

**JULIANA PINHEIRO DADALTO**

**PREPARO DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA ATIVIDADE  
MICROBIANA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2014**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

D121p  
2014      Dadalto, Juliana Pinheiro, 1983-  
            Preparo do solo e sua influência na atividade microbiana /  
            Juliana Pinheiro Dadalto. – Viçosa, MG, 2014.  
            xiv, 49f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Haroldo Carlos Fernandes.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f.41-49.

1. Ciências do solo. 2. Mecanização agrícola. 3. Plantio  
direto. 4. Micro-organismos. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de  
Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 631.4

**JULIANA PINHEIRO DADALTO**

**PREPARO DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA ATIVIDADE  
MICROBIANA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

APROVADA: 25 de julho de 2014.

---

Prof. Mauri Martins Teixeira  
(Coorientador)

---

Prof. Edney Leandro da Vitória

---

Prof. Haroldo Carlos Fernandes  
(Orientador)

*A Deus, aos meus pais Leila e  
Lula, aos meus irmãos Sil, Tati e Tuco,  
a Junior e a todos que ajudaram nesta  
conquista...*

*Ofereço*

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão,  
perca com classe e vença com ousadia,  
porque o mundo pertence a quem se atreve  
e a vida é muito para ser insignificante.”  
Charles Chaplin

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais Luiz Roberto Dadalto e Leila Gean Pinheiro Dadalto, pelo amor, incentivo e dedicação.

As minhas queridas irmãs Silvana e Tatiana, pelo apoio e dedicação.

Ao meu irmão Artur, por sua alegria, carinho e amor.

Ao Junior por seu o amor, ajuda e por ser meu porto seguro.

À Universidade Federal de Viçosa, pela grande oportunidade oferecida para a realização do curso de mestrado, principalmente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA).

Ao professor e orientador, Professor Dr. Haroldo Carlos Fernandes, cujo apoio foi essencial para conclusão do meu curso.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro, através da bolsa de pesquisa durante essa etapa do curso.

Aos Professores e co-orientadores Mauri Martins Teixeira, Paulo Roberto Cecon e Antônio Teixeira Matos, pelos esclarecimentos e sugestões.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola e Laboratório de Mecanização Agrícola pelos seus serviços prestados e pela amizade durante o decorrer do curso.

Aos amigos da Mecanização Agrícola, Graci, Flora, Larissa, Raquel, Remo, Raphael (Texano), Denis, Matheus, Anderson, Anderson (catatau), Cristian, Paulo (Paraná), Diego, Marconi, Flávio, Robson, Ronaldo, Júlio, Emanuel, Amélia, Humberto Gustavo (ganso) e Jardênia, pela amizade e companheirismo no dia a dia.

As minhas avós, Alzira e Enézia, pelo exemplo, pela dedicação e incentivo.

Aos meus tios, tias e primos pelo carinho, amor e amizade.

Aos amigos do laboratório de matéria orgânica, Braz, Dani, Vanessa, Milena, Douglas e Vander, pela ajuda e paciência.

As minhas queridas amigas “Bruxas”, Naby, Raquel, Joana, Yolle e Ju Rezende, pela amizade, dedicação e carinho.

Aos amigos de Viçosa Gheila e Júlio, pela amizade e companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

JULIANA PINHEIRO DADALTO, filha de Luiz Roberto Dadalto e Leila Gean Costa Pinheiro Dadalto, nasceu em Eunápolis, Bahia, em 30 de julho de 1983.

De 1998 a 2000, formou-se no ensino médio na escola Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET, em Eunápolis, Bahia.

De 2003 a 2009 Graduiu-se em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Em 2013, iniciou no programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, nível de Mestrado, área de concentração em Mecanização Agrícola, no Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Em julho de 2014, submeteu-se aos exames de defesa de dissertação, para a obtenção do título de Magister Scientiae.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1 Preparo do Solo.....	3
2.1.1 Preparo Convencional.....	3
2.1.2 Preparo Conservacionista .....	4
2.2 Matéria Seca e Cobertura Vegetal.....	5
2.3 Resistencia do Solo à Penetração.....	5
2.4 Densidade do solo.....	6
2.5 Atividade Microbiológica do Solo.....	7
2.5.1 Carbono Orgânico Total – COT.....	8
2.5.2 Carbono da Biomassa Microbiana.....	9
2.5.3 Respiração Basal do Solo – RBS .....	10
2.5.4 Quociente Metabólico – qCO <sub>2</sub> .....	11
2.5.5 Quociente Microbiano – qMic .....	11
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
3.1 Caracterização da Área Experimental .....	13
3.2 Sistemas de Preparo do Solo .....	13
3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística .....	13
3.4 Máquinas e implementos.....	15
3.5 Matéria Seca e Cobertura Vegetal.....	18
3.6 Resistência do Solo à Penetração.....	19
3.7 Densidade do Solo .....	20
3.8 Análises microbiológicas .....	20
3.8.1 Carbono Orgânico Total .....	21
3.8.2 Carbono da Biomassa Microbiana.....	23
3.8.3 Respiração Basal do Solo .....	25
3.8.4 Quociente Metabólico.....	26
3.8.5 Quociente Microbiano.....	26

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
4.1 Caracterização da Área Experimental .....	27
4.1.1 Caracterização Física do Solo.....	27
4.1.2 Caracterização Química do Solo.....	27
4.2 Matéria Seca e Cobertura Vegetal.....	27
4.3 Resistência do Solo à Penetração.....	28
4.4 Densidade do Solo .....	30
4.5 Análises Microbiológicas .....	31
4.5.1 Carbono Orgânico Total .....	32
4.5.2 Carbono da Biomassa Microbiana.....	34
4.5.3 Respiração Basal do Solo .....	36
4.5.4 Quociente Metabólico.....	37
4.5.5 Quociente Microbiano.....	38
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Características do penetrômetro utilizado no experimento.....	19
---	----

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Composição granulométrica do solo estudado .....	27
<b>Quadro 2</b> - Características químicas do solo .....	27
<b>Quadro 3</b> - Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), antes, depois e 14 dias depois do preparo do solo em função da profundidade (m) e do tipo de preparo. ....	31
<b>Quadro 4</b> - Resumo da análise de variância das variáveis carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (CBM), Respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico ( $\text{qCO}_2$ ) e quociente microbiano ( $\text{qMic}$ ).32	
<b>Quadro 5</b> - Médias do Carbono orgânico total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função da profundidade (m) .....	32
<b>Quadro 6</b> – Médias do carbono da biomassa microbiana ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função dos tipos de preparo do solo. ....	33
<b>Quadro 7</b> - Médias de carbono da biomassa microbiana ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em função do sistema de preparo e da profundidade do solo (m). ....	35
<b>Quadro 8</b> – Valores médios de respiração basal do solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em função do sistema de preparo e da profundidade do solo (m) e tempo de amostragem.....	36
<b>Quadro 9</b> – Médias do $\text{qCO}_2$ ( $\text{mg kg}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ) em função da tipo de preparo e da época de amostragem .....	37
<b>Quadro 10</b> – Médias do $\text{qMic}$ (%) em função dos sistemas de preparo .....	38

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Área experimental.....	14
<b>Figura 2</b> - Croqui da área experimental.....	15
<b>Figura 3</b> - Trator Valtra Valmet 800L, utilizado no experimento. ....	16
<b>Figura 4</b> - Semeadora adubadora de plantio direto.....	16
<b>Figura 5</b> – Arado de discos utilizado no preparo convencional.....	17
<b>Figura 6</b> – Grade em tanque utilizada no preparo convencional.....	17
<b>Figura 7</b> – escarificador utilizado no cultivo mínimo.....	18
<b>Figura 8</b> - Determinação da cobertura vegetal.....	18
<b>Figura 9</b> - Penetrômetro digital utilizado no experimento.....	19
<b>Figura 10</b> - Determinação das amostras indeformadas com trado.....	20
<b>Figura 11</b> - Determinação da amostra composta no campo. ....	21
<b>Figura 12</b> - Solução após a digestão pronta para titulação, para determinação do COT.....	22
<b>Figura 13</b> - Amostras em placas de petri para serem irradiadas nas micro-ondas.....	23
<b>Figura 14</b> - Solo acondicionado para ser incubado, para determinação da respiração basal do solo.....	25
<b>Figura 15</b> - Resistência do solo à penetração antes do preparo do solo. ....	28
<b>Figura 16</b> - Resistência do solo à penetração depois do preparo do solo.....	29
<b>Figura 17</b> - Resistência do solo à penetração 14 dias após o preparo do solo.....	29

## RESUMO

DADALTO, Juliana Pinheiro M. Sc, Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2014. **Sistema de preparo do solo e sua influencia na atividade microbiana.** Orientador: Haroldo Carlos Fernandes. Coorientadores: Mauri Martins Teixeira, Paulo Roberto Cecon e Antonio Teixeira de Matos.

A mecanização torna o trabalho agrícola menos árduo, a lavoura mais homogênea e aumenta a produtividade das culturas. O sistema de preparo mecanizado do solo influencia diretamente as propriedades físicas e biológicas do solo, além de propiciar ambiente adequado para estabelecimento das culturas. Alguns estudos relacionam à atividade microbiológica do solo a qualidade do mesmo. A atividade microbiológica pode ser mensurada através do carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, quociente metabólico e quociente microbiano. O preparo do solo pode interferir na atividade microbiológica, pois os teores de carbono orgânico do solo podem ser alterados assim como a densidade do solo, a temperatura e a umidade do solo. Vários estudos utilizam as análises microbiológicas para determinações de perturbações em culturas agrícolas e florestais, mas a quantificação da interferência do preparo do solo, de forma isolada na atividade microbiana do solo é pouco estudada. Conhecendo-se quanto e como o preparo do solo impacta a microbiota do solo, pode-se analisar os efeitos deste processo, e procurar mitigar fatores nocivos, buscando sistemas de manejos mais adequados a cada tipo de solo e da cultura a ser implementada. Dessa forma objetivou-se com o presente trabalho avaliar como os diferentes sistemas de preparo mecanizado do solo podem afetar a sua atividade microbiológica, avaliando o carbono orgânico total, o carbono da biomassa microbiana, a respiração basal do solo, o quociente metabólico e o quociente microbiano do solo. O experimento foi realizado numa área experimental pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Utilizaram-se como tratamentos os seguintes tipos de preparo do solo: plantio direto (PD), Plantio convencional (PC) e cultivo mínimo (CM). O experimento foi disposto em um esquema de parcelas sub subdivididas, tendo nas parcelas os tipos de preparos do solo, nas subparcelas as profundidades e nas sub subparcelas as épocas de amostragem, no delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. Os dados foram analisados empregando-se a análise de variância e as médias comparadas

utilizando-se o teste Tukey adotando o nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do SAEG. As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Matéria Orgânica, do departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa. As coletas foram realizadas em triplicata, em duas profundidades, nas faixas de 0,0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Foram determinadas o Carbono orgânico total (COT), Carbono da biomassa microbiana (CBM), Respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e quociente microbiano ( $qMic$ ). O plantio direto apresentou maiores índices de carbono da biomassa microbiana e respiração basal do solo, na faixa de 0,0 - 0,10 m de profundidade. Os valores do quociente metabólico foram maiores no sistema de cultivo mínimo. O plantio direto foi o sistema que apresentou maior atividade microbiológica do solo.

## ABSTRACT

DADALTO, Juliana Pinheiro M. Sc, Universidade Federal de Viçosa, July 2014. **Soil tillage and its influence on microbial activity system.** Advisor: Haroldo Carlos Fernandes. Co-Advisor: Mauri Martins Teixeira, Paulo Roberto Cecon and Antonio Teixeira de Matos.

The mechanization makes agricultural work less strenuous, more homogeneous farming and increases crop productivity. The system of mechanized tillage directly influence the physical and biological soil properties, in addition to providing appropriate environment for establishment of cultures. Some studies have reported the microbial activity in the soil of the same quality. Microbial activity can be measured by the microbial biomass carbon, soil basal respiration, metabolic quotient and microbial quotient, among others. Tillage can affect the microbial activity because the levels of soil organic carbon can be changed as well as the density, temperature and soil moisture. Several studies using microbiological analyzes for determination of disturbances in agricultural and forestry crops, but the quantification of the interference of tillage, in an isolated form in soil microbial activity is rarely studied. Knowing how much and how tillage impacts on soil microbiota, one can analyze the effects of this process, and seek to mitigate noxious factors, seeking managements best suited to each type of soil and crop systems to be implemented. Thus objective with this study was to evaluate how different systems of mechanized tillage can affect their microbiological activity, evaluating the total organic carbon, microbial biomass carbon, basal soil respiration, metabolic quotient and the quotient soil microbial. The experiment was conducted in an experimental area belongs to the Federal University of Viçosa, was used as treatments for the following types of tillage: No tillage (PD) and conventional tillage (PC) and minimum tillage (CM). The treatments were arranged in a randomized block. The experiment was disposed in a split plot sub subdivided, where the parcels types of tillage systems, subplots depths and in the sub split plots sampling periods in randomized block design with 4 replications causalizados. Data were analyzed by analysis of variance and means were compared using the Tukey test, adopting the 5% level of probability. All analyzes were performed with the aid of SAEG. Microbiological analyzes were conducted at the Laboratory of Organic Matter in Soil, Federal University of Viçosa department. The collections were

made in triplicate in two depths, the bands from 0 to 0,10 m from 0,10 to 0,20 m depth. We determined the total organic carbon (COT), microbial biomass carbon (CBM), basal soil respiration (RBS), metabolic quotient ( $qCO_2$ ) and microbial quotient ( $qMic$ ). The no tillage showed higher levels of microbial biomass carbon and soil basal respiration, in the range 0 – 0,10 m depth. The values of metabolic quotient were higher in minimum tillage system. The no till was the system that had higher microbial activity in the soil.

## 1. Introdução

Atualmente a evolução da agricultura está intimamente ligada à mecanização das operações do campo. A mecanização torna o trabalho agrícola menos árduo, a lavoura mais homogênea e aumenta a produtividade das culturas. O sistema de preparo mecanizado do solo influencia diretamente as propriedades físicas e biológicas do solo, além de propiciar ambiente para estabelecimento das culturas.

Os principais sistemas de preparo do solo são o sistema convencional, ou os sistemas conservacionistas quando a mobilização do solo é minimizada, representados normalmente, pelo plantio direto e o cultivo mínimo, respectivamente.

O cultivo convencional é realizado por meio de uma passada com o arado e duas passadas com a grade. O arado tem a função de cortar, tombar e inverter a leiva, mobilizando o solo de maneira intensa. Quando o arado inverte a leiva, ele está incorporando, os resíduos superficiais do solo, nas camadas mais profundas, posteriormente a grade, destorroar e nivela o solo arado.

Nos sistemas de preparo conservacionista, o solo é menos mobilizado e sua estrutura não é rompida. No cultivo mínimo o implemento mais comum é o escarificador utilizado para preparar o solo por meio de suas hastes. Este tipo de preparo promove a mínima mobilização do solo e permite que os resíduos vegetais permaneçam na superfície do solo, protegendo-o.

O plantio direto é realizado por meio de semeadoras de plantio direto, onde a semeadura é realizada em cima da palhada da cultura anterior, promovendo uma mobilização mínima, pois o solo é “cortado” somente onde a semente será depositada.

Alguns estudos relacionam à atividade microbiológica do solo a qualidade do mesmo. A atividade microbiológica pode ser mensurada por meio do carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, quociente metabólico e quociente microbiano, entre outros.

O preparo do solo pode interferir na atividade microbiológica, pois os teores de carbono orgânico do solo podem ser alterados assim como a densidade do solo, a temperatura e a umidade do solo.

O teor de carbono da biomassa microbiana indica a quantidade de carbono que está imobilizada nas células dos micro-organismos. Altos valores

desse atributo indicam que o solo possui grande capacidade de decomposição da matéria orgânica, assim como alta atividade microbiana. Esse atributo deve ser analisado em conjunto com a respiração basal do solo e o teor de carbono orgânico total.

Na respiração basal, os micro-organismos decompõem a matéria orgânica que está disponível no solo e liberam dióxido de carbono. Assim, quantificando-se o  $\text{CO}_2$  liberado pela respiração pode-se determinar a respiração basal do solo e conseqüentemente a atividade microbiana do solo.

O quociente metabólico é uma razão entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana. Essa variável representa a taxa de respiração dos micro-organismos por unidade de biomassa microbiana. Altos índices de quociente metabólico indicam que os micro-organismos estão utilizando o carbono de suas células para sua manutenção no solo.

No quociente microbiano tem-se uma relação do carbono da biomassa microbiana em relação ao carbono orgânico total do solo. Essa relação indica se os micro-organismos estão degradando ou estocando carbono no solo.

Vários estudos utilizam as análises microbiológicas para determinações de perturbações em culturas agrícolas e florestais, mas a quantificação da interferência do preparo do solo, de forma isolada na atividade microbiana do solo é pouco estudada. Conhecendo quanto e como o preparo do solo impacta a microbiota do solo, pode-se analisar os efeitos deste processo, e procurar mitigar fatores nocivos, buscando sistemas de manejos mais adequados a cada tipo de solo e da cultura a ser implementada.

Dessa forma objetivou-se com o presente trabalho avaliar como os diferentes sistemas de preparo mecanizado do solo podem afetar a sua atividade microbiológica, avaliando o carbono orgânico total, o carbono da biomassa microbiana, a respiração basal do solo, o quociente metabólico e o quociente microbiano do solo.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1 Preparo do Solo**

A mecanização das operações agrícola surge como um meio de elevar a produção agrícola aumentando a eficiência do processo produtivo e tornando o trabalho no campo menos árduo e mais atrativo. O preparo do solo envolve técnicas de movimentação de solo com a finalidade de oferecer, a cultura implantada, uma condição que mais se aproxime da ideal promovendo melhores condições para seu desenvolvimento e maiores produtividades (BALASTREIRE, 1990).

Estudos sobre o maquinário agrícola ajudaram na busca de máquinas e implementos que se adaptassem as diversas condições e culturas encontradas no meio agrícola. Junto com a melhoria das máquinas agrícolas surgem alguns problemas como o incremento do peso que causa compactação do solo diminuindo a porosidade e a permeabilidade do solo (CUNHA et al., 2009).

Os sistemas de preparo do solo são divididos em sistemas convencionais e sistemas conservacionistas. Em algumas culturas o preparo do solo feito de forma convencional deixando o solo exposto às intempéries por um período longo, que muitas vezes potencializam efeitos indesejáveis como a erosão. A adoção de sistemas de cultivos conservacionistas proporciona boa cobertura vegetal e aumentam a disponibilidade de resíduos vegetais visando mitigar possíveis impactos (OTSUBO et al., 2012).

Os sistemas conservacionistas surgiram como uma alternativa ao cultivo convencional visando mitigar problemas desencadeados pelo revolvimento do solo contribuindo para sustentabilidade econômica e ambiental do sistema agrícola (LISBOA et al., 2012; CARNEIRO et al., 2009).

#### **2.1.1 Preparo Convencional**

O preparo convencional é caracterizado pelo revolvimento do solo, utilizando o arado seguido pela grade. O arado corta, levanta e inverte a fatia

de solo expondo as camadas mais profundas do solo (SRIVASTAVA et al., 2006) a grade destorroa o solo e nivela a área.

A intensificação das atividades de preparo do solo de forma convencional pode resultar em perda de qualidade do solo, os principais danos são causados pela pulverização do solo e pela formação de uma zona compactada logo abaixo da camada arada, conhecida como pé de grade ou pé de arado (SILVA et al.,2011). A ação do clima, após a inversão da leiva, intensificar as perdas de água, matéria orgânica e nutrientes

Aratani et al.(2009) ao comparar um latossolo vermelho acriférico em mata nativa, em plantio direto e sistema convencional, encontraram que todos os sistemas estudados, aumentaram sua densidade em relação a mata nativa atribuindo a esse incremento a atividade antrópica pelo uso de máquinas e implementos.

Analisando a resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de manejo do solo, Reichert et al.(2009), observaram que no preparo convencional à resistência do solo à penetração foi menor em comparação ao plantio direto e a mata natural resultado de uma maior mobilização do solo por esse tipo de preparo.

### **2.1.2 Preparo Conservacionista**

Segundo ASAE (2005) o preparo conservacionista é aquele que mantém no mínimo 30% de cobertura do solo após a semeadura da cultura. Os sistemas conservacionistas devem proporcionar uma cobertura vegetal durante todo desenvolvimento da cultura visando manter a sustentabilidade produtiva da cultura e a sustentabilidade ambiental do solo (OTSUBO et al., 2012).

O preparo conservacionista vem sendo adotado como uma alternativa aos preparos convencionais com a preocupação de diminuir os problemas com a degradação do solo e perdas de matéria orgânica (MAZURANA et al., 2011). Nesse tipo de preparo as operações usando o escarificador, são minimizadas e não há a mobilização total do solo, promovendo maior densidade, menor porosidade do solo e menores perdas de nutrientes (REICHERT et al., 2009).

Segundo Kamimura et al. (2009) no plantio direto o preparo do solo é realizado com a mínima mobilização do solo e os restos culturais são mantidos

na superfície do solo sendo um manejo eficaz na proteção do solo contra erosão. Normalmente neste sistema de manejo ocorre à formação de camadas compactadas na superfície do solo devido ao tráfego de máquinas agrícolas e a mínima mobilização do solo.

Embora haja o problema com a compactação superficial, os sistemas de plantio direto favorecem o solo quanto a disponibilidade de nutrientes em relação à qualidade e a quantidade de resíduos vegetais, influenciando de forma positiva a atividade microbológica do solo (LISBOA et al., 2012b).

Segundo Calonego et al. (2012), maiores valores de densidade do solo encontrados no sistema de plantio direto não significa que o solo esteja mais compactado, pois esse valor é compensado pelos canais deixados pelas raízes das plantas, que servem de rotas para as raízes subsequentes.

## **2.2 Matéria Seca e Cobertura Vegetal ( aumentar revisão)**

No plantio direto os resíduos vegetais não são incorporados ao solo desencadeando menor atividade microbiana e conseqüentemente menor decomposição dos compostos orgânicos do solo (CORRÊA et al., 2004). Por outro lado a aração e a gradagem, influenciam a decomposição dos compostos orgânicos e assim o solo não acumula a matéria orgânica podendo alterar as propriedades do solo como a formação e a estabilidade dos agregados a retenção de água e a aeração do solo (ANDREOLA et al., 2000).

## **2.3 Resistência do Solo à Penetração**

Modificações na estrutura do solo alteram o arranjo das partículas e a distribuição dos poros, modificando a quantidade de ar e água disponível no solo e ainda aumenta à resistência do solo a penetração (OLIVEIRA et al., 2010).

A densidade, o teor de água e a resistência do solo à penetração podem determinar a resistência do solo ao crescimento das raízes, normalmente esses valores sofrem acréscimo com o aumento da profundidade além de serem

maiores em sistemas de plantio direto do que na mata nativa (LUCIANO et al., 2010).

Para determinação de camadas compactadas, faz-se o estudo da resistência a penetração do solo, por meio de penetrômetros. Ainda pode-se determinar o índice de cone (IC), que mede a resistência do solo à penetração utilizando uma ponta cônica normatizada pela ASABE 2005 e ASABE 2006.

Menores índices de resistência à penetração são encontrados em sistema de preparo do solo feitos de forma convencional nas camadas superficiais, pois o revolvimento do solo aumenta a macroporosidade do solo. Nas camadas mais profundas a resistência à penetração aumenta resultado do chamado pé de grade (RALISCH et al., 2008), uma camada compactada abaixo da profundidade que o arado e a grade atuam que dificulta o desenvolvimento das raízes das culturas (NASCENTE et al., 2011).

Luciano et al. (2010) estudaram o efeito do período de tempo em diferentes sistemas de preparo do solo, encontraram relação da resistência a penetração do solo com o teor de carbono orgânico do solo, essa interação pode ser explicada pelo fato da matéria orgânica diminuir a densidade do solo, pois ela apresenta menor densidade que os outros compostos minerais do solo. Além da matéria orgânica do solo, a resistência do solo à penetração é influenciada por outros fatores, como a umidade a textura do solo e o volume de macroporos.

## **2.4 Densidade do solo**

Analisando áreas com interação agricultura-pecuária, Carneiro et al. (2009), atribuíram a intensificação do uso de maquinário agrícola, junto com o efeito do pisoteio de animais, ao aumento da densidade do solo nas áreas de plantio direto, em comparação ao cerrado nativo.

Sistemas de preparo do solo que mobilizam menos o solo, como o plantio direto, apresentam valores de densidade do solo mais baixos em relação aos tipos de preparos onde há intenso revolvimento do solo (MAZURANA et al., 2011). Altos índices de matéria orgânica do solo diminuem

a densidade, pois os compostos orgânicos apresentam baixo peso específico e quando humificadas tem elevada porosidade total (CALONEGO et al., 2012).

No sistema de preparo conservacionista o sistema radicular das culturas anteriores deixam espaços vazios, quando em processo de decomposição, contribuindo para o aumento da porosidade e conseqüentemente diminuindo a densidade do solo. Além do alto índice de resíduos vegetais, as raízes das plantas, são fontes de matéria orgânica, e contribuem para diminuir a densidade do solo. (MAZURANA et al., 2011)

A densidade do solo varia em função da profundidade, (LUCIANO et al., 2010) estudando o efeito do tempo de adoção do plantio direto e da mata nativa, sobre os atributos físicos do solo, encontraram incrementos de 67% na densidade do solo quando a profundidade variou de 0,04 a 0,10 m, quando a profundidade variou de 0,10 a 0,25 m de profundidade a densidade media aumentou 21%.

Após uma perturbação no solo, como uma aração, o solo tende a se consolidar com um rearranjo de sua estrutura interna influenciada pelos ciclos de umedecimento e secagem (REICHERT et al., 2009). Sua granulometria interfere diretamente no processo de compactação já que modifica a distribuição dos tamanhos dos poros, retenção da água, densidade do solo e a resistência do solo a compactação (Albuquerque, et al., 2001).

## **2.5 Atividade Microbiológica do Solo**

Os micro-organismos do solo através dos processos de decomposição da matéria orgânica e dos ciclos biogeoquímicos atuam como mediadores na disponibilidade desses compostos no solo (BALOTA et al., 1998). O tipo de preparo do solo assim como o estabelecimento de uma nova cultura, impõe ao sistema solo/micro-organismos uma nova condição que influencia diretamente a disponibilidade, a qualidade e a quantidade dos nutrientes no solo. (LISBOA et al., 2012).

A microbiota do solo pode ser utilizada como indicativo de qualidade do solo através da atividade microbiana e sua biomassa (SAMPAIO et al., 2008). Analisando a atividade microbiológica, pode-se monitorar se a atividade

implementada no solo está sendo impactante ou se interfere na qualidade do solo (ALVES et al., 2011).

Segundo Islan e Weil (2000)a, a atividade microbiana pode estar relacionada com a degradação ou a qualidade do solo, sendo que as análises de carbono da biomassa microbiana e a relação da respiração basal por unidade de biomassa microbiana são indicadores para esta determinação, além disso, a atividade microbiana do solo pode ser mensurada por meio do quociente metabólico e pelo quociente microbiano.

### **2.5.1 Carbono Orgânico Total – COT**

A interferência antrópica, nos sistemas agrícolas tem produzido mudanças na dinâmica da matéria orgânica do solo acelerando perdas de MO assim como de outros nutrientes, acarretando perdas na qualidade do solo, ao longo do tempo. Manejos de solos que adotam o revolvimento intenso interferem no equilíbrio natural dos processos de pedogêneses e na estabilização da matéria orgânica do solo (CUNHA et al., 2011)

O teor de matéria orgânica é o principal agente na formação e na estabilização dos agregados (OLIVEIRA et al., 2010) assim o preparo do solo impõe uma alteração na estrutura do solo, na sua atividade microbiológica e conseqüentemente em sua fertilidade, interferindo na produtividade da cultura implantada. (CARNEIRO et al., 2009)

O teor de carbono orgânico total é dependente dos processos de decomposição, mineralização e humificação da matéria orgânica contida no solo, fatores ambientais assim como fatores antrópicos determinam a predominância de um processo em relação ao outro e conseqüentemente na disponibilidade que a matéria orgânica se encontra no solo e na quantidade do COT (SILVA e MENDONÇA, 2007)

Sistemas de solos naturais normalmente mantêm suas taxas de carbono orgânico total, estáveis ao longo do tempo, pois as taxas de carbono adicionadas pelas plantas são, em media, iguais as perdas pela oxidação. (NICOLOSO et al., 2008)

Cunha et al. (2011), determinaram a influência de plantas de cobertura nos atributos biológicos de solos cultivados com feijão orgânicos, observaram que os valores médios de COT sofreram uma queda de 45,4 % no preparo convencional e 44,4 % no plantio direto em comparação com a mata de referencia.

Jakelaitis et al. (2008) avaliaram o carbono orgânico total em solos argissolo vermelho amarelo, cultivado com pastagens e em mata nativa encontraram maiores índices de COT na mata nativa por esse sistema apresentar maior deposição de resíduos orgânicos. Os valores baixos encontrados nos sistemas cultivados devem-se ao fato que a microbiota do solo aumentou o consumo da matéria orgânica disponível, ou pode-se relacionar ao manejo incorreto do solo com falta de entrada de carbono orgânico no sistema (adubação).

## **2.5.2 Carbono da Biomassa Microbiana - CBM**

Segundo Insam e Domsch (1988) o CBM indica a quantidade de carbono que está imobilizado nas células da biomassa microbiana. Ele é o principal agente de decomposição da matéria orgânica e atua como reserva de carbono lábil. Os micro-organismos são responsáveis por diversos processos como oxidação e redução dos compostos orgânicos, alterando a disponibilidade dos compostos orgânicos para as culturas. Esses processos afetam diretamente a qualidade do solo, da água e do ar (SILVA; MENDONÇA, 2007).

As condições bióticas e abióticas tem interferência direta na atividade microbiológica e por isso o monitoramento da biomassa microbiana é um bom indicador das alterações no manejo do solo (BALOTA et al., 1998). Como o CBM é a parte da matéria orgânica ativa do solo ele é um indicador mais sensível, das alterações promovidas pelos tipos de preparo do solo, comparado ao carbono orgânico total (SANTOS; CAMARGO, 1999).

No plantio convencional o revolvimento do solo permite o rompimento dos agregados além de promover maior contato entre os resíduos vegetais e o solo, esses fatores estimulam, temporariamente, a microbiota a degradar a

matéria orgânica do solo, por isso solos que são revolvidos no preparo do solo apresentam menores valores de CBM (LISBOA et al., 2012).

Ao estudarem sobre a alteração da biomassa e a atividade microbiana em latossolo vermelho amarelo ácrico avaliando diferentes sistemas de manejo do solo, Silva et al. (2010) encontraram maiores valores de carbono da biomassa microbiana em solo com vegetação nativa, em comparação a solos cultivados. Os maiores valores observados na vegetação nativa é devido, possivelmente, ao índice de matéria orgânica no solo nativo ser maior, mais constante e apresentar variedade de resíduos orgânicos.

### **2.5.3 Respiração Basal do Solo – RBS**

É a mensuração da atividade microbiológica do solo onde os micro-organismos degradam os compostos orgânicos à CO<sub>2</sub> (SILVA et al., 2013). Os estados fisiológicos das células microbianas influenciam na respiração basal do solo, assim com a umidade, temperatura, a estrutura do solo, textura, quantidade de matéria orgânica dentre outros (SILVA et al., 2010).

A taxa de CO<sub>2</sub> liberado ao solo em forma de respiração basal é um indicativo que há atividade microbiológica no solo, mas a interpretação desses resultados deve ser feita com cautela, pois nem sempre uma taxa alta indica que o solo é altamente produtivo. Altas taxas de respiração basal podem indicar, em longo prazo, que o solo está numa situação de distúrbio e está deixando de disponibilizar o carbono orgânico para a cultura e perdendo C para atmosfera. (Islam; Weil, 2000).

Lourente et al. (2011), ao avaliarem os efeitos dos usos no manejo do solo, encontraram maiores valores de respiração basal em sistema com mata nativa em comparação a sistemas com cultivos, possivelmente devido aos maiores valores de carbono da biomassa microbiana encontrados nesses sistemas. No verão os valores de RBS foram maiores 53%, em media, comparados ao inverno, fato relacionado a umidade do solo, pois no verão ocorreram maiores índices pluviométricos no local do estudo.

#### **2.5.4 Quociente Metabólico – $qCO_2$**

A análise isolada do CBM e da RBS pode limitar a análise do solo quanto à atividade microbiana, assim o quociente metabólico, junto com essas variáveis, fornecem informações mais adequadas para o entendimento da atividade microbiana do solo (ALVES et al., 2011). O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) é a razão entre a respiração basal e a biomassa microbiana do solo, por unidade de tempo (ANDERSON; DOMSCH, 1993), ele expressa quanto de  $CO_2$  é liberado pela biomassa microbiana em função do tempo, ele representa a taxa de respiração específica da biomassa microbiana (ALVES et al., 2011).

Maiores valores de quociente metabólico indicam solos mais jovens sob algum tipo de estresse onde população microbiana usa o carbono de suas próprias células para sua manutenção ou adaptação no solo. Valores menores indicam solos mais maduros onde os processos do solo são mais estáveis. (ANDERSON; DOMSCH, 1993; ISLAM; WEIL, 2000 b).

Silva et al. (2007), ao estudarem os efeitos do preparo convencional e o plantio direto sobre os indicadores do solo, avaliaram o quociente metabólico de um cultivo de feijão comum no inverno, encontrando valores maiores de  $qCO_2$  para o sistema de preparo convencional, atribuindo esse valor elevado ao revolvimento do solo aumenta a mineralização da matéria orgânica e a liberação do  $CO_2$  para a atmosfera (SIX et al., 2000).

Analisando quociente metabólico junto com a respiração basal pode ser um bom indicador da qualidade do solo, pois altos índices de  $qCO_2$  e RBS, num mesmo solo, indica que esse solo se encontra sob estresse (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

#### **2.5.5 Quociente Microbiano – $qMic$**

Quociente microbiano representa a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total. Essa relação tem sido utilizada com indicador da qualidade da matéria orgânica do solo, indicando a quantidade de carbono orgânico que está imobilizado na biomassa e demonstra a eficiência

dos micro-organismos na utilização dos compostos orgânicos (SILVA et al., 2010).

O qMic reflete o percentual de reserva do carbono orgânico total no solo, onde se pode perceber que áreas degradadas apresentam baixos valores de quociente microbiano, indicando menor reserva de compostos orgânicos nessas áreas (CARNEIRO et al., 2009).

Matias et al. (2008) avaliaram o efeito dos diferentes manejos do solo, numa área recém desmatada, encontraram valores de quociente microbiano maiores que 1,0%. Esses valores indicam que o carbono do solo está disponível para os micro-organismos. Altos índices de qMic indicam que a matéria orgânica do solo é ativa e esta sujeita a ser decomposta pela microbiota.

Ao estudarem o efeito no uso do solo sobre os atributos microbiológicos, Lourente et al. (2011), não encontraram efeito significativo para o qMic nos sistemas de manejo do solo associando esses resultados ao fato do experimento ter sido implantado no mesmo ano das análises.

Silva et al. (2010) quando avaliaram as alterações na biomassa microbiana em diferentes manejos do solo, encontraram valores menores de qMic nos sistema de cultivo convencional, comparando com plantio direto e cerrado nativo, que pode ser atribuída tanto ao estresse com a baixa qualidade da matéria orgânica do solo.

### **3 Material e Métodos**

O experimento foi realizado numa área experimental pertencente à Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais às margens da rodovia BR 356, próximo ao aeroporto de Viçosa- MG, coordenadas 20° 45' 16,9" latitude Sul e 42° 50' 22,6" longitude oeste, com altitude de 648 m. A região apresenta clima montanhoso e seu clima é classificado, segundo Koppen (1948), como mesotérmico úmido. O solo é classificado com Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999).

#### **3.1 Caracterização da Área Experimental**

Para as análises das características físicas do solo, uma amostra composta foi analisada a partir de quatro amostras simples, coletadas ao longo de toda área experimental na faixa de 0,00 a 0,10 m de profundidade. As análises do solo foram realizadas no Laboratório de Solos, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

#### **3.2 Sistemas de Preparo do Solo**

Para a realização do experimento utilizou-se como tratamentos os seguintes tipos de preparo do solo: plantio direto (PD), Plantio convencional (PC) e cultivo mínimo (CM). O plantio direto foi estabelecido por uma aração e duas gradagens, o cultivo mínimo por uma passada com escarificador e a plantio direto por uma passada com a semeadora adubadora de plantio direto.

#### **3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

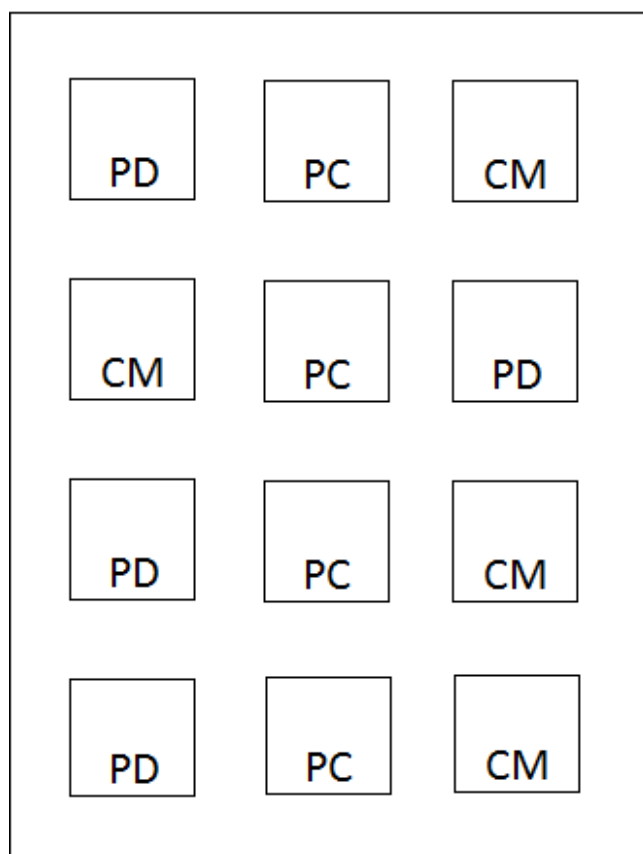
O experimento foi disposto em um esquema de parcelas sub subdivididas, tendo nas parcelas os tipos de preparos do solo, nas subparcelas

as profundidades e nas sub subparcelas as épocas de amostragem, no delineamento de blocos causalizados, com quatro repetições. Na Figura 1 tem-se a área experimental, estaqueada.



**Figura 1 - Área experimental**

Os dados foram analisados usando-se análise de variância e as medias comparadas utilizando o Teste Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxilio do SAEG (UFV, 2007). Na Figura 2 apresentamos o croqui da área experimental, demonstrando as parcelas e a distribuição dos tratamentos na área experimental.



**Figura 2** - Croqui da área experimental

### **3.4 Máquinas e implementos**

Para execução do experimento foi utilizado um trator Valtra Valmet, modelo 800, com tração dianteira auxiliar e 59 kW de potência nominal (figura 3). No plantio direto utilizou-se uma semeadora adubadora de plantio direto com três linhas de plantio marca SEED-MAX modelo 2123 (Figura 4)



**Figura 3** - Trator Valtra Valmet 800L, utilizado no experimento.



**Figura 4** - Semeadora adubadora de plantio direto

No plantio convencional utilizou-se um arado de discos reversível com três discos de 26' (Figura 5), marca IMAF, modelo UP 328, e uma grade destorroadora-niveladora de 24 discos, em tandem, marca Baldan (Figura 6).



**Figura 5**– Arado de discos utilizado no preparo convencional



**Figura 6**– Grade em tandem utilizada no preparo convencional

No cultivo mínimo utilizou-se o escarificador de molas de cinco hastes, marca Massey Ferguson 226 (Figura 7).



**Figura 7** – Escarificador utilizado no cultivo mínimo.

### **3.5 Matéria Seca e Cobertura Vegetal**

A caracterização da cobertura vegetal foi realizada a coleta de restos culturais na superfície do solo (Figura 8) com o auxílio de um gabarito de madeira com 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5m). As coletas foram realizadas em duplicatas nos quatro blocos e acondicionadas em sacos de papel. As amostras foram posteriormente secas em estufa a 65°C até atingirem peso constante. Após a secagem determinou-se a valor de matéria seca, dividindo o peso da cobertura vegetal após a secagem, pelo valor da área do gabarito, esse valor foi expresso em kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 8** - Determinação da cobertura vegetal

### 3.6 Resistência do Solo à Penetração

A resistência do solo à penetração foi determinada por um penetrômetro digital, (figura 9) utilizando ponta cônica tipo 2. As características do penetrômetro estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Características do penetrômetro utilizado no experimento

Tipo	Parâmetro
Alimentação	Carregador de bateria “inteligente” com fonte de 110/220 Vca
Tipos de cone	De acordo com a norma ASAE S313.3: - Cone tipo 1:323 mm <sup>2</sup> - Cone tipo 2:129 mm <sup>2</sup>
Profundidade máxima	600 mm
Medição de força	Célula de carga de capacidade máxima de 1000 N
Medição de profundidade	Por meio de sensor ultra-sônico, com precisão de 1 m
Capacidade de memória	768 ensaios

Foram amostrados 10 pontos aleatórios em cada parcela, na profundidade máxima de 0,20 m.



**Figura 9** - Penetrômetro digital utilizado no experimento.

### 3.7 Densidade do Solo

As coletas das amostras foram realizadas por trado de amostras indeformadas (Figura 10).



**Figura 10** - Determinação das amostras indeformadas com trado.

As amostras foram coletadas na faixa de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de profundidade e três repetições por parcelas. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório para análises de teor de água e densidade. O teor de água do solo foi determinado segundo método gravimétrico padrão, onde as amostras são secas em estufa a 105°C por 24 horas (EMBRAPA, 1997). A densidade é determinada pela divisão da umidade do solo pelo volume do anel do trado indeformado.

### 3.8 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Matéria Orgânica, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. As coletas foram realizadas em triplicata, em duas profundidades, nas faixas de 0,0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, utilizando um trado holandês. Foram coletadas três amostras simples que formaram uma amostra composta, para cada profundidade, em cada parcela (Figura 11).

As amostras compostas foram peneiradas em peneira com 2 mm de malha, acondicionadas em sacos plásticos identificados e guardadas em caixas térmicas até a chegada ao laboratório, onde foram transferidas para geladeira permanecendo em média a 4 °C até o momento das análises.



**Figura 11** - Determinação da amostra composta no campo.

### **3.8.1 Carbono Orgânico Total**

Para determinação do carbono orgânico total (COT) pesou-se 0,2 g de terra fina seca ao ar (TFSA), que foram transferidos para tubos de digestão. Adicionou-se 5 mL de solução de dicromato de potássio  $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  e 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado aos tubos de digestão, essa solução foi levada ao bloco digestor a  $170^\circ\text{C}$  por 30 minutos.



**Figura 12** - Solução após a digestão pronta para titulação, para determinação do COT.

Após a digestão as soluções foram transferidas para o erlenmeyer, onde foram adicionada água destilada e ferroin como solução indicadora (Figura 12). A solução final foi titulada com solução de sulfato ferroso amoniacal  $0,2\text{mol L}^{-1}$ . Para as mesmas condições foram realizados seis brancos, três foram para digestão e os demais não foram aquecidos. (YEOMANS; BREMNER, 1988)

O valor do COT foi calculado com base no volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação dos brancos e da amostra conforme Equação 1.

$$A = \left[ \frac{(Vba - Vam)(Vbn - Vba)}{Vbn} \right] + (Vba - Vam) \quad (1)$$

em que

$Vba$  = volume gasto na titulação do branco com aquecimento (mL);

$Vbn$  = Volume gasto na titulação do branco sem aquecimento (mL); e

$Vam$  = Volume gasto na titulação da amostra (mL).

A partir da Equação 1 pode-se determinar a quantidade de carbono orgânico total da amostra em  $\text{dag kg}^{-1}$ , conforme Equação 2

$$COT = \frac{A(MSF)(3)(100)}{Pa} \quad (2)$$

em que

A = volume calculado (mL);

MSF = Molaridade do Sulfato Ferroso ( $\text{mol L}^{-1}$ ); e,

Pa = Peso da amostra (mg).

### 3.8.2 Carbono da Biomassa Microbiana

A determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) foi feita segundo Islam e Weil (1998). As amostras foram retiradas da refrigeração foram colocadas para secar ao ar por uma noite, na manhã seguinte foram pesados 20 g de solo em placas de petri e outros 20 g de solo em erlenmeyer. O solo das placas de petri (Figura 13) foram irradiados no micro-ondas e posteriormente transferido para erlenmeyer.



**Figura 13** - Amostras em placas de petri para serem irradiadas nas micro-ondas.

Ao solo foram adicionados 80 mL de solução extratora (sulfato de potássio) e agitado por 30 minutos em agitador horizontal, filtrou-se o sobrenadante com auxílio de filtro quantitativo lento. Após a extração foram pipetados 10 mL do extrato filtrado para um erlenmeyer, e foram adicionados 2mL de dicromato de potássio, 10 mL de ácido sulfúrico e 50 ml de água destilada.

Após esfriar foram adicionados três gotas de solução indicadora (ferroin) e titulou-se o excesso do dicromato com sulfato ferroso amoniacal  $0,03\text{mol L}^{-1}$ . Foram feitos seis brancos, três com solução extratora e os demais reagentes e três sem a solução extratora. O cálculo do carbono presente na biomassa microbiana (irradiado e não irradiado) foi feito por meio da Equação 3.

$$C_{I,NI} = \frac{(Vb - Vam)(MSF)(3)(1000)(Ve)}{(Ve)(Ps)} \quad (3)$$

em que

$Vb$  = volume do branco (mL);

$Vam$  = Volume da amostra (mL);

$C_I$  = Amostra irradiada;

$C_{NI}$  = Amostra não irradiada;

$MSF$  = Molaridade sulfato ferroso;

$Ve$  = Volume do extrator; e,

$Ps$  = Peso do solo.

Pela diferença do carbono nas amostras irradiadas e não irradiadas, determinado pela Equação 3, foi calculado o carbono da biomassa microbiana em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de C no solo, segundo a Equação 4.

$$C_{mi} = \frac{(C_I - C_{NI})}{Kc} \quad (4)$$

em que

$C_I$  = carbono da amostra irradiada ( $\mu\text{g g}^{-1}$ );

$C_{NI}$  = Carbono calculado com a amostra não irradiada ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ); e,

$Kc$  = Para método de irradiação extração de carbono da biomassa microbiana utiliza-se 0,33.

### 3.8.3 Respiração Basal do Solo

Foi determinada pelo método estático sugerido por Mendonça e Matos (2005). As amostras do solo foram incubadas junto com solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, em recipiente fechado hermeticamente (Figura 14), a 25 °C.



**Figura 14** - Solo acondicionado para ser incubado, para determinação da respiração basal do solo.

Após 48 horas o recipiente foi aberto por 15 minutos, para troca de ar com o ambiente. Foram pipetados 10 mL da solução de NaOH incubada em erlenmeyer, e adicionou-se 10 mL de cloreto de bário a 0,05 mol L<sup>-1</sup>. A solução do erlenmeyer foi titulada com HCl 0,25 mol L<sup>-1</sup>, após a adição do indicador (fenolftaleína).

Ao recipiente cujo solo foi incubado, foi colocado um novo recipiente com NaOH, fechando-o hermeticamente e este conjunto solo-NaOH voltou a incubadora por mais 5 dias, totalizando 7 dias de incubação. O valor da respiração basal do solo foi determinado pelo somatório dos valores obtidos durante cada titulação.

A respiração do solo foi determinada em mg de carbono respirado em 100 cm<sup>3</sup> de solo, o cálculo do carbono respirado (C-CO<sub>2</sub>) foi determinado de acordo com a Equação 5.

$$C - CO_2 = (B - V) \times M \times 6 \times \left(\frac{v1}{v2}\right) \quad (5)$$

em que

B = volume do branco (mL);

V = volume da amostra (mL);

M = Concentração do HCl (mol L<sup>-1</sup>);

v1 = Volume de NaOH usado na captura do CO<sub>2</sub> (mL); e,

v2 = Volume de NaOH usado na titulação (mL).

### 3.8.4 Quociente Metabólico

Foi determinado a partir da respiração basal do solo e pelo carbono da biomassa microbiana, conforme equação 6. Sua unidade é expressa em mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>CO<sub>2</sub>dia<sup>-1</sup> (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

$$qCO_2 = \frac{RBS}{CBM} \quad (6)$$

em que

RBS = Taxa de respiração basal do solo (mg de C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>); e,

CBM = Carbono da biomassa microbiana (mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>).

### 3.8.5 Quociente Microbiano

Foi determinado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico total (COT), conforme Equação 7 (ANDERSON; DOMSCH, 1993), sendo expresso em porcentagem.

$$qMic = \frac{CBM}{COT} \quad (7)$$

em que

CBM = Carbono da biomassa microbiana (mg kg<sup>-1</sup>); e,

COT = Carbono orgânico total (mg kg<sup>-1</sup>).

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Caracterização da Área Experimental

#### 4.1.1 Caracterização Física do Solo

No Quadro 1 encontra-se a análise granulométrica do solo. O solo foi classificado como argila contendo 56 dag kg<sup>-1</sup> de argila em sua composição. (EMBRAPA, 1997)

**Quadro 1** – Composição granulométrica do solo estudado

Granulometria	dag kg <sup>-1</sup>
Argila	53
Areia	26
Silte	21

#### 4.1.2 Caracterização Química do Solo

No Quadro 2 encontra-se a caracterização química do solo da área experimental.

**Quadro 2** - Características químicas do solo

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-rem
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
5,8	2	93	2,2	1,09	0	4,2	4	4	8	46	0	4,39	23,1

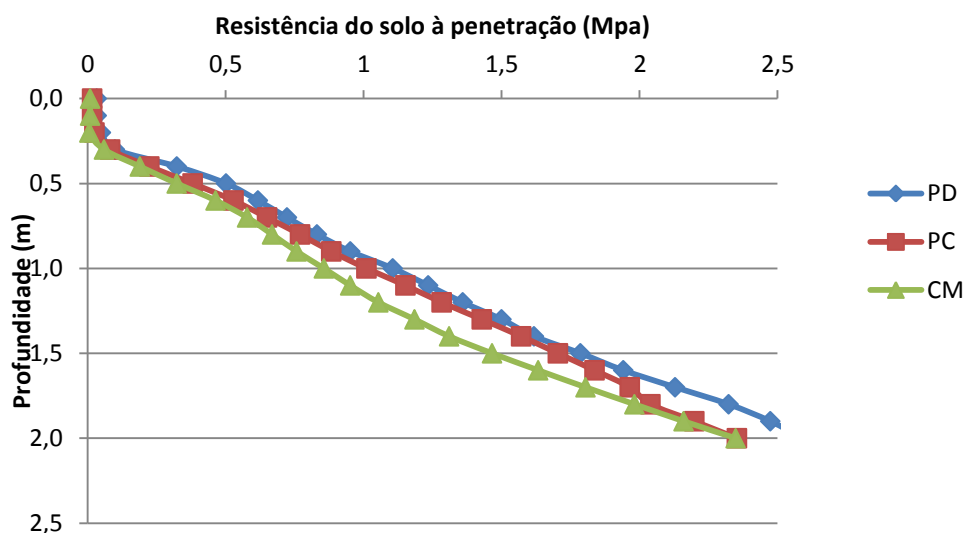
## 4.2 Matéria Seca e Cobertura Vegetal

O valor médio de cobertura vegetal foi de 6.330 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Souza et. al (2010), maiores valores de matéria seca na superfície do solo pode minimizar efeitos nocivos, como o processo de erosão, pois a matéria seca atua protegendo o solo do impacto direto das gotas de chuvas.

Nunes et al. (2006), encontraram valores de matéria seca variando de 2.346 a 6.480 kg ha<sup>-1</sup>, analisando varias espécies de cobertura. Segundo os autores, o valor mínimo de cobertura vegetal que o sistema de plantio direto deve apresentar é de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>, corroborando com os valores encontrados no presente trabalho.

### 4.3 Resistência do Solo à Penetração

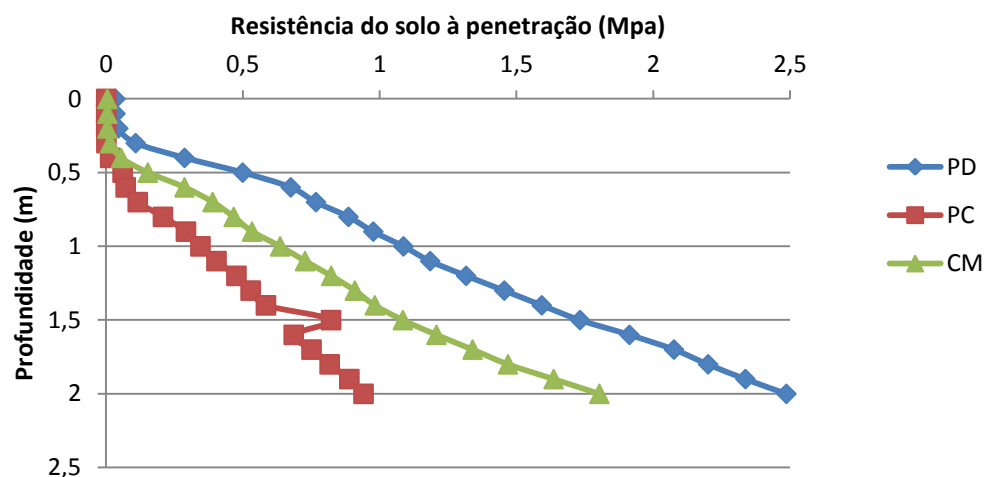
Os valores médios de resistência do solo à penetração (RP) na área estudada, antes do preparo do solo estão apresentados na Figura 15.



**Figura 15** - Resistência do solo à penetração da área estudada, antes do preparo do solo.

Os maiores valores de RP foram encontrados no plantio direto, seguido do plantio convencional. Os valores encontrados de RP, antes do preparo não sofreram grande variação, pois o solo ainda não havia sido mobilizado.

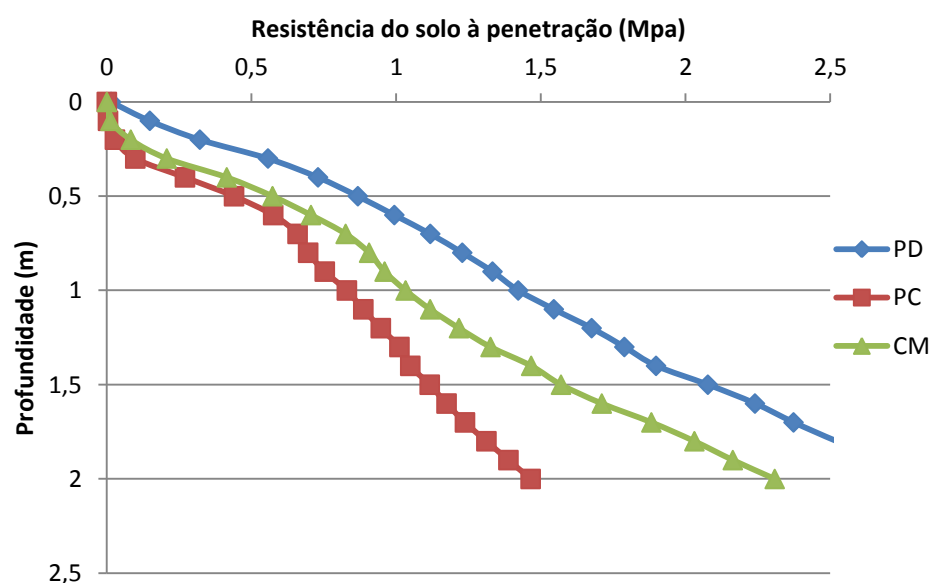
Na Figura 16 encontram-se os valores médios de RP após o preparo do solo. Percebe-se que no sistema de plantio direto ainda encontra-se os maiores valores de RP. Os menores valores de resistência do solo à penetração, após o preparo do solo, foram encontrados no plantio convencional.



**Figura 16** - Resistência do solo à penetração depois do preparo do solo.

Reichert et al (2009), quando avaliaram a influência dos sistemas de manejo na resistência do solo à penetração, encontrou menores valores de RP no preparo convencional devido a maior mobilização do solo, em comparação aos outros manejos do solo.

Os valores médios de RP, 14 dias após o preparo do solo estão na Figura 17. Após 14 dias do preparo, os maiores valores de resistência à penetração do solo foram encontrados no preparo convencional, seguido do cultivo mínimo. Os menores valores de RP foram determinados no plantio convencional.



**Figura 17** - Resistência do solo à penetração 14 dias após o preparo do solo.

Segundo Camarache et al (1990) e Merotto et al (1999) a partir de 2,0 MPa os valores de resistência do solo à penetração começam a restringir o desenvolvimento das culturas mais sensíveis. Esse valor crítico é dependente da umidade, um solo seco apresenta maior RP que um solo úmido.

Antes do preparo do solo todos os sistemas de preparo apresentaram valores de RP superiores ao valor limitante ao crescimento das raízes das culturas. O plantio direto após o preparo e 14 dias após o preparo ainda manteve, na profundidade de 0,20 m valores maiores que 2,0 Mpa, indicando a existência de uma camada compactada nessa profundidade. No cultivo mínimo depois do preparo e 14 dias depois do preparo, o valor máximo de RP, na maior profundidade de trabalho, esteve abaixo do limite crítico de desenvolvimento das raízes.

#### **4.4 Densidade do Solo**

As médias da densidade do solo estão apresentadas no Quadro 3. Os seus valores aumentaram com a profundidade para todos os tratamentos, nos três tempos avaliados.

Após o preparo do solo os valores de densidade sofreram uma pequena queda, para todos os tipos de preparo, sendo que as maiores diferenças foram encontradas na menor profundidade. Os valores de densidade muito próximos podem ser explicados devido ao recente preparo do solo, sendo que a área experimental estava em repouso por muito tempo. Para o Plantio direto e plantio convencional, os valores de densidade do solo continuaram a diminuir 14 dias após o preparo.

Segundo Reichert et al. (2009), as camadas superficiais tendem a ter menor densidade devido à mobilização sofrida pelos implementos do preparo do solo, pela maior atividade microbiana do solo e pela atividade das raízes do solo.

Centurion et al. (2007), encontraram menores densidades de solo na mata nativa, em comparação a outros manejos de solo, atribuindo esse valor a estruturação do solo causada pela matéria orgânica do solo.

**Quadro 3-** Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), antes, depois e 14 dias depois do preparo do solo em função da profundidade (m) e do tipo de preparo.

Sistemas de Preparo	Antes		Depois		14 dias depois	
	0-0,10	0,10-0,20	0-0,10	0,10-0,20	0-0,10	0,10-0,20
PD	1,11	1,17	1,10	1,17	0,82	0,90
PC	1,09	1,20	1,06	1,12	1,03	1,12
CM	1,10	1,19	1,07	1,19	1,10	1,21

A densidade do solo no cultivo mínimo teve um leve aumento 14 dias depois do preparo do solo, nas duas profundidades estudadas. Segundo Barros et al. (2013), o aumento da densidade do solo pode está associado ao aumento da aeração do solo, promovido pelas práticas de cultivos, que acabam por promover a queima da matéria orgânica do solo. Os ciclos de umedecimento e secagem rearranjam as estruturas do solo promovendo uma reconsolidação das partículas internas do solo, gerando o aumento da densidade.

Além dos teores da matéria orgânica, a granulometria do solo tem influência na densidade, pois ela influencia a distribuição dos tamanhos dos poros (ALBURQUERQUE et al., 2001).

A densidade do solo, para o plantio direto e o preparo convencional, diminuiu após 14 dias do preparo, para faixa de profundidade de 0,0 a 0,10 m. Essa queda no valor da densidade pode está relacionada com a atividade microbiológica, que nesses sistemas aumentaram após o preparo do solo. Costa et al. (2009), encontrou valores de densidade na mata atlântica da ordem de 0,90 a 1,15  $\text{kg dm}^{-3}$ , valores próximos do encontrado no presente trabalho.

#### 4.5 Análises Microbiológicas

No Quadro 4 tem-se o resumo da análise de variância das características carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (CBM), Respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) e quociente microbiano ( $q\text{Mic}$ ). As variáveis significativas foram, COT em função da profundidade a 5% de probabilidade e com o tempo a 1% de probabilidade, a interação sistemas de preparo em função da profundidade para o CBM, a

interação sistema de preparo em função do tempo para variável qCO<sub>2</sub> e o tempo de preparo para variável qMic, todos a 5% de probabilidade.

**Quadro 4-** Resumo da análise de variância das variáveis carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (CBM), Respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e quociente microbiano (qMic)

Fv	Quadrado Médio					
	GL	COT	CBM	RBS	qCO <sub>2</sub>	qMic
Bloco (B)	3	17,93	206599,70	411.722,90	23,19	15,04
Profundidade (P)	1	204,22*	196.622,8 <sup>ns</sup>	2626191 <sup>ns</sup>	8,12 <sup>ns</sup>	9,20 <sup>ns</sup>
resíduo a	3	40,40	36941,92	878.044,20	3,16	4,05
Preparos (c)	2	33,88 <sup>ns</sup>	21.818,68 <sup>ns</sup>	1218974 <sup>ns</sup>	32,86 <sup>ns</sup>	19,58 <sup>ns</sup>
C x P	2	37,89 <sup>ns</sup>	165.157,9*	16804,78 <sup>ns</sup>	32,09 <sup>ns</sup>	6,62 <sup>ns</sup>
Resíduo (B)	12	41,72	34821,91	717.746,80	16,55	21,11
Tempo (T)	2	564,06**	63.135,21 <sup>ns</sup>	860020,8 <sup>ns</sup>	15,45 <sup>ns</sup>	80,08*
T x P	2	37,44 <sup>ns</sup>	58.797,58 <sup>ns</sup>	1533237 <sup>ns</sup>	36,80 <sup>ns</sup>	3,43 <sup>ns</sup>
T x C	4	28,54 <sup>ns</sup>	81.374,41 <sup>ns</sup>	1148246 <sup>ns</sup>	35,65*	21,34 <sup>ns</sup>
T x P x C	4	15,77 <sup>ns</sup>	61.099,42 <sup>ns</sup>	1109541 <sup>ns</sup>	21,06 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>
Resíduo (C)	36	29,04	31425,88	789.828,30	12,62	17,18
Cv(%) Parcela		31,36	38,74	68,99	4,19	5,94
Cv(%) sub parcela		31,87	37,62	62,37	9,59	13,54
Cv(%)sub sub parcela		26,59	35,73	65,43	8,37	12,21

\* Significativo a 5% de probabilidade, \*\* significativo a 1% de probabilidade e NS não significativo a 5% de probabilidade.

#### 4.5.1 Carbono Orgânico Total

Houve diferença estatística nas médias do carbono da biomassa microbiana em relação à profundidade (Quadro 4) a 5% de probabilidade e em relação aos preparos do solo a 1% de probabilidade (Quadro 5). Com o aumento da profundidade observou-se um decréscimo no valor do COT.

**Quadro 5-** Médias do Carbono orgânico total (g kg<sup>-1</sup>) em função da profundidade (m)

Profundidade	Médias
0,0-0,10	21,95 a
0,10-0,20	18,58 b

As medias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Costa et al (2009) avaliaram a quantidade de carbono orgânico estocado no solo, em pasto degradado, pasto produtivo e mata natural, observaram que a medida que a profundidade aumentava, o valor de carbono orgânico, encontrado no solo diminui, fato considerado normal pelo pesquisador considerando que a camada mais superficial possui maior quantidade de matéria orgânica.

Avaliando a quantidade de carbono em diferentes sistemas de preparo do solo e épocas de amostragem, Loss et al. (2010), encontraram valores de carbono orgânico total de 13,7 e 11,5 g kg<sup>-1</sup> nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05 – 0,10 m, respectivamente.

Fontana et al. (2011) ao estudarem os compartimentos da matéria orgânica em solo com diferentes coberturas, encontraram menores valores de COT em maiores profundidades, além de maiores teores de COT em mata nativa em comparação a solos cultivados, esses valores podem estar associados a maior reserva e aporte de matéria orgânica nos solos da mata, além da menor ação do homem.

Em relação aos tipos de sistemas de preparo do solo não houve diferença estatística entre o plantio direto e o sistema de plantio convencional (Quadro 6). Já o cultivo mínimo apresentou diferença estatística a 1% de probabilidade pelo teste Tukey, dos demais tratamentos. As maiores médias de COT foram encontradas no sistema de plantio direto.

Segundo Jakelaitis et al. (2008), menores valores de COT encontrados nos solos cultivados podem ser explicados pelo aumento do consumo de carbono pelos micro-organismos do solo.

**Quadro 6**– Médias do Carbono orgânico total (g kg<sup>-1</sup>) em função dos tipos de preparo do solo.

Sistemas de Preparo	Médias
PD	23,81 a
PC	22,24 a
CM	14,74 b

Fernandes et. al (2013), avaliaram o carbono orgânico total em áreas revegetadas e áreas desertificada e encontrou diferenças estatísticas entres as

áreas, sendo que a área revegetada apresentou maiores índices de COT, após um ano do plantio.

Ao avaliarem os efeitos do uso de solo nos tipos de manejos do solo, Carneiro et al. (2009), encontraram maiores teores de COT em pastagens cultivadas que em pastagens nativas, segundo os autores o COT é um atributo pouco sensível ao tipo de manejo do solo, por identificar diferenças significativas apenas em áreas com interferência antrópica por longo período de tempo.

Analisando os efeitos dos diferentes manejos do solo, Souza et al. (2006), concluíram que o COT não foi influenciado pelo tipo de manejo do solo em áreas com mais de 10 anos de interferência antrópica, pois os valores de COT não diferiram da área de cerrado nativo e das áreas de cultivos, fato também observado no presente trabalho.

#### **4.5.2 Carbono da Biomassa Microbiana**

As médias dos valores do carbono da biomassa microbiana estão apresentadas no Quadro 7. Na faixa de 0,0 a 0,10 m de profundidade, o sistema de plantio direto não diferiu estatisticamente do cultivo mínimo assim como o cultivo mínimo não diferiu estatisticamente do preparo convencional. Para essa profundidade, as maiores médias foram encontradas no plantio direto seguidas pelo cultivo mínimo e finalmente o plantio convencional.

Já na faixa de 0,10 a 0,20 m de profundidade não houve diferença estatística a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey embora o preparo convencional tenha apresentado maiores valores de CBM, seguidos do cultivo mínimo, os menores valores foram encontrados no plantio direto.

Ao avaliar os atributos biológicos como indicadores das alterações sofridas no solo, Neves et al. (2009), encontraram valores de CBM para o cerrado nativo da ordem de  $1.498 \mu\text{g g}^{-1}$ , nas camadas superficiais. O efeito da profundidade só foi significativo, estatisticamente, para o plantio direto, sendo que o valor do carbono da biomassa microbiana diminuiu com o aumento da profundidade.

Santos et al. (2004) pesquisaram o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre o carbono do solo, encontrando maiores valores de CBM na faixa de 0,0 - 0,05 m de profundidade, da ordem de  $148,3 \mu\text{g g}^{-1}$ . Os valores

encontrados por Santos et al. (2006) foram menores que os encontrados neste trabalho devido a área, antes do preparo, não apresentar nenhuma mobilização do solo. À medida que se aumentou a profundidade os valores de carbono da biomassa microbiana diminuíram devido às menores taxas de carbono orgânico biodegradável nessas profundidades.

**Quadro 7-** Médias de carbono da biomassa microbiana ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em função do sistema de preparo e da profundidade do solo (m).

Sistemas de Preparo	Profundidade	
	0,0-0,10	0,10-0,20
PD	667,98 a A	385,98 b A
PC	443,39 a B	490,08 a A
CM	533,65 a AB	455,42 a A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No sistema de plantio direto, na faixa de 0,0 a 0,10 m de profundidade, o valor de CBM foi maior em comparação com as camadas mais profundas. Para os outros tipos de preparo do solo não houve diferença estatística a 5 % de probabilidade no teste tukey em relação à profundidade.

Ao estudarem o efeito do tipo de manejo nos atributos do solo, Lourente et al. (2011), não encontraram diferença estatística nos valores de carbono da biomassa microbiana entre o sistema de preparo convencional e o plantio direto. Fato esse associado à coleta de amostras serem realizada no primeiro ano do preparo convencional.

Após análise da qualidade dos solos em diferentes manejos por meio de indicadores microbianos, Lisboa et al. (2012), observaram valores de CBM superiores no sistema de plantio direto em comparação ao plantio convencional. Comparado o plantio direto com a mata nativa, os pesquisadores não encontraram diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Matias et al. (2009) avaliaram os estoques de carbono em diferentes tipos de manejo do solo e observaram que os valores de CBM para o sistema de plantio direto foram maiores que no sistema de plantio convencional, indicando que o revolvimento do solo danifica os células microbianas e conseqüentemente diminui o teor de carbono da biomassa microbiana.

### 4.5.3 Respiração Basal do Solo

Segundo o resumo da análise de variância (Quadro 4), a respiração basal não apresentou diferença estatística a 5% de probabilidade. Os valores médios da Respiração basal do solo (RBS) estão apresentados no Quadro 8.

**Quadro 8** – Valores médios de respiração basal do solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em função do sistema de preparo e da profundidade do solo (m) e tempo de amostragem

Sistema de	Antes		Depois		14 dias depois	
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,0-0,10	0,10-0,20	0,0-0,10	0,10-0,20
Preparo						
PD	1011,89	1689,77	2739,17	1343,93	1517,56	1129,92
PC	1172,18	1088,76	2317,20	1043,63	1311,16	1347,02
CM	1048,07	887,26	795,96	874,42	2030,38	1101,14

Alves et al. (2011) estudaram a influência dos diversos sistemas na atividade microbiana e não observaram diferenças estatísticas em relação a respiração basal do solo nos tipos de manejo do solo, Integração lavoura agropecuária, vegetação nativa e vegetação nativa em recuperação.

Quando avaliaram a atividade microbiológica em diferentes tipos de manejo, Santos et al. (2004) encontraram maiores valores de respiração, na faixa de 0,0-0,05 m de profundidade, para sistemas onde o solo se manteve perto das condições naturais. A faixa de 0,05-010 m de profundidade, não apresentou diferença estatística entre os sistemas de manejo. Comparando o plantio direto com o preparo convencional, os autores encontraram maiores valores de RBS no sistema de plantio direto, pois esse sistema possui maiores teores de carbono orgânico total.

O aumento dos valores de respiração basal após o preparo do solo está interligado as perturbações que o solo e as populações microbianas sofrem (NASCIMENTO et al., 2009). Porém, segundo Islam e Weil (2000), altas taxas de respiração podem indicar ou não algum tipo de distúrbio no solo, por esse motivo a análise da respiração basal não deve ser feita isoladamente e sim em conjunto com o quociente metabólico.

A respiração basal está relacionada com o carbono orgânico total e com o carbono da biomassa microbiana (HENDRIX et al., 1988).

#### 4.5.4 Quociente Metabólico

No Quadro 9 tem-se as médias do quociente metabólico ( $qCO_2$ ) em função do tipo de preparo e do tempo de amostragem.

**Quadro 2** – Médias do  $qCO_2$  ( $mg\ kg^{-1}dia^{-1}$ ) em função da tipo de preparo e do tempo de amostragem

Sistemas de Preparo	Tempo		
	Antes	Depois	14 Dias
PD	7,41 a A	4,24 a A	3,81 a A
PC	2,55a B	4,02 ab A	7,37 b A
CM	2,99 a AB	1,95 a A	3,82 a A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para sistema de preparo, observa-se que houve diferença estatística somente antes do preparo do solo, sendo o plantio direto estatisticamente igual ao cultivo mínimo e o plantio convencional estatisticamente diferente do plantio direto, mas estaticamente igual ao cultivo mínimo.

Os maiores valores após o preparo do solo foram encontrados no sistema de plantio direto ( $4,24\ mg\ kg^{-1}dia^{-1}$ ), seguido do preparo convencional ( $4,02\ mg\ kg^{-1}dia^{-1}$ ). Após o preparo do solo os valores encontrados, para todos os tipos de preparo, não apresentaram diferença estatística, provavelmente isso se deve ao fato que as coletas das amostras foram realizadas logo após a passada do implemento no solo.

Após 14 dias de preparo do solo o sistema de preparo convencional obteve a maior media de  $qCO_2$  ( $7,37\ mg\ kg^{-1}dia^{-1}$ ). Esses resultados representam a respiração específica dos micro-organismos do solo. Quando o quociente metabólico é alto, os micro-organismos estão oxidando carbono de suas células, conseqüentemente o sistema solo/micro-organismos estão em condição de estresse. (ANDERSON; DOMSCH, 1993; ISLAM; WEIL, 2000).

Balota et al. (1998) encontraram valores médios de quociente metabólico variando de  $4,13$  a  $9,31\ \mu g\ CO_2/\mu g\ C\ h^{-1}$  no sistema de plantio direto e de  $3,32$  a  $15,931\ \mu g\ CO_2/\mu g\ C\ h^{-1}$  para o preparo convencional, em média o plantio direto apresentou menores medias de  $qCO_2$ .

Cunha et al. (2011), ao avaliarem a interferência do tipo de preparo do solo na atividade microbiológica, encontraram valores de quociente metabólico para o solo preparado de forma convencional e na semeadura direta, que não apresentaram diferenças estatísticas.

Quando a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos CO<sub>2</sub> é perdido para atmosfera e maior taxa de carbono é incorporado a biomassa microbiana, resultando em menores valores de qCO<sub>2</sub> (CUNHA et al., 2011).

A substituição da vegetação acelera a decomposição dos resíduos vegetais e assim o valor do quociente metabólico aumenta (SILVA et al., 2007). Explicando assim o aumento do quociente metabólico 14 dias após o preparo do solo no sistema de plantio convencional.

#### 4.5.5 Quociente Microbiano

As médias do quociente microbiano (qMic) se encontram no Quadro 10. Segundo o quadro de variância (Quadro 4) o quociente microbiano foi significativo a 5 % de probabilidade em relação ao tempo do preparo do solo.

Antes do preparo do solo e depois do preparo não apresentaram diferenças estatísticas, esse valor pode ser explicado pela forma de amostragem. As amostras de solo foram retiradas logo após o preparo do solo, provavelmente, os micro-organismos não tiveram tempo de resposta, ou seja, a atividade microbiológica permaneceu constante logo após o preparo do solo.

A maior média de qMic foi encontrada 14 dias após o preparo do solo, 5,48%. Esse valor alto indica que a matéria orgânica está imobilizada nas células dos micro-organismos no solo. (MERCADANTE, 2001; SAMPAIO et al. 2008).

**Quadro 3**– Médias do qMic (%) em função dos sistemas de preparo

Tempo de Preparo	qMic
Antes	2,12 a
Depois	2,57ab
14 dias depois	5,48 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Silva et al.(2010), o quociente microbiano indica a quantidade de carbono do solo que está imobilizado na biomassa microbiana. Também encontraram maiores valores de qMic para o cerrado nativo e menores valores para o preparo convencional. Valores baixos de qMic estão relacionados a baixa qualidade da matéria orgânica ou que a microbiota se encontra em uma situação de estresse.(GAMA-RODRIGUES et al., 2008)

O quociente microbiano pode variar de 1% a 4%, sendo que valores inferiores a 1% indicam que existe algum fator limitante a atividade microbiológica no solo (JAKELAITIS et al., 2008).

O valor de equilíbrio do carbono no solo estaria em 2,2 %, para solos cultivados, assim no presente trabalho antes do preparo (2,12 %) indica que o sistema solo/micro-organismos estaria em equilíbrio, está pouco acima do índice de equilíbrio (JENKINSON; LADD, 1981)

## 5. Conclusões

- O plantio direto apresentou maiores índices de carbono da biomassa microbiana na faixa de 0,0 - 0,10 m de profundidade,  $667,98 \text{ mg kg}^{-1}$ .
- O plantio convencional apresentou maiores valores de quociente metabólico após 14 dias do preparo do solo, sendo  $7,37 \text{ mg kg}^{-1}\text{dia}^{-1}$ .
- Foi observado maior interferência na atividade microbológica após 14 dias do preparo.
- O plantio direto foi o sistema que apresentou menor interferência na atividade microbológica do solo.

## 6. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.

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**, v. 33, n. 2, 2011.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient of CO<sub>2</sub> (q CO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as pH, on the microbial of forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 857-865, 2000.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, T. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009.

American Society of Agricultural and Biological Engineering. ASABE. - Standards 2005: **Definitions for Soil Tillage and Soil-Tool Relationships**, n. St. Joseph, Michigan, 2005, p 130-134.

American Society of Agricultural and Biology Engineering. ASABE - Standards 2006 93: **Soil cone penetrometer**. St. Joseph, 2006. P 391-398.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo:1990. 307p.

BALOTA, E. L.; FILHO, A. C.; 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**, v. 22, p. 641-649, 1998.

CALONEGO, J. C.; SANTOS, C. H. D.; TIRITAN, C. S.; JUNIOR, J. R. C. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 128-135, 2012.

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

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; CIRO ANTÔNIO ROSOLE. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciada pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

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

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527-535, 2003.

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. D.; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1137-1145, 2009.

CUNHA, E. D. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. D. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603-611, 2011.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, olhar, tem dois 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: p. 589-602, 2011.

CUNHA, J. P. A. R. D.; CASCAÃO, V. N.; REIS, E. F. D. Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Solos. 1999. 412p.

EMBRAPA. - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de Solo 2ª edição**. Revista e atualizada. Rio de Janeiro: Centro nacional de pesquisas do solo, 1997, p. 212.

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

FONTANA, A.; SILVA, C. F. D.; PEREIRA, M. G.; BRITO, R. J. D.; BENITES, V. D. M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P. SANTOS, G.A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. **Revista brasileira de ciência do solo**, 32: p.1489-1499, 2008

HENDRIX, P.F.; HAN, C.-R.; GROFFMAN, P.M. Soil respiration in conventional and no-tillage agroecosystems under different winter cover crop rotations. **Soil Till. Res.**, 12:135-148, 1988

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, v. 15, n. 4, p. 177-188, 1988.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 55, p. 69-78, 2000.

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.

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

JENKINSON, D.S & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.M. eds. **Soil biochemistry**, vol.5. NewYork, Marcel Decker, 1981. p.415-471.

KAMIMURA, K. M.; ALVES, M. C.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. D. S. Propriedades Físicas de um latossolo vermelho sob cultivo do arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água. **Revista Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 723-731, 2009.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. D.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 36, n. 1, p. 33-43, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C. D.; SILVA, E. M. R. D. Quantificação d carbono das substancias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Revista Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 913-922, 2010.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; CEZESMUNDO FERREIRA GOMES; ADRIANO SOARES GASPARINI; NUNES, C. M. Atributos Microbiológicos, Químicos E Físicos De Solo Sob Diferentes Sistemas De Manejo E Condições De Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, 2011.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural num cambissolo háplico. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 9, n. 1, p. 9-19, 2010.

MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. D. C. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, 2009.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MULLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: Alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1197-1206, 2011.

MENDONÇA, E. D. S.; MATOS, E. D. S. **Matéria Orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005

MERCADANTE, F. M. Os micro-organismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistema de produção de grãos e pastagem. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2001.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. D. S.; CARBONERA, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 584-590, 2012.

NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R. R.; OLIVEIRA, P. D.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade Do Arroz De Terras Altas Em Função Do Manejo Do Solo E Da Época De Aplicação De Nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, 2011.

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**, v. 4, n. 2, 2009.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. D. S.; D'ANDRÉA, A. F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no nordeste do estado de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 105-112, 2009.

NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 2425-2433, 2008.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; RESCK, D. V. S. Compressibilidade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo com a tensão de água no solo, uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 773-781, 2003.

OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONCELOS, R. F. B.; PEDROSA, E. M. R. Distribuição de agregados e carbono orgânico em um argissolo amarelo distrocoeso em diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 907-913, 2010.

OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R.; PASSOS, D. P.; ARAUJO, H. S.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, V. H. N. Formas de preparo de solo e controle de plantas daninhas nos fatores agronômicos e de produção da mandioca. **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2241-2246, 2012.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. D. C.; GUIMARÃES, M. D. F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração de um latossolo vermelho amarelo do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 381-384, 2008.

RAMOS, M. L. G.; MENEGHIN, M. F. S.; PEDROSO, C.; GUIMARÃES, C. M.; KONRAD, M. L. D. F. Efeito dos sistemas de manejo e plantio sobre a densidade funcional de micro-organismos, em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 58-68, 2012.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 310-319, março 2009.

SALVADOR, N.; MION, R. L.; BENEZ, S. H. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 870-874, 2009.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, **Gênese**, p.508, 1999.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, D. A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 3, 2003.

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

SILVA, I. R. D.; MENDONÇA, E. D. S. Matéria Orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; V. H. A.; BARROS, N. F. D.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. e NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do Solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência dos Solos**, 2007.

SILVA, J. C. D.; WENDLING, B.; CAMARGO, R. D.; MENDONÇA, L. B. P.; FREITAS, M. D. C. M. D. Análise comparativa entre os sistemas de preparo do solo: Aspectos técnicos e econômicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-11, 2011.

SILVA, J. M.; ALBURQUERQUE, L. S. D.; SANTOS, T. M. C. D.; OLIVEIRA, J. U. L. D.; GUEDES, E. L. F. Mineralização de vermicompostos estimada pela respiração microbiana. **Revista Verde**, v. 8, n. 4, p. 132-135, 2013.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALIVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E.T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.681-689, 2000.

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

SOUZA, F. S. D.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; PINHO, R. G. V.; LIMA, G. C. Índice de cobertura vegetal pela cultura do milho no período de chuvas intensas no sul de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 345-351, 2010.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P.; BUCKMASTER, D. R. Engineering Principles of Agricultural Machines. 2. Michigan - USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2006.

UFV – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG – Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV, Viçosa, 2007.

YEOMANS; BREMNER. Carbono Orgânico Total do Solo. In: MENDONÇA, E. D. S. e MATOS, E. D. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. Viçosa: UFV, 2005.