg em g/kg.

Para entender melhor a matéria orgânica no solo, partiremos do pressuposto que ela está dividida em compartimento como mostra a figura 01, com diferentes graus de decomposição e estabilização (COELHO et al., 2013). Brady e Weil (2013) apresentaram essa divisão dos conteúdos da matéria orgânica do solo, que estão divididas em: Biomassa (tecidos intactos de plantas e animais e microrganismos), Detritos (raízes mortas e outros resíduos que são reconhecíveis, na prática, com diâmetro maior que 2mm) e Húmus (uma mistura de grande parte amorfa e coloidal de substâncias orgânicas complexas e não identificáveis como tecidos - figura 01).

Figura 01: Classificação dos componentes da matéria orgânica que podem ser separados por critérios químicos e físicos. Apesar de os resíduos na superfície (serrapilheira e/ou palhada) não serem universalmente considerados como parte da matéria orgânica do solo, eles aqui são incluídos por serem os principais componentes dos horizontes 'O' dos perfis de solo. (Fonte: Brady e Weil, 2013).

O solo é o maior reservatório de C do ambiente terrestre (COSTA et al., 2015; LOUREIRO et al., 2016; JENSEN et al., 2018), considerando ainda que são o principal componente do sistema de autorregulação da Terra, pois são os solos que proporcionam a condição ambiental necessária para manutenção da vida neste planeta (BRADY; WEIL,

2013), diante do papel importante que o elemento carbono desempenha na estrutura química de todas as substâncias orgânicas, pode-se então estimar a MOS através do Carbono Orgânico do Solo (COS), segundo o protocolo utilizado por Brady e Weil (2013), no qual a MOS pode ser estimada pela equação: $MOS = 2 \times COS$ (BRADY; WEIL, 2013).

Nesse cenário, a MOS apresenta-se como parte viva do ecossistema solo, pois permite a manutenção da vida no solo e ainda colabora com os atributos químicos, físicos e biológicos, além de propiciar condições necessárias para a retenção e infiltração de água no solo e garantir a fertilidade e nutrição as plantas.

Dinâmica e função da matéria orgânica na manutenção da vida do solo

O manejo não sustentável do solo tem causado processos de degradação e consequentemente diminuição da produtividade, levam os produtores rurais a recorrer em cada vez mais a altas doses de fertilizantes químicos, aumentando assim sua dependência de insumos externos e seu custo de produção e o custo ambiental causado para a produção e posteriormente pelo uso desses, trazendo também inúmeros problemas relacionados à sustentabilidade devido a altas taxas de degradação da MOS, modificando o ambiente, a sua biodiversidade, atingindo também os atributos físicos e químicos do solo (COSTA et al., 2015).

Por outro lado, o manejo sustentável baseado na ciclagem de nutrientes pode aumentar significativamente os estoques de C no solo (LOUREIRO et al., 2016). Os estudos demonstram que o carbono da biomassa microbiana do solo diminuí quando o solo apresenta em estado de degradação, no quadro 02 apresenta essa reação entre áreas de mata e áreas degradadas. No solo o teor de C- biomassa está intimamente ligado a biodiversidade do ambiente, deste modo a retirada da vegetação e outras perturbações interferem diretamente nessa taxa, como pode ser observado no quadro 02.

Sabe-se que o uso de compostos e adubos orgânicos são técnicas que permitem reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos e permitindo que novas fontes adubos minerais orgânicos sejam usadas no manejo ecológico dos solos, fornecendo assim os nutrientes às culturas, reduzindo os custos de produção e garantido os ciclos biogeoquímicos dos elementos, ciclagem de nutrientes e sustentabilidade dos agroecossistemas (TEXEIRA et al., 2012).

Ecosistema/ Local	Biomassa C no Solo	Referência
<i>Floresta/ Mata</i>	<i>mg C kg⁻¹</i>	<i>Autor/Data</i>
Amazônia - vários tipos de solo	463 - 817	Pienning et al., 1992
Mata de Serra - Poços de Caldas/MG	750 - 1600	Carneiro, 2000
<i>Área degradada</i>	<i>mg C kg⁻¹</i>	<i>Autor/Data</i>
Área minerada e sem vegetação de Poços de Caldas/MG	60	Carneiro, 2000
Solo contaminado com metais pesados em Três Marias/MG	99 - 140	Dias-Júnior et al., 1998

Quadro 02:Exemplos dos teores de Carbono da biomassa determinado pelo método de fumigação-extração em diferentes ecossistemas. Fonte: Adaptado de Moreira e Siqueira, 2006.

Uma estratégia para aumentar a biomassa no solo é o fornecimento de matéria orgânica de qualidade, por tanto, a adubação orgânica constitui-se com principal técnica de manutenção da biologia do solo, concordando assim com Müller et al. (2014) e Lucena et al. (2018).

Os estudos de Briedis et al. (2012) apontam que quando menor o grau de revolvimento do solo há uma elevação na atividade microbiana que propicia maior disponibilidade de nutrientes em menor período de tempo, isto é, aumentando a fertilidade do solo, confirmando com Moreira e Siqueira (2006), que o aumento da atividade microbiológica no solo e outras associações, como, Fungos MicorrízicosArbusculares (FMA) e Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) contribuem de forma significativa na nutrição das plantas, isso porque na rizosfera há maior estabilidade físico-química e fornecimento constante de substâncias orgânicas que intensificam o desenvolvimento de microrganismos vivos nessa região.

Através do modelo Century que considera que o C está apenas dividido em três frações, e nas frações ativa, passiva e lenta da matéria orgânica em solos com diferentes usos no Estado de São Paulo, o tipo de solo não foi mencionado. Silveira et al. (2000) propôs a quantidade total de C (estoque) no solo na camada de 0 a 20cm e nas frações mencionadas acima.

Quando observado o uso da terra o maior estoque de C na camada superficial está na área de mata nativa com 61,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto houve uma diminuição no cultivo de cana-de açúcar no tempo, a área de pastagem (uso por 20 anos) está na segunda posição, quando analisado os dados numericamente (ver Quadro 03).

Nos estudos de Silveira et al. (2000) evidencia que há redução em cerca de 50% no matéria orgânica quando se compara o solo de mata nativa com o solo sob o plantio de cana-de-açúcar por 50 anos.

Tipo de uso do solo	Estoque de C	Frações da Matéria Orgânica		
		0 - 20cm	Ativa	Lenta
Floresta Nativa	61,5	1,24	31,81	26,78
Cana-de-Açúcar (12 anos)	44,0	0,64	16,16	25,56
Cana-de-Açúcar (20 anos)	36,5	0,54	11, 79	23,47
Cana-de-Açúcar (50 anos)	35,4	0,44	9,33	25,47
Pastagem (20 anos)	47,0	1,38	20,32	23,97

Quadro 03: Quantidade total e frações de matéria orgânica total (Mg ha⁻¹ ano⁻¹) obtidas por simulação no modelo Century para solos sob diferentes sistemas de uso no Estado de São Paulo. Fonte: Silveira et al. (2000) apud Moreira e Siqueira (2006).

A biologia do solo como indicador da qualidade do solo

“A qualidade do solo é definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais.” (DORAN e PARKIN, 1994 apud ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

Para avaliar a qualidade do solo é necessário fazer uso dos bioindicadores, estes são processos biológicos dentro do solo que indicam o estado do ecossistema, logo, se indicam um estado/condição é passivo de ser avaliado, analisado a partir de modelos de análises. A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, esses, são que medem ou refletem a condição ambiental, refletindo também sobre o grau de perturbação e/ou degradação do ambiente (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

Os indicadores de qualidade microbiológica do solo são sensíveis e a utilização deles pode indicar problemas de manejo e possíveis melhorias no ambiente edáfico (SILVA et al., 2015). Padilha et al. (2014), assinalam que o comportamento dos microrganismos no solo pode ser estudado por meio de indicadores, que indicam a atividade biológica nesses solos e, consequentemente a velocidade decomposição da matéria orgânica, liberação de carbono e nutrientes ao solo.

A biomassa microbiana do solo (BMS) é responsável pela decomposição e mineralização de resíduos vegetais e orgânicos, e utiliza esses materiais como fonte de energia e nutrientes para a manutenção e multiplicação (GAMA-RODRIGUES e GAMA-RODRIGUES, 2008); Funcionando como compartimento de reserva de carbono, nitrogênio, fósforo, e enxofre no solo, elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal e como catalisadores na decomposição da matéria orgânica (SOUZA et al., 2010).

Por nota, pode-se dizer que a biomassa microbiana do solo é uma indicadora sensível das mudanças no solo (MERCANTE et al., 2008). A respiração basal do solo (RBS) expressa pela quantidade de CO₂ libera/oxidada pela respiração dos microrganismos é um dos métodos dos tradicionais e mais utilizado para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007; ALVES et al., 2011); é uma forma de mensurar a atividade metabólica da população microbiana, no entanto, essa quantificação depende do estado fisiológico das células (ALVES et al., 2011). Nesse sentido, vários fatores podem limitar, tais como: a temperatura e umidade (ALVES et al., 2011); presença de substâncias inibidoras de crescimento microbiana, a composição química e nutricional do solo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007; MERCANTE et al., 2008).

O quociente metabólico (qCO₂), expresso em quantidade de CO₂ liberado pela quantidade de carbono da biomassa em função do tempo, representa a taxa da respiração específica da biomassa microbiana. Altos valores de qCO₂ significam que a população microbiana está oxidando carbono de suas próprias células para a sua manutenção e adaptação ao solo, e, portanto, a população microbiana se encontra em condições adversas ou de estresse (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007; ALVES et al., 2011). Sabendo que qualidade do solo é conhecida como a capacidade do solo em manter vivo esse monitoramento servem como critério para detectar alterações mais importantes, tornando viável e possível a observação de alterações na qualidade do solo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

Metodologia

Pesquisa qualitativa de natureza exploratória que buscou na literatura nacional e internacional explicações que justifiquem o correto uso da matéria orgânica nos solos brasileiros, bem como, a manutenção e o aumento nos estoques de carbono e outros elementos do ciclo biogeoquímico.

Inicialmente foram coletadas as amostras de solos na camada superficial a 0,1m de profundidade (Figura1). Amostragem de solo adotada foi a composta, sendo coletados em 12 pontos seguindo a sequência de zigue-zague e com 5m de distância entre os pontos de coletas.

Figura 1: Esquema da distribuição dos pontos para coleta do solo. Fonte: própria.

As amostras de solo foram homogeneizadas e peneiradas em peneira com malha de 2 mm. A avaliação da C-BMS feita pelo método da fumigação-extração (Figura 2), proposto por Vanceet *al.* (1987) e descrito em De-Polli e Guerra (1997). Para cada amostra serão retiradas 7 subamostras de 20 g de solo (Figura 2) (base úmida) - (3 para fumigado, 3 para não fumigado e 1 para determinação da umidade do solo (Figura 2).

As amostras destinadas à determinação da biomassa microbiana receberam 50 mL de K_2SO_4 0,5 mol.L⁻¹, sendo agitadas por 30 minutos e posteriormente decantadas por mais 30 minutos, quando serão filtradas em papel filtro.

Após a filtração foi retirada uma alíquota de 8 mL do extrato e adicionado 2 mL de $K_2Cr_2O_7$ 0,066 mol.L⁻¹ e 10 mL de H_2SO_4 P.A., sendo deixadas sobre a bancada para resfriar. Logo após, serão adicionados 70 mL de água destilada e 2 mL de H_3PO_4 P.A. e tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,033 mol.L⁻¹. As amostras fumigadas, antes deste procedimento,

receberam 1 mL de CHCl_3 (clorofórmio) diretamente sobre o solo, sendo então, tampadas e incubadas por 24 horas.

Figura 2: Esquema simplificado do procedimento analítico para determinação da biomassa microbiana do solo pelo método de Fumigação-Extração, proposto por Vance et al. (1987), adaptado por De-Polli e Guerra (1997).

Resultados e Discussão

Conhecer os aspectos de cada nível de transição agroecológica, bem como, verificar quais práticas de adubação orgânica tem maior eficiência nesses sistemas e quando isso ocorre juntamente com os agricultores, pesquisadores e extensionistas demonstram ainda a união para o gerenciamento sustentável.

Feistauer et al (2017) observaram que a transição agroecológica é maior quando não se tem tanta dependência de adubos sintéticos e/ou externos da propriedade, nas famílias que utilizam fontes orgânicas para adubação com maior frequência e possuem uma lógica um pouco diferente os níveis de transição predominantes são dois e três, diferentemente do que acontece em famílias com sistema convencional onde se tem técnicas não tão sustentável economicamente e ecologicamente. E correlacionando com o estudo de Silva; Perez Marin e

Fraga (2018) avaliação de fontes de adubos orgânicos verificou que a biomassa de gliricídia na dose 12 t ha^{-1} apresentou melhor desenvolvimento do milho de variedade local quando comparado com o esterco de esterqueira e o esterco de curral, nas três diferentes doses (4 t ha^{-1} , 12 t ha^{-1} e 20 t ha^{-1}), isso demonstra a importância da lignina na formação da matéria orgânica, uma vez que no solo a lignina possui estrutura celular que favorece a formação do húmus.

Assim pode-se entender a relevância da transição agroecológica ao manejo sustentável do solo, portanto a primeira conexão é a implementação de técnica de adubação mais eficiente e apropriado a realidade local, conforme destacado acima em Silva; Perez Marin e Fraga (2018), nesse sentido, os conhecimentos na implantação de técnicas eficazes, de baixo custo e que ao serem aplicadas em campo trazem bons resultados, intensificam a utilização pelos agricultores e agricultoras, além de propiciar o manejo mais ecológico do solo.

O manejo da matéria orgânica do solo (MOS), bem como a conservação do elemento carbono (C) no solo, aumentando o estoque de carbono orgânico no solo, o principal objetivo do manejo ecológico do solo é a manutenção e qualidade da matéria orgânica nos agroecossistemas, a priori, como foi destacada por Müller et al (2014). Trabalhos científicos têm demonstrando os teores de C em sistemas agrícolas sob diferentes usos, esse C estocado é medido/mensurado pelo estoque de carbono orgânico do solo (COS), ou ainda pela matéria orgânica do solo, considerando os princípios de Brad e Weill (2013). De todo modo, a principal conexão não é apenas aumentar o teor de MOS nos solos brasileiros e agroecossistemas, mas também oferecer qualidade de vida a biota do solo, portanto, faz necessário estudos mais amplos em descrever a estrutura supramolecular da MOS, para assim entender melhor seu fracionamento no ecossistema solo.

Conclusões

Notoriamente o Brasil precisa de mais estudos que se comprometam a verificar a complexidade, dinâmica e função da matéria orgânica de toda agrobiodiversidade dos solos, entender e propor soluções baseadas na realidade local de cada região do país. O monitoramento de nossos solos através de indicadores e estoques de Carbono, visando explorar da melhor forma os solos e com a atividade agrícola específica a cada agroecossistemas, diminuindo assim os problemas com perda de solo e contaminação das águas e assoreamento de rios.

Estudar o solo sobre a ótica da sua fauna biológica é considera o solo como ecossistema vivo e biodiverso, portanto compreender as relações entre solo, agroecossistema e microrganismos do solo é gerenciar de forma sustentável os recursos naturais, e assim fazer uso eficiente da capacidade produtiva dos solos.

Viu-se também que agrobiodiversidade do solo está intimamente ligada a cobertura vegetal que tem sobre ele, isso porque o solo mesmo sendo dinâmico é um sistema aberto onde acontece trocas de energias entre litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera.

Em suma, os estudos apresentados aqui demonstram a importância não apenas da adubação orgânica, mas também do manejo ecológico do solo, isto é claro está relacionado a mudança no paradigma produtivo no cenário do agronegócio produtivista, então fica o questionamento: é possível conciliar o manejo ecológico do solo com o agronegócio, e assim manter altos índices produtivos?

Referências

ALVES, T. D. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N. MATSUOKA, M. LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiano de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta ScientiarumAgronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.

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

ALVAREZ VENEGAS, V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VANEGAS, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais – 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999, cap. 5.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Organismos e ecologia do solo**. In: _____. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Tradução de Igo Fernando Lepsch. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2013, cap. 10.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Matéria orgânica do solo**. In: _____. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Tradução de Igo Fernando Lepsch. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2013, cap. 11.

BRIEDIS, C.; SÁ, J. C. de M.; CAIRES, E. F.; NAVARRO, J. de F.; INAGAKI, T. M.; FERREIRA, A. de O. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.7, p.1007-1014, jul. 2012.

CARNEIRO, M. A. C. **Características bioquímicas do solo em duas cronossequências de reabilitação em áreas de mineração de brauxita**. 2000. 166p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras.

COELHO, M. S.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. C.; GUIMARÃES, G. P.; CARDOSO, I. M. Qualidade da matéria orgânica de solos sob cultivo de café consorciado com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1576-1586, 2013.

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

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

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

DIAS-JÚNIOR, H. E.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 22, n. 2, p. 631-640, out./dez. 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. rev. e amp. Brasília, 2017. 573 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e amp. Brasília, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e amp. Brasília, 2018. 590 p.

JENSEN, J. L.; SCHJØNNING, P.; WATTS, C. W.; CHRISTENSEN, B. T.; PELTRE, C.; MUNKHOLM, L. J. Relating soil C and organic matter fractions to soil structural stability. **Geoderma**, v. 337, p. 834-843, 2018.

LOUREIRO, D. C.; DE-POLLI, H.; AQUINO, A. M.; SÁ, M. M. F.; GUERRA, J. G. M. Influência do uso do solo sobre a conservação de carbono na biomassa microbiana em sistemas orgânicos de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, p. 01-10, 2016.

LUCENA, W. B.; TAVARES, M. A.; CARMO, P. H. O.; SANTOS, J. M. dos; FERREIRA, G. B. **Agricultura sustentável e atributos biológicos do solo: uma breve revisão sobre os**

indicadores da qualidade agrícola-ambiental. In:_____. Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais. 1 ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018, Cap. 05.

MENDONÇA, J. F. B. **Solo:** substrato da vida. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2010. 129 p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

MÜLLER, D. H.; CAMILI, E. C.; GUIMATÃES, S. C.; CAMPO, D. T. S.; MARTINS, M. E.; BARROS, K. C. Biomassa e atividade microbiana de solo sob aplicação de resíduos orgânicos. **Revista Internacional de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 71-82, 2014.

MCBRATNEY, A. FIELD, D. J. KOCH, A. The dimensionsofsoilsecurity. **Geoderma.** v. 213, p. 203-213, 2014.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L. de; SOARES, M. D. R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta Amazonica.** v. 45, n. 1, p. 1-12, 2015.

PADILLHA, K. M.; K. M.; FREIRE, M. B. G. S.; DUDA, G. P.; SANTOS, U. J.; SILVA, A. O.; SOUZA, E. R. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1377-1386, 2014.

PRIMAVESI, A. M. **Cartilha do solo:** como reconhecer e sanar seus problemas. São Paulo: Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), 2009.

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; SILVEIRA, A. O.; SILVA, D. A. A.; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. Indicadores microbiológicos de solo em pastagem com aplicação sucessiva de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1585-1594, 2015.

SILVEIRA, A. M.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B. de; MARTINELLI, L. A.; PICCOLO, M. C. Simulação dos efeitos das mudanças do uso da terra na dinâmica de carbono do solo na bacia do rio Piracicaba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 35, n. 2, p-389-399, 2000.

SOUZA, E. D.; ANDRADE, E. V. G. de C.; ANGHINONI, I.; VENSKE, C. S. de L.; CARVALHO, P. C. F.; POSSELT, A. M. Biomassa microbiana do solo em sistema de interação lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidade de pastejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, p. 79-88, 2010.

FEISTAUER, D; LOVATO, P. E.; MACHADO DA ROSA, A. C; SIMINSKI, A. Avaliação da transição agroecológica em propriedades rurais familiares em sistema orgânico e convencional de produção no norte do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Agroecologia.** v. 12, n. 1, p. 32-41, 2017.

SILVA, E. D.; PEREZ MARIN, A. M; FRAGA, V. S. Inovações tecnológicas de adubação orgânica em sistemas agrícolas familiares. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 13, n. 2, p. 17-29, 2018.

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