

MACARIUS CESAR DI LAURO MOREIRA

INDICADORES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO ARGILOSO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
MARÇO 2016

MACARIUS CESAR DI LAURO MOREIRA

INDICADORES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO ARGILOSO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura para obtenção do título de Mestre.

Professor Orientador: Dr. Deonir Secco

Professor Co-orientador: Dr. Luiz Antônio Zanão Junior

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
MARÇO 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M838i

Moreira, Macarius Cesar Di Lauro

Indicadores de qualidade biológica de um latossolo argiloso sob diferentes sistemas de manejo./Macarius Cesar Di Lauro Moreira. Cascavel, 2016.

107 f.

Orientador: Prof. Dr. Deonir Secco

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Junior

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
Campus de Cascavel, 2016

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na
Agricultura

1. Solo - Microbiologia. 2. Soja - Rendimento de grãos. 3. Crescimento radicular. I. Secco, Deonir. II. Zanão Junior, Luiz Antônio. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 20.ed. 631.4

CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Beijo – CRB 9ª/965

MACARIUS CESAR DI LAURO MOREIRA

“INDICADORES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO
ARGILOSO SOB SISTEMAS DE MANEJO”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:


Prof. Dr. Deonir Secco
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Profa. Dra. Luciene Kazue Tokura
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Profa. Dra. Luciana Grange
Universidade Federal do Paraná – UFPR/Palotina

Cascavel, 22 de março de 2016.

Dedico este trabalho a minha esposa Aline Pereira da Silva Moreira, a minha filha Laura Di Lauro Moreira ao meu pai Mario Cesar Moreira, a minha Mãe Maria Edinei Welter Souza Moreira e a minha tia Mércia Regina Moreira Farias.

Nunca se entregue, nasça sempre com as mãos...

Gonzaguinha

Ama-se mais o que se conquista com esforço.

Benjamin Disraeli

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me abençoado nesta jornada.

À minha esposa Aline Pereira da Silva Moreira pelo apoio e sacrifícios feitos para que eu alcançasse esta vitória, além de ter permanecido ao meu lado para que tornasse a realização desse sonho possível.

À minha filha Laura Di Lauro Moreira, pelos sorrisos ofertados a mim, após momentos difíceis, os quais me deram ânimo, força e vontade para seguir em frente.

À minha mãe Maria Edinei Welter Souza Moreira, pela vida e pelo incentivo.

A meu pai Mario Cesar Moreira pelo apoio, auxílio e ensinamentos durante a minha vida.

À minha tia Mércia Regina Moreira Farias por todo o auxílio prestado.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Ao Professor e amigo Dr. Deonir Secco, orientador desse trabalho, por ter me dado a oportunidade e a orientação para a realização deste sonho, o qual auxiliou e incentivou sempre na busca de um crescimento pessoal e profissional, além dos ensinamentos recebidos que levarei para a vida toda.

Ao Professor e Co-Orientador Dr. Luiz Antônio Zanão Junior pelo apoio, amizade e ensinamentos durante o curso.

Aos amigos (as) que ajudaram na pesquisa e durante o curso, Luciene Kazue Tokura, Marcos Felipe Leal Martins, Bruna de Villa, Zenaide Zin, Guilherme Gabriel Ruffato, Lucas Gabriel Sulzbach, Maurício Antonio Pilatti, Francielly Amanda Aparecida Fruhauf.

À Unioeste, por oferecer o programa de Mestrado e toda sua estrutura sempre à disposição.

Aos Prof. Dr. Luis Francisco Angeli Alves e a Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, pela autorização e auxílio quanto ao uso de equipamentos e do espaço físico de seu laboratório.

Aos técnicos de laboratório Andreia Kusumota Bonini, ao Edison da Cunha, pelo trabalho, disposição e ensinamentos.

À Dra. Francieli Bernardi pelo auxílio no procedimento da respiração microbiana, ao Doutorando Dercio Pereira.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura Armin Feiden, Helton José Alves, Jair Antonio Cruz Siqueira, Reinaldo Aparecido Bariccatt, Samuel Nelson Melegari de Souza, por todos os ensinamentos, pelas sugestões, por dividirem experiências e pelo estímulo em continuar.

À secretária do Mestrado Vanderléia, pela sua dedicação e prestação de serviços aos discentes do curso de mestrado.

Aos amigos que fiz durante o período de estudo na Unioeste.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço, enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização do trabalho.

LISTA DE SÍMBOLOS

- COT : Carbono orgânico total;
- MOS : Matéria orgânica do solo;
- $C-CO_2$: Carbono da atividade respiratória;
- qMIC: Coeficiente microbiano
- qCO_2 : Coeficiente respiratório;
- C-BMS: Carbono da biomassa microbiana;
- T1 – (MI): Milheto (*Pennisetum glaucum*);
- T2 – (AP): Aveia preta (*Avena strigosa*);
- T3 – (MP): Mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*);
- T4 – (EF): Ervilha forrageira (*Pisum sativum subesp. Arvense*);
- T5 – (PDG): Plantio Direto Gessado;
- T6 – (PDE): Plantio Direto Escarificado;
- T7 – (SPD): Plantio direto tradicional;
- O_2 : Gás oxigênio;
- CO_2 : Dióxido de carbono;
- N_2 : Gás nitrogênio;
- raios UV: Radiação Ultravioleta;
- C: Carbono;
- pH: Potencial Hidrogênio-iônico;
- Vmax NK 7059 RR: Cultivar de soja;
- $(K_2Cr_7O_7)$: Dicromato de potássio;
- (H_2SO_4) : Ácido sulfúrico;
- (H_3PO_4) : Ácido orto-fosfórico;
- $(FeSO_4)$: Sulfato ferroso;
- $((C_6H_5)_2NH)$: Difenilamina;
- $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$: Sulfato ferroso amoniacal;
- Vb (ml): Volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco);
- Va (ml): Volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;
- M : Molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal;

- V_1 : Volume do extrator (K_2SO_4) utilizado;
- V_2 : Alíquota pipetada de extrato de solo que foi utilizado;
- 0,003 : Miliequivalente do carbono;
- Ps (g): Massa de solo seco;
- C-BMS: Carbono da biomassa microbiana do solo em MG de C por kg de solo ou ($\mu g g^{-1}$);
- FC: Fluxo obtido à diferença entre a quantidade de C ($mg g^{-1}$) recuperada no extrato das amostras fumigadas e a recuperada das amostras não fumigadas;
- Kc : Fator de correção;
- TFSE: Terra fina seca em estufa;
- V: Volume de dicromato de potássio empregado;
- Va: Volume de sulfato ferroso gasto na titulação;
- f: 40/volume de sulfato ferroso gasto na titulação da prova em branco;
- 0,06: Fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas;
- "f": Fator de correção para TFSE;
- LaFis: Laboratório de física do solo;
- UNIOESTE: Universidade Estadual do Oeste do Paraná;
- P: Peso da amostra (g) seca a 105°C;
- C: Tara do cadinho;
- T: Peso das cinzas + cadinho;
- BOD: Demanda bioquímica de oxigênio;
- NaOH: Hidróxido de sódio;
- BaCl: Cloreto de bário;
- HCl: Ácido clorídrico;
- Vb: Volume de HCl (ml) gasto na titulação do NaOH do controle;
- Va: Volume de HCl (ml) gasto na titulação do NaOH da amostra;
- 1,1: Fator de conversão de (1,0 ml de NaOH 0,5 M = 1mg de CO_2);
- PSS: Peso de solo seco;
- Ds: Densidade do solo em Mg/m^3 ;
- M: Massa do solo g;
- V: Volume do solo cm^3 ;
- Est C: Estoque de C orgânico em determinada profundidade ($Mg \cdot ha^{-1}$);
- e: Espessura da camada considerada (cm);

- PP: Pré-plantio;
- PF: Pré-floração;
- PC: Pré-colheita;
- PIB: Produto interno bruto;
- CNA: Confederação nacional da agricultura;
- RBS: Respiração basal do solo;
- PPkg = Peso de grãos por parcela em kilograma;
- Pua = Peso da umidade da amostra;
- PP= Peso de grãos por parcela;
- Fc = Fator de correção;
- UA = Umidade atual;
- UD = Umidade desejada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área experimental e disposição dos tratamentos.....	25
Figura 2. Extrato de solo método fumigação extração.....	29
Figura 3. Mudança de cor durante a titulação das amostras com sulfato ferroso amoniacal.....	30
Figura 4. Diferença de cor entre amostras tituladas e não tituladas.....	30
Figura 5. Trincheira aberta com quadro para a avaliação do crescimento radicular.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Datas das ações realizadas em campo.....	23
Tabela 2. Caracterização dos tratamentos.....	24
Tabela 3. Valores médios de carbono orgânico total dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados.....	36
Tabela 4. Valores médios de matéria orgânica do solo dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados.....	38
Tabela 5. Valores médios de carbono da biomassa microbiana do solo dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados.....	39
Tabela 6. Valores médios de carbono da respiração basal do solo dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados.....	40
Tabela 7. Valores médios de q_{CO_2} do solo nos sistemas de manejo e nos três períodos avaliados.....	41
Tabela 8. Valores médios de q_{mic} do solo nos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados.....	43
Tabela 9. Valores médios de d_s do solo camada 0-10 cm nos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados.....	44
Tabela 10. Valores médios de estoque de carbono do solo nos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados.....	45
Tabela 11. Valores médios de crescimento radicular nos sistemas de manejo e nas espécies de cobertura do solo.....	46
Tabela 12. Valores médios de rendimento de grãos da soja nos sistemas de manejo e espécies de cobertura do solo.....	47
Tabela 13. Comparação dos Valores médios dos atributos microbiológicos do solo entre sistemas de manejo e espécies de cobertura.....	48
Tabela 14. Comparação dos Valores médios dos atributos microbiológicos do solo entre espécies de cobertura.....	52
Tabela 15. Comparação dos Valores médios dos atributos microbiológicos do solo entre sistemas de manejo.....	55

MOREIRA, Macarius Cesar Di Lauro. MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março de 2016. **Indicadores de qualidade biológica de um latossolo argiloso sob diferentes sistemas de manejo.** Orientador: Dr. Deonir Secco. Coorientador: Dr. Luiz Antônio Zanão Junior.

RESUMO

A microbiota do solo responde rapidamente a alterações que os sistemas de manejo provocam no solo, por este motivo, são sensíveis indicadores da qualidade biológica do solo. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o impacto de sete sistemas de manejo, (MI) Milheto (*Pennisetum glaucum*), (AP) Aveia preta (*Avena strigosa*), (MP) Mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*), (EF) Ervilha forrageira (*Pisum sativum subesp. Arvense*) + (AP) Aveia preta (*Avena strigosa*), (PDG) Plantio Direto Gessado, (PDE) Plantio Direto Escarificado e (SPD) Plantio Direto Tradicional, nos bioindicadores de qualidade do solo, (COT) Carbono orgânico total, (MO) Matéria Orgânica do solo, (CBMS) Carbono da biomassa do solo, (RBS) Respiração basal do solo, (qCO_2) Coeficiente respiratório, (qMIC), Coeficiente microbiano, (Ds) Densidade do solo e Estoque de carbono e seus reflexos no crescimento radicular e no rendimento de grãos da soja. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos. As amostragens de solo foram realizadas em três períodos; (PP) pré-plantio, (PF) pré-floração e (PP) pós-colheita da soja, no período de julho de 2014 a março de 2015, em quatro repetições para cada análise, e amostras coletadas na camada (0-10) do solo. A análise estatística foi realizada usando software Assistat[®] 7.6 beta, versão 2012 (Silva, 2012). As análises realizadas foram análise de variância (ANOVA) e as médias de tratamentos comparadas pelo teste de TUKEY a 5 % de significância. A Mucuna Preta, a Ervilha Forrageira e o Sistema Plantio Direto foram os mais indicados para a melhoria dos atributos biológicos do solo. As espécies de cobertura e os sistemas de manejo não interferiram no crescimento radicular e no rendimento de grãos da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Microbiologia do solo, Rendimento de grãos da soja, Crescimento radicular.

MOREIRA, Macarius Cesar Di Lauro. MSc, State University of Western Paraná. March 2016. **Biological quality indicators of a clayey Oxisol under different management systems.** Advisor: Dr. Deonir Secco. Co-Advisor: Dr. Luiz Antônio Zanão Junior.

ABSTRACT

The soil microbes quickly respond the changes that the management systems cause in the soil, therefore, are sensitive indicators of biological soil quality. In this context, this study aims to assess the impact of seven management systems (MI) Millet (*glaucum Pennisetum*), (AP) Oat (*Avena strigosa*), (MP) Black Mucuna (*Stizolobium aterrimum*), (EF) pea (pea subsp. *arvense*) + (AP) Oat (*Avena strigosa*), (PDG) Till plaster cast (PDE) Till scarified and (SPD) Planting Direct Traditionally, the soil quality bio-indicators, (TOC) Total organic carbon (MO) organic Matter soil, (CBMS) ground biomass carbon (RBS) basal soil respiration (qCO₂) respiratory coefficient (qMIC), microbial coefficient (Ds) soil density and carbon and its effects on root growth and the yield of soybeans. It was used the completely randomized design, with seven treatments. Soil samples were carried out in three periods; (PP) pre-plant (PF) pre-flowering and (PP) after soybean harvest in the period from July 2014 to March 2015 in four replications for each analysis, and samples collected at Layer (0-10) from soil. Statistical analysis was performed using Assistat® 7.6 beta software, version 2012 (Smith, 2012). The analyzes were carried out analysis of variance (ANOVA) and treatment means were compared by TUKEY test at 5% significance; Black Mucuna, the pea forage and tillage system were the most suitable for the improvement of biological soil properties. The cover crops and management system does not affect the root growth and yield of soybean grain

KEYWORDS: Soil Microbiology, The soybean grain yield, Root growth.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Sistemas de manejo do solo	3
2. 1.1. Sistema Plantio Convencional	5
2. 1.2. Sistema Plantio Direto	5
2. 1.3. Sistema Plantio Direto Gessado	6
2. 1.4. Sistema Plantio Direto Escarificado	7
2. 1.5. Sistema de Manejo e Aeração do Solo	7
2. 1.6. Sistemas de Manejo e Temperatura do Solo	8
2. 1.7. Sistemas de Manejo e Disponibilidade de Água	8
2. 1.8. Carbono Orgânico no Solo	10
2. 1.9. Microbiota do Solo	11
2. 1.10. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo	14
2. 1.11. Cobertura Vegetal	15
2. 1.12. Características morfofisiológicas do Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>)	16
2. 1.13. Características morfofisiológicas da Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	17
2. 1.14. Características morfofisiológicas da Mucuna preta (<i>Stizolobium aterrimum</i>)	18
2. 1.15. Características morfofisiológicas da Ervilha forrageira (<i>Pisum sativum subesp. Arvense</i>) + Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	19
2. 1.16. Crescimento radicular	20
2. 1.17. O impacto do sistema de manejo na biota do solo	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E PERÍODOS DE AVALIAÇÕES	23
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS	24
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25

3.4. COLETA DAS AMOSTRAS	25
3.5. DETERMINAÇÕES	26
3.4.1. Carbono Orgânico Total (COT)	26
3.4.2. Carbono da Biomassa Microbiana (C-BMS)	27
3.4.3. Respiração Basal do Solo (RBS)	31
3.4.4. Coeficiente Metabólico (qCO_2)	32
3.4.5. Coeficiente Microbiano ($qMIC$)	32
3.4.6. Densidade do solo (Ds)	33
3.4.7. Estoque de carbono	33
3.4.8. Avaliação das características agronômicas da soja	33
3.4.8.1. Crescimento radicular	33
3.4.8.2. Rendimento de grãos	34
3.4.9. Análise estatística	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 O CARBONO ORGÂNICO TOTAL COT	36
4.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO MO	37
4.3 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA CBMS	38
4.4 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO- RBS	40
4.5 COEFICIENTE RESPIRATÓRIO qCO_2	41
4.6 O COEFICIENTE MICROBIANO $qMIC$	42
4.7 DENSIDADE DO SOLO (Ds)	43
4.8 ESTOQUE DE CARBONO.....	45
4.9 ASPECTOS AGRONÔMICOS	46
4.9.1. Crescimento radicular	46
4.9.2. Rendimento de grãos	47
5. CONCLUSÕES	57

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7. ANEXOS	86

INTRODUÇÃO

O solo é um dos requisitos básicos para a sustentação da vida no planeta, uma vez que ele assegura o provisão em alimentos, bioenergia e produção de fibras. Atua como substrato físico e nutritivo para o sistema radicular das plantas, garantindo a disponibilidade de água e demais elementos necessários, orgânico ou inorgânico, ao crescimento e sobrevivência vegetal e animal. (MAZOYER e ROUDART; 2010).

A microbiota do solo é responsável pela manutenção dos ecossistemas por meio de sua ação nos ciclos biogeoquímicos, bem como sua atuação na formação e estruturação dos solos, formações dos componentes como dióxido de carbono e suas proporções gasosas na atmosfera, ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica que atua em processos como o de troca de cátions, pH, condutividade elétrica, ação cimentante dos agregados do solo, melhoria da estrutura e estabilização dos macro e micro poros, melhorando significativamente a estrutura, disponibilidade de nutrientes e qualidade do solo que se reflete diretamente na produtividade da cultura. (PANKHURST *et al*, 1995; SOUZA *et al*, 2006).

A produtividade de uma cultura é diretamente proporcional à quantidade de biomassa microbiana do solo, sua população e atividade são alteradas de acordo com o manejo do solo, em alguns casos, chegando a ter um efeito deletério nesta, assim sendo, considerado um importante indicador de qualidade do solo. (GUEVARA; 2007). (PEREZ; RAMOS; MCMANUS, 2004) (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003).

Um solo bem estruturado torna mais fácil o acesso à água, sendo mais eficiente em sua retenção, aumenta a disponibilidade dos nutrientes que estão dissolvidos na solução do solo, além de uma boa aeração do solo e uma adequada estrutura para a fixação das raízes no solo. (PANKHURST *et al*, 1995; SOUZA *et al*, 2006).

As consequências verificadas com a perda ou redução da biota do solo são: redução do potencial agrícola, da matéria orgânica do solo, da decomposição de matéria orgânica do solo, da fertilidade, aumento da

compactação e desestruturação dos agregados do solo, alteração da disponibilidade de água e nutrientes para as culturas. (ANDRADE; SILVEIRA, 2004; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; VENZKE FILHO et al, 2008;),

Atualmente, o uso de adubos verdes no sistema plantio direto tem se tornado cada vez mais importantes para a melhoria dos atributos biológicos, físicos e químicos do solo. Estas espécies devem possuir alta resistência a variações de temperatura e níveis de chuva, raízes com alto vigor, facilidade de eliminação e a não competição com a cultura subsequente, repor nutrientes, entre outros; por estes motivos, os dois principais grupos de plantas de cobertura são as fabaceas (leguminosas) e as poáceas (gramíneas). (CARNEIRO et al, 2008; FOLONI; LIMA; BÜLL, 2006).

Representantes da família das fabaceas têm seu uso estabelecido, pois, reincorporam nitrogênio ao solo que é fixado biologicamente por meio das bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, além da elevada taxa de decomposição que estas plantas possuem devido ao baixo valor da relação C/N que é inferior a 20, assim ciclando nutrientes rapidamente (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI et al, 2003; CARNEIRO et al, 2008).

A alta relação C/N dos integrantes da família das poáceas, que varia entre 30 e 40, garante uma maior permanência delas no solo contribuindo, desta forma, para uma maior proteção do solo com a formação de palha, que atua também como reserva de nutrientes com lenta degradação e; suas abundantes raízes atuam diretamente na estrutura do solo, mantendo a estabilização dos agregados, Pauletti, (1999); Carneiro et al, (2008).

Melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo tem sido evidenciada nos sistemas de plantio direto e com adubos verdes, pelo crescimento do fornecimento de MO pela palha, desta forma, aumenta a atividade microbiana e reciclagem de forma mais acentuada e acelerada dos nutrientes no solo. Nível adequado de restos culturais pode ocasionar uma elevação do estoque de carbono no solo, que pode sofrer influências negativas quando há um uso intenso de práticas mecânicas, uma vez que seu uso extenso desestrutura os agregados do solo aumentando a exposição da MOS à oxidação e ação biológica (GUEVARA; 2007).

Estudos demonstram que a biomassa microbiana e sua atividade atuam como indicadores mais sensíveis às mudanças na estrutura e qualidade do

solo, ocasionadas pelos sistemas de manejo do solo (TRANNIN; SIQUEIRA; MOREIRA, 2007).

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o impacto de sete diferentes sistemas de manejo nos atributos microbiológicos de qualidade do solo e seus reflexos nos aspectos agronômicos, crescimento radicular e rendimento de grãos da soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

A crescente preocupação dos produtores com a qualidade ambiental do solo e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas aponta para uma gama de novos estudos que buscam um manejo mais adequado para que o equilíbrio químico, físico e biológico do solo seja alcançado. Cruz; Alvarenga e Pereira Filho (2006).

Neste cenário, o cultivo de plantas de cobertura aumenta sua importância no país, pois elas reduzem os impactos no solo oriundos das sucessivas culturas, onde amenizam as alterações em seus aspectos físicos, químicos e biológicos que os agregados do solo sofrem a cada cultivo, deformações que dificilmente retornarão às suas condições originais. O excesso de preparo realizado por máquinas cada vez maiores e mais pesadas pode causar alterações na estrutura do solo, como consequência, a compactação; aumentando, assim, sua densidade, reduzindo a porosidade total do solo e aumentando a dificuldade do transporte e percolação de água, íons minerais e do crescimento radicular das culturas, influenciando negativamente na produtividade agrícola (DE MARIA; CASTRO; SOUZA DIAS, 1999; SILVA, 2011).

Para Dalmago et al. (2003), onde trabalhou com evaporação superficial nos sistemas de plantio direto e convencional, encontraram diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de cultivo.

O revolvimento do solo, ocasionam a interrupção da capilaridade que conduz água à superfície, afetando também a estrutura do solo e sua densidade que se ligam direta ou indiretamente ao estado hídrico do solo (GORDIYENKO e KOSTOGRYZ, 1990), desta forma interferindo negativamente na capacidade de retenção e escoamento de água no perfil do solo.

Os processos erosivos e lixiviatórios provocados com a redução da porosidade do solo são uma demanda financeira a mais para o manejo ideal do solo, uma vez que deve ser feita uma adubação mais intensa e, por vezes, várias repetições de adubação são necessárias nos solos que sofrem com estes problemas a fim de assegurar uma boa produtividade. Segundo Santos e Simon (2010), no sistema plantio direto, o uso de fertilizantes corresponde acerca de (39,49%); e de agrotóxicos a (27,74%) do custo efetivo total da cultura.

Uma opção a redução do estado de compactação do solo com baixo custo é a escarificação, porem esta torna o solo mais suscetível a erosão, pois desprende os agregados do solo, sendo caracterizada por ser uma operação em que hastes escarificadoras rompem e revolvem as camadas subsuperficiais do solo, geralmente de 15 cm a 30 cm, sem que ocorra a inversão da leiva, além de manter na superfície do solo grande parte dos resíduos culturais da cultura anterior que diminuem a erosão do solo (FILHO et al, 2000).

2.1.1. Sistema Plantio Convencional

O preparo convencional (SPC) do solo é caracterizado pelo revolvimento das camadas superficiais do solo a fim da redução da compactação, além da incorporação de corretivos e fertilizantes, e o aumento dos espaços porosos facilita o crescimento radicular vegetal, eleva a permeabilidade e o armazenamento de ar e água no solo (MACEDO; PASQUALETO, 2007).

No SPC, há o preparo com o uso de grades, escarificadores e arados, provocando um manejo intensivo, que desestrutura gradualmente o solo que facilita a perda de nutrientes. O solo fica exposto às condições climáticas,

elevada taxa de decomposição e o aumento da acidez do mesmo, além da falta de atividade biológica (MACEDO; PASQUALETO, 2007).

O efeito de sistema de manejo nas propriedades do solo, em relação à aeração no SPC, rápida degradação de matéria orgânica, contribui para o efeito estufa. No SPC, ainda ocorre, quando se fala nos aspectos hídricos, erosão hídrica (impacto das gotas de chuva), aumento do escoamento superficial, redução da fertilidade do solo, menor infiltração, diminuição da porosidade do solo, aumento do escoamento superficial, redução da fertilidade do solo, menor recarga de águas subterrâneas (MACEDO; PASQUALETO, 2007).

Em relação à fauna e à flora no SPC, as máquinas destroem ninhos e canais de drenagem e a produtividade é menor. Com alteração da microbiota da camada fértil do solo e redução da biodiversidade, o aumento do número de plantas invasoras é maior, e ocorre o aparecimento de pragas e doenças devido à monocultura (MACEDO; PASQUALETO, 2007).

2.1.2. Sistema Plantio Direto

A partir dos anos 70 foi adotado no Brasil o sistema plantio direto (SPD) que se caracteriza pela realização da semeadura sob a palha da cultura anterior reduzindo as repetições de passadas do maquinário agrícola, gerando uma redução de custos e aumento da produtividade (CARDOSO, 1998; MARCOLIN, 2006).

O manejo sustentável se caracteriza, por ser uma forma de trabalhar no onde que com o tempo, há a proteção do solo evitando-se erosão, o aumento da MO, o não revolvimento do solo, e a redução da compactação por meio das plantas de cobertura (Secco 2016).

A discrepância entre os sistemas é mais relevante quando se avaliam características físicas, químicas e biológicas do solo, além do aumento da produtividade (MACEDO; PASQUALETO, 2007).

No SPD menor conversão dos resíduos vegetais em CO_2 , não deixa o solo exposto, aumenta a estabilidade da superfície (MACEDO; PASQUALETTO, 2007).

No SPD, o plantio sobre a palha evita a desagregação do solo, o manejo excessivo. Como o SPD utiliza a palha como adubo, recobrando o solo, tem uma lenta liberação de nutrientes, proporcionando um ganho ambiental para o solo e econômico para o proprietário, reduz drasticamente a erosão, pois protege o solo. Diminui o carregamento e a lixiviação dos nutrientes no solo sem grandes perdas, o material deixado no solo favorece a atividade biológica, a infiltração de água e nutrientes deixando-o mais úmido e com menor temperatura (MACEDO; PASQUALETTO, 2007).

Neste sistema, o solo fica protegido pela palha, que amortece o impacto das gotas de chuva; reduz o escoamento superficial com intensa atividade biológica, aumentando a absorção de água pelo solo. O uso racional do maquinário agrícola sem a remoção do solo mantém ninhos e canais de drenagem conservados, a produtividade é maior, o não revolvimento do solo evita a perda de fertilidade do mesmo, aumentando a retenção de umidade; favorece a perpetuação de várias espécies da fauna e da flora e, se realizada a rotação de culturas, melhora a qualidade do solo (MACEDO; PASQUALETTO, 2007).

2.1.3. Sistema Plantio Direto Gessado

Sulfato de cálcio hidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), fosfogesso ou gesso agrícola é um subproduto oriundo da reação química entre ácido sulfúrico (H_2SO_4) e a rocha fosfatada ($Ca_{10}(PO_4)_6F_2$) e , a fim de se formar ácido fosfórico (H_2PO_3) (MASCHIETTO, 2009; VITTI et al, 2008). O gesso proporciona a melhoria da estrutura do solo, pois disponibiliza o cátion de cálcio divalente (Ca^{2+}), favorece a melhoria das propriedades químicas do solo, por meio do fornecimento de cálcio e enxofre, proporciona o aumento do crescimento radicular, pois atua na redução de alumínio e da acidez potencial do solo por meio da complexação, ocasiona a redução do adensamento do solo pela ação de quebra do encrostamento superficial, proporcionando um aumento da condutividade hidráulica, atua também na formação de pontes catiônicas com as argilas e COT, melhorando a estrutura do solo. (CAIRES et al, 2003; VITTI et al, 2008; RAIJ, 2008).

A utilização do PDG tem sido usado, nas culturas de milho, pastagens, soja e perenes onde tem demonstrado um real potencial de crescimento de produtividade, por meio do aumento da eficiência do uso de água e nutrientes do solo. (CHAN; HEENAN, 1999; ZHANG; NORTON, 2002; SOUSA; REIN, 2009; DEMATTÊ et al, 2011; RAMPIM; LANA; FRANDOLOSO, 2013). Esta melhoria da estrutura do solo, correção da toxidez de alumínio, proporcionar o alcance das raízes á água e nutrientes em profundidade caracterizam o gesso como um condicionador de crescimento radicular em profundidade. (ARAUJO, 2015)

2.1.4. Sistema Plantio Direto Escarificado

A escarificação defini-se como o ato de romper o solo da camada arável de 15 a 30 com o uso de implementos escarificadores, objetiva o aumento da porosidade do solo e a conseqüente redução da densidade deste, por meio de hastes escarificadoras, rompendo as incrustadas camadas superficiais e as compactadas camadas inferiores, facilitando a percolação da água, redução do coeficiente de fricção raiz solo, conseqüentemente favorecendo seu crescimento, aumentando as trocas gasosas com a atmosfera. Kochhann; Denardin, (2000).

2.1.5. Sistema de Manejo e Aeração do Solo

A capacidade de armazenamento e transporte e transmissão de gases como O_2 , CO_2 e N_2 , pelo solo é denominada aeração, que é classificada como característica física do solo e de extrema importância para a sobrevivência das plantas e da microbiota do solo. Os gases são distribuídos por uma rede de tubos e microtubos denominados macroporos e microporos (SHUKLA, LAL, EBINGNER; 2003; RIBEIRO et al, 2007; RODRIGUES, 2009).

Quando se revolve o solo no SPC, o aumento da disponibilidade de oxigênio em consequência do acréscimo de porosidade no solo, amplia a taxa de decomposição e da incorporação mineral da matéria orgânica, visto que os altos níveis de oxigênio livre disponibiliza mais energia e captura elétrons desta matéria orgânica, uma vez que a molécula de oxigênio é altamente reativa,

elevando muito a atividade biológica do solo em um curto período de tempo que culmina em uma rápida decomposição da matéria orgânica. Já no SPD, há uma redução da porosidade devido à baixa mobilização do solo e à permanência da palha no mesmo e o tráfego de maquinário agrícola; todavia, este déficit na porosidade é balanceado graças à lenta decomposição da matéria orgânica auxiliada à manutenção da atividade microbiológica do solo (LI, ALLEN, WILSON, 2003; KHORRAMDEL et al, 2013).

2.1.6. Sistemas de Manejo e Temperatura do Solo

Quando os raios solares chegam à crosta terrestre uma grande parte deles é refletida e apenas uma pequena porção é absorvida e transmitida pelas micropartículas do solo, processo físico denominado condução (KAISER, et al, 2002). Esta propriedade é relevante porque age diretamente na aeração do solo, evaporação, na germinação, crescimento, absorção de água e nutrientes pelas plantas, na catálise de reações químicas, na decomposição de matéria orgânica do solo (MOS) e na atividade microbiótica do mesmo, influenciando a produtividade de densidade e distribuição da cultura (MOTA, 1989; HILLEL, 1998; KAISER, et al, 2002).

Costa et al, (2003) encontraram uma maior temperatura do solo no SPC, devido à exposição aos raios UV do sol e demonstrando, inclusive, que o SPD possuía temperatura inferior e níveis de umidade mais elevados nas porções superiores do solo que se expressavam no aumento da produtividade da cultura.

Temperaturas elevadas dificultam a germinação das sementes, além de dificultarem a sobrevivência e a biodiversidade da microbiota do solo, neste cenário, a palha como cobertura do solo é eficiente na homogeneidade térmica e hídrica, além da redução da amplitude térmica (GASPARIM, 2005; FURLANI, 2008).

2.1.7. Sistemas de Manejo e Disponibilidade de Água

A baixa disponibilidade de água limita a produção de qualquer cultura, as raízes das plantas só conseguem absorver os nutrientes dissolvidos na solução

do solo e realizam vários processos fisiológicos, exclusivamente em meio aquoso, grande parte das perdas agrícolas no mundo, hoje, se deve ao déficit hídrico.

De acordo com Lima (2010), erosão hídrica é caracterizada como o resultado do transporte de partículas do solo separadas deste pela ação das gotas da chuva que, em seu escoamento, transportam estas partículas e nutrientes das camadas superficiais, que sofre influência pelo regime pluvial, topografia, relevo e sistemas de manejo. A manutenção da cobertura vegetal e o manejo adequado são as melhores formas de se evitar este problema que diminui muito a fertilidade dos solos.

A energia gerada pelo impacto das gotas de chuva diretamente no solo como em áreas com SPC ocasiona o selamento superficial do solo, que se reflete na redução da infiltração de água, desagrega e transporta as partículas do solo aumentando a enxurrada e favorecendo a erosão hídrica (REICHERT, CABEDA, 1992; BERTOL, 1995; SCHICK et al, 2000; GUADAGNIN et al, 2005).

No SPD, a energia potencial das gotas de chuva é absorvida pela palha, evitando o selamento superficial, possibilitando índices mais elevados de percolação da água, além da redução do escoamento superficial e a erosão hídrica.

Bertol (1995) e Santos; Tomm (2003) colocam que os restos culturais e a matéria orgânica podem tornar diminutas as perdas de solo por meio da erosão hídrica em até 90%, desta forma, elevam a retenção de água no solo e possibilitam um micro habitat mais favorável para que o biota do solo consiga se estabelecer, manter e reproduzir em níveis aceitáveis, a fim de que esta melhoria possa ser observada no aumento da produtividade da cultura comercial em questão.

A disponibilidade de água é fator limitante de sobrevivência dos microorganismos, fungos, animais e plantas Bertol (1989).

Mais um importante ponto a ser ressaltado em questão à disponibilidade e armazenamento hídrico no solo em SPD é a uniformidade dos poros no solo, seu tamanho diminuto privilegia a retenção de água no solo, assim, o revolvimento do solo presente no SPC, e no armazenamento de água são

prejudicados, devido ao aumento de suas fissuras e de grandes poros que facilitam a evaporação (MOREIRA; STONE; CARVALHO; 2006).

Mesquita e Moraes (2004) afirmam que o SPD possui a característica de possuir um maior volume de espaço poroso em comparação ao SPC.

Em seus estudos, Dalmago et al, (2009) concluem que no SPD a retenção de água foi maior em comparação ao SPC nas camadas superficiais do solo com aumento de mesosporos.

Cunha et al, (2015) afirmam que a maior quantidade de água e capacidade hidráulica pertenceu ao SPC, todavia, a condutividade hidráulica e difusividade hidráulica inicial foram superiores no SPD, que tende a manter a condutividade hidráulica em condição saturada mais alta que no SPC, atuando de uma forma a reduzir o escoamento superficial e possível erosão.

2.1.8. Carbono Orgânico no Solo

Alterações dos níveis de carbono orgânico no solo (C) associados ao manejo são detectados mais rapidamente por meio do conteúdo de MOS, como demonstra os estudos de (XAVIER et al, 2006; LOSS et al, 2010; COSTA; SILVA; RIBEIRO; 2013).

Em zonas naturais que nunca sofreram ação antrópica, as taxas de carbono orgânico permanecem constantes, porém, quando o solo recebe manejo, sofre uma perda abrupta na quantidade e qualidade deste carbono orgânico (ADDISCOT, 1992; SOUZA et al, 2006), sendo necessário o uso de manejos em que tenha a menor alteração na estrutura do solo. Uma forma de garantir a segurança alimentar da população é que seja feito um manejo adequado, pois apenas um solo bem estruturado pode vir a suprir a necessidade alimentar das populações.

Desta forma (CORAZZA *et al*, 1999; SIQUEIRA NETO *et al*, 2009; CARIDE; PIÑEIRO; PARUELO; 2012), observam que uma forma que a MOS seja incorporada ao solo é que sejam feitas práticas de manejos conservacionistas.

Para Doneda *et al*, (2012), a utilização de plantas de cobertura de solo vem ganhando cada vez mais espaço no SPD nas áreas agrícolas do Sul do Brasil. Para que esta prática tenha uma eficácia, é imprescindível uma seleção

das espécies de cobertura com um maior potencial em produzir fitomassa e acumular, principalmente, C e N, além de conhecer a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das culturas, devido também ao aumento da produção de carbono da biomassa microbiana (CBMS) do solo (PENTEADO, 2007).

2.1.9. Microbiota do Solo

Devido a sua complexidade e dinamismo, o solo vem a ser um hábitat excelente para as populações microbianas. Estes micro-organismos do solo são representados por bactérias, actinomicetos, fungos, algas, a microfauna e vírus. A grande maioria da microbiota é formada por organismos heterotróficos, obtendo energia por meio da metabolização do substrato orgânico. A disponibilidade de matéria orgânica afeta tanto a densidade, diversidade e atividade da microbiota que sofre também a influência da temperatura, umidade, aeração, disponibilidade de oxigênio, disponibilidade de nutrientes minerais e pH do meio (MARTINS colocar o endereço eletrônico).

A sustentabilidade dos agroecossistemas demonstrada por meio dos índices dos indicadores de atividade biológica é analisada por meio de um conjunto de experimentos que realizam análises que fornecem informações importantes como o carbono da biomassa microbiana (C-BMS) tendo a fumigação-extração (VANCE; BROOKES; JENKINSON; 1987) e a fumigação incubação (JENKINSON; POWLSON, 1976), como os métodos mais usados e eficientes para sua análise dentre os disponíveis, porém, ambos possuem baixa exatidão, sendo necessário, geralmente, amostras em triplicatas. Estes dados disponibilizam informações a respeito da dinâmica do reservatório do carbono lábil nos estoques do solo, indicando também as alterações, sensíveis níveis de estresse que os métodos de manejo atuais geram na matéria orgânica do solo (BALOTA *et al*, 1998; FRANCHINI, 2007; BRANDÃO JUNIOR *et al*, 2008).

Alguns estudos caracterizam a sensibilidade da biomassa microbiana como um bioindicador da qualidade dos solos; é maior e mais rápida do que as características químicas e físicas (BALOTA *et al*, 1998; FRANCHINI, 2007).

A caracterização da respiração basal do solo (RBS), $(C - CO_2)$ é obtida por meio de um processo de incubação de amostras com NaOH para que este faça a captura do (CO_2) liberado por meio da respiração. Esta incubação pode ser feita durante sete dias. A análise de quantificação da atividade respiratória do solo é feita com o uso da titulação com ácido clorídrico das amostras incubadas no caso, durante sete dias de NaOH, no qual este captura o (CO_2) proveniente da respiração microbiana da atividade metabólica de fungos, bactérias, algas e protozoários no solo (ALEF; NANNIPIERI; 1995).

Anderson (1982) ressalta que o (CO_2) também é liberado durante o processo de decomposição de resíduos orgânicos, e correlaciona esta taxa de decomposição e de qualidade da MO com a emissão de gases de efeito estufa, principalmente o (CO_2) em excesso (PEÑA et al, 2005). Altos valores de atividade respiratória indicam altos índices de atividade biológica e, conseqüentemente, alta taxa de mineralização e decomposição da matéria orgânica do solo, além de indicar níveis de estresse ou de degradação ambiental (TOTÓLA e CHAER, 2002).

Já a estimativa do quociente metabólico (qCO_2) é feito a partir da relação $(C - CO_2 / C - BMS)$; que demonstra a intensidade da atividade biológica, além da quantidade de (CO_2) liberado por unidade de biomassa microbiana por um determinado intervalo de tempo, caracterizando que altos índices de (qCO_2) , acarretarão altos valores na taxa de decomposição de matéria orgânica do solo (BALOTA et al, 1998).

O coeficiente microbiano $qMIC$ é alcançado com o produto da C-BMS pelo C-orgânico total; segundo Sparling (1992), o $qMIC$, caracteriza a qualidade nutricional da matéria orgânica, revelando se há alterações na qualidade e na propriedade biológica do solo, além dos valores de mobilização do carbono na biomassa do solo. Baixos índices de $qMIC$ revelam que existe uma perda de carbono do solo durante um determinado tempo.

O carbono orgânico total (COT) demonstra uma das fontes mais relevantes de C no solo, sendo usado como importante ferramenta de se estimar quantitativamente a fração orgânica do solo (NELSON; SOMMERS, 1982), possuindo vários métodos de análise, entre eles, o da incineração, cuja determinação do COT é feita por meio da diferença de massa do solo antes e

depois da incineração em mufla durante três a quatro horas, em temperatura de 550 °C, porém, não é tão preciso quanto métodos como Walkley-Black, que tem uma exatidão maior, porém, gera resíduos tóxicos ao solo. O mais preciso dos métodos é o método de oxidação catalítica por combustão a 680 °C (TOC), tendo como empecilho o alto custo do equipamento e dos reagentes.

A determinação do conteúdo de matéria orgânica é feita, geralmente, por meio do método Walkley-Black com o auxílio de uma correlação matemática, esta faz uso do fator 1, 724 que é utilizado em virtude de que o teor médio de carbono contido na matéria orgânica corresponde a 58% (EMBRAPA, 1997).

O manejo dos níveis de MO é, principalmente, dependente dos substratos orgânicos deixados no solo pela cultura anterior baseada no sistema de manejo adotado; a fertilidade do solo é diretamente afetada pelos níveis de sua disponibilidade no solo, bem como ciclagem de nutrientes, estruturação, retenção hídrica, manutenção dos organismos do solo e estabilização da variação térmica diária, sua quantidade e disponibilidade afetam diretamente a produtividade das culturas. O SPD é, sem dúvidas, a melhor forma de aumentar os estoques de MOS no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Assim, o solo não é um material inorgânico inerte e isolado. É um ecossistema com dinâmica completa, dependente de fatores bióticos e abióticos do meio, além do equilíbrio das inter-relações ambientais, químicos, físicos e biológicos, para que seja construído um equilíbrio entre as porções bióticas (plantas, microorganismos e animais) e abióticas (constituintes minerais do solo, água, ar, temperatura, nutrientes) em frações ideais para tornarem os nutrientes disponíveis e absorvíveis por parte das plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

É necessário também que sejam alcançados níveis corretos de ar e de matéria orgânica, onde atuam em conjunto aos micro-organismos, dependentes destas variáveis, a fim de melhorarem a estrutura e qualidade do solo, para que se tenham altas taxas de produtividade da cultura comercial sem que a sustentabilidade do agroecossistema seja afetada (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Desta forma (CORAZZA *et al*, 1999; SIQUEIRA NETO *et al*, 2009; CARIDE; PIÑEIRO; PARUELO, 2012), observam que uma forma de que a

MOS seja incorporada ao solo é que sejam feitas práticas de manejos conservacionistas.

2.1.10. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo

A atividade metabólica dos seres vivos do solo é dividida em respiração da fauna, da flora e da microbiota do solo, sendo sua totalidade definida como respiração total do solo (JUNIOR *et al*, 2011).

Os valores correspondentes à respiração do solo diferem em função dos restos culturais, profundidades do solo, intensidade do manejo, condições climáticas, textura do solo, rotação de culturas, teor de matéria orgânica (GRANT, 1997; LA SCALA; BOLONHEZI; PEREIRA, 2006; LEE *et al*, 2009; ARLAUSKIENĖ *et al*, 2009; CARBONELL-BOJOLLO *et al*, 2011; MANGALASSERY *et al*, 2013; BURAGIENĖ *et al*, 2015).

O solo é um dos compartimentos que mais armazenam C no planeta, de modo que, em termos globais, o primeiro metro superior do solo armazena 2,5 vezes mais C que a vegetação terrestre e duas vezes mais C que o presente na atmosfera (LAL, 2002). O estoque de CO no primeiro metro de solo é estimado entre 1.462 e 1.548 Pg\c, enquanto na profundidade de até dois metros ele varia de 2.376 a 2.456 Pg\c (BATJES, 1999).

Alterações nas porcentagens de emissão de CO₂ do solo para a atmosfera, que ocorrem quando se retira a vegetação nativa de uma área e se inicia o processo de manejo do solo, podem desequilibrar negativamente os níveis atmosféricos deste gás (SCHLESINGER; ANDREWS, 2000). Este gás é produzido por meio da respiração da microbiota da rizosfera, da respiração oriunda da decomposição da MO por micro-organismos saprófitos, pela fauna edáfica e pela respiração de fotossintatos pelas raízes (HORWATH; PREGITZER; PAUL, 1994).

A fração da respiração correspondente às raízes varia de 10% a 90% da respiração total do solo (HANSON *et al*, 2000). Toda ciclagem dos nutrientes do solo é mediada por organismos ditos saprófitos, cujos principais representantes são fungos e bactérias; produzem uma fração significativa de todo CO₂ emitido pelo solo, além de regularem o ciclo de nutrientes (KHORRAMDEL *et al*, 2013).

A porção viva da matéria orgânica do solo, excluindo-se a macrofauna e as raízes, é denominada biomassa microbiana do solo (BMS). Os valores correspondentes ao carbono presente nas células microbianas vivas correspondem em média entre 1 a 5% do COT. Representam também um importante depósito de nutrientes que são usados nos ciclos nutricionais das culturas. Portanto, solos com altos índices de BMS possuem capacidade de suporte superior aos que possuem baixos índices (GREGORICH et al, 1994).

O CBMS corresponde a valores aproximados da porção biótica da matéria orgânica do solo menor que 5,000 m³, constituída por bactérias, actinomicetos, fungos, algas e toda a microfauna (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987). A determinação da biomassa microbiana é feita por meio da quantificação de carbono orgânico solúvel extraído com clorofórmio de material celular, menos o de amostras não fumigadas (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987).

Insam e Domsch (1988) indicam que a razão CBMS / COT é considerada um sensível índice usado de modo comparativo entre diferentes sistemas de manejo, porém, sua interpretação é dependente da atividade microbiológica que realiza a mineralização da matéria orgânica.

Anderson e Domsch (1985) propuseram que fosse avaliado um fator até então desconhecido, sendo este denominado coeficiente metabólico microbiano (qCO_2), que é oriundo da divisão dos valores obtidos com a incubação do solo em laboratório denominado respiração do solo pela CBMS, obtido pelas técnicas de fumigação do solo com clorofórmio. Este indicador demonstra as oscilações de atividade microbiana após um estresse como, por exemplo, uma colheita, o uso de um defensivo ou alteração do sistema de manejo.

2.1.11. Cobertura Vegetal

Também denominadas adubos verdes, são plantas usadas para cobrir uma área que, geralmente, faz uso do SPD, em épocas fora do tempo de plantio de culturas comerciais, podendo ser períodos de verão ou de inverno e que o solo ficaria em pousio. Possuem funções de proteção do solo, da descompactação e formação de bioporos pelas raízes, proteção contra a

erosão hídrica e eólica, manutenção da temperatura, dos nutrientes, da aeração do solo, do conteúdo de matéria orgânica, da macro e microbiota, da umidade do solo, lixiviação de nutrientes, efeito supressor de plantas espontâneas e daninhas, além de proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva (FERREIRA et al, 2000; SANTOS; REIS, 2001).

2.1.12. Características das plantas de cobertura

2.1.12.1. Milheto (*Pennisetum glaucum*)

O milheto *Pennisetum glaucum* membro da família das gramíneas, *Pennisetum* é originário da África Ocidental onde foi domesticado há cerca de 5000 anos. Diante a este habitat houve a seleção natural e também a artificial forçando esta espécie a sobreviver em ambientes com, baixa fertilidade, stress hídrico, solos ácidos, a altos níveis de alumínio no solo e baixos de fósforo e molibdênio, tendo crescimento rápido, boa produção de massa e grãos, sistema radicular profundo e abundante que pode alcançar 3,60 m, resistente a pragas e doenças, elevado valor nutritivo, ciclo curto, alta rusticidade, crescimento rápido (SKERMAN; RIVEROS, 1992; NETTO, 1998; BONAMIGO, 1999; SOBRINHO et al, 2009).

Anatomicamente estão divididos em colmos, folhas, raízes, panículas, inflorescências e grãos. Possui colmos densamente lisos com valores de 1 a 2 cm de diâmetro, podendo possuir a partir dos nós laterais ramificações secundárias e terciárias; possui folhas longas comprimento entre 90 e 100 cm ou mais e 5 a 8 cm de largura, com estômatos em ambos os lados da superfície foliar. O sistema radicular se projeta a partir dos nós inferiores produzindo apenas uma raiz seminal com ciclo de 45 a 60 dias, a semeadura deve ser feita com 12 a 15 kg ha⁻¹ de sementes, em linhas espaçadas de 0,30 a 0,50 m, ou de 25 a 30 kg ha⁻¹ quando a lanço. (DURÃES; MAGALHÃES; SANTOS, 2003; DANTAS; NEGRÃO, 2010).

2.1.12.2. Aveia preta (*Avena strigosa*)

A provável origem da aveia preta é na Ásia Menor e o Norte da África, tendo as principais aveias cultivadas inicialmente na Europa Central por volta de 1.000 A.C. (HORN, 1985). A aveia-preta é uma das gramíneas mais utilizadas como adubos verdes de inverno, seu cultivo se inicia no Rio Grande do Sul no início de 1940. É uma forrageira de clima temperado muito rústica e resistente aos períodos "secos", possui sistema radicular do tipo fasciculadas sendo as raízes fibrosas, composto de um sistema seminal e outro permanente (FLOSS, 1982). Apresenta colmos cilíndricos, eretos, compostos de nós e entrenós. Com folhas possuindo bainha vilosa, lígula obtusa de 1,5 a 7,0 mm e margem denticulada, tendo como característica apomórfica, a presença de folhas sem aurícula e com lígula bem desenvolvida. Possui inflorescência em panícula piramidal e difusa (FLOSS, 1988a).

É uma forrageira de clima temperado, porém com o melhoramento vegetal se desenvolvem cultivares com uma maior adaptação a climas mais quentes. Baixas temperaturas favorecem o perfilhamento, ondas de calor na floração causa sua esterilidade. (FEDERIZZI; MUNDSTOCK, 2004).

A aveia-preta não é adaptada a solos encharcados ou água estagnada, se desenvolvendo bem em solo com pH entre 5,0 e 7,0; adaptada a solos com baixa fertilidade, crescimento vigoroso e tolerância à acidez nociva do solo, causada pela presença de alumínio, resistente às principais enfermidades e parasitas, possui efeito supressor/alelopático nas plantas invasoras, produz elevada biomassa no inverno. Os grãos produzidos por esta variedade não apresentam alto valor comercial devido à coloração escura, (FLOSS, 1988b; DERPSCH; CALEGARI, 1992; FEDERIZZI; MUNDSTOCK, 2004;).

Quando se visa à produção de semente a densidade ideal é de 250 a 300 sementes aptas m⁻² e 350 a 400 sementes aptas m⁻² para duplo-propósito (pastagem e produção de grãos), com profundidade de semeadura indicada de 3 a 5 cm, em lanço é necessário o uso de 30 a 50% a mais de semente (SANTOS et al, 2002).

2.1.12.3. *Mucuna* preta (*Stizolobium aterrimum*)

A mucuna-preta *Stizolobium aterrimum* pertence à família das Fabaceae Sub-família Papilionidae, originária das Índias Ocidentais, sendo anual ou bianual, com ramos escandentes vigorosos, herbácea de hábito rasteiro; possui folhas trifoliadas; estípulas setáceas; inflorescências axilares; bractéolas presentes antes da antese; flor papilionácea, cálice campanulado, bilabiado; um lobo superior e três inferiores, sendo um deles maior. (PUPO, 1979; WUTKE, 1993; GARCIA; MONTEIRO, 1997).

Alcântara; Bufarah (1992) descrevem as seguintes características fisiológicas da mucuna preta, alta resistência a uma gama de fatores abióticos como seca, acidez e baixa fertilidade do solo, altas temperaturas e curtos períodos de encharcamento, sendo sensíveis a geada e solos frios e úmidos (FERRAZ; LOPES, 2003). Com início de ciclo de cultivo de outubro a dezembro e final de junho a julho, sendo de 180 a 240 dias o ciclo vegetativo. Possui efeito alelopático sobre a tiririca e plantas daninhas, resistente a nematóides do gênero *Meloidogyne*. (BARNI et al, 2003; WUTKE, 1993).

Braga et al, (2006) descrevem que o espaçamento recomendado de plantio é de 50 cm entre linhas, com a densidade de sete sementes por metro linear, havendo a necessidade de 100 a 135 kg/ha. Tendo como produtividade normal de 6 a 8 t/ha de matéria seca e 1.000 a 1.500 kg/ha de sementes.

É usada como cobertura tendo por características alto rendimento de massa por unidade aérea, atuando como fonte de matéria orgânica. Seu sistema radicular pivotante é bem ramificado e de alto vigor, característica esta que lhe permite alcançar camadas inferiores no perfil do solo, é utilizada também como complemento de alto valor protéico na alimentação animal (CALEGARI, 1995).

2.1.12.4. Ervilha forrageira (*Pisum sativum subesp. Arvense*) + Aveia preta (*Avena strigosa*)

Ervilha forrageira (*Pisum sativum* L. subespécie arvense) tem sua origem no Oriente Médio e a Etiópia é tida como segundo centro de origem (COUTO, 1989), pertence à família Fabaceae e gênero *Pisum* é uma Leguminosa anual de inverno, de hábito indeterminado e escandente, glabra, de coloração verde-clara (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

Seu caule pode chegar de 0,30 m até 2,00 m de comprimento; é flexuoso, estriado, simples ou quase simples. Suas folhas são paripenadas, com gavinhas ramosas (1 a 5 pares) geralmente terminais, com 1 a 3 pares de folíolos ovalados, mucronados, de margem inteira ou sinuado-dentados na parte superior. As flores são vermelho-violáceas, fruto vagens oblongas (4-6cm), que podem, de acordo com a sua forma, apresentar terminação obtusa, curvada ou fortemente em forma de pico: eretas, largas, arqueadas, compridas; com 3 a 10 sementes, normalmente de 4 a 6; sementes lisas, esféricas, ovaladas ou rugosas (cilíndricas, comuns), verdes (normal, pálido, amarelo), creme marrons ou com manchas de cor castanha-purpura (IAPAR, 2007; Santos et al, 2012).

É uma planta usada como adubo verde de inverno, tem ciclo anual e precoce, possui certa rusticidade, com acelerado crescimento inicial e alta capacidade de cobertura de solo. (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Melhora atributos do solo como sua fertilidade sendo uma boa fonte de nitrogênio, podendo ser utilizada na alimentação animal. Esta espécie é tolerante a períodos de geadas espaçadas, a temperatura amena favorece seu desenvolvimento vegetativo, é adaptada a solos de textura argilosa.

Tendo por época de semeadura indicada de abril a junho, em sistema de plantio, indica-se o uso de espaçamento de 0,20 m e 15 a 18 sementes por metro linear, com profundidade de 3 a 4 cm, e densidade variando de 80 a 90 kg há⁻¹. (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Com ciclo de vida entre 80 a 110 dias para pleno florescimento ou de 150 a 160 dias para o ciclo total, chegando a PR média de produção de 1.000 a 2.500 kg/há de sementes (IAPAR, 2007). Seus grãos possuem altos níveis de proteína bruta além de fósforo, cálcio, vitaminas A, B1, B2, C e Ferro. (TOMM. et al., 2001).

2.1.13. Crescimento radicular

A raiz possui como funções principais a sustentação da planta e a absorção de água e nutrientes (RAVEN, 1996). Em solos compactados, o sistema radicular da soja permanece na porção superficial, visto que as raízes não conseguem romper estas camadas mais compactadas, gerando uma redução na produtividade da cultura, pois não alcança os nutrientes e a água presente nas camadas inferiores.

Mesmo em terrenos compactados, quando existem regimes de alta pluviosidade, a compactação tem sua influência negativa reduzida, pois reduz o coeficiente de fricção raiz solo, desta forma, possibilita uma maior penetração por parte das raízes no solo, além de disponibilizar mais facilmente os nutrientes presentes na solução do solo para as camadas superiores.

O sistema plantio direto altera a estrutura física do solo devido ao grande número de passadas do maquinário agrícola sobre o espaço a ser cultivado, este alto número de passadas, altera a estrutura dos agregados do solo gerando a compactação nas camadas superficiais do solo, assim se refletindo na distribuição das raízes neste. Este problema pode ser contornado em curto prazo fazendo-se uso de escarificadores para a descompactação do solo, porém, em longo prazo com a implementação de culturas de cobertura com um alto vigor de penetração das raízes no solo (MUZILLI, 2006).

2.1.14. O impacto do sistema de manejo na biota do solo.

Uma forma ecológica de redução dos custos de manejo adequado do solo e produção é o uso de adubos verdes que atua no solo de forma a equilibrar suas propriedades biológicas, físicas e químicas no sistema solo-planta (Souza et al,2008).

Badejo et al,(2002); Merlin et al,(2005), descrevem que para a melhoria das propriedades biológicas do solo, a implantação de uma cobertura formada pelo consórcio entre gramíneas e leguminosas proporciona a criação de micro habitats favoráveis e sítios de refúgios para as populações de micro-organismos que constituem esta microbiota do solo, os restos culturais agem como fonte de energia e nutrientes para estas populações.

Almeida (2012), em seus estudos com plantas de coberturas e seus efeitos nos atributos biológicos do solo, concluiu que o preparo do solo causa um impacto maior nos atributos do solo e que as plantas de cobertura proporcionam um impacto menor, porém, mais duradouro nestes atributos do solo, sendo que o SPD melhora os atributos microbiológicos do solo. Elucida também que a cobertura com gramíneas favorece atributos ligados ao C e as leguminosas ligados ao N e aos micro-organismos.

Duarte et al,(2014) afirmam que adubos verdes melhoram os atributos biológicos do solo e para a melhoria da BMS a cobertura com crotalaria juncea foi mais indicada.

Santos et al,(2004), em seus estudos com sistemas de manejo e plantas de cobertura na cultura de arroz, afirmam que a cobertura eleva a imobilização do C pela BMS devido ao acúmulo de C orgânico que os resíduos culturais dos adubos verdes proporcionam às camadas superficiais do solo. Sistemas de manejo alteram a quantia de CBMS nos solos.

Para Almeida (2012), a estrutura química (quantidade de nitrogênio e água) nas estruturas vegetais e biológica (quantia e tipo de associações entre raízes e micro-organismos) dos adubos verdes é determinante na composição e atividade da biota do solo e tipo e quantidade da MO. O autor ressalta também que o uso de agrotóxicos, tráfego de maquinário agrícola, intensos revolvimentos do solo e a adubação têm ação instantânea na biota do solo.

Segundo Perez et al,(2004), os maiores valores de CBMS são encontrados nos solos em condições naturais e que estes valores são reduzidos com o aumento do manejo do solo, evidenciando que a intensidade do manejo do solo e a falta de cobertura influenciam negativamente neste atributo biológico. Os autores salientam ainda que a importância da cobertura do solo, a ação das raízes, a deposição de MO e a baixa mobilização do solo mantêm a estabilidade e elevam os níveis deste indicador biológico de qualidade do solo.

Santos et al,(2004) demonstram que se pode alcançar níveis de CBMS na camada 0-5 cm semelhantes aos encontrados nos solos em condições naturais, com adoção do plantio em sucessão de arroz e azevém sob o SPD.

Santos et al,(2004) concluem que uma elevada taxa de atividade microbiana só é possível em sistemas de manejo em que se alcance altos teores de COT.

Acosta-Martínez et al,(2007), em seus estudos com diferentes manejos de solo em SPD e SPC em rotações de culturas diferentes, observaram que o aumento no CBMS é encontrado no SPD, concluindo que SPD eleva a qualidade do solo.

Costa et al,(2006), em análise de solos em SPD e SPC, observaram um maior valor de respiração basal do solo (RBS) no SPD demonstrando a sua relação com a quantia de MO, e alta atividade microbológica.

Diversos fatores influenciam negativamente a RBS, tais como estado nutricional do solo, composição química, presença de substâncias inibidoras, (MERCANTE et al,2008).

O quociente metabólico demonstra a eficiência da BMS, sendo que libera menos CO₂ para a atmosfera e incorpora mais C as suas células, a mais eficiente, caso os valores iguais de CBMS a que apresentar um menor valor de RBS é dita a mais eficiente (REIS JÚNIOR, MENDES, 2007).

Wang et al,(2008), em seus estudos com SPC e SPD, observaram valores de quociente metabólico uma redução média de 22% no SPD em comparação ao SPC, demonstrando a degradação do carbono no SPC, chegando à conclusão de que o SPD eleva os níveis de CBMS no solo, dados estes que corroboram com os encontrados por Ribary et al,(2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E PERÍODOS DE AVALIAÇÕES

A pesquisa foi realizada na estação experimental do Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, situado no município de Santa Tereza do Oeste, estado do Paraná. A região apresenta como coordenadas geográficas: longitude W 53° 29'37" e latitude S 24° 50'42", altitude de 750 m, classificação climática, segundo Koppen é subtropical úmido - (cfa), com precipitação média anual de 1840 mm. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura argilosa, relevo suave-ondulado, substrato basalto (EMBRAPA, 2006).

Foram avaliados três sistemas de manejo do solo em área manejada com sistema plantio direto há 18 anos e quatro espécies de cobertura, sendo duas de inverno e duas de verão como tratamentos, onde a semeadura das espécies de cobertura de verão, sendo Milheto e mucuna preta, nas parcelas destinadas a estudo de coberturas de inverno, durante o verão foi semeada com triticale estas semeaduras foram realizadas no dia 27 de março de 2014 e as espécies de cobertura de inverno aveia preta e ervilha forrageira e nas demais parcelas foi semeada com aveia branca no dia 17 de julho de 2014, utilizando semeadora-adubadora sem adubação de base e/ou cobertura, Tabela 1. O croqui com os tratamentos de cada parcela é representado na Figura 1.

Tabela 1. Datas das ações realizadas em campo

Data	Ação
27/03/14	Semeadura das coberturas de verão / Triticale
17/07/14	Semeadura das coberturas de inverno / aveia branca
10/04/14	Aplicação do gesso
20/10/14	Escarificação
07/11/14	Semeadura da soja
11/03/15	Colheita da soja

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os sistemas de manejo do solo utilizados foram: sistema plantio direto tradicional (SPD), sistema plantio direto escarificado (PDE), (Figuras 2, 3 e 4, sendo ele realizado a 30 cm de profundidade, no dia 20 de outubro de 2014) e sistema plantio direto gessado (PDG), onde a quantidade de gesso aplicado foi de 3 ton/ha no dia 10 de abril de 2014, além de 4 espécies de cobertura. Tabela 2. Os tratamentos foram assim caracterizados:

Tabela 2. Caracterização dos tratamentos.

TRAT.	NOME COMUM	NOME CIENTIFICO	FAMILIA	ÉPOCA
T1	(MI) Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i>	Poaceae, gramínea	Verão
T2	(AP) Aveia preta	<i>Avena strigosa</i>	Poaceae, gramínea	Inverno
T3	(MP) Mucuna preta	<i>Stizolobium aterrimum</i>	Fabaceae, leguminosa	Verão
T4	(EF) Ervilha forrageira + aveia preta	<i>Pisum sativum subesp. Arvense</i> + <i>Avena strigosa</i>	Fabaceae, leguminosa	Inverno
T5	(PDG) Plantio Direto Gessado;			
T6	(PDE) Plantio Direto Escarificado			
T7	(SPD) Plantio Direto Tradicional, que foi usado como testemunha			

A cultura da soja foi semeada em 07 de novembro de 2014, com a colheita sendo feita no dia 11 de março de 2015. Durante o mês de outubro de 2014, realizou-se a capina manual de plantas invasoras. A adubação da soja foi realizada com 300 kg/ha da formulação 02-20-20, com espaçamento 45 cm entre fileiras, com +/- 16 sementes por metro linear da cultivar Vmax NK 7059 RR de soja. As unidades experimentais constaram de parcelas de 20x25m, conforme Figura 1. No dia 20 de outubro foi realizada a escarificação do tratamento T6, Figuras 2 e 3; no dia 17 de dezembro, uma visita foi feita à área para o acompanhamento do crescimento da soja.



Figura 1. Croqui da área experimental e disposição dos tratamentos.

3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com sete tratamentos, sendo quatro com espécies de cobertura (duas de inverno e duas de verão) e três sistemas de manejos diferenciados do solo.

As amostragens de solo foram realizadas em três períodos: pré-plantio, pré-floração e pós-colheita da soja, no período de julho de 2014 a março de 2015, em quatro repetições para cada análise.

3.4. COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras para análises microbiológicas do solo e de atividade respiratória da biota do solo foram coletadas na camada de 0–10 cm em três pontos escolhidos ao acaso, em que se retirou a camada de matéria vegetal e com uma pá coletou-se o solo que foi acondicionado em embalagens plásticas próprias para a coleta de amostras de solo medindo 10 cm x 25 cm, sendo dispostos em caixa de isopor com gelox, para que não houvesse aumento da temperatura das amostras e intensificação da atividade microbiológica, sendo levadas imediatamente ao laboratório para seu processamento e adequado acondicionamento em geladeira a 4°C.

As amostras físicas destinadas à determinação da densidade e espaço poroso do solo foram coletadas com o uso de anéis de aço inoxidável, conforme metodologia preconizada pela Embrapa (1997).

3.4. DETERMINAÇÕES

3.4.1 Carbono Orgânico Total (COT)

A determinação do carbono orgânico total (COT) ocorreu por meio da técnica WALKLEY-BLACK, onde o solo foi dessecado em estufa a 105°C durante 48 h, e deixadas dentro de dessecador para resfriamento. Após seu resfriamento, o solo foi peneirado em peneira de malha 2mm, colocados novamente nas embalagens, as quais foram levadas para o laboratório de análises química de solo da estação experimental do IAPAR, em Santa Tereza do Oeste, para que a análise fosse feita. As amostras foram separadas em amostras de 0,5g de solo, as quais foram colocadas em erlenmeyer de 250 ml, onde adicionou-se 10 ml de solução normal de dicromato de potássio, ($K_2Cr_2O_7$) 1 N, mais 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, agitando o erlenmeyer por um minuto para garantir maior contato entre as partículas de solo com os reagentes a fim de facilitar a reação química entre eles. Após este processo, acrescentou-se 10 ml de ácido orto-fosfórico (H_3PO_4) 0,5 N. Os frascos permaneceram em repouso por 30 minutos para que esfriasse. Antes da titulação foi acrescido 1ml de difenilamina, sendo a titulação feita com sulfato ferroso ($FeSO_4$) 0,4 N. O ponto de viragem de cor é atingido quando há uma alteração de coloração de escura para verde (EMBRAPA, 1999).

A percentagem de carbono orgânico existente na amostra é dada pela expressão:

$$\text{g de carbono/kg de TFSE} = 0,06 \cdot V(40 - Va \cdot f) \cdot "f"$$

Em que:

- TFSE = Terra fina seca em estufa.
- V = Volume de dicromato de potássio empregado.
- Va = Volume de sulfato ferroso gasto na titulação.

- $f = 40/\text{volume de sulfato ferroso gasto na titulação da prova em branco.}$
- $0,06 = \text{Fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas.}$
- “ f ” = Fator de correção para TFSE.

O valor de matéria orgânica presente na amostra foi calculado pela expressão:

$$\text{MO (\%)} = 100/58 \times \text{C(\%)} = 1,724 \times \text{C(\%)}$$

Onde:

- MO = Matéria orgânica
- C% = Conteúdo de carbono
- 58% = Teor médio de carbono contido na matéria orgânica

Os demais ensaios foram realizados na UNIOESTE, campus Cascavel.

3.4.2 Carbono da Biomassa Microbiana (C-BMS)

os indicadores de carbono lábil de solo fumigado e não fumigado usados para a estimativa da biomassa microbiana (C-BMS) foram realizados seguindo o protocolo (EMBRAPA, 2007) para a metodologia de Fumigação – Extração, proposto por (VANCE; BROOKES; JENKINSON; 1987).

Inicialmente foram preparadas as soluções usadas no procedimento:

- Solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,5 M: em capela de exaustão transferiu--se 27,18 mL de ácido sulfúrico PA para um becker de 1000 ml contendo 100 ml de água deionizada, adicionou-se mais 700 ml de água deionizada, homogeneizou-se a solução no becker e foi transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 1000 ml, aferindo o valor com água deionizada;

- Solução de sulfato de potássio (K_2SO_4) 0,5 M, foi pesado 87,1001 g do sal, transferido para becker de 1000 ml e adicionado 800 ml de água

deionizada. Dissolvido e transferido quantitativamente para um balão volumétrico de 1000 ml. O pH da solução foi corrigido para a faixa 6,5 e 6,8 antes da aferição final do volume, o pH foi medido com o pHmetro.

- Solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,066 M: pesou-se 19,4161 g do sal, previamente seco em estufa 105°C e transferiu-se para um becker de 1000 ml, adicionando 700 ml de água deionizada. Dissolveu-se e foi transferido quantitativamente para um balão volumétrico, aferindo o volume a 1000 ml com água deionizada;

- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) P.A.;

- Ácido orto-fosfórico (H_3PO_4) P.A.;

- Difenilamina ($(C_6H_5)_2NH$), 1% (m/v) em (H_2SO_4) pesou-se 1,000 g de difenilamina, que foi transferida para um becker de 100 ml, adicionando-se 50 ml de ácido sulfúrico concentrado e a dissolvendo, transferindo-a posteriormente para um balão volumétrico onde o volume foi aferido com o mesmo ácido.

- Sulfato ferroso amoniacal [$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$], 0,033 M: pesou-se 13,000g do sal, transferiu-se 600 ml de água destilada e deionizada, adicionou-se 10 ml de ácido sulfúrico e transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 ml completando-o com água destilada e deionizada.

O procedimento analítico das amostras foram em quadruplicata, sendo preparadas oito sub-amostras de 20g (quatro fumigadas e quatro não fumigadas), as amostras fumigadas foram pesadas e colocadas em frascos de vidro âmbar de 100 ml, com 1ml de clorofórmio isento de etanol, deixadas em dessecadores e posteriormente em estufa durante 24 h, abrigadas da luz em temperatura ambiente. Após decorrido este tempo, os frascos foram levados a uma capela para a total evaporação do clorofórmio que durou 30 min (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987; WITT et al, 2000; BROOKES; HOLLWEG, 2004).

O tratamento seguinte para as amostras fumigadas e não fumigadas foi o seguinte: os 20 g de solo foram acondicionados em erlenmeyers de 250 ml, adicionando 50 ml de (K_2SO_4). Após, foram agitados, divididos em grupos de 25 amostras em Shaker (CIENLAB) a 220 RPM, durante 30 min no laboratório de biotecnologia da UNIOESTE, campus Cascavel, depois levadas ao Lafis, onde decantaram durante 30 min. O sobrenadante foi transferido com o auxílio

de uma pipeta para um funil com papel filtro acoplado em um tubo falcom devidamente identificado, Figura 2, obtendo-se assim, o extrato de solo de cada sub-amostra, as quais foram imediatamente processadas.

Para a determinação do CBMS, foi transferido para um erlenmeyer de 250 ml, 8 ml de extrato de solo, 2 ml de solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,066 M, 10ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) P.A. e 5 ml de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) P.A., sendo dispensados em ordem cronológica. Esperou-se o resfriamento das amostras e adicionados 70 ml de água destilada e deionizada, novamente foi esperado o resfriamento e adicionando 4 gotas de difenilamina e foram tituladas sob agitação magnética com uma solução de sulfato ferroso amoniacal. Ao final da titulação, a coloração muda de azul escuro para verde, Figuras 3 e 4.

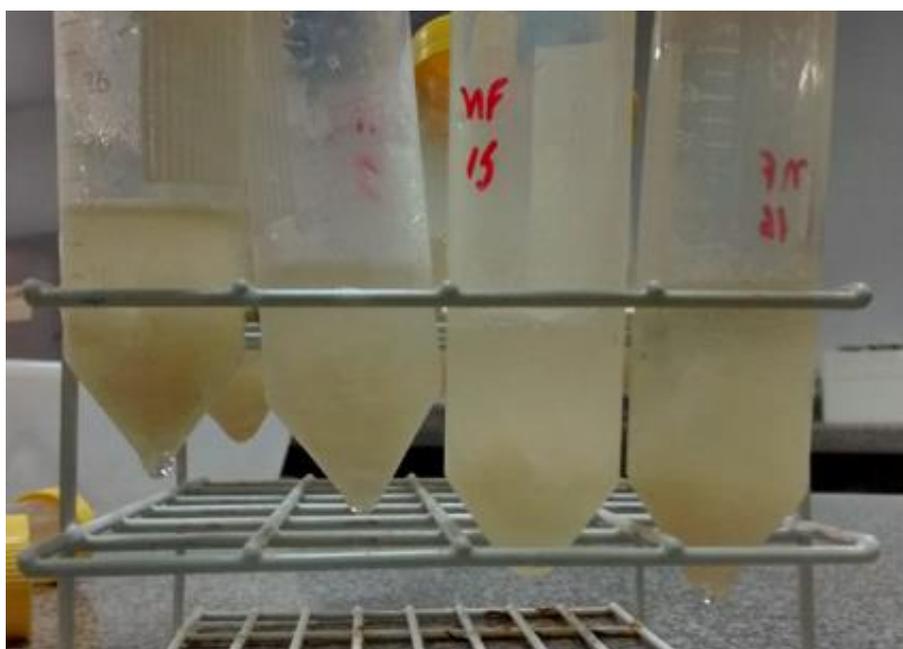


Figura 2. Extrato de solo método fumigação extração.



Figura 3. Mudança de cor durante a titulação das amostras com sulfato ferroso amoniacal.



Figura 4. Diferença de cor entre amostras tituladas e não tituladas.

O teor de Carbono nos extratos de solo é determinado por meio da seguinte equação:

$$C(\text{mg C kg}^{-1}\text{ solo}) = \frac{(Vb - Va) \cdot M \cdot 0,003 \cdot V_1 \cdot 10^6}{Ps \cdot V_2}$$

Onde:

- C = Carbono extraído do solo;
- Vb (ml) = Volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco);

- V_a (ml) = Volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;
- M = Molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal;
- V_1 = Volume do extrator (K_2SO_4) utilizado;
- V_2 = Alíquota pipetada de extrato de solo que foi utilizado;
- 0,003 = Miliequivalente do carbono;
- P_s (g) = Massa de solo seco.

Para a determinação do Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), descrito por Sparling; West, (1988):

$$C - BMS(\text{mg C microbiano kg}^{-1}\text{ solo}) = FC \cdot Kc^{-1}$$

Onde:

- C-BMS = Carbono da biomassa microbiana do solo em MG de C por kg de solo ou ($\mu\text{g g}^{-1}$);
- FC = Fluxo obtido à diferença entre a quantidade de C (mg g^{-1}) recuperada no extrato das amostras fumigadas e a recuperada das amostras não fumigadas;
- Kc = Fator de correção.

3.4.3. Respiração Basal do Solo (RBS)

A RBS avaliada consistiu em quatro amostras de solo de 50g, acondicionadas em potes de plástico de 250 ml, Figura 8, por sete dias em BOD, com temperatura constante $27^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, Figura 9; no interior dos potes de plástico de 250 ml, continha copinhos de plástico de 50 ml contendo 30 ml de NaOH a 5%, para a captação do CO_2 , respirado, posterior a este período as amostras receberam 2 ml de BaCl 10%, para a precipitação do carbonato, duas gotas de fenolftaleína e seu excesso foi titulado com HCl 0,5 N (STOTZKY, 1965). Usando a seguinte operação matemática:

$$CO_2(\text{mgkg}^{-1}\text{de solo seco}) = [(V_b - V_a) \cdot 1,1 \cdot 1000] / \text{PSS}$$

Onde:

- V_b = Volume de HCl (mL) gasto na titulação do NaOH do controle;
- V_a = Volume de HCl (mL) gasto na titulação do NaOH da amostra;
- 1,1 = Fator de conversão de (1,0 mL de NaOH 0,5 M = 1mg de CO_2);
- PSS = Peso de solo seco.

3.4.4. Coeficiente Metabólico (qCO_2)

O coeficiente metabólico (qCO_2) é a razão entre $RBS.CBMS^{-1}$, expressa em $mg\ C - CO_2\ g\ Cmic.h^{-1}$, definida pela fórmula:

$$(qCO_2) = C - CO_2 / C - BMS$$

Onde:

- $C - CO_2$ = Valor da respiração basal;
- $C - BMS$ = Valor do carbono da biomassa microbiana.

3.4.5. Coeficiente Microbiano ($qMIC$)

Já o quociente microbiano é a razão entre $BMS.Corg^{-1}$, expressa em percentagem, calculado segundo a fórmula:

$$(qMIC) = C - BMS / COT$$

Onde:

- $C - BMS$ = Valor do carbono da biomassa microbiana;
- COT = Carbono orgânico total.

O estoque de carbono foi calculado após a determinação da densidade do solo.

3.4.6. Densidade do solo (Ds)

$$Ds = M/V$$

Onde:

- Ds = Densidade em Mg/m^3
- M = Massa do solo g
- V = Volume do solo cm^3

3.4.7. Estoque de carbono

$$EstC = \frac{(COT \cdot Ds \cdot e)}{10}$$

Onde:

- Est C = Estoque de C orgânico em determinada profundidade ($Mg \cdot ha^{-1}$)
- COT = Teor de C orgânico total na profundidade amostrada ($g \cdot kg^{-1}$)
- Ds = Densidade do solo da profundidade ($kg \cdot dm^{-3}$)
- e = Espessura da camada considerada (cm).

3.4.8. Avaliação das características agronômicas da soja

3.4.8.1. Crescimento radicular

Para a análise do crescimento radicular, inicialmente confeccionou-se uma grade de madeira com tela de nylon, sendo de 50 cm X 50 cm e com várias linhas de nylon formando pequenos quadradinhos de 5 cm de lado cada, que foi usada para estimar o tamanho e a área de abrangência da raiz. Para a análise, foram abertas duas trincheiras de 0,7 metros por 0,7 metro por tratamento, onde se expuseram as raízes de duas plantas em linhas paralelas por trincheira (Figura 5) totalizando quatro plantas por tratamento, com o auxílio de um canivete e um pulverizador costal, as raízes foram expostas para avaliação, a qual foi realizada com a grade quadriculada alocada na frente da raiz com posterior tiragem de fotos. (Figura 5).



Figura 5. Trincheira aberta com quadro para a avaliação do crescimento radicular.

3.4.8.2. Rendimento de grãos

As avaliações para a análise do rendimento de grãos (Rg) foram realizadas em todas as parcelas, em 4 linhas de 2,5 metros, totalizando 4,5 m² com quatro repetições por parcela. Após a colheita, o material passou na trilhadeira motorizada, foi limpo com o uso de peneiras e posteriormente pesado.

Para o cálculo de rendimento de grãos (Rg) em kg por hectare (kg/ha⁻¹), a umidade de 13%, usou-se as seguintes formulas:

Cálculo do fator de correção:

$$F_c = (UA - UD) / UD$$

Onde:

- Fc = Fator de correção;
- UA = Umidade atual;
- UD = Umidade desejada;

Cálculo do peso da umidade da amostra:

$$P_{ua} = PP \cdot F_c$$

Onde:

- P_{ua} = Peso da umidade da amostra;
- PP = Peso de grãos por parcela;
- F_c = Fator de correção;

Cálculo do peso de grãos por parcela a umidade de 13%:

$$PP_{kg} = PP - P_{ua}$$

Cálculo do rendimento de grãos por parcela em (kg/ha^{-1}):

$$R_g (kg/ha^{-1}) = (PP_{kg} \cdot 10.000) / 4,5$$

Onde:

- 4,5 = Área da coleta dos grãos
- PP_{kg} = Peso de grãos por parcela em kilograma

No período do ciclo da soja, o volume de chuva foi benéfico ao seu desenvolvimento, seus valores são demonstrados na (Figura 19).

3.4.9. Análise estatística

A análise estatística foi realizada usando software Assistat 7.6 beta, versão 2012 (SILVA, 2012). As análises realizadas foram: análise de variância (ANOVA) e as médias de tratamentos comparadas pelo teste de TUKEY a 5 % de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os adubos verdes propiciam, por meio de seus restos culturais, aumento na incorporação de carbono orgânico ao solo, favorecendo maior imobilização de carbono pela biomassa microbiana do solo. A palhada que fica sobre o solo reduz a amplitude e as variações térmicas do mesmo, além de aumentar a disponibilidade de água e umidade do solo, proporcionando um ambiente favorável à atividade biológica no solo, de acordo com Duarte et al.(2014).

Silva et al, (2007) afirmam que o tipo de cobertura, manejo e época de amostragem influenciam diretamente nos atributos biológicos do solo.

4.1 O CARBONO ORGÂNICO TOTAL COT

O carbono orgânico total (COT), com análise feita por meio da metodologia Walkley-Black, no período PP não apresentou diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de carbono orgânico total (g/kg) dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados

PERIODOS	TRATAMENTOS							DMS linha	Média	CV(%)
	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD			
PP	3,17 Aa	2,88 Aa	3,31 Aa	3,21 Aa	3,15 Aa	3,11 Aa	3,07 Aab	0,64	2,99	8,91
PF	3,48 Aa	3,01 Ba	3,23 ABab	3,03 ABa	3,33 ABa	2,92 Ba	3,28 ABa	0,45	3,19	6,19
PC	2,70 Ab	2,84 Aa	2,84 Ab	3,05 Aa	2,92 Aa	2,88 Aa	2,86 Ab	0,64	2,87	9,71
DMS coluna	0,36	0,68	0,43	0,52	0,53	0,53	0,4	-	-	-
Média	3,07	2,8	3,11	3,15	3,03	2,92	3,15	-	-	-
CV(%)	5,83	11,79	7,03	8,45	8,57	9,09	6,56	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

Esta similaridade de valores se dá devido à exposição deste COT às condições climáticas e oxigênio, que causam a degradação, que ocorreu de forma homogênea no solo.

No período PF foi evidenciada diferença estatística entre os tratamentos, sendo o maior valor encontrado no MI, com 3,48 g/kg, que não diferiu estatisticamente dos valores dos tratamentos MP, EF, PDG e SPD. O menor valor de COT na PF ocorreu no PDE com 2,92 g/kg que, por revolver o solo mais intensamente, favorece a deterioração do carbono mais rapidamente.

No período PC, todos os dados de COT não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Estes dados corroboram com valores encontrados por Loss et al,(2015), que no cultivo de cebola analisou o COT nos seguintes tratamentos: Vegetação espontânea, Aveia, Centeio, Nabo, Aveia + nabo, Centeio + nabo, SPC, Mata, não encontrando diferença estatística entre os tratamentos com plantas de cobertura simples e consorciadas, porém, o SPC apresentou os menores teores de COT, e na mata, os maiores, evidenciado assim, a importância da presença de cobertura no solo.

Dadalto et al, (2015) em seus estudos com sistemas de manejo, não verificaram diferença estatística entre o plantio direto e o sistema de plantio convencional. O estudo foi realizado em parcelas com os seguintes tratamentos: plantio direto (SPD), plantio convencional (SPC) e cultivo mínimo (CM). Com análises sendo feitas em três instantes: antes do preparo do solo, depois do preparo e 14 dias após o preparo do solo. Neste curto período de tempo há uma probabilidade maior de não encontrar diferenças estatísticas entre os tratamentos, porém, com o tempo, esta diferença inclina-se positivamente para o SPD.

4.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO – MO

Os resultados de matéria orgânica são diretamente proporcionais aos resultados de COT, visto que a MO corresponde à cerca de 57% do COT, dados apresentados na (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de matéria orgânica do solo (%) dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados

PERIODOS	TRATAMENTOS								Média	CV(%)
	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD	DMS linha		
PP	1,84 Aa	1,67 Aa	1,91 Aa	1,86 Aa	1,82 Aa	1,8 Aa	1,77 Aab	0,37	1,73	8,95
PF	2,02 Aa	1,75 Ba	1,87 ABab	1,76 ABa	1,93 ABa	1,69 Ba	1,9 ABa	0,26	1,85	6,21
PC	1,56 Ab	1,64 Aa	1,65 Ab	1,77 Aa	1,69 Aa	1,67 Aa	1,66 Ab	0,37	1,66	9,47
DMS coluna	0,21	0,39	0,25	0,29	0,31	0,31	0,23	-	-	-
Média	1,78	1,62	1,8	1,82	1,76	1,69	1,82	-	-	-
CV(%)	5,82	11,87	7,09	8,33	8,59	9,25	6,57	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. : MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

Não foi observada diferença estatística no período PP entre os sistemas de manejo. No período PF foi evidenciada diferença estatística entre os tratamentos, sendo o maior valor encontrado no MI, com 2,02%, que estatisticamente não foi diferente dos encontrados nos seguintes manejos MP, EF, PDG e SPD. O menor valor de MO na PF ocorreu no PDE com 1,69%, onde o processo de revolvimento do solo favorece a oxidação da MO.

No período PC, os valores referentes a MO não demonstraram diferenças significativas.

4.3 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA CBMS

Os valores referentes à CBMS foram obtidos por meio da técnica fumigação extração e seus resultados são apresentados na (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios de carbono da biomassa microbiana do solo (mg C g^{-1} solo seco) dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados

PERIODOS	TRATAMENTOS							DMS linha	Média	CV(%)
	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD			
PP	94,37 Ca	75,77 Ca	134,19 Bc	194,7 Aa	80,55 Cb	135,26 Bb	132,06 Bb	27,91	136,61	10,04
PF	95,19 Ba	78,46 Ba	199,97 Ab	145,85 ABa	76,41 Bb	137,31 ABb	130,11 ABb	85,88	125,32	30,3
PC	108,33 Da	75,84 Da	261,34 Aa	178,9 BCa	132,45 CDa	202,45 ABa	258,53 Aa	63,38	177,37	15,85
DMS coluna	54,99	22,01	53,46	80,96	40,14	52,02	74,18	-	-	-
Média	73,7	75,75	196,16	152,42	118,74	174,1	189,78	-	-	-
CV(%)	30,66	14,53	13,64	23,68	21,07	16,63	21,64	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

No período PP, o maior valor de CBMS foi encontrado no tratamento EF com $194,7 \text{ mg C g}^{-1}$ solo seco e o menores valores nos tratamentos com AP $75,5 \text{ mg C g}^{-1}$ solo seco, PDG com $88,55 \text{ mg C g}^{-1}$ e MI com $94,37 \text{ mg C g}^{-1}$. Essa diferença é caracterizada pela relação simbiótica entre micro-organismos e as raízes da leguminosa.

No período PF, a diferença observada demonstrou maiores valores no tratamento com MP com $199,97 \text{ mg C g}^{-1}$ solo seco, devido à simbiose de bactérias com as raízes das plantas e o menor valor no manejo PDG com $76,41 \text{ mg C g}^{-1}$ solo seco, onde as bactérias sofreram redução populacional devido ao estresse provocado pelo gesso nesta população.

No período PC, os tratamentos MP, PDE e SPD apresentaram os maiores valores de CBMS que diferiram dos demais tratamentos. Valores estes sendo os mais altos alcançados durante os três períodos avaliados, supostamente devido ao fato de que o solo estava coberto com a finalização da decomposição dos restos culturais anteriores. Estes dados revelam que, ao final do ciclo das culturas, o CBMS alcança os maiores índices. Altos índices de CBMS relacionam-se diretamente com uma maior imobilização temporária de nutrientes, gerando uma menor chance de perda nutricional do solo (MERCANTE et al, 2004).

4.4 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO - RBS

A respiração microbiológica ou respiração basal do solo (RBS) expressa à quantia de micro-organismos presentes no solo demonstrou diferença entre os sistemas de manejo e apresentou no período de PP o menor valor no sistema AP com valores correspondendo a $0,08 \text{ mgC} - \text{CO}_2\text{g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ e os maiores, presente na EF com $0,45 \text{ mg C} - \text{CO}_2\text{g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de carbono da respiração basal do solo ($\text{mgC} - \text{CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) dos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados

PERIODOS	TRATAMENTOS								Média	CV(%)
	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD	DMS linha		
PP	0,43 Ab	0,08 Bc	0,34 Ab	0,45 Ab	0,42 Ac	0,26 ABb	0,27 ABb	0,20	0,38	26,85
PF	0,27 Bb	1,31 Ab	0,37 Bb	0,16 Bb	1,41 Ab	0,23 Bb	1,38 Aa	0,45	0,89	26,70
PC	1,24 Ba	2,11 Ba	2,53 Aa	1,92 ABa	2,55 Aa	2,93 Aa	1,36 Ba	1,13	1,9	23,59
DMS coluna	0,24	0,48	0,57	0,97	0,28	0,49	0,87	-	-	-
Média	0,74	1,14	1,54	1,43	1,58	1,78	1,23	-	-	-
CV(%)	19,31	20,78	26,61	58,34	9,67	21,78	43,8	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

O período PF apresentou diferença significativa entre os tratamentos e culminou com o maior valor no sistema com PDG $1,41 \text{ mg C} - \text{CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ e o menor no EF com $0,16 \text{ mg C} - \text{CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$. O maior valor é caracterizado por uma intensa atividade respiratória que indica um estado de estresse da biota do solo no tratamento PDG, uma vez que esta, aclimatando-se ao solo com o gesso agrícola e no tratamento com EF, mesmo diante de um volume maior de bactérias em associações com as raízes das leguminosas, os níveis de respiração se mantêm baixos devido ao equilíbrio do sistema biota-planta-solo.

Durante o período de PC, a diferença esteve significativamente presente entre os sistemas de manejo, apresentando os maiores valores entre os três períodos, com a exceção do SPD em relação ao período PF onde não há diferença significativa. O maior valor encontrado ocorreu no PDE $2,93 \text{ mg C} - \text{CO}_2\text{g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, não diferindo dos elevados valores de $2,53 \text{ mg C} - \text{CO}_2\text{g}^{-1}$

solo h^{-1} e $2,55 \text{ mg C} - \text{CO}_2\text{g}^{-1}$ solo h^{-1} de MP e PDG, respectivamente, e o menor valor no MI com $1,24 \text{ mg C} - \text{CO}_2\text{g}^{-1}$ solo h^{-1} . Estes dados demonstram a intensa atividade respiratória devido ao estresse dos micro-organismos do solo ocasionado pela colheita; o maior valor apresentado no PDE, PDG mucuna preta era esperado, visto que ela é uma leguminosa e, conseqüentemente, possui mais bactérias associadas a suas raízes quando comparada a uma espécie gramínea (ALMEIDA, 2012). Nos demais, este aumento na RBS provavelmente se deve a uma maior sensibilidade da biota do solo, nestes sistemas, à colheita

4.5 COEFICIENTE RESPIRATÓRIO $q\text{CO}_2$

Os resultados obtidos para o coeficiente respiratório que mede a intensidade da atividade microbiológica nos diferentes períodos e sistemas de manejo estão apresentados na (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios de $q\text{CO}_2$ ($\text{mgC} - \text{CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$) do solo nos sistemas de manejo e nos três períodos avaliados

PERIODOS	TRATAMENTOS							DMS linha	Média	CV(%)
	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD			
PP	4,6 ABb	1,06 Cc	2,66 BCb	2,31 BCb	5,34 Ab	1,96 BCb	2,09 BCb	2,38	3,83	31,09
PF	2,84 Cb	16,87 ABb	1,99 Cb	1,39 Cb	18,66 Aa	1,84 Cb	11,78 Ba	6,55	12,53	36,01
PC	11,84 BCa	28,82 Aa	9,73 Ca	10,79 BCa	20,39 ABa	14,81 BCa	5,07 Cb	10,5	18,79	31,52
DMS coluna	3,59	10,46	2,99	5,68	7,69	4,38	5,46	-	-	-
Média	8	18,34	6,13	8,29	16,07	10,31	8,82	-	-	-
CV(%)	28,3	33,98	31,64	59,58	26,33	35,74	43,76	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

Como demonstrado na Tabela 7, no período de PP ocorreu diferença significativa em que os tratamentos MI, PDG e PDE evidenciaram atividade mais intensa com valores respectivamente de 4,46; 5,34 e 1,96 $\text{mgC} - \text{CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$, e a menor atividade ocorreu no AP com 1,06 $\text{mg C} - \text{CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$.

No tratamento com PDG, o possível estresse ocasionado pelo gesso na biomassa microbiana favorece o desprendimento do carbono orgânico e o da biomassa microbiana do solo e das membranas microbiológicas para a atmosfera na forma de $C - CO_2$. Já o tratamento com AP, devido ao seu crescimento e tipo de raiz, produz um ambiente de equilíbrio mais rapidamente.

Durante o período PF também houve diferença significativa e o menor valor foi observado no EF, com $1,39 \text{ mg } C - CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$ e o maior no PDG, com $18,66 \text{ mg } C - CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$. Os dados demonstram que no tratamento com EF alcançou um melhor equilíbrio com a biota que os demais tratamentos e que até aquele momento não houve a aclimação eficiente da biota do solo ao solo com o gesso.

Esta falta de aclimação ou estresse ocasionado pelo gesso, segundo Bernardes e Santos (2006) em seu estudo com populações microbianas e diferentes sistemas de manejo, incluindo gesso agrícola e calcário, afirmam que as possíveis alterações nas populações microbianas, podem se relacionar às particularidades biológicas dessa microbiota e sua relação com as condições químicas e físicas do solo.

Na PC houve diferença significativa entre os tratamentos em que o menor valor foi de $5,07 \text{ mg } C - CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$ no SPD e o maior valor foi de $28,82 \text{ mg } C - CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$ ocorreu na AP. Estes dados revelam que a biota no SPD, está mais adaptada aos sistemas de plantio, uma vez que a área já vem há mais de 18 anos com SPD; já a elevada taxa respiratória observada no tratamento com AP reflete o estado de estresse ocasionado pela colheita.

4.6 O COEFICIENTE MICROBIANO q_{MIC}

O coeficiente microbiano q_{MIC} representa a quantidade do carbono orgânico do solo que está imobilizado na biomassa microbiana, com resultados apresentados na (Tabela 8); verificou-se que durante o período PP, os valores diferiram estatisticamente em que a EF, apresentou o maior valor de $60,83 \text{ mg. g}^{-1} q_{MIC}$, já o menor valor foi observado no tratamento PDG $25,76 \text{ mg. g}^{-1} q_{MIC}$.

Tabela 8. Valores médios de q_{mic} ($mg.g^{-1}q_{mic}$) do solo nos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados

TRATAMENTOS										
PERIODOS	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD	DMS linha	Média	CV(%)
PP	29,80 Cb	26,88 Ca	40,52 Bb	60,83 Aa	25,76 Cb	43,75 Bb	43,05 Bb	10,35	44,45	11,64
PF	27,35 Bb	26,10 Ba	62,07 Ab	46,82 ABa	22,96 Bb	47,2 ABb	39,54 ABb	25,25	48,17	28,27
PC	39,70 CDa	27,24 Da	93,12 Aa	58,69 BCa	46,67 BCDA	70,5 ABa	90,43 Aa	26,35	66,7	18,82
DMS coluna	9,29	11,37	23,77	21,79	18,23	18,38	23,35	-	-	-
Média	35,19	29,37	73,24	48,63	41,25	60,97	63,88	-	-	-
CV(%)	14,56	22,17	18,45	19,90	29,03	17,29	20,50	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

Durante a PF, a diferença foi verificada no tratamento MP com maior valor de $62,07 mg.g^{-1}q_{MIC}$ e o menor valor foi observado no PDG com $22,96 mg.g^{-1}q_{MIC}$. Estes valores ocorrem devido ao elevado número de micro-organismos no solo no tratamento MP e o menor valor no PDG.

No período PC, a MP apresentou $93,12 mg.g^{-1}q_{MIC}$, provavelmente devido ao fato de que os micro-organismos do solo ainda estavam presentes em grande quantidade e com um micro hábitat estável, desta forma, mantendo seu nível populacional; já o menor valor foi encontrado no tratamento AP, com $27,24 mg.g^{-1}q_{MIC}$.

4.7 DENSIDADE DO SOLO (Ds)

A densidade do solo (Ds) é a propriedade que representa o estado de compactação do solo (Tabela 9), onde, geralmente, em áreas manejadas sob SPD, os maiores valores ocorrem na camada de 10-20 cm, os quais podem impactar negativamente o crescimento radicular da soja, que permanecendo nas camadas superficiais do solo não alcançam a água nas camadas inferiores do mesmo, prejudicando assim, sua produtividade.

Tabela 9. Valores médios de ds (g/cm^3) do solo camada 0-10 cm nos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados

TRATAMENTOS										
PERIODOS	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD	DMS linha	Média	CV(%)
PP	1,25 Aa	1,14 Aa	1,13 Aa	1,19 Aa	1,15 Aa	1,17 Aa	1,15 Aa	0,19	1,11	7,16
PF	1,1 ABb	1,18 Aa	1,08 ABa	1,03 Bb	1,11 ABa	1,05 ABa	1,06 ABb	0,14	1,11	5,6
PC	1,04 Ab	1,06 Ab	1,00 Aa	1,00 Ab	0,9 Ab	1,07 Aa	1,08 Ab	0,39	0,65	17,23
DMS coluna	0,12	0,11	0,20	0,14	0,16	0,16	0,068	-	-	-
Média	1,13	1,12	1,1	1,06	1	1,13	1,12	-	-	-
CV(%)	5,62	4,75	9,5	6,6	7,61	7,46	3,15	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

Os dados de Ds coletados no período de PP não se diferenciaram estatisticamente entre si, caracterizando a homogeneidade da densidade do solo, pois, a área toda era manejada da mesma forma e não subdividida em tratamentos.

No período PF, apresentou diferença estatística, em que o EF propiciou o valor de $1,03 \text{ g/cm}^3$ de densidade e o AP com o maior valor de $1,18 \text{ g/cm}^3$. Esta diferença é, principalmente, devida ao tipo de estrutura radicular da espécie de cobertura leguminosa, como EF possui raiz com um vigor maior que as gramíneas como AP, propiciou redução no valor da Ds.

Na PC, os valores de densidade não diferenciaram estatisticamente entre si, pois o sistema radicular das culturas de cobertura mobilizaram de forma positiva o solo reduzindo sua densidade (Tabela 9).

Alguns dos benefícios que as raízes de plantas de cobertura promovem na estrutura do solo são, principalmente, em relação à porosidade, aeração do solo e a formação de bioporos, após a decomposição destas raízes, que facilita a percolação da água da chuva (FERREIRA, SCHWARZ, STRECK, 2000).

Para Abreu (2000), a ação decompositora dos micro-organismos saprófitos do solo nas raízes que formaram bioporos no solo, geram um material cimentante que os tornam os mais estáveis que os formados por processos de descompactação mecânica.

O sistema radicular vigoroso e abundante pode mobilizar o solo de forma positiva e ser uma alternativa aos métodos mecânicos (ABREU, REICHERT, REINERT, 2004; HAMZA e ANDERSON, 2005).

4.8 ESTOQUE DE CARBONO

Em relação ao estoque de carbono que representa a quantia de carbono fixada no solo (Tabela 10), verifica-se que no período PP não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos avaliados.

Tabela 10. Valores médios de estoque de carbono ($\text{mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$) do solo nos sistemas de manejo e de espécies de cobertura do solo nos três períodos avaliados

PERIODOS	TRATAMENTOS							DMS linha	Média	CV(%)
	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD			
PP	3,95 Aa	3,56 Aa	3,74 Aa	3,83 Aa	3,65 Aa	3,63 Aa	3,55 Aa	1,02	3,62	12
PF	3,82 Aa	3,58 ABa	3,49 ABab	3,12 Bb	3,71 Aa	3,08 Ba	3,5 ABab	0,53	3,5	6,62
PC	2,81 Ab	3,00 Aa	2,86 Ab	3,05 Ab	2,61 Ab	3,07 Aa	3,09 Ab	0,76	2,74	11,36
DMS coluna	0,46	0,71	0,91	0,7	0,79	0,65	0,44	-	-	-
Média	3,4	3,38	3,31	3,50	3,08	3,37	3,47	-	-	-
CV(%)	6,69	10,72	13,64	10,59	12,03	10,10	6,63	-	-	-

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional. PP: pré-plantio; PF: pré-floração e PC: pré-colheita.

Durante a PF, o menor valor de estoque de carbono foi o da EF e o PDE respectivamente com 3,12 e 3,08 $\text{mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$, que demonstra a intensa atividade respiratória e liberação do CO_2 pela forma de decomposição e oxidação da matéria orgânica ocasionada pelo revolvimento do solo e aumento da área de contato da palhada com o solo. O maior valor estocado de carbono ocorreu no MI 3,82 $\text{mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$. Esse comportamento se repetiu nos tratamentos AP, MP, PDG e SPD, com valores respectivos de 3,58 $\text{mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$; 3,49 $\text{mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$; 3,71 $\text{mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$; 3,5 $\text{mg C}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Durante a PC não foi observada diferença estatística entre os tratamentos quanto aos valores de estoque de carbono (Tabela 10).

4.9 ASPECTOS AGRONÔMICOS

4.9.1. Crescimento radicular

Os valores obtidos das análises do crescimento radicular nos diferentes sistemas de manejo estão descritas na (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios de crescimento radicular (cm) nos sistemas de manejo e nas espécies de cobertura do solo.

TRATAMENTOS									
MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD	DMS linha	Média	CV(%)
21 a	30,5 a	15 a	20,5 a	25 a	30,5 a	35 a	50,52	35	50,40

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. : MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional.

O crescimento radicular foi analisado durante o período PF, pois com início da floração há a redução no seu crescimento vegetativo, principalmente o radicular, a planta, a partir da floração concentra sua energia na produção de flores e sementes, não apresentando diferença estatística significativa entre os tratamentos, esta não diferença provavelmente aconteceu porque o regime de chuvas deste período (Figura 19) foi benéfico para o desenvolvimento da cultura da soja, disponibilizando recursos hídricos para as plantas e reduzindo o coeficiente de fricção do solo raiz.

Rosolem, Almeida e Sacramento, (1994) elucidam que em casos de altas ofertas de água e nutrientes nas camadas superficiais, a camada compactada deixa de ser um empecilho para a produtividade da soja.

Foloni, Lima e Bull (2006), em estudo com plantas de coberturas, concluíram que a mucuna preta possuiu o sistema radicular mais tolerante à impedância mecânica do solo, demonstraram que junto com a crotalaria juncea possuem potencial para a formação de “bioporos”. Franchini et al, (2009) demonstraram a possibilidade de melhoria à estrutura das camadas de solo, apenas aumentando o desenvolvimento radicular e a disponibilidade de água sem que seja necessária a intervenção mecânica.

Para Pivetta et al, (2011) o comprimento radicular da soja foi maior após o plantio do milho e ao sorgo até 0,05 m de profundidade, a escarificação e a crotalaria tiveram os menores resultados. Estes dados se relacionam a raízes mais espessas e densas e de maior comprimento que estas espécies possuem, que favorece a formação de bioporos (CALONEGO e ROSOLEM, 2010). Pivetta et al, (2011) afirma que o sorgo forrageiro e o milho favorecem o crescimento radicular da soja plantada sobre sua palhada.

4.9.2. Rendimento de grãos

Mesmo diante da melhoria dos atributos biológicos do solo, o rendimento de grãos de soja não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 12).

Tabela 12. Valores médios de rendimento de grãos (kg/ha⁻¹) da soja nos sistemas de manejo e espécies de cobertura do solo.

TRATAMENTOS									
MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD	DMS linha	Média	CV(%)
3025,5 a	2959,4 a	2699,4 a	2861,1 a	2912,2 a	2930,5 a	2672,2 a	573,7	2813,3	87,1

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. : MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado e SPD: plantio direto tradicional.

Pereira et al, (2011) observaram em um Latossolo Vermelho eutrófico típico, que onde aplicaram como cobertura aveia preta e milho, não houve diferenças estatísticas para o rendimento de grãos de soja entre as épocas de dessecação da palhada. Ricce et al, (2011), em um estudo em um Latossolo Vermelho distroférrico, cujas áreas foram cobertas com pastejo, aveia preta e azevém, não encontraram diferença no rendimento de grãos de soja.

Nos estudos de Santos et al, (2015), em área com plantas de coberturas, não foi observado diferença no rendimento de grão de soja no período de condução do estudo, 1996/1997 a 2010/2011.

Santos et al, (2013), não encontraram diferença significativa entre plantas de cobertura, quanto ao rendimento de grãos, porém, após o cultivo de

ervilhaca, a soja que foi plantada obteve o maior número de legumes, número de grãos e massa de grãos por planta que as que foram semeadas nos demais sistemas.

Brançalião et al, (2015), demonstraram estatisticamente que em áreas com cobertura, o rendimento de grãos foi superior a áreas deixadas em pousio, afirmando que só o fato de haver a cobertura do solo no inverno já proporciona ganhos na produtividade da soja.

As diferenças não foram observadas na produtividade da soja, provavelmente por dois motivos: primeiro, pelo fato de a área em estudo ser uma estação experimental, o solo é mantido sob níveis elevados de adubação; o segundo provável motivo foi à ocorrência de um alto índice pluviométrico e constante na região durante o ciclo de desenvolvimento da soja.

A união dos dados e análise estatística, entre os três períodos a fim de demonstrar a eficiência das coberturas e sistemas de manejo são descritas na Tabela 13.

Tabela 13. Comparação dos Valores médios dos atributos microbiológicos do solo entre sistemas de manejo e espécies de cobertura.

PERIODOS	TRATAMENTOS								Média	CV(%)
	MI	AP	MP	EF	PDG	PDE	SPD	DMS linha		
COT	3,12 a	2,91 a	3,12 a	3,1 a	3,13 a	2,97 a	3,07 a	0,366	2,99	9,69
MO	1,80 a	1,69 a	1,81 a	1,8 a	1,81 a	1,72 a	1,78 a	0,21	1,73	9,71
CBMS	99,3 b	76,7 b	198,5 a	173,15 a	96,47 b	158,34 a	173,57 a	54,34	177,37	31,55
RBS	0,65 a	1,17 a	1,08 a	0,84 a	1,46 a	1,14 a	1 a	1,16	1,74	89,36
qCO ₂	6,43 bc	15,58 a	4,8 c	4,8 c	14,8 ab	6,2 bc	6,31 bc	8,8	18,21	84,59
qMIC	32,29 b	26,74 b	65,24 a	55,45 a	31,79 b	53,81 a	57,68 a	20,69	66,4	36,31
Ds	1,13 a	1,16 a	1,07 a	1,07 a	1,05 a	1,09 a	1,1 a	0,13	1,04	9,3
Est C	3,53 a	3,38 a	3,36 a	3,33 a	3,32 a	3,26 a	3,38 a	0,61	3,23	14,75

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. : MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; PDG: plantio direto gessado; PDE: plantio direto escarificado; SPD: plantio direto tradicional; COT: carbono orgânico do solo; MO: matéria orgânica; CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: coeficiente respiratório; qMIC: coeficiente microbiano; Ds: densidade do solo e Est C: estoque de carbono.

Não foi evidenciado diferença estatística para o COT, nos sistemas de manejo.

Porem o maior valor real foi encontrado no SPD com 3,13 g/kg e menor no AP com 2,91 g/kg. Esta não diferença provavelmente ocorre quando o solo esta com a cobertura vegetal viva, onde a temperatura do solo se torna mais constante e a perda de água é menor do solo para a atmosfera, mantendo assim o carbono orgânico no mesmo, evitando que este se perca na forma de CO_2 para atmosfera. (BARROS, 2013)

Os valores superiores de COT remetem-se à condição de estabilidade ambiental do solo que a cobertura, no caso viva, proporciona; como diminuição de variações térmicas e de umidade bem como um ambiente mais favorável para a proliferação dos micro-organismos que o período apenas com a palha e, após uma mecanização da área, (BARROS, 2013).

Para MO não foi evidenciada diferença estatística. Porem o maior valor real foi encontrado no MP e SPD com 1,81% e menor no AP com 1,69%.

Esta diferença presumivelmente ocorreu devido ao crescimento do estado vegetativo da soja onde há homogeneidade dos atributos abióticos do solo, evitando assim, o aumento da degradação da MO pelos micro-organismos ou oxigênio devido a estresse causado por oscilações de temperatura ou umidade (BARROS, 2013).

Pereira et al,(2010) afirmam que a matéria orgânica é um sensível indicador a alterações nos micro habitats do solo, por meio da alteração nos sistemas de manejo; em tratamentos com cobertura, estas proporcionam o seu aumento da MO e redução na absorção de fósforo do solo. O aumento da mobilização do solo reduz os estoques de carbono e quando se usa o milheto como cobertura, este gera uma incorporação mais profunda de carbono no solo.

Nos estudos de Cunha et al,(2011), em tratamentos com plantas de coberturas em culturas de feijão e milho, não houve diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo quanto ao teor de matéria orgânica do solo, na camada de 0,00–0,10 m, dados também evidenciados nos trabalhos de Almeida et al,(2008), onde cobriu o solo durante três anos nos seguintes sistemas: pousio, crotalária, guandu, mucuna e milheto e; Sousa Neto et al,(2008), analisando em um período de quatro anos crotalária, milheto e lablabe (*Dolichus lablab*).

Existe diferença estatística para o indicador CBMS, sendo o tratamento que teve o maior valor a MP com 198,5 mg C g⁻¹ solo seco e o menor valor AP com 76,7 mg C g⁻¹ solo seco.

Duarte et al,(2014), em seus estudos com indicadores biológicos de qualidade do solo e plantas de cobertura, verificaram que o maior valor de CBMS foi registrado no tratamento com crotalaria juncea, porém, encontrando valores próximos às demais coberturas. Os resíduos culturais na superfície do solo aumentam a disponibilidade de substrato, maior disponibilidade de água, menor amplitude térmica, proporcionando um ambiente mais estável e favorável à BMS (VARGAS; SCHOLLES, 2000).

Carneiro et al, (2009), Pôrto et al, (2009) e Cunha et al, (2011) salientam que a porção CBMS é a porção viva mais ativa da matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, mais sensível ao tipo de manejo que a COT.

Para a RBS a diferença estatística não esteve presente. Porém o maior valor foi encontrado no PDG 1,46 mg C – CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹ e o menor MI com 0,65 mg C – CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹.

Altos índices de C-CO₂ demonstram duas situações distintas podendo representar distúrbios e estresse ou altos índices de produtividade (ISLAM; WEIL, 2000). Nos ecossistemas naturais, o constante fornecimento de material orgânico está mais suscetível à decomposição, pois os micro-hábitats e as populações bióticas estão em equilíbrio dinâmico, bem como a redução nas oscilações dos níveis de temperatura e de umidade, além da permanência de cobertura no solo ser constantemente reposta (SANTOS et al, 2004).

D'Andréa et al, (2002), Silva et al,(2007), Alves et al, (2011) Cunha et al,(2011), Duarte et al, (2014), Dadalto et al,(2015) não encontraram diferenças significativas entre sistemas de manejo e este atributo biológico. Já Silva et al,(2007) e NASCIMENTO et al,2009 encontraram diferenças significativas entre os sistemas de manejo.

Islam e Weil (2000) descrevem que elevadas taxas de RBS podem caracterizar ou não algum tipo de alteração no solo, estresse ou alta produtividade. Assim, recomenda-se que esta análise deva ser realizada concomitante ao quociente respiratório para representar de forma mais confiável seu resultado.

Houve diferença estatística para o qCO_2 , onde o maior valor foi o do tratamento AP $15,58 \text{ mgC} - CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ c-bms h}^{-1}$ e o menor MP e EF $4,8 \text{ mgC} - CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ c-bms h}^{-1}$ ambos. Elevados valores de qCO_2 representam distúrbios ou estresse nos ecossistemas (BARDGETT; SAGGAR, 1994). Em estudo no qual avaliaram várias espécies de cobertura e sua ação na BMS, Carneiro et al,(2008), notou altos valores de qCO_2 no manejo em pousio, demonstrando a perda de carbono na forma de CO_2 para a atmosfera, caracterizando estresse na biota do solo.

Para o atributo $qMIC$ houve diferença sendo o maior valor verificado na MP $65,24 \text{ mg.g}^{-1}qMIC$ e o menor na AP $26,74 \text{ mg.g}^{-1}qMIC$. Altos valores de $qMIC$ caracterizam elevados índices de carbono orgânico no solo, já diminutos valores demonstram perda de carbono do solo, durante um determinado período de tempo (MERCANTE et al,2004). O $qMIC$ sofre influência de vários fatores, a exemplo do histórico do manejo na área em estudo e do grau de estabilização do C orgânico (SILVA et al, 2010). Cunha et al,(2011) observaram o maior valor do $qMIC$ no tratamento com guandu e mucuna em relação à crotalária e ao pousio.

Para a D_s não foi evidenciado diferença estatística. Bay (2015) afirma que a serrapilheira atua como fornecedora de matéria orgânica no solo, desta forma, aumentando os níveis desta e, conseqüentemente, reduzindo a densidade do solo. Neste trabalho, os solos com uma quantia maior de MO tiveram os menores valores de D_s .

A densidade é um atributo físico variável de acordo com o manuseio do sistema solo-planta, bem como quantidade de matéria orgânica, intensidade do cultivo e sistema de manejo adotado, a densidade normalmente aumenta com a profundidade, onde há uma redução da MO e aumento da pressão das camadas superiores, agravando a compactação e reduzindo a porosidade do solo (PEQUENO et al, 2002).

Torres et al, (2015) encontraram diferença estatística significativa para densidade do solo em sistemas de manejo onde os valores de D_s diminuíram na camada de 0,10-0,20 m para crotalária, milho, pousio e sorgo, evidenciando assim que o uso de diferentes coberturas causam alterações positivas nos atributos físicos na camada superficial do solo.

Ramos et al,(2010) salientam que, por serem sensíveis às alterações no solo que o manejo causa, a Ds é uma das propriedades mais importantes e também utilizada como indicador de qualidade do solo.

Lima, Petter e Leandro (2015) verificaram que em solo compactado as espécies capim pé-de-galinha e U brizantha atuaram como plantas com potencial descompactador.

Não foi encontrado diferença estatística para o estoque de carbono do solo. Costa et al,(2008) que estudaram o potencial de manejos de solo e de coberturas na conservação de C em um Argissolo Vermelho descreveram que o SPD associado a coberturas ricas em C e N demonstra um maior potencial na manutenção do estoque de C no solo.

Amado et al, (2001) evidenciam que o SPD associado a adubos verdes possui um bom potencial para elevar o teor de MOS e gerar o sequestro e aprisionamento de C no solo, assim contribuindo para redução do efeito estufa.

Almeida (2015) demonstra que a deposição de palha de cana-de-açúcar mantém elevados os estoques de C no solo, pois por ser uma gramínea, a cana de açúcar possui alta relação C/N.

A Diferença entre a união dos resultados estatísticos dos tres periodos levando em consideração apenas, os tratamento com espécies de coberturas, são descritos na Tabela 14.

Tabela 14. Comparação dos Valores médios dos atributos microbiológicos do solo entre espécies de cobertura.

PERIODOS	TRATAMENTOS						
	MI	AP	MP	EF	DMS linha	Média	CV(%)
COT	3,12 a	2,91 a	3,12 a	3,1 a	0,34	2,99	10,18
MO	1,80 a	1,69 a	1,81 a	1,8 a	0,20	1,73	10,17
CBMS	99,3 b	76,7 b	198,5 a	173,15 a	41,43	175,05	27,76
RBS	0,65 a	1,17 a	1,08 a	0,84 a	0,95	1,51	93,88
qCO ₂	6,43 b	15,58 a	4,8 b	4,8 b	8,17	18,21	94,79
qMIC	32,29 b	26,74 b	65,24 a	55,45 a	15,86	66,7	32,37
Ds	1,13 a	1,16 a	1,07 a	1,07 a	0,11	1,09	9,35
Est C	3,53 a	3,38 a	3,36 a	3,33 a	0,56	3,49	15,19

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. : MI: milho; AP: aveia preta; MP: mucuna-preta; EF: ervilha forrageira; COT: carbono orgânico do solo; MO: matéria orgânica; CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂:

coeficiente respiratório; qMIC: coeficiente microbiano; Ds: densidade do solo e Est C: estoque de carbono.

Não foi evidenciado diferença estatística para o COT, nos sistemas de manejo. Porém o maior valor real foi encontrado no MI e MP com 3,12 g/kg e menor na AP com 2,91 g/kg. Para Madari et al, (2005) e Boddey et al,(2010). Áreas com plantas de cobertura promovem a re-incorporação biológica de C via sistema radicular, bem como com a manutenção de fitomassa na superfície do solo.

Para matéria orgânica não foi evidenciada diferença estatística. Porém o maior valor real MP 1,81% e menor no AP com 1,69%.

Existe diferença estatística para o indicador CBMS, sendo o tratamento que teve o maior valor a MP com 198,5 mg C g⁻¹ solo seco, não diferindo estatisticamente da EF 173,15 mg C g⁻¹ solo seco e o menor valor AP com 76,7 mg C g⁻¹ solo seco e MI 99,3 mg C g⁻¹ solo seco.

Para Cunha et al,(2011), as diferenças estatísticas foram encontradas na camada 0-10 cm entre os tratamentos com plantas de cobertura, os maiores valores encontrados no tratamento com Guandu, seguido pela Mucuna, em relação à crotalaria, sorgo e o pousio. Para Pôrto et al,(2009), a ação dos micro-organismos sobre a matéria orgânica são mais intensos na camada superior do solo.

Vários estudos demonstram que coberturas verdes com leguminosas associadas à baixa mobilização do solo propiciam o aumento dos teores de CBMS (BALOTA et al,1998, FRANCHINI et al, 2007).

Borges (2010) verificou altos valores de CBMS na sucessão soja/milho, após as culturas de crotalaria, girassol, milho e nabo forrageiro.

Para a RBS a diferença estatística não esteve presente. Porém o maior valor foi encontrado no AP 1,17 mg C – CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹ e o menor MI com 0,65 mg C – CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹.

Vários trabalhos fazem referência a benéfica ação das leguminosas para o enriquecimento do CBMS no solo, devido a sua capacidade de biofixação do N₂. (FERREIRA et al, 2000; FRANCHINI et al, 2007)

Para o qCO₂ houve diferença significativa entre os valores que oscilaram entre 15,58 mg C – CO₂ mg⁻¹ c-bms h⁻¹ e 4,8 mg C – CO₂ mg⁻¹ c-bms h⁻¹; 4,8 mg C – CO₂ mg⁻¹ c-bms h⁻¹ respectivamente para AP e MP, EF.

Silva et al, (2007) observaram variações de qCO_2 , em plantações de feijão em tempos distintos que os menores valores de qCO_2 , foi verificado no período da pré-floração do feijão onde o regime de chuvas era constante e havia menor mobilização do solo e maior quantia de biomassa para ser degradada pelos micro-organismos sugerindo um estado de estabilidade do sistema solo – microbiota – planta.

Carneiro et al, (2008), estudando sistemas de manejo com diferentes coberturas, observaram altos valores de qCO_2 no sistema sem cobertura, demonstrando, nessa área, a perda de carbono na forma de CO_2 para a atmosfera, caracterizando estresse na população microbiana, porém, nas áreas cobertas com resíduos de crotalaria juncea e guandu encontraram-se os menores valores de qCO_2 , caracterizando um efeito benéfico dos resíduos dessas coberturas para população microbiana do solo.

Segundo Borges (2010) a sucessão de culturas milho/milho obtiveram maiores valores de qCO_2 em após a cultura de guandu, a sucessão milho/milho e soja/soja obtiveram altos valores de qCO_2 após as culturas de milheto, porém na cultura de inverno observou que os valores do qCO_2 foram de 1,1 a 2,3 vezes menor em comparação com as demais culturas, sendo, já na cultura de soja/milho após a colheita do milho obteve-se resultado de 1,3 a 5,0 vezes menores quando comparados as demais culturas.

A Diferença estatística esteve presente no atributo $qMIC$ sendo o maior valor verificado na MP 65,24 $mg.g^{-1}qMIC$ e EF 55,45 $mg.g^{-1}qMIC$ e o menor na AP 26,74 $mg.g^{-1}qMIC$ e MI 32,29 $mg.g^{-1}qMIC$.

Dadalto et al, (2015) observaram também diferença estatística em relação ao tempo de preparo do solo, depois de 14 dias do preparo do solo, sendo o maior índice de $qMic$ (5,48 %), indicando que houve uma acentuada incorporação do carbono orgânico do solo na biomassa microbiana. Imobilizando este carbono livre no solo em suas células.

Jakelaitis et al, (2008), Pôrto et al, (2009), não encontraram diferenças estatísticas entre mata e diferentes sistemas de manejos com coberturas verdes em relação a esse atributo.

A mucuna é indicada a ser usada como adubo verde devido a sua característica de melhoria da fertilidade e textura do solo e também pelo seu efeito inibitório de espécies de nematóides (FERRAZ et al, 2003). A

comparação entre os dados estatísticos apenas dos manejos do solo, são descritos na Tabela 15.

Tabela 15. Comparação dos Valores médios dos atributos microbiológicos do solo entre sistemas de manejo.

TRATAMENTOS						
PERIODOS	PDG	PDE	SPD	DMS linha	Média	CV(%)
COT	3,13 a	2,97 a	3,07 a	0,27	2,99	8,99
MO	1,81 a	1,72 a	1,78 a	0,16	1,73	9,05
CBMS	96,47 b	158,34 a	173,57 a	50,9	181,07	35,64
RBS	1,46 a	1,14 a	1 a	1,01	1,79	84,21
qCO ₂	14,8 a	6,20 b	6,31 b	6,59	14,9	72,39
qMIC	31,79 b	53,81 a	57,68 a	19,31	61,78	40,43
Ds	1,05 a	1,09 a	1,1 a	1	1,03	9,23
Est C	3,32 a	3,26 a	3,38 a	0,47	3,1	14,09

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. : SPD: plantio direto tradicional; COT: carbono orgânico do solo; MO: matéria orgânica; CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: coeficiente respiratório; qMIC: coeficiente microbiano; Ds: densidade do solo e Est C: estoque de carbono

O CBMS apresentou diferença estatística, sendo o maior valor SPD 173,57 mg C g⁻¹ solo seco e o menor PDG com 96,47 mg C g⁻¹ solo seco.

Para o PDG, a reduzida quantia de CBMS apresentada, indica uma aclimatação da microbiota à adição do gesso. Para Nahas, Delfino e Assis (1997), em seus estudos com doses de gesso na cultura de repolho, verificaram que o valor de CBMS tem um efeito inversamente proporcional ao aumento das doses de gesso. Resultados semelhantes aos de Holding (1960), onde esta redução de bactérias do solo, possivelmente, é devido à redução de nitrogênio disponível, enquanto Carter (1986) afirma que a redução do CBMS é resultado direto da aplicação do gesso e não de uma ação indireta como alterações das características químicas do solo.

Dadalto et al,(2015) não encontraram diferença estatística entre o plantio direto e o sistema de plantio convencional, para este atributo biológico do solo na camada 0-10 cm.

Segundo Mendes (2003), após a retirada da cobertura natural do solo e manejo com o revolvimento do solo, observa-se quedas drásticas nos teores de CBMS do solo sendo 17% aos primeiros 15 dias na camada (0-20 cm); com

três meses a redução foi de 43% (0-5 cm), culminando em 76% (0-5 cm) um ano após o desmatamento, demonstrando a sensibilidade da CBMS do solo às alterações provocadas pelo manejo do solo.

Em seus estudos Silva et al, (2007), descrevem que o SPD apresenta uma preservação do CBMS superior ao sistema de preparo convencional e inferior aos valores encontrados na mata nativa.

Os elevados valores de CBMS encontrados no SPD podem ser atribuídos as favoráveis características deste sistema, como a manutenção da estrutura do solo; a elevação do teor de C no solo que proporciona um incremento das atividades dos microrganismos atuando como uma fonte maior de energia; a redução da oscilação de temperatura e retenção de umidade que este manejo proporciona (SIDIRAS et al, 1982; DERPSCH et al, 1991; CASTRO-FILHO et al, 2002; FRANCHINI et al, 2000, 2007; BAYER et al, 2002; PEREIRA et al, 2007).

O qCO_2 , apresentou diferença estatística, onde o maior valor foi o PDG $14,8 \text{ mgC} - CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ c-bms h}^{-1}$ e o menor PDE $6,20 \text{ mgC} - CO_2 \text{ mg}^{-1}$. Solos que estão sob o manejo do SPD reduzem seus índices de qCO_2 , com o passar do tempo, desta forma indicando que a microbiota do solo, neste sistema, possui uma eficiência metabólica maior, contribuindo desta forma para um acúmulo maior de C no solo em função do tempo, (BALOTA et al, 2003; FRANCHINI et al, 2007; PEREIRA et al, 2007).

$qMIC$ a diferença estatística esteve presente, sendo o maior no SPD $57,68 \text{ mg.g}^{-1}qMIC$ e menor no PDG $31,79 \text{ mg.g}^{-1}qMIC$. Não houve diferença estatística para COT, MO, RBS, Ds e estoque de carbono. Tendo como provável justificativa da diminuta alteração dos dados presentes no trabalho se deve ao fato do IAPAR ser uma estação experimental, que em seus experimentos se faz bom uso de adubos e fertilizantes.

Segundo Amado et al, (2001); Franchini et al, (2007) e Pereira et al, (2007), são inquestionáveis as melhorias dos atributos, biológicos, físicos e químicos do solo sob o SPD e o uso de plantas de cobertura.

5. CONCLUSÕES

A Mucuna Preta, a Ervilha Forrageira e o Sistema Plantio Direto, são as espécies/sistema, mais indicados para a melhoria dos atributos biológicos do solo.

Para incremento do COT e MO do solo, recomenda-se o uso dos tratamentos: MI, MP, EF e SPD são indicados.

Ocorreu incremento do CBMS nos tratamentos: MP, EF, SPD e PDE.

Para a redução da RBS, os tratamentos mais indicados são MI, EF, SPD, PDE e AP.

No qCO_2 a MP, a EF e o PDE possuíram valores inferiores nos três períodos, porém, o MI e o SPD apresentaram para dois dos períodos avaliados.

Para incremento do $qMIC$ os tratamentos indicados foram MP, EF, SPD e PDE.

A Ds reduziu nos tratamentos com MI, MP, EF, SPD e AP.

O estoque de carbono foi superior nos tratamentos MI, MP, PDG, SPD e AP.

As espécies e os sistemas de manejo não interferiram no crescimento radicular e no rendimento de grãos da soja.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, S. L. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo**. 2000, Santa Maria, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 65 p.

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. *Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:519-531, 2004.

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; MIKHA, M.M.; VIGIL, M.F. *Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat-fallow for the Central Great Plains*. **Applied Soil Ecology**, v.37, p.41- 52, 2007.

ADDISCOT, T.M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**, 46.161-168, 1992.

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas Forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo: Prol Editora Gráfica Ltda., 1992. ed.4., 162p.

ALEF, K.; NANNIPIEREI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. **London, Academic Press**, 1995. 576p.

ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. *Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1227-1237, 2008.

ALMEIDA, D. de O. **Fauna epiedáfica e atributos microbiológicos de solos sob sistemas de manejo no subtropical brasileiro**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2012. (Tese de Doutorado)

ALMEIDA, L. S. de. **Atributos microbiológicos e estoque de carbono e nitrogênio do solo com cobertura em áreas de cana-de-açúcar irrigada – JAÍBA-MG**. Universidade Federal de Minas Gerais Montes Claros-MG, 2015. (Dissertação de Mestrado).

ALVES, T. D. 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 manejos*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. & 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 Ciências do Solo**, v. 25, p. 189-197, 2001.

AMADORI, C. FUMAGALLI, L. G.; NILVANIA, A. de M. *Análise de métodos quantitativos de atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo*. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco, v.0 4,nº 1. 2009.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. *Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in dormant state*. **Biology FertilitySoils**, Berlin, v.1, n.1, p.81-89, 1985.

ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (eds.). *Method of analysis*. 2ed. part 2. Madison, American Society of Agronomy. **Soil Science Society of América**. p.831-871, 1982.

ANDRADE, S.A.L.; SILVEIRA, A.P.D. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1191-1198, 2004.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. *Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:425-435, 2005.

ARLAUSKIENĖ, A.; ŠLEPETIENĖ, A.; MAIK ŠTĖNIENĖ, S.; NEMEIKŠIENĖ, D. *The variation of mobile humic acids and mineral nitrogen in the soil as affected by the use of perennial grasses for green manure. Agron. Res.* 7 (1), 149–155. 2009.

BADEJO, M. A.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; AQUINO, A. M. de.; CORREA, M. E. F. *Soil oribatid mite communities under three species of legumes in anultisol in Brasil. Experimental and Applied Acarology*, Amsterdam, v.27, p.283-296, 2002.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. *Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, p.641-649, 1998.

BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S.; COLOZZI FILHO, A.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biol. Fert. Soils*, 38:15-20, 2003

BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. *Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled [14C] glucose in a pasture soil. Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.26, p.727-733, 1994.

BARNI, N. A. et al. Plantas recicladoras de nutrientes e de proteção do solo, para uso em sistemas equilibrados de produção agrícola. **Porto Alegre: FEPAGRO**, 2003. 84 p. (Boletim FEPAGRO, 12).

BARROS, J. de S. contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. *POLÊMICA*. 12, jun. 2013. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6436/4862>>. Acesso em: 07 Jun. 2016.

BATJES, N.H., *Management options for reducing CO2 concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. NRP Report No. 410-200-031, Dutch National Research Program me on Global Air Pollution and Climate Change*, Bilthoven. 1999.

BAY, M. **Variabilidade do estoque de carbono no solo considerando diferentes coberturas vegetais e o uso da terra no município Ariquemes – RO.** Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho-RO. 2015; (Dissertação de Mestrado).

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. & ERNANI, P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, 238:133-140, 2002.

BORGES, C. D. **Alterações microbianas do solo sob sistemas de semeadura direta e rotação de culturas.** Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal – SP. 2010. (Dissertação de Mestrado).

BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 185p. (Tese de Doutorado).

BERNARDES, C. M.; SANTOS, M. A. dos. *Microbial population as indicator of interference in different “cerrado” soil managements cultivated with soybean crop.* **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 7-16, May/Aug. 2006.

BODDEY R, JANTALIA CP, CONCEIÇÃO PCE, ZANATTA JA, MIELNICZUK J, DIECKOW J, SANTOS HP, DENARDIN, JE, GIACOMINI SJ, URQUIAGA SCS, ALVES BJR. *Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture.* **Global Change Biol.** 2010;16:784-95.

BONAMIGO, L. A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no cerrado. In: **WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO**, 1999, Planaltina. Anais... Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 31-65.

BRANCALIÃO, S. R. ; AGUIAR, A. T. da E.; BRANCALIÃO, E. M.; LIMONTA, C. R.; ROSSI, C. E.; CRISTOVÃO, N. N. Produtividade e composição dos grãos de soja após o aporte de nitrogênio com o uso de culturas de cobertura em sistema de semeadura direta. **Nucleus**,v.12,n.1,abr.2015.

BROOKES, M. M.; HOLLWEG, M. J. M. *comparação de métodos para a determinação da biomassa microbiana em dois solos*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 981-986, Nov./dec. 2004.

BURAGIENĖ, S., ŠARAUSKIS, E., ROMANECKAS, K., SASNAUSKIENĖ, J., MASILIONYTĖ, L., KRIAUCIŪNIENĖ, Z. *Experimental analysis of CO2 emissions from agricultural soils subjected to five different tillage systems in Lithuania*. **Science of the Total Environment**. 514, (2015) 1–9.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 275-286,2003

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (Circular, 80).

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. *Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till*. **European Journal of Agronomy**, v.33, p.242-249, 2010.

CARBONELL-BOJOLLO, R., GANZALEZ-SANCHEZ, E.J., VEROZ-CONZALEZ, O., ORDONEZ FERNANDEZ, R. *Soil management systems and short term CO₂ emissions in a clayey soil in southern Spain*. **Sci. Total Environ.** 409 (15), 2929–2935. 2011.

CARDOSO, F. P. **Plantio Direto na Palha – PDP**– 3 ed.. GPD, p. 05-13, São Paulo, setembro de 1998.

CARIDE, C.; PIÑEIRO, G.; PARUELO, J.M. *How does agricultural management modify ecosystem services in the argentine Pampas? The effects on soil C dynamics*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.154, p.23-33, 2012.

CARNEIRO, M. A. C; CORDEIRO, M. A. S; ASSIS, P. C. R; MORAES, E. S; PEREIRA, H. S; PAULINO, H. B; SOUZA, E. D. *Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado*. **Revista Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.455-456, 2008.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, W.R. *Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, 2009.

CARTER, M. R. *Microbial biomass and mineralizable nitrogen in solonchic soils: influence of gypsum and lime amendments*. **Soil Biology and Biochemistry**, v.18, p.531-537, 1986.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. *Aggregate stability under different soil management systems in a red Latosol in the state of Parana, Brazil*. **Soil Till. Res.**, 65:45-51, 2002.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/CNA - **Confederação Nacional da Agricultura: Produto Interno Bruto do Agronegócio** – Dados de 1994 a 1999. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>> Acesso em 23/06/2015.

CHAN, K.Y., HEENAN, D.P. Lime-induced loss of soil organic carbon and effect on aggregate stability. **Soil Science Society of America Journal**, v.63,p.1841–1844.1999.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. *Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. *Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.

COSTA, E. M da.; SILVA H. F.; RIBEIRO, P. R. DE A. *Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas*. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; pg 1844. 2013.

COSTA, F. S. *Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:527-535, 2003.

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.

COSTA, M. J.; ROSA JUNIOR, E. J.; ROSA, Y. B. C. J.; SOUZA, L. C. F.; ROSA, C. B. J. Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá v. 29, p. 701-708, 2007.

COUTO, F. A. D. A. **Aspectos históricos e econômicos da cultura da ervilha**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 14, n. 158, p. 5-7, 1989.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, H. C.; PERIRA FILHO, I. A. **Plantio Direto x Convencional**. Anais da I Semana de Ciências Agrárias de Diamantina SECAD - Diamantina, MO - 15 a 19 de maio de 2006.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D. & LEANDRO, W.M. *Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:589-602, 2011.

CUNHA, J. L. X. L.; FREITAS, F. C. L. de; COELHO, M. E. H.; SILVA, M. G. O DA; MESQUITA, H.C. de; SILVA, K DE S. *Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional*. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 175-183, 2015. Boa Vista, RR.

DADALTO, J. P.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; MATOS, A. T. de. *Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana*. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.506-513, maio/jun. 2015.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M. B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. *Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, p. 855-864, 2009.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. *Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p. 179-186, fev. 2004.

D'ANDREA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. & CARNEIRO, M.A.C. *Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na Região do Cerrado do Sul do Estado de Goiás*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:913-923, 2002.

DANTAS, C.C.O.; NEGRÃO, F.M. Características agronômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 37, Ed. 142, Art. 958, 2010.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. *Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 703-709, 1999.

DEMATTE, J.L.I.; PAGGIARO, C.M.; BELTRAME, J.A.; RIBEIRO, S.S. *Uso de silicatos em cana-de-açúcar*. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.133, p.7-12, 2011.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. & KOPKE, U. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. **Eschborn**, Londrina, GTZ-IAPAR, 1991. 272p.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. *Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** vol.36, Ano.6, Viçosa. 2012.

DUARTE, I. B.; GALLO, A. DE S.; GOMES, M. DA S.; GUIMARÃES, N. DE F.; ROCHA, D. P.; SILVA, R. F. *Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo*. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.2, p. 150-165, 2014.

Durães, F. O. M.; Magalhães, P.C.; Santos, F. G. Fisiologia da planta do milho. **Circular técnica**. Embrapa, Sete Lagoas, MG. 2003.

EMBRAPA: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solo*. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. SILVA, F. C. da coord. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C)**. SILVA, E. E.: Comunicado Técnico 98. Seropédica, Rio de Janeiro. 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.412p.

EMBRAPA: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solo*. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 2006. 2ª Ed. 306p.

FEDERIZZI, L.C.; MUNDSTOCK, C.M. Fodder oats: an overview for South America. **Roma**, FAO, p. 37-51, 2004.

FERRAZ, S. et al. **Efeito do cultivo de duas espécies de *Mucuna* sobre a população de *Meloidogyne exigua*, *M. incógnita* e *M. javanica*, em casa de vegetação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. Programas e resumos. Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semi-Árido, 2003. p. 79.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. **Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos.** Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

FERREIRA, M.C.; ANDRADE, D.S.; CHUEIRE, L.M.O.; TAKEMURA, S.M.; HUNGRIA, M. *Effects of tillage method and crop rotation on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean.* **Soil Biol. Biochem.**, 32:627-637, 2000.

FLOSS, E. L. **A cultura da aveia.** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 1982. 52 p. (Boletim técnico, 1).

FLOSS, E.L. **Manejo forrageiro de aveia (*Avena* sp.) e azevém (*Lolium* sp.).** In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.). Simpósio sobre manejo da pastagem. Anais... Fealq, p. 231-268, 1988a.

FLOSS, E.L. **Aveia.** In: BAIER, A.C.; FLOSS, E.L.; AUDE, M.I. (Eds.). As lavouras de inverno-I. Editora Globo (Coleção do Agricultor Sul). Rio de Janeiro, p.16-74, 1988b.

FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L.; BULL, L. T. *Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo.* **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.49-57, 2006.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **R.Bras. Ci. Solo**, 24:459-467, 2000;

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop-rotation systems in southern Brazil. **Soil Till. Res.**, 92:18-29, 2007;

FILHO, A. G.; PESSOA, A. C. S.; STROHHAECKER, L.; HILMICH, J. *Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.6, p.953-957, 2000.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. *Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. Publicação Embrapa Soja*, Londrina, PR, 2009.

FURLANI, C. E. A. *Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:375-380, 2008.

GASPARIM, E. *Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Vol. 27, Núm. 1, pp. 107-114, 2005.

GUEVARA, S. L., **Quantidades de palha e sua influência no controle da erosão e na qualidade do latossolo vermelho em sistema semeadura direta em campinas-SP.** Instituto Agronômico. Campinas, SP. 2007. **(Dissertação de Mestrado)**

GRANT, R. F. *Changes in soil organic matter under different tillage and rotation mathematical modelling in ecosys. Soil Sci. Soc. Am. J.* 61 (4), 1159–11 75. 1997.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREALL, C. M.; ELLERT, B. H. *Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils*. **Canadian Journal of Soil Science**, Montreal, v. 74, p. 367-385, 1994

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. *Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.277-286, 2005.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. *Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions*. **Soil Till. Res.**, 82:121-145, 2005.

HANSON, P.J.; EDWARDS N.T.; GARDEN, C. T.; ANDREWS, J.A. *Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: A review of methods and observations*. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 115-146, 2000.

HILLEL, D. *Environmental Soil Physics*. **Academic Press**.1998.770p.

HORN, F. P. Cereals and Brassicas for Forage. In: HEATH, M. E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D. S. (Eds.). **Forages: The science of Grassland Agriculture**. 4^o ed., p. 271-277, 1985.

HORWARTH, W. R.; PREGITZER, K. S.; PAUL, E.A. *C14 allocation in tree-soil systems*.**Tree Physiology**, v. 14, p. 1163-1176, 1994.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Ervilha forrageira IAPAR 83. 2007. Disponível em:< http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/ervilha-final.pdf> . Acesso em: 31 maio. 2016.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. *Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh*. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, n.1, p.9-16, 2000.

INSAM, H.; DOMSCH, K.H. *Relationship between soil organic C and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites*. **Microbial Ecology** v. 15, p. 177-188, 1988.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. *Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh*. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. *Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas*. **Pesq. Agropec. Trop.**, 38:118-127, 2008.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D.S. *The effects of biocidal treatments on metabolism in soil.I. Fumigation with chloroform*. **Soil Biol. Biochem.**, 8:167-177, 1976.

JUNIOR, Osvaldino Brandão; HUNGRIA, Mariangela; FRANCHINI, Julio Cezar; ESPINDOLA, Carlos Roberto. *Comparação entre os métodos de fumigação – extração e fumigação-incubação para determinação do carbono da biomassa microbiana em um latossolo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1911-1919, 2008.

JUNIOR, H. B.de M. *Sistema de plantio direto na conservação do solo e água e recuperação de áreas degradadas*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, Vol.7, N.12; 2011.

KAISER, D. R. **Temperatura do solo afetada por diferentes estados de compactação**. Santa Maria. RS. 2002.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. *Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems*. **Soil & Tillage Research**, v.133, p.25-31, 2013.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J. E. Implantação e manejo do sistema plantio direto. Passo Fundo: **EMBRAPA-CNPT**, 2000.

LA SCALA, N., BOLONHEZI, D., PEREIRA, G.T. *Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil*. **Soil Tillage Res.** 9 1 (1–2), 24 4–248.2006.

LAL, R. *Climate change and food security soil carbon sequestration impacts on global*. **Science**, v. 304, p. 1623-1627, 2004.

LEE, J., HOPMANS, J.W., VAN KESSEL, CH., KING, A.P., EVATT, K.J., LOUIE, D., ROLSTON, D.E., SIX, J. *Tillage and seasonal emissions of CO₂, N₂O and NO across a seed bed and at the field scale in a Mediterranean climate*. **Agric. Ecosyst. Environ.** 129, 378–390. 2009.

LI, Q.; ALLEN, H.L.; WILSON, C.A. *Nitrogen mineralization dynamics following the establishment of a loblolly pine plantation*. **Canadian Journal of Forest Research**, v.33, p.364-374, 2003.

LIMA, H. M. **Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica**. Fun-chal (Portugal), 2010.

LIMA, L. B. DE; PETTER, F. A.; LEANDRO, W. M. *Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado*, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.11, p.1064–1071, Campina Grande, PB. 2015

Llerme NV, Corá EJ, Junior SGP. *Influence of soil use on organic carbon and humic substances of an Oxisol in tropical systems*. In: Xu J, Wu J, He Y, editors. Functions of natural organic matter in changing environment. Zhejiang (China): Zhejiang University, **Press and Springer Science**; 2013. p.401-5.

LOSS, A.; MORAES, A.G.L.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.M.R.; ANJOS, L.H.C. *Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob*

diferentes sistemas de produção orgânica. Comunicata Scientiae, v.1, p.57-64, 2010.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA B. S.; KOUCHER, L. de P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. *Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39:1212-1224, 2015

MACEDO, I. C. DA S.; PASQUALETTO, A. **Sistema plantio direto: alternativa de proteção ambiental em propriedades rurais do cerrado.** Goiânia, 2007/1

MADARI BE, MACHADO PLOA, TORRES E, ANDRADE AG, VALENCIA LIO. *No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. Soil Till Res.* 2005;80:185-200;

MANGALASSERY, S.; SJÖGERSTEN, S.; SPARKES, D. L.; STURROCK, C. J.; MOONEY, S. J. *The effect of soil aggregate size on pore structure and its consequence on emission of green-house gases. Soil Tillage Res.* 132, 39–46. 2013.

MARCOLIN, C. D. **Propriedades físicas de nitossolo e latossolos argilosos sob plantio direto.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Passo Fundo. RS. 2006.

MARTINS, M. A. **Microbiologia do solo (SOL3710).** <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LSOL_345_1113400965.pdf>, Acessado dia 01/08/2015, as 15:32.

MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto.** 2009. 58F. Dissertação de (mestrado), Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR.

MATSUOKA, M. MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. *Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste/MT*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.425-433, 2003.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**; [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 568p.: II

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. *Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:435-443, 2003

MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. **Parâmetros Microbiológicos Como Indicadores de Qualidade do Solo sob Sistemas Integrados de Produção Agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

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**, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MERLIM, A. O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. *Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, p.57-61, 2005.

MESQUITA, M. da G. B. de F.; MORAES, S. O. *A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.963-969, 2004.

MOREIRA, M. G.; **Soja - análise da conjuntura agropecuária**. <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/Soja__2014_15.pdf>. Acessado dia 15/07/2015.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, M. T. M. Determinação de coeficientes de cultura para o milho, cultivado no sistema plantio direto, com diferentes níveis de cobertura do solo pela palhada. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados**. Sete Lagoas: ABMS, 2006b. 1 CD-ROM.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2ª edição, Editora UFLA, Lavras. MG. 2006. P.729.

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo, Nobel, 1989. 201p.

MUZILLI, O. *Manejo do solo em sistema plantio direto*. In: CASÃO JÚNIOR, R. et al. (Orgs.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. p. 9-27.

NAHAS, E.; DELFINO, J. H.; ASSIS, L. C. *Atividade microbiana e propriedades bioquímicas do solo resultantes da aplicação de gesso agrícola na cultura do repolho*. **Sci. agric. [online]**. vol.54, n.3, pp. Piracicaba Sep./Dec. 1997, 160-166. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161997000200008>> acessado dia 10/10/2015 as 17:00.

NASCIMENTO, J. B.; CARVALHO, G. D.; CUNHA, E. Q.; FERREIRA, E. P. D. B.; LEANDRO, W. M.; DIDONET, A. *Determinação da biomassa e atividade microbiana do solo sob cultivo orgânico do feijoeiro-comum em sistemas de plantio direto e convencional após cultivo de diferentes espécies de adubos verdes*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2009.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. *Total carbon, organic carbon and organic matter*. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D.R. eds. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2*. Madison, **Soil Science Society of America**, 1982. p.539-579.

NETTO, D. A. M. *A cultura do milho*. Sete Lagoas: **Embrapa-CNPMS**, 1998. 6 p. (Embrapa-CNPMS. Comunicado Técnico, 11).

PEÑA, M.L.P.; MARQUES, R.; JAHNEL, M.C.; ANJOS, A. do. *Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal*. **Revista floresta**, Curitiba, v. 32, n.1, jan/abr. 2005.

PANKHURST, C.E.; HAWKE, B.G.; MACDONALD, H.J.; KIRBY, C.A.; BUCKERFIELD, J.C.; MICHELSEN, P.; O'BRIEN, K.A.; GUPTA, V.V.S.R.; DOUBE, B.M. **Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health**. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.35, p.1015-1028, 1995.

PAULETTI, V. A. *Importância da palhada e da atividade biológica na fertilidade do solo*. In: **CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO**, 3., 1999, Cruz Alta. Anais... Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 56-66.

PENTEADO, S.R. **A adubos verdes e produção de biomassa – Melhoria e recuperação dos solos**. 1.ed. Campinas: Via Orgânica, 2007. 164p.

PEQUENO, P. L. DE L.; SCHLINDWEIN, J.A.; LOCATELLI, M.; LEÔNIDAS, F.DAS C.; VIEIRA, A. H. **Avaliação da densidade do solo em áreas com café robusta arborizado em Rondônia**. In Congresso Brasileiro de Ciências do Solo; Solos nos Biomas Brasileiros: Sustentabilidade e Mudanças Climáticas; 2002, Uberlândia – MG;

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. *Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, maio 2010.

PEREIRA, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; CORRÊA, M.P.; DIAS, T.C.S. *Influência da cobertura de aveia preta e milho sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.1-10, 2011.

PEREIRA, A.A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L.M. de O.; CAMPO, R.J.; TORRES, E. *Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja*. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1397-1412, 2007.

PEREZ, K.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. *Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 567-573, 2004.

PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; SANTOS, G. P DOS; ROSOLEM, C. A. *Crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1547-1554, nov. 2011

PÔRTO, M.L.; ALVES, J.C.; DINIZ, A.A.; SOUZA, A.P.; SANTOS, D. *Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no Brejo Paraibano*. **Ci. Agrotec.**, 33:1011-1017, 2009.

PUPO, N.I.H. DE *Manual de Pastagens e Forrageiras*. **Campinas: IAC**, 1979. p.167-168.

RABARY, B.; SALL, S.; LETOURMY, P.; HUSSON, O.; RALAMBOFETRA, E.; MOUSSA, N.; CHOTTE, J.L. *Effects of living mulches or residue amendments on soil microbial properties in direct seeded cropping systems of Madagascar*. **Applied Soil Ecology**, v.39, p.236–243, 2008.

RAIJ, B. V. **Gesso na agricultura**. Instituto Agronômico de Campinas. 233p, 2008

RAMOS, F.T.; MONARI, Y. C.; NUNES, M. C. M.; CAMPOS, D. T. S.; RAMOS, D. T. *Indicadores de qualidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem extensiva no pantanal matogrossense*. **Caatinga**. 2010;23:112-20.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F. Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em Latossolo Vermelho submetido ao gesso cultivado com trigo e soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.4, p.1623-1638, 2013.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. 1996. **Biologia Vegetal**. 5^a.ed. Coord. Trad. J.E. Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

REICHERT, J. M.; CABEDA, M.S.V. *Salpico de partículas e selamento superficial em solos do Rio Grande do Sul*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 16:389-396, 1992.

REIS JÚNIOR, F. B.; MENDES, I. C. **Biomassa microbiana do solo**. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. 2007. Documentos. 40 p.

RIBEIRO, K.D.; MENEZES, S.M.; MESQUITA, M.G.B.F.; SAMPAIO, F.M.T. *Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras - MG*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1167-1175, 2007.

RICCE, W. S.; ALVES, S.J.; PRETE, C.E.C. *Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1220-1225, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000015>;

RICCI, M.S.F. **A Importância da Matéria Orgânica para o Cafeeiro.** Disponível em http://www.cnpab.embrapa.br/imprensa/artigos/mat_org_cafeeiro. acessado em 17/05/2015, as 22:45.

RODRIGUES, S. **Permeabilidade ao ar em latossolo vermelho sob plantio direto e preparo convencional.** Dissertação de mestrado em ciências. Piracicaba. Sp, 2009.

ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, A.C.S. & SACRAMENTO, L.V.S. *Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. Bragantia*, 53:259-266, 1994;

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. *Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.355-362, 2003.

SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O. *Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. Ciência Rural*, vol. 33, núm. 3, pp. 477-486, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. 2003.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; PIRES, J.; LAMPERT, E. A.; VARGAS, A. M.; VERDI, A. C. *Grain yield and agronomic traits in soybean according to crop rotation systems Bragantia vol.73 no.3 Campinas July/Sept. 2014 Epub Sep 22, 2014 online disponível <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0136>>*, acessado dia 20/12/2015 as 13:00 horas.

SANTOS, DOS H.P.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. **FORAGEIRAS para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. 2a edição Embrapa Brasília, DF, 2012.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. *Rendimento de grãos e em diferentes sistemas de produção integração Lavoura-pecuária*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.49-56, 2013. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i1a207>.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; BAIER, A. C.; TOMM, G. O. **Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas Regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142 p.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M., **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.

SANTOS, R. R.; SIMON, E. J. *Análise energética do milho em sistema de plantio direto, no assentamento rural da fazenda Pirituba, Itaberá/SP*. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 121-137, 2010.

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

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT Jr. A.A. *Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Solo, 24:427-436, 2000.

SCHLESINGER, W.H.; ANDREWS, J.A. *Soil respiration and the carbon cycle*. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 7-20, 2000.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, DERAL - Departamento de Economia Rural Responsável: MOREIRA, Marcelo Garrido; Soja – **Análise da Conjuntura Agropecuária**; Novembro de 2013.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C. & DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an Oxisol. *J. Agron. Crop Sci.*,151:137-148, 1982;

SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. *Tillage effects on physical and hydrological properties of a typic argioquoll in Central Ohio. Soil Science*, v.168, n.11, p.802-811, 2003.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C. & BERNOUX, M. *Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. Acta Sci. Agron.*, 31:709-717, 2009.

SIQUEIRA NETO, M.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. *Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). I - sequestro de carbono no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1013- 1022, 2009.

SILVA, C. A. T. da. Porosidade de latossolos e praticas de manejo agrícola para a conservação do solo. **Revista Varia Scientia Agrárias** v. 02, n.02, p. 153-164. 2012.

SILVA, F. de A. S. ASSISTAT versão 7.6 beta (2012). Campina Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>. Acesso em: 03 junho. 2015.

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. & LANNA, A.C. *Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo*. **Pesq. Agropec. Bras.**, 42:1755-1761, 2007.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. de S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. *Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.5, p.1585-1592, 2010.

SILVA, S. G. C. **Variação temporal da densidade do solo e do grau de compactação de um latossolo vermelho sob plantio direto escarificado**. Dissertação de mestrado em ciências. Piracicaba, SP 2011.

SKERMAN, P.J.; RIVEROS, F. Gramíneas tropicales. **Roma: FAO**, 1992. p. 627-635

SOBRINHO, W. N.; SANTOS, R. V.; MENEZES JÚNIOR, J. C.; SOUTO, J. S. Acúmulo de nutrientes nas plantas de milho em função da adubação orgânica e mineral. **Revista Caatinga**. v. 22, n3, p. 107-110, 2009.

SOUSA, D.M.G. & REIN, T.A. **Manejo da fertilidade do solo para culturas anuais: experiências no cerrado**. Informações Agronômicas, IPNI, Piracicaba, n.126, p.1-7, 2009.

SOUZA, E. D.DE; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S.. *Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo*. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N. *Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.255-260, 2008.

SOUSA NETO, E.L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N. & CENTURION, J.F. *Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra*. **Pesq. Agropec. Bras.**, 43:255-260, 2008

SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. *Importância de Novas Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para os Tabuleiros Costeiros*. **Revista da Fapese**, Aracaju, v.4, p.131-140, 2008

SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; LUCHINI, L.C.; *Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: princípios e recomendações*. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, 2004. 29p. (Documentos, 42).

SPARLING, G.P. *Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter*. **Australian Journal Soil Research**, v. 30, p. 195-207, 1992.

SPARLING, G.P.; WEST, A. W. *A direct extraction method to estimate soil microbial C calibration in situ using microbial respiration and C-labeled cells*. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 20, n. 3, p. 337-343, 1988.

STONE L. F.; SILVEIRA, P. M. **Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.395-401, 2001.

STOTZKY, G. **Microbial respiration**. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.2. p.1550-1570.

TOMM, G. O.; GIORDANO, L. de B.; SANTOS, H. P. dos; FERNANDES, J. M. C.. **Desempenho de genótipos de ervilha, de lentilha e de grão-debico no Planalto Médio do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2001. 56 p. (Documentos, 28)

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. P.; ASSIS, R. L.; SOUZA, Z. M. *Atributos físicos de um latossolo vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:428-437, 2015

TÓTOLA, M. R; CHAER G. M. *Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos*. In: **tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2:195-276, 2002.

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

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

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. *Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.35-42, 2000.

VENZKE FILHO, S.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M. & CERRI, C.C. *Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais – Tibagi, PR*. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:599- 610, 2008.

VITTI, C. G.; LUZ, P. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. *Uso do gesso em sistemas de produção agrícola*. Piracicaba, SP. **GAPE**, p.104, 2008

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. *Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.247-258, 2006.

WANG, Q.; BAI, Y.; GAO, H.; HE, J.; CHEN, H.; CHESNEY, R.C.; KUHN, N.J.; LI, H. *Soil chemical properties and microbial biomass after 16 years of no-tillage farming on the Loess Plateau, China*. **Geoderma**, v.144, p.502–508, 2008.

WITT, C.; GAUNT, J. L.; GALICIA, C. C.; OTTOW, J. C. G.; NEUE, H. U. *rapid chloroform-fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carbon and nitrogen in flooded rice soils*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 30, n.5-6, p. 510-519, mar. 2000.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. (Ed.). **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo. Campinas**: Instituto Agrônomo, 1993. p.17-29. (Documentos, 35).

Z HANG, X.C., NORTON, L.D. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. **Journal Hydrology**, 260, p. 194–205.2002.

<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/soja/112839-semeadura-da-soja-inicia-em-rondonia-e-programa-da-embrapa-fortalece-aco.es.html>.
acessado dia 17/06/15 as 21:50.

<http://www.esalq.usp.br/noticia/detalhe.php?id=1386>. acessado dia 12/05/15 as 23:48.

<http://inforagro.wordpress.com/2011/01/07/plantio-direto/>. acessado dia 12/05/15 as 14:40

7. ANEXOS



Figura 6. Escarificação da área a 30 cm de profundidade antes do plantio da soja.



Figura 7. Área escarificada.



Figura 8. Soja cultivada nas unidades experimentais. (17/12/2014)



Figura 9. Amostras preparadas para a incubação da respiração microbiana.



Figura 10. Amostras incubadas em BOD.



Figura 11. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T1 – Milheto (*Pennisetum glaucum*).



Figura 12. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T2 – Aveia preta (*Avena strigosa*).



Figura13. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T3 – Mucuna preta (*Mucunade aterrma*).



Figura14. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T4 – Ervilha forrageira (*Pisum sativum subesp. Arvense*).



Figura 15. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T5 - Plantio Direto gessado (PDG).



Figura 16. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T6 - Plantio Direto Escarificado (PDE).



Figura 17. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T6 - Plantio Direto Escarificado (PDE).



Figura 18. Demonstração do comprimento radicular da soja no período da pré floração na parcela T7 – Sistema Plantio Direto (SPD).

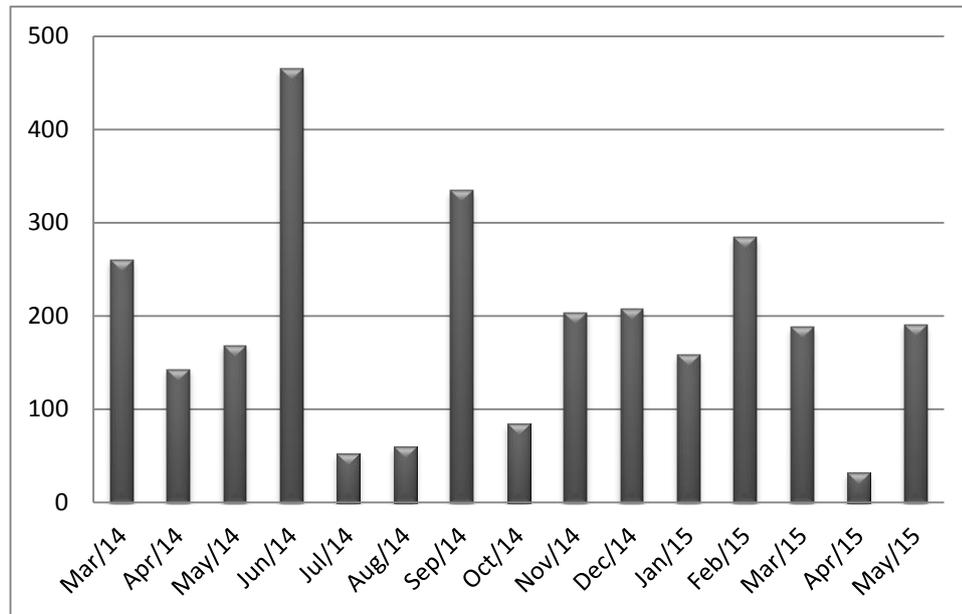


Figura 19. Valores de precipitação (mm) durante o período 2014/2015 na estação experimental do IAPAR em Santa Tereza do Oeste.
Fonte: Estação Experimental IAPAR Santa Tereza do Oeste.