



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM MANEJO DO SOLO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DINÂMICA DO CARBONO EM
SISTEMAS DE USO DO SOLO NO
OESTE E PLANALTO DE SANTA
CATARINA**

JANAINA MATTGE BRÖRING

LAGES, 2013

JANAINA MATTGE BRÖRING

**DINÂMICA DO CARBONO EM SISTEMAS DE USO DO SOLO
NO OESTE E PLANALTO DE SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC.

Orientador: Dr. Osmar Klauberg Filho

Coorientadores: Dr. Álvaro Luiz Mafra

Dr^ª. Carolina R. D. Maluche
Baretta

Dr. Dilmar Baretta

**LAGES - SC
2013**

B873d Bröring, Janaina Mattge
Dinâmica do carbono em sistemas de uso do solo
no Oeste e Planalto de Santa Catarina / Janaina
Mattge Bröring. - 2013.
98 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Osmar Klauberg Filho

Coorientador: Álvaro Luiz Mafra

Coorientadora: Carolina R. D. Maluche Baretta

Coorientador: Dilmar Baretta

Bibliografia: p. 74-93

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Manejo do Solo, Lages, 2013.

1. Sistemas de uso do solo. 2. Atributos
microbiológicos. 3. Dinâmica do C. I. Bröring,
Janaina Mattge. II. Klauberg Filho, Osmar. III.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Manejo do Solo. IV. Título

CDD: 631.4 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do
CAV/UDESC

JANAINA MATTGE BRÖRING

DINÂMICA DO CARBONO EM SISTEMAS DE USO DO SOLO NO OESTE E PLANALTO DE SANTA CATARINA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Aprovado em: ___/___/___ Homologado em: ___/___/___

Banca Examinadora:

Orientador: _____
Prof. Dr. Osmar Klauberg Filho
Universidade do Estado de Santa Catarina

Coorientador: _____
Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra
Universidade do Estado de Santa Catarina

Coorientadora: _____
Prof^ª. Dr^ª. Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____
Dr. Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro externo: _____
Prof. Dr. José Paulo Afonso Filipe de Sousa
Universidade de Coimbra

Lages, 26 de Julho de 2013.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas oportunidades concedidas em minha vida e por iluminar meu caminho.

Aos meus pais e irmã pelo apoio e suporte nesta etapa.

Ao meu noivo Luiz pelo incentivo, compreensão e dedicação, especialmente nestes dois últimos anos.

Ao pessoal do laboratório de Microbiologia e Fauna do Solo CAV - UDESC e do laboratório de Solos CEO - UDESC pela colaboração no projeto, em especial a Gessiane Ceola, Ana Carolina Lovatel, Mariana Mattge Bröring e Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho.

Ao meu orientador Osmar Klauberg Filho pela orientação, confiança e paciência.

Aos meus co - orientadores, Álvaro Luiz Mafra, Carolina Riveira Duarte Maluche Baretta e Dilmar Baretta, que tornaram possível o encaminhamento do projeto na ausência do professor Osmar no Brasil.

Ao Programa de Pós - Graduação em Manejo do solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, pela oportunidade do mestrado.

Ao CNPq e FAPESC pelos recursos destinados pelo Edital MCT/CNPq/MMA/MEC/CAPES/FNDCT – Ação Transversal/FAPs Nº 47/2010 - Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade - SISBIOTA Brasil, aprovado em DEZ/2010, projeto “Biodiversidade de Organismos Edáficos e Atributos Físico-químicos como Indicadores da Qualidade do Solo em Sistemas de Manejo do Estado de Santa Catarina”.

Ao grupo de pesquisa Solos e Sustentabilidade pela oportunidade.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À todos que direta ou indiretamente me auxiliaram e tornaram viável a concretização deste estudo.

RESUMO

BRÖRING, Janaina Mattge. **Dinâmica do carbono em sistemas de uso do solo no Oeste e Planalto de Santa Catarina**. 2013. 98f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de pós - graduação em Manejo do Solo, Lages, 2013.

Sistemas de uso do solo apresentam comportamento diferenciado em relação à dinâmica do C, podendo estar relacionado com a atividade dos microrganismos e associado com a disponibilidade de nutrientes no solo, mediando a decomposição, mineralização e imobilização do C orgânico disponível nos diversos sistemas de uso. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo através dos atributos microbiológicos, nas regiões do Planalto e Oeste de Santa Catarina, em duas épocas, inverno e verão. As áreas de coleta envolveram os municípios de Campo Belo do Sul, Otacílio Costa e Lages no Planalto e, Chapecó, São Miguel do Oeste e Xanxerê no Oeste, onde os três municípios de cada região representaram repetições verdadeiras dos sistemas estudados. Em cada município, foram selecionados cinco sistemas de uso do solo, sendo: floresta nativa (FN), pastagem (PA), reflorestamento de eucalipto (RE), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD). Para o delineamento experimental foi instalado em cada sistema de uso uma grade amostral com nove pontos distanciados 30 m entre si e com 20 m de bordadura. Os tratamentos foram arrançados em um esquema fatorial 5 x 2 x 3, considerando cinco sistemas de uso e duas épocas de amostragem, com três repetições verdadeiras. Os seguintes atributos microbiológicos do solo foram avaliados: carbono da biomassa microbiana (CMic) utilizando o método de fumigação – extração, atividade microbiana determinada pela respiração microbiana (RMic), quociente metabólico (qCO_2) calculado com os resultados da atividade respiratória microbiana e do CMic e o quociente microbiano ($qMic$) calculado a partir dos resultados de CMic e carbono orgânico total (COT). Foram avaliados também o carbono orgânico total e o carbono particulado do solo. Foram estabelecidas relações entre os atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo. A intensidade de uso do solo modificou os

compartimentos de C do solo. A FN e PA apresentaram maior CMic e atividade da microbiota do solo, representada pela respiração microbiana. A PA apresentou-se como um sistema eficiente em utilizar o carbono orgânico do solo, com valores baixos de qCO_2 e altos de $qMic$. O qCO_2 apresentou menores valores no inverno entre os sistemas de uso. FN apresentou os maiores valores de COT e carbono orgânico particulado. Os atributos químicos e físicos apresentaram correlações com os atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C no solo.

Palavras - chave: Sistemas de uso do solo. Atributos microbiológicos. Dinâmica do C.

ABSTRACT

BRÖRING, Janaina Mattge. **Carbon dynamics in systems of land use in the West and Plateau of Santa Catarina**. 2013. 98f. Dissertation (Master of Land Management) - University of the State of Santa Catarina. Graduate program in Soil Management, Lages, 2013.

Systems of land use have different behavior regarding the C dynamics, may be related with the activity of microorganisms and associated with the availability of nutrients in the soil, mediating decomposition, mineralization and immobilization of organic C available in different systems of use. The objective this work was to evaluate C dynamics in different systems of land use through microbiological attributes, in regions the Plateau and West of Santa Catarina, in two seasons, winter and summer. Collection areas involved municipalities of Campo Belo do Sul, Otacílio Costa and Lages in Plateau and, Chapecó, São Miguel do Oeste and Xanxerê in West, where the three municipalities of each region represented true replications of the systems studied. In each city, were selected five systems of land use, as follows: native forest (FN), pasture (PA), eucalypt plantations (RE), crop-livestock integration (ILP) and no tillage (PD). For the experiment was installed on each system using a grid with nine sample points spaced 30 m apart and 20 m of edging. Treatments were arranged in a 5 x 2 factorial design, considering five systems use and two sampling periods, with three replicates true. The following soil microbiological attributes were evaluated: carbon of microbial biomass (CMic), using the method of fumigation - extraction, microbial activity determined by microbial respiration (C-CO₂), metabolic quotient (*q*CO₂) calculated with the results of microbial respiration and CMic and microbial quotient (*q*Mic) calculated from the results of CMic and total organic carbon (COT). Were also evaluated the total organic carbon and particulate carbon of soil. Relations were established between the attributes microbiological, chemical and physical soil. The intensity of land use changed compartments C soil. The FN and PA had higher CMic and activity microbial of soil, represented by microbial respiration. The PA is presented as an efficient in using soil organic carbon, with low values of *q*CO₂ and high of *q*Mic. The *q*CO₂ had the low values in winter

between land use systems . The FN had the highest values of COT and particulate organic carbon. The chemical and physical attributes showed correlations with microbiological attributes related to the C dynamics of soil.

Keywords: Systems of land use. Microbiological attributes. C dynamics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Regiões e municípios selecionados para estudo no Estado de Santa Catarina..... 33
- Figura 2 - Representação do gradiente de intensificação do uso do solo, seguindo a ordem de sistema com menor uso para o de maior uso do solo; FN (floresta nativa), RE (reflorestamento de eucalipto), PA (pastagem), ILP (integração lavoura-pecuária) e PD (plantio direto)..... 34
- Figura 3 - Temperatura média mensal (°C) e precipitação pluviométrica mensal (mm), para região do Planalto (a) para o ano de 2011 e o mês de janeiro de 2012 e Região Oeste (b) para o ano de 2011, representado pelos municípios de Lages e Chapecó, respectivamente..... 45
- Figura 4 - Esquema experimental, pontos amostrados por tratamento..... 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de atributos microbiológico relacionados com a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo..... 26

Tabela 2 - Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Planalto do Estado de Santa Catarina..... 35

Tabela 3 - Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Oeste do Estado de Santa Catarina..... 40

Tabela 4 - Atributos químicos do solo na camada de 0 - 10 cm, para o Planalto e Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD..... 46

Tabela 5 - Atributos físicos do solo na camada de 0 - 10 cm, para o Planalto e Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD..... 48

Tabela 6 - Carbono da biomassa microbiana (CMic) e quociente microbiano (q_{Mic}) no Planalto Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD 53

Tabela 7 - Carbono da biomassa microbiana (CMic) e quociente microbiano (q_{Mic}) no Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD 54

Tabela 8 - Carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico particulado (COP) no Planalto e Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD..... 54

Tabela 9 - Respiração microbiana do solo (RMic) e quociente metabólico (qCO_2) no Planalto Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD..... 58

Tabela 10 - Respiração microbiana do solo (RMic) e quociente metabólico (qCO_2) no Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD..... 59

Tabela 11 - Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Planalto Catarinense..... 62

Tabela 12 - Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Oeste Catarinense..... 67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	HIPÓTESES.....	14
1.2	OBJETIVOS	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	QUALIDADE DO SOLO.....	16
2.2	CARBONO E SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E TRATAMENTOS.....	33
3.2	ESQUEMA EXPERIMENTAL E AMOSTRAGEM.....	49
3.3	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	50
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5	CONCLUSÕES.....	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
	ANEXOS.....	94

1 INTRODUÇÃO

O uso do solo para sistemas de exploração agrícola, florestal e agropecuária pode alterar seus atributos. O solo é um sistema que interage atributos químicos, físicos e biológicos. Como um recurso natural e dinâmico é necessário que seja manejado adequadamente, buscando uma condição de sustentabilidade dos sistemas de uso do solo, para manutenção de sua qualidade.

A qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade deste recurso exercer várias funções, dentre elas, sustentar a produtividade biológica e a qualidade ambiental (DORAN; PARKIN, 1994). A condição de qualidade do solo pode ser verificada com o uso de indicadores físicos, químicos ou biológicos em diferentes sistemas de uso solo. A matéria orgânica é um indicador importante do solo que está relacionada com a retenção e disponibilidade de água, ar e nutrientes no solo, composta por biomassa viva de microrganismos que auxiliam na manutenção da produtividade do solo. Ela desempenha um papel importante no ciclo global do C com aumento do interesse no sequestro de C atmosférico para a manutenção da qualidade ambiental e do solo (DORAN et al., 1998).

O solo pode atuar como fonte ou dreno de C, sendo um importante reservatório deste elemento. A dinâmica do C no solo é influenciada pelo tipo de preparo do solo, rotação de culturas e condições ambientais, estas, principalmente relacionadas com a temperatura e umidade. A principal fonte de carbono no solo em áreas naturais é o depósito da serapilheira na superfície do solo.

Para a manutenção da produtividade do solo é necessário o processo de transformação da matéria orgânica e da biomassa e atividade dos microrganismos do solo. A biomassa microbiana do solo é considerada um atributo biológico sensível as mudanças de uso no solo. Ela é responsável por controlar funções importantes na dinâmica do C no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, estabilidade de agregados e a transformação e reserva de nutrientes do solo (ARAÚJO; MELO, 2012). Práticas de uso do solo que alterem seus atributos, modificam a dinâmica do C, a microbiota e a ciclagem de nutrientes no solo. Sistemas com baixa mobilização do solo intensificam

a estabilização do C no solo podendo ser verificado pelo comportamento da biomassa microbiana no solo (BAYER et al., 2011).

Diversos estudos têm evidenciado a importância da biomassa microbiana do solo quando se pretende estudar os efeitos do manejo ou uso do solo, destacando-se a sua capacidade de responder rapidamente às mudanças no ecossistema do solo (CARVALHO et al., 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2008a; CARNEIRO et al., 2009; FRAZÃO et al., 2010; LOURENTE et al., 2011).

A avaliação da dinâmica do C no solo ao longo de um gradiente biogeográfico e de intensificação de uso, com repetições verdadeiras de sistemas amostrados, é uma abordagem ainda não utilizada no Brasil ou mesmo a nível internacional e constitui o objeto maior deste trabalho. Tal abordagem poderá constituir um passo adiante nos estudos de dinâmica do C no solo.

Este estudo está vinculado ao projeto “Biodiversidade de Organismos Edáficos e Atributos Físico-químicos como Indicadores da Qualidade do Solo em Sistemas de Manejo do Estado de Santa Catarina”, Edital MCT/CNPq/MMA/MEC/CAPES/FNDCT – Ação Transversal/FAPs Nº 47/2010 - Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade - SISBIOTA Brasil, aprovado em DEZ/2010.

1.1 HIPÓTESES

1. O aumento na intensidade de uso modifica a dinâmica do C no solo e reduz o C nos compartimentos e a eficiência de utilização do C pela microbiota do solo.
2. Considerando os sistemas de uso selecionados para este estudo é esperado que os menores teores de C e de eficiência de uso pela microbiota sigam a seguinte ordem: Floresta nativa > Reflorestamento de eucalipto > Pastagem > Integração lavoura-pecuária > Plantio direto.
3. A dinâmica de C em cada sistema de uso é influenciada por atributos químicos e físicos dos solos nas áreas e regiões de estudo.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica do C em função dos atributos microbiológicos no solo dentro de um gradiente de intensificação de uso do solo. Com isso os objetivos específicos foram:

1. Avaliar os teores de C no compartimento microbiano do solo (C da biomassa microbiana) e suas relações com o C orgânico total no solo (quociente microbiano) e a atividade microbiana (respiração microbiana e quociente metabólico) em cinco sistemas de uso sendo estes: floresta nativa, reflorestamento de eucalipto, pastagem, integração lavoura-pecuária e plantio direto, nas regiões Planalto e Oeste Catarinenses.
2. Determinar as relações entre os atributos microbianos da dinâmica do C e os atributos químicos e físicos dos solo nos sistemas e regiões de estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 QUALIDADE DO SOLO

Num determinado agroecossistema, para refletir o uso sustentável ou não do solo, são necessários indicadores do comportamento do sistema que são diagnósticos dessa condição (WHITE, 2009), desta forma, o recurso solo deve ser analisado como um sistema dinâmico que emerge de interações entre componentes físicos, químicos e biológicos (KARLEN et al., 1997). Nesse contexto, qualidade do solo (QS) é a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, que o habilita a exercer suas funções (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009), referindo à natureza dinâmica dos solos, influenciada pelo uso e manejo do homem (REICHERT et al., 2003), estando relacionada com as funções que capacitam o solo a aceitar, estocar e reciclar água, nutrientes e energia (CARTER, 2001). O solo por si só não atinge a qualidade, e sim o sistema solo - planta - organismos, integrados e adaptados ao seu local no ambiente (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Segundo Doran e Parkin (1994), a QS pode ser conceituada como a capacidade deste recurso exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana. Sistemas de produção agrícola podem alcançar a QS, se forem empregadas práticas baseadas no mínimo de revolvimento do solo, como o plantio direto, e em sistemas de culturas com alto aporte e diversidade de resíduos (VEZZANI et al., 2008). A preocupação mundial sobre as alterações climáticas aumentou o interesse na matéria orgânica do solo e seu papel no ciclo global de C pelo sequestro de C atmosférico no solo (DORAN et al., 1998). O solo, pelas quantidades de C que armazena, é um dos condicionantes de processos poluentes do ar, tendo em vista que a variação no estoque de C regula os teores desse elemento emitidos para a atmosfera (RANGEL; SILVA, 2007), sendo que o preparo do solo e o sistemas de cultura são as duas práticas principais que impactam os estoques de C do solo (BAYER et al., 2011). As práticas que mais afetam a emissão de C do solo são as queimadas, diminuição de pousio e preparo excessivo do solo (BRUSSAARD et al., 2004).

Os sistemas naturais modificados pela ação humana dão origem a áreas alteradas, podendo ter sua capacidade melhorada, conservada ou diminuída, portanto, esta condição do solo pode ser quantificada através de algumas de suas características que permitam o monitoramento das mudanças no estado de qualidade do solo, a médio e longo prazo (SILVA et al., 2011b).

A avaliação da qualidade do solo compreende características físicas, químicas e biológicas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), estes atributos do solo considerados indicadores de mudança da sua qualidade, devem ser sensíveis ao manejo, numa escala de tempo que permita a verificação de suas alterações e permita sua definição (ISLAM; WEIL, 2000). Os processos microbianos são uma parte integral da qualidade do solo e a atividade dos microrganismos do solo pode servir como indicador biológico para a compreensão da estabilidade e produtividade dentro de um sistema (TURCO; BLUME, 1999). Deste modo, sistemas de uso e manejo do solo, com diferentes métodos de preparo de solo e culturas, resultam em ambientes totalmente distintos, com reflexos na comunidade microbiana (VARGAS; SCHOLLES, 2000) que apresentam alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo (ZATORRE, 2008).

Outro importante componente da qualidade do solo é a matéria orgânica do solo (MO), que determina muitas de suas características, tais como a mineralização dos nutrientes, estabilidade de agregados e favorece a absorção e retenção de água (DORAN et al., 1998), sendo afetada pelo tipo e uso do solo (ELLERBROCK et al., 2001). A manutenção da produtividade dos ecossistemas florestais e agrícolas depende, em grande parte, do processo de transformação da MO e, por conseguinte, da atividade e biomassa dos microrganismos do solo (ARAÚJO; MELO, 2012). Sob vegetação natural, o conteúdo de MO encontra-se estável, com métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos vegetais esse conteúdo tende a reduzir acentuadamente (BAYER; MIELNICZUK, 1999). A MO pode ser aumentada pela adição de palhadas, plantas de cobertura, adubos verdes, composto, pelo preparo mínimo ou plantio direto e também evitando a queima dos resíduos (MOREIRA et al., 2008), o que resulta em aumento da cobertura do solo, que juntamente com a diminuição da taxa de decomposição microbiana na MO, pela diminuição da temperatura e aeração, somados ao não fracionamento e a incorporação dos resíduos vegetais, resulta em incremento da MO no solo (POTES et al., 2010), sendo geralmente maior em solos de regiões

úmidas e frias, do que em solos tropicais quentes e secos (ARAÚJO; MELO, 2012).

A modelagem da MO é reconhecida como parte fundamental para entender o ciclo do carbono (PAUSTIAN, 2001). Perdas acentuadas de C do solo resultam em baixos estoques de MO, sendo consequente a diminuição da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ecossistemas, a adoção de práticas que resultem em deposição de C ao solo pode promover a recuperação de áreas degradadas (SIQUEIRA et al., 2008). Um critério para o manejo sustentável de matéria orgânica do solo vem da necessidade de reduzir o acúmulo de dióxido de carbono atmosférico (REES et al., 2001), onde o aumento da temperatura média global favorece a taxa de decomposição da MO, constituindo o principal mecanismo de incremento das emissões de gases para atmosfera (ROSCOE, 2006). Práticas de uso do solo não conservacionistas aumentam a degradação da estrutura e estresse do solo, perdem MO, diminuindo a estabilidade estrutural, população e atividade de microrganismos, e a resiliência do solo com o passar do tempo (KAY, MUNKHOLM, 2004). É necessário manter uma quantidade mínima de MO no solo para minimizar perdas irreversíveis nessas propriedades do solo (LOVELAND, 2001).

A presença da atividade e diversidade da comunidade microbiológica no solo pode ser considerada um bom indicador da saúde e funcionalidade do ecossistema solo (DEGENS, 2001). Indicadores biológicos são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença ou ausência, abundância e condições nas quais os indivíduos se encontram revelam determinadas condições ambientais (BARETTA et al., 2011). O indicador de qualidade do solo considerado o mais sensível é a microbiota do solo (DORAN; PARKIN, 1994; ARAÚJO; MELO, 2012), destacando-se a sua capacidade de responder rapidamente as mudanças no ecossistema do solo (KENNEDY; PAPENDICK, 1995; STENBERG, 1999; ZATORRE, 2008; ARAÚJO; MELO, 2012) derivadas de mudanças de manejo, além da atividade microbiana refletir a influencia conjunta de todos os fatores que regulam a degradação da matéria orgânica do solo e a transformação dos nutrientes (KENNEDY; PAPENDICK, 1995; STENBERG, 1999).

Os microrganismos, por sua vez, participam da gênese do habitat onde vivem (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; ANDREOLA; FERNANDES, 2007) e sua atividade é essencial para a liberação de nutrientes (TROEH; THOMPSON, 2007), mediando a sua disponibilidade no solo (BALOTA et al., 1998). A diminuição da

microbiota do solo prejudica a fixação temporária dos nutrientes, aumentando suas perdas no solo (HUNGRIA et al., 1997). Dentre os componentes microbianos vivos do solo, as bactérias e fungos respondem por cerca de 90% da atividade microbiana do solo e são também denominados de biomassa microbiana (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

Em geral, os métodos de estimativa da biomassa microbiana do solo (BMS) referem-se à massa celular com base no carbono (C microbiano), pela facilidade de sua quantificação, devido ao seu elevado teor na célula (DE-POLLI; GUERRA, 2008). A atividade dos microrganismos do solo é representada pela respiração microbiana (RMic), liberação de C - CO₂ (ANDERSON, 1982). Seu metabolismo é indicado pelo quociente metabólico (qCO_2), uma relação entre a evolução de C - CO₂ oriundo da RMic e o C da BMS (MARTIN - NETO et al., 2007), que expressa a quantidade de carbono oxidado por grama de carbono da biomassa microbiana por certo tempo (NEVES et al., 2009), sendo importante na avaliação dos efeitos das condições ambientais sobre a atividade microbiana do solo, sendo referido como taxa de respiração específica da biomassa (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é uma ferramenta adequada proposta para avaliação da qualidade do solo (ARAÚJO; MELO, 2012), podendo ser de grande importância na avaliação precoce de eventuais efeitos adversos do manejo sobre a qualidade do solo, o que permite a adoção antecipada de medidas corretivas ou de controle (CHAER; TÓTOLA, 2007). Com o uso do solo, após a alteração ser introduzida, a biomassa microbiana sofre flutuações até atingir um novo equilíbrio (MARCHIORI-JÚNIOR; MELO, 1999).

2.2 CARBONO E SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO

As mudanças da vegetação natural para sistema de exploração agropecuária provocam alterações nos atributos do solo (LAGO et al., 2012). As diferentes práticas de manejo tem afetado significativamente o carbono orgânico total (COT) e carbono da biomassa microbiana (CMic) no solo (WANG et al., 2011). Práticas de manejo sustentáveis devem, portanto, ser utilizadas para atingir a estabilidade do solo e a produtividade biológica (GUIMARÃES et al., 2013). Sistemas de uso do solo que principalmente via resíduos vegetais, adicionam MO, podem incrementar o conteúdo de COT no solo, contribuindo para a

manutenção da sustentabilidade agrícola do solo e diminuição da emissão CO₂ para a atmosfera (LOSS et al., 2011). Sistemas de uso do solo como o plantio direto (PD), integração lavoura-pecuária (ILP) sob plantio direto, a adoção de reflorestamentos, o manejo das pastagens, entre outros, podem aumentar consideravelmente os estoques de C no solo e diminuir a emissão de gases de efeito estufa do solo para a atmosfera por meio da conservação do material orgânico e, conseqüentemente, ser importante no que se refere à mitigação do aquecimento global do planeta (CARVALHO et al., 2010b).

Kaschuk et al. (2011) verificaram que qualquer tipo de perturbação do solo reduz o CMic em relação as áreas sob vegetação nativa. Ao estudar atributos microbiológicos em solos de floresta ou vegetação nativa, é esperado encontrar valores relativamente maiores quando comparados a solos com outro tipo de uso, já que essa microbiota é favorecida pela cobertura vegetal que propicia maior acúmulo de material orgânico, fornecendo maior fonte de nutrientes para o desenvolvimento da comunidade microbiana (ALVES et al., 2011).

Alguns resultados verificados por Matsuoka et al. (2003), apresentaram teores de CMic do solo mais elevados na vegetação nativa (391,6 mg C kg⁻¹) em relação as áreas sob cultivo (132,4, 124,0 e 96,8 mg C kg⁻¹), que além das reduções no CMic, também foram observadas reduções nos teores de MO que chegaram 38% em relação a área sob vegetação nativa. Souza et al. (2006), também observou a mesma tendência, o CMic foi maior para a vegetação nativa (541 µg C g⁻¹) e reduziu com o uso do solo sob plantio direto (106 µg C g⁻¹) e plantio convencional (236 µg C g⁻¹).

Na região da Bretanha, a parte ocidental da França, um estudo relatou que o CMic foi significativamente maior sob floresta e prados (campo plano normalmente coberto por gramíneas), com valores médios de 920 e 465 mg C kg⁻¹, respectivamente, do que sob culturas, 248 mg C kg⁻¹ (CLUZEAU et al., 2012), resultado semelhante foi encontrado no Brasil por alguns autores, com valores altos de CMic em floresta nativa e pastagens (ARAÚJO et al., 2007b; FRAZÃO et al., 2010).

Reflorestamentos de eucalipto podem ser capazes de alocar maior conteúdo de C e N na sua parte aérea, podendo incrementar os estoques de C nas frações da MO recalcitrantes pela maior deposição de resíduos lignificados de difícil decomposição (PEGORARO et al., 2011). Os resíduos do eucalipto é a principal fonte de material formador de serapilheira no reflorestamento, com composição química de difícil

decomposição pela biomassa microbiana, sendo incapaz de utilizar totalmente o C orgânico do solo (FERNANDES, 2012).

Em um estudo em MG, no município de Delfim Moreira, foram selecionadas áreas de reflorestamento de eucalipto (*E. grandis*), floresta com araucárias (*A. angustifolia*), pastagem com braquiária (*B. decumbens*), e área de vegetação natural, para avaliação da qualidade dos solos. A respiração microbiana do solo (RMic) e o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foram maiores no eucalipto, com respectivamente 81,67 mg (40g)⁻¹ de C - CO₂ no solo e 1,59 mg μg⁻¹ de C - CO₂ do CMic, apresentando ainda o menor valor de quociente microbiano (0,14 %). Os resultados demonstram que, embora o eucalipto apresente maior atividade microbiana, o ambiente é mais estressante para os microrganismos do solo, visto o maior valor de $q\text{CO}_2$ em relação a área de vegetação natural (MELLONI et al., 2008).

Em outro estudo em Latossolo Vermelho, localizado no campus da Universidade Federal de Lavras (MG), maiores valores de estoque de COT foram observados nos sistemas floresta nativa (33,25 t ha⁻¹) e eucalipto (29,48 t ha⁻¹); e tendo a floresta como referência, observou-se redução nos valores de CMic da ordem de 28, 35, 40, 68 e 66 %, respectivamente, nos sistemas eucalipto, pinus, pastagem, cultivo mínimo e preparo convencional. Os dados do CMic apresentaram comportamento semelhante ao das demais formas de CO do solo, onde a floresta nativa apresentou teor elevado de CMic (1030 mg C kg⁻¹), significativamente maior do que o valor encontrado no reflorestamento de eucalipto (735 mg C kg⁻¹) (RANGEL; SILVA, 2007).

Em um estudo no município de Botucatu - SP, o reflorestamento de eucalipto com 11 anos apresentou CMic de 181 mg C kg⁻¹ não apresentando diferenças significativas em relação a área de vegetação natural (263 mg C kg⁻¹), a respiração do solo teve a mesma tendência, com 1,26 e 1,22 mg kg⁻¹ h⁻¹ de C - CO₂, respectivamente para o reflorestamento de eucalipto e vegetação natural, estes dados demonstraram que não houve diferenças significativas comparando o reflorestamento de eucalipto com um sistema natural (CHAER; TÓTOLA, 2007). Outro estudo verificou diminuição do CMic do reflorestamento de eucalipto (258 μg C g⁻¹) em relação a floresta nativa (409 μg C g⁻¹) com o $q\text{CO}_2$ maior para o reflorestamento, 25,29 e 13,09 mg g⁻¹ dia⁻¹ de C - CO₂ do CMic para a floresta nativa, evidenciando menor conversão de C em CMic e maiores perdas de CO₂ no sistema de reflorestamento (GAMA-RODRIGUES et al., 2008b).

O reflorestamento de eucalipto afeta o CMic do solo como verificado em um estudo no município de Itatinga - SP (BINI et al., 2013). Após o plantio, o CMic sofreu flutuações, obtendo valores aproximados de 180 (2 meses), 600 (7 meses), 1000 (14 meses) e 300 $\mu\text{g C g}^{-1}$ (20 meses), onde a idade da plantação, o efeito rizosférico, deposição de folhas e histórico local são importantes para a compreensão de mudanças nos atributos microbiológicos do solo.

A pastagem (PA) é um dos principais tipos de vegetação que formam cobertura permanente no solo, sendo geralmente formada de gramíneas, plantas herbáceas e semi-arbustivas (BERTONI; LOMBARDI - NETO, 1999). Em solos com boa fertilidade natural, a PA tende a manter uma condição semelhante à da mata natural com o decorrer do tempo quanto ao teor de C no solo (MARCHIORI - JÚNIOR; MELO, 1999), fato que pode ser relacionado com alto conteúdo de matéria orgânica e densa massa radicular, o que favorece o aumento da biomassa microbiana do solo (ALVARENGA et al., 1999).

Em solos do Cerrado brasileiro, no Estado do Mato Grosso, foram estudados os atributos microbianos onde, as condições mais favoráveis para o desenvolvimento microbiano nos sistemas se deram em solos com cobertura permanente e sem revolvimento do solo com a ausência de práticas agrícolas. Neste estudo, os maiores valores médios de CMic foram encontrados nas áreas de pastagem (141 mg C kg^{-1}) e cerrado nativo (94 mg C kg^{-1}) (FRAZÃO et al., 2010). Em outro estudo, em Porto Velho (RO) também foram encontrados valores de CMic maiores na PA (542 mg kg^{-1}) em relação a FN (329 mg kg^{-1}) para a estação chuvosa, já para a estação seca o CMic sofreu reduções não diferindo o sistema da PA (36 mg kg^{-1}) da FN (58 mg kg^{-1}) (CENCIANI et al., 2009).

A substituição da floresta nativa por PA cultivada pode reduzir os teores de COT, CMic e o $q\text{CO}_2$ na camada de 0 a 10 cm, indicando uma provável condição de estresse para a população microbiana, como verificado por Cardoso et al., (2009), onde a pastagem cultivada teve CMic médio de 181 de $\mu\text{g C g}^{-1}$ e a pastagem nativa com 126 $\mu\text{g C g}^{-1}$, valores baixos se comparados a FN (486 $\mu\text{g C g}^{-1}$). Em outro estudo, Portugal et al. (2008) também encontraram reduções do CMic na pastagem (157 mg kg^{-1}) em relação a FN (508 mg kg^{-1}).

Carneiro et al. (2008), em um estudo com um Latossolo Vermelho, encontrou alguns valores de C que não diferenciaram entre a PA e o cerrado nativo. O CMic foi de 404 $\mu\text{g C g}^{-1}$ para a PA e 570 $\mu\text{g C g}^{-1}$ para o cerrado, e o COT de 22 e 21,6 g kg^{-1} , para a PA e cerrado,

respectivamente, com um q_{Mic} maior para o cerrado (3,49 %) diferenciando da PA (1,84 %). A maior concentração de CMic na PA foi associada ao sistema radicular fasciculado da gramínea que resulta em maior entrada de C no solo, via rizosfera e necromassa, atuando na ativação da microbiota do solo.

A integração lavoura - pecuária (ILP) tem como base o plantio direto e utiliza a produção de palhada em grande quantidade oriunda da pastagem (PICANÇO et al., 2004). A implementação de sistemas de integração lavoura - pecuária (ILP) em áreas previamente cultivadas sob plantio convencional pode ser estratégico para o sequestro de C no solo, o que pode contribuir significativamente para a redução do CO₂ atmosférico (CARVALHO et al., 2010).

Estudando o sistema ILP no município de São Miguel das Missões – RS, Souza et al. (2009) concluíram que intensidades de pastejo moderadas (20 e 40 cm de altura do pasto) em sistemas de integração pastagem de gramíneas - soja em plantio direto aumentaram os estoques de COT, carbono orgânico particulado (COP), N total e N na matéria orgânica particulada no solo, semelhantemente ao PD sem pastejo. Xavier et al. (2006) também observaram estoques de CMic na pastagem (0,157 g C kg⁻¹) superiores aos observados no solo sob floresta nativa (0,026 g C kg⁻¹), com um q_{Mic} de 2,00 e 0,41%, para a pastagem e a floresta nativa, respectivamente, para a profundidade de 5 – 15 cm. Este resultado demonstrou que o período de pousio associado ao manejo com pastagem proporcionou a recuperação da biomassa microbiana no solo nesta área. A elevada produção de fitomassa das espécies forrageiras é, provavelmente, fator determinante para as maiores taxas de sequestro de C no solo com sistemas de ILP se comparado ao PD (BAYER et al., 2011).

Em outro estudo, com um Neossolo Quartzarênico, o sistema de ILP apresentou teor de CMic (432 µg C g⁻¹) mais elevado que o cerrado nativo (280 µg C g⁻¹), e o COT com valores que não diferiram entre si com 6,37 g kg⁻¹ para a ILP e, 6,97 g kg⁻¹ para o cerrado. Neste estudo a ILP apresentava-se com uma boa cobertura do solo, promovendo a entrada de C no solo via rizodeposição e via necromassa (folhas e raízes mortas), o que elevou esses teores no solo (CARNEIRO et al., 2008). Alves et al. (2011) em um estudo em Cuiabá - MT, encontrou valores maiores de CMic na área de ILP (217 mg C kg⁻¹) em relação a vegetação nativa (135 mg C kg⁻¹).

No PD, a palhada na superfície do terreno, dentre os muitos benefícios, é fonte de energia para os microrganismos e para mesofauna

do solo, ativando suas ações; a manutenção da boa porosidade e estrutura do perfil do solo também é de fundamental importância e com um sistema PD bem conduzido, estes parâmetros são conseguidos pelas atividades biológicas das raízes e dos organismos habitantes do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2003). Trabalhos recentes relatam que, em geral, maiores valores de CMic foram encontrados no sistema de plantio direto em relação ao preparo convencional, demonstrando a influência do manejo do solo sobre os parâmetros microbianos (HUNGRIA et al., 2009; SILVA et al., 2010; BABUJIA et al., 2010).

Na comparação entre PD e o campo nativo, na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, no município de Eldorado do Sul (RS), não foram verificadas diferenças durante o estudo, onde o campo nativo apresentou a média de CMic 385 mg C kg⁻¹ e o PD 338 mg C kg⁻¹, indicando que o PD tende a manter a quantidade de biomassa microbiana, semelhantemente ao sistema referencial (LISBOA et al., 2012). Em um estudo na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, com uso da cultura de milho (*Pennisetum* sp), os teores de COT e COP foram respectivamente, 38,1 e 5,0 mg ha⁻¹ para o PD e 35,2 e 3,3 mg ha⁻¹ para o PC, com os valores do PD significativamente maiores que no PC. Neste estudo, os valores encontrados foram relacionados, principalmente, com a redução da taxa de decomposição microbiana devido à manutenção da estrutura do solo (NUNES et al., 2011).

No município de Costa Rica - MS, Souza et al. (2006) avaliaram o efeito de diferentes sistemas de usos do solo sobre o carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana. Em todas as áreas estudadas ocorreu perda da qualidade do solo com acentuadas perdas de CMic, em que na área sob cerrado os valores encontrados foram superiores (541 µg C g⁻¹) e observaram-se reduções de 80, 68, 56 e 38% para as áreas sob PD (nabo forrageiro - *Raphanus sativus*), PD (sorgo - *Sorghum* sp), PC e PA, respectivamente, em relação ao cerrado, sendo que o COT diferiu somente da área sob pastagem.

Costa et al. (2006) observaram a atividade biológica mais alta no solo cultivado sob PD, onde o PD e o PC apresentaram CMic de 358 e 228 mg C kg⁻¹ e RMic de 58 e 54 mg C kg⁻¹, respectivamente, onde os valores encontrados se devem, possivelmente, ao aumento do teor de MO presente no sistema de PD. Observações similares foram relatadas por D'Andréa et al. (2002), para áreas de cerrado sob cultivo, no Estado de Goiás. A respiração microbiana do solo, que refletiu a taxa de liberação de CO₂ durante 17 dias, também apresentou alta variação nas parcelas sob PC e PD, com valores entre 35 e 116 mg C kg⁻¹. Contudo,

este estudo concluiu que não houve diferença entre a qualidade dos solos cultivados sob os sistemas de preparo convencional e plantio direto.

Silva et al. (2007), avaliaram atributos biológicos do solo e obtiveram valores de q_{Mic} do solo sob mata nativa superiores aos encontrados no solo sob plantio direto e convencional. O solo sob PD apresentou maior valor de $CMic$ (292 mg C kg^{-1}) que o solo sob PC (262 mg C kg^{-1}), mas com valores inferiores ao da floresta nativa (576 mg C kg^{-1}), mostrando o efeito significativo do sistema de manejo do solo sobre o $CMic$. Em outro estudo, para um Latossolo Vermelho, Carneiro et al. (2009) também verificaram que os sistemas de manejo e usos do solo alteram a concentração do $CMic$, apresentando reduções no PD (149 e $246 \text{ } \mu\text{g C g}^{-1}$) e PC ($106 \text{ } \mu\text{g C g}^{-1}$), respectivamente, em relação ao sistema nativo, cerrado ($541 \text{ } \mu\text{g C g}^{-1}$).

No PD, quantidades de C e N da biomassa microbiana foram 80 e 104% maior em relação ao PC, no entanto, em geral, estes parâmetros não foram afetados pela rotação de culturas. A eficiência da comunidade microbiana foi significativamente maior no plantio direto, onde o quociente metabólico (q_{CO_2}) foi 55% inferior ao preparo convencional. Os atributos associados com a atividade microbiológica foram mais sensíveis aos efeitos do manejo e rotação de culturas, do que o estoque total de C e N do solo, demonstrando a sua utilidade como indicadores da qualidade do solo (FRANCHINI et al., 2007).

A seguir são apresentados valores médios de atributos microbiológicos relacionados a dinâmica do C no solo para diferentes tipos de solo e sistemas de uso (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo.

Sistema de uso do solo	País	Tipo de solo	CMic (mg C kg ⁻¹)	RMic	qCO ₂	qMic (%)	Observações para o CMic	Autor
Vegetação nativa	Brasil	Latossolo	440	380 mg g ⁻¹ d ⁻¹ C - CO ₂	0,4 g d ⁻¹ g ⁻¹ C - CO ₂ CMic	-	Fumigação - extração	Nunes et al., 2012
Vegetação nativa	Brasil	Latossolo	316	1,95 mg kg ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂	0,17 mg C mg ⁻¹ CMic d ⁻¹	1,67	Irradiação; fator de correção de 0,33	Pragana et al., 2012
Vegetação nativa	Brasil	Latossolo	589	5,35 mg kg ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂	0,22 µg CMic ⁻¹ d ⁻¹	0,94	Fumigação - incubação; fator de correção de 0,45	Santos et al., 2011
Vegetação nativa	Brasil	-	135	155 mg kg ⁻¹ C - CO ₂	1,1 mg C - CO ₂ mg CMic ⁻¹ dia ⁻¹	-	Fumigação - incubação; fator de correção de 0,41	Alves et al., 2011
Vegetação nativa	Estados Unidos	Argissolo	404 - 640	-	-	-	-	Jangid et al., 2011

CMic - carbono da biomassa microbiana. RMic - respiração microbiana. qCO₂ - quociente metabólico. qMic - quociente microbiano.

continua...

Tabela 1. Valores médios de atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo.

Sistema de uso do solo	País	Tipo de solo	CMic (mg C kg ⁻¹)	RMic	qCO ₂	qMic (%)	Observações para o CMic	Autor
Vegetação nativa	Itália	-	403 - 590	-	-	-	Fumigação - extração	Pignataro et al., 2012
Pastagem	Brasil	Neossolo	114 - 394	95 - 199 mg kg ⁻¹ d ⁻¹ C - CO ₂	0, 25 - 2 mg C - CO ₂ g CMic d ⁻¹	2,5	Fumigação - extração	Frazão et al., 2010
Pastagem	Brasil	Cambissolo	423 - 689	0,83 - 2,72 mg kg ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂	1,23 - 6,59 mg C - CO ₂ mg CMic ⁻¹ h ⁻¹	1,7 - 3,3	Fumigação - extração	Silva et al., 2012
Pastagem	Brasil	Latossolo	352 - 623	8 - 17 μg g ⁻¹ d ⁻¹ C - CO ₂	8 e 14 μg CO ₂ μg CMic h ⁻¹	1,78 - 2,2	Fumigação - extração; fator de correção de 0,33	Lourente et al., 2011
Pastagem ¹	Estados Unidos	Solo arenoso	180 - 410	-	-	-	Fumigação - extração; fator de correção de 0,45	Yao et al., 2011

¹ Sistema composto por gramíneas (turfgrass). CMic - carbono da biomassa microbiana. RMic - respiração microbiana. qCO₂ - quociente metabólico. qMic - quociente microbiano. continuação...

Tabela 1. Valores médios de atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo.

² Pradarias, no Brasil conhecidos como campos ou pastagens. CMic - carbono da biomassa microbiana. RMic - respiração

Sistema de uso do solo	País	Tipo de solo	CMic (mg C kg ⁻¹)	RMic	qCO ₂	qMic (%)	Observações para o CMic	Autor
Pastagem ²	Estados Unidos	Argissolo	589 - 903	-	-	-	-	Jangid et al., 2011
Reflorestamento de eucalipto	Brasil	Latossolo	42	44,16 μg g d ⁻¹ C - CO ₂	-	-	Irradiação - extração; fator de correção de 0,33	Fernandes et al., 2012
Reflorestamento de eucalipto	Brasil	Latossolo	288	2,99 mg kg ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂	0,26 μg CO ₂ μg CMic ⁻¹ d ⁻¹ .	0,70	Fumigação - incubação; fator de correção de 0,45	Santos et al., 2011
Reflorestamento de pinus	México	Cambissolo	672	-	-	-	Fumigação - extração; fator de correção de 0,33	Gamboa; Galicia, 2011
Integração lavoura-pecuária	Brasil	-	217	59 mg kg ⁻¹ C - CO ₂	± 0,30 mg C - CO ₂ mg CMic ⁻¹ d ⁻¹	-	Fumigação- incubação; fator de correção de 0,41	Alves et al., 2011

microbiana. qCO₂ - quociente metabólico. qMic - quociente microbiano.

continuação...

Tabela 1. Valores médios de atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo.

Sistema de uso do solo	País	Tipo de solo	CMic (mg C kg ⁻¹)	RMic	qCO ₂	qMic (%)	Observações para o CMic	Autor
Integração lavoura-pecuária	Estados Unidos	-	280 - 590	-	-	-	Fumigação - extração; fator de correção de 0,45	Acosta-Martínez et al., 2010
Integração lavoura-pecuária	Estados Unidos	Argissolo	140 - 200	-	-	1,75 - 2,0	Microondas - extração; fator de correção de 0,213	George et al., 2013
Plantio direto	Brasil	Latossolo	292 - 506	6 - 15 μg g ⁻¹ d ⁻¹ C - CO ₂	9 e 14,1 μg CO ₂ μg CMic h ⁻¹	1,61 - 2,2	Fumigação - extração; fator de correção de 0,33	Lourente et al., 2011
Plantio direto	Brasil	Latossolo	370	100 mg kg ⁻¹ C - CO ₂	0,26 mg C - CO ₂ g CMic d ⁻¹	2	Fumigação - extração	Nunes et al., 2011
Plantio direto	Brasil	Neossolo	70 - 246	102 - 197 mg kg ⁻¹ d ⁻¹ C - CO ₂	0,39 - 2,42 mg C - CO ₂ g CMic d ⁻¹	1,4	Fumigação - extração	Frazão et al., 2010

CMic - carbono da biomassa microbiana. RMic - respiração microbiana. qCO₂ - quociente metabólico. qMic - quociente microbiano. continuação...

Tabela 1. Valores médios de atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo.

Sistema de uso do solo	País	Tipo de solo	CMic (mg C kg ⁻¹)	RMic	qCO ₂	qMic (%)	Observações para o CMic	Autor
Plantio direto	China	Neossolo	205	-	-	-	Fumigação - extração; fator de correção de 0,45	Zhang et al., 2012
Plantio direto	Estados Unidos	Argissolo	400 - 600	70 mg kg ⁻¹ d ⁻¹ C - CO ₂	-	-	Fumigação - extração; fator de correção de 0,33	Wang, et al., 2011
Plantio orgânico	Brasil	Latossolo	253	1,1 µg g ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂	± 4,25 µg g ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂ in soil	0,91	Fator de correção de 0,33	Amaral et al., 2011
Plantio convencional	Brasil	Latossolo	97	0,1 mg kg ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂	1,07 mg g ⁻¹ h ⁻¹ C - CO ₂	0,86	Fumigação - extração; fator de correção de 0,33	Ferreira et al., 2010
Plantio convencional	Brasil	Latossolo	343 - 264	-	-	-	Fumigação - extração	Silva et al., 2010

CMic - carbono da biomassa microbiana. RMic - respiração microbiana. qCO₂ - quociente metabólico. qMic - quociente microbiano. qMic - quociente continuação...

Tabela 1. Valores médios de atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C em diferentes sistemas de uso do solo.

Sistema de uso do solo	País	Tipo de solo	CMic (mg C kg⁻¹)	RMic	qCO₂	qMic (%)	Observações para o CMic	Autor
Plantio convencional	China	Neossolo	171	-	-	-	Fumigação - extração; fator de correção de 0,45	Zhang et al., 2012
Plantio convencional	Estados Unidos	Argissolo	170 - 280	28 - 38 mg kg ⁻¹ d ⁻¹ C - CO ₂	-	-	Fumigação - extração; fator de correção de 0,33	Wang, et al., 2011
Plantio convencional	Estados Unidos	Argissolo	239	-	-	-	-	Jangid et al., 2011

CMic - carbono da biomassa microbiana. RMic - respiração microbiana. qCO₂ - quociente metabólico. qMic - quociente microbiano.

conclusão.

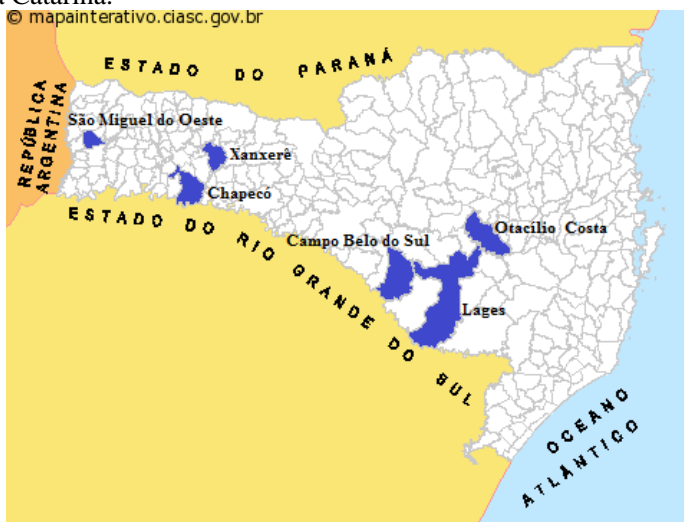
O uso e manejo adequado do solo podem resultar em aumento nos estoques de C no solo, na vegetação, bem como atuar na redução da emissão de gases de efeito estufa, principalmente de CO₂ para a atmosfera e, conseqüentemente, resultar na atenuação do aquecimento global (CARVALHO et al., 2010b). O uso de plantas de cobertura com elevada adição de fitomassa ao solo, associado ao sistema conservacionistas (plantio direto), demonstra ser uma das práticas mais eficazes no aumento do estoque de C orgânico total no solo (VEZZANI et al., 2008). Já práticas de uso do solo que acarretem perdas de C (energia), reduz a biodiversidade e altera processos responsáveis pela ciclagem de nutrientes, comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas podendo causar a degradação dos solos (SIQUEIRA et al., 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E TRATAMENTOS

Este estudo foi realizado nos anos de 2011 - 2012, nas regiões do Planalto Sul e Oeste do Estado de Santa Catarina. Em cada região foram selecionados três municípios que constituíram as repetições verdadeiras, sendo estes: Campo Belo do Sul (CBS), Lages (STS) e Otacílio Costa (OCT), representando a região do Planalto; Xanxerê (XAN), São Miguel do Oeste (SMO) e Chapecó (XAP), representado a região Oeste do Estado (Figura 1).

Figura 1. Regiões e Municípios selecionados para estudo no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina, 2013.

Em cada município foram selecionados cinco sistemas de uso do solo: Floresta nativa (FN), Reflorestamento de eucalipto (RE), Pastagem (PA), Integração lavoura-pecuária (ILP) e Plantio direto (PD); de forma a se estabelecer um gradiente de intensificação de uso do solo,

considerando os diferentes sistemas, os teores de C e a eficiência de uso do C pela microbiota do solo (Figura 2). O histórico de cada sistema de uso nos municípios selecionados é apresentado nas Tabelas 2 e 3.

Figura 2. Representação do gradiente de intensificação do uso do solo, seguindo a ordem de sistema com menor para maior uso do solo; FN (floresta nativa), RE (reflorestamento de eucalipto), PA (pastagem), ILP (integração lavoura-pecuária) e PD (plantio direto).



Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 2. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Planalto do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso (hectare)	Extensão da área	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Lages	FN	-	100 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 47.963 W50 35.743	895m	Fragmento de Floresta Atlântica, Floresta Ombrófila Mista (FOM). Com entrada de animais na área.
	PA	-	100 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 47.873 W50 36.000	858m	Pastagem nativa. Pisoteio de animais de produção zootécnica.
	RE	7 anos	29 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 47.752 W50 36.069	852m	Plantio de eucalipto (<i>Eucalyptus</i> sp.). Anteriormente era utilizado como área de pastagem. Com entrada de animais na área.

continua...

Tabela 2. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Planalto do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso (anos)	Extensão (hectare)	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Lages	ILP	10 anos	10 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 47.544 W50 35.802	873m	Manejo de plantio direto (PD). No verão plantio de soja (<i>Glycine</i> sp.) e inverno de azevém (<i>Lolium</i> sp.) e aveia (<i>Avena</i> sp.). Realizada calagem (2009) e utiliza-se agroquímicos.
	PD	7 anos	7 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 47.123 W50 35.972	883m	No verão plantio de soja e inverno de azevém e aveia. Realizada calagem e utiliza-se agroquímicos.
Campo Belo do Sul	FN	-	5 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 52.943 W50 39.338	1016m	Fragmento de Floresta Atlântica (FOM). Com entrada de animais e pessoas na área.

continuação...

Tabela 2. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Planalto do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso (hectare)	Extensão da área	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Campo Belo do Sul	PA	-	30 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 52.130 W50 39.175	1004m	Pastagem nativa que sofreu queimada. Pisoteio de 0,4 animais por ha.
	RE	20 anos	1,2 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 53.363 W50 39.056	989m	Plantio de eucalipto, anteriormente era Campo Nativo. Com entrada de animais na área.
	ILP	25 anos	25 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 52.131 W50 39.980	947m	Manejo de plantio direto. No verão plantio de soja, inverno com pastagem em 2010 e trigo (<i>Triticum</i> sp.) em 2011, lotação de 2 animais por ha. Realizada calagem em 2010 e utiliza-se agroquímicos.

continuação...

Tabela 2. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Planalto do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso (anos)	Extensão (hectare)	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Campo Belo do Sul	PD	11 anos	55 ha	Nitossolo Bruno	Serra Geral, derivado de basalto	S27 52.365 W50 40.366	923m	No verão plantio de soja, no inverno com trigo em 2010 e pousio em 2011. Realizada calagem em 2006 e utiliza-se agroquímicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas).
Otacílio Costa	FN	-	3 ha	Cambisolo Húmico	Rio do Rastro, derivado de siltito	S27 35.674 W49 50.927	919m	Fragmento de Floresta Atlântica (FOM). Com entrada de animais na área.
	PA	-	10 ha	Cambisolo Húmico	Rio do Rastro, derivado de siltito	S27 37.151 W49 51.461	900m	Pastagem nativa que sofreu queimada. Pisoteio de animais de produção zootécnica.

continuação...

Tabela 2. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Planalto do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso (hectare) da área	Extensão	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Otacílio Costa	RE	21 anos	2,4 ha	Cambis-solo Húmico	Rio do Rastro, derivado de siltito	S27 33.446 W49 56.879	855m	Plantio de eucalipto com 6 anos de idade. Anteriormente com plantio de pinus.
	ILP	11 anos	22 ha	Cambis-solo Húmico	Rio do Rastro, derivado de siltito	S27 37.110 W49 51.418	902m	Manejo de plantio direto. No verão plantio de soja e no inverno aveia e azevém. Realizada calagem e utiliza-se agroquímicos.
	PD	10 anos	80 ha	Cambis-solo Húmico	Rio do Rastro, derivado de siltito	S27 29.063 W49 54.215	879m	No verão plantio de soja 2011 e milho (<i>Zea Mays</i> sp) em 2012, no inverno a área fica em pousio. Realizada calagem e utiliza-se agroquímicos.

conclusão.

Tabela 3. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Oeste do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso da área	Extensão (hectare)	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Xanxerê	FN	-	9 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 50.020 W52 27.199	714m	Fragmento de Floresta Atlântica.
	PA	12 anos	60 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 49.678 W52 28.189	723m	Resultado da derrubada de Floresta Atlântica. Com entrada de animais na área. Atualmente é aplicado dejetos suíno.
	RE	4 anos	4 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 47.054 W52 27.612	709m	Plantio de eucalipto. Antes era Campo Nativo.
	ILP	8 anos	50 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 49.730 W52 28.268	714m	No verão cultivo mínimo de soja e milho e no inverno com aveia e azevém. Utiliza-se agroquímicos.

Tabela 3. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Oeste do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso (hectare) da área	Extensão	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Xanxerê	PD	18 anos	50 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 50.311 W52 28.562	746m	No verão com plantio de soja em 2010 e milho em 2011, e inverno com aveia em 2010 e trigo em 2011. Realizada calagem e utiliza-se agroquímicos.
Chapecó	FN	-		Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S27 02.074 W52 41.809	623m	-
	PA	50 anos	3 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S27 05.292 W52 38.703	642m	Pastagem nativa. Pisoteio de animais de produção zootécnica.
	RE	15 anos	33 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S27 01.713 W52 41.576	653m	Plantio de eucalipto com queimada acidental em 2006. Anteriormente era lavoura.

continuação...

Tabela 3. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Oeste do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso da área	Extensão (hectare)	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
Chapecó	ILP	10 anos	30 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S27 03.061 W52 43.164	593m	Manejo de plantio direto. No verão plantio direto de soja e milho; no inverno com aveia e azevém. Lotação de 3 animais por ha. Há presença de terraços na área.
	PD	10 anos	9,6 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S27 00.815 W52 41.382	679m	No verão plantio de soja e no inverno de trigo. Realizada calagem e utiliza-se agroquímicos. Há presença de terraços.
São Miguel do Oeste	FN	-	3 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 44.315 W53 32.082	648m	Fragmento de Floresta Atlântica. Há entrada de pessoas na área.

continuação...

Tabela 3. Histórico e caracterização dos cinco sistemas de uso do solo (floresta nativa - FN, pastagem - PA, reflorestamento de eucalipto - RE, integração lavoura-pecuária - ILP e plantio direto - PD e), por município de amostragem na região do Oeste do Estado de Santa Catarina.

Município	Sistema de Uso do Solo	Tempo de uso (hectare) da área	Extensão solo	Tipo de solo	Formação	Coordenada geográfica	Altitude	Descrição da área de estudo
São Miguel do Oeste	PA	50 anos	2 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 44.001 W53 32.027	660m	Pastagem perene. A área era queimada até 2007. Há entrada de animais na área.
	RE	7 anos	2 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 43.973 W53 32.101	659m	Plantio de eucalipto. Anteriormente era campo nativo.
	ILP	18 anos	3 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 44.648 W53 32.722	641m	Manejo de plantio direto. No verão plantio de soja e milho, no inverno com aveia e azevém. Realizada calagem e utiliza-se agroquímicos.
	PD	4 anos	4 ha	Latossolo Vermelho	Serra Geral, derivado de basalto	S26 44.672 W53 32.662	642m	No verão plantio de milho e no inverno pousio (2010 e 2011). Utiliza-se agroquímicos.

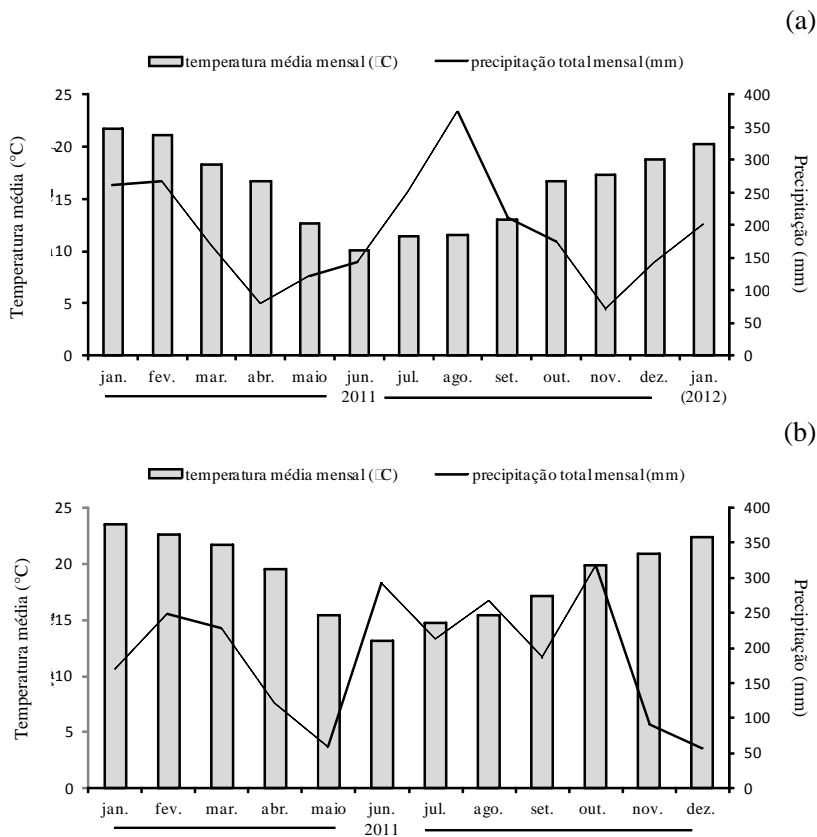
conclusão.

Os municípios da região do Planalto Catarinense segundo classificação de Köppen, possuem o clima tipo *Cfb*, subtropical, caracterizado por ser chuvoso, com invernos e verões amenos. As temperaturas máximas e mínimas para Lages e região, para os meses de julho de 2011 e janeiro de 2012 foram respectivamente, 25,4 e -2,9 °C, 31 e 9,4 °C.

Os municípios da região do Oeste Catarinense, segundo a classificação de Köppen, apresentam o clima tipo *Cfa*, subtropical com verão quente. As temperaturas máximas e mínimas para o município de Xanxerê para os meses de agosto de 2011 e dezembro de 2011 foram respectivamente, 27,9 e 0,6 °C, 33,5 e 9,8 °C. As temperaturas máximas e mínimas para o município de Chapecó foram 29,6 e 1,7 °C para o mês de agosto de 2011, e 35,7 e 12 °C para o mês de dezembro de 2011. São Miguel do Oeste apresentou as temperaturas máximas e mínimas para os meses de agosto de 2011 e dezembro de 2011 de 30,4 e 1,8 °C, 34,6 e 11 °C, respectivamente. A média mensal de temperatura e precipitação pluviométrica para as épocas das coletas para Lages e região, Chapecó e região são apresentados na Figura 3.

Os atributos químicos e físicos são apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, para as regiões do Planalto e Oeste Catarinenses.

Figura 3. Temperatura média mensal (°C) e precipitação pluviométrica total mensal (mm), para região do Planalto (a) para o ano de 2011 e o mês de janeiro de 2012 e Região Oeste (b) para o ano de 2011, representado pelos municípios de Lages e Chapecó, respectivamente.



Fonte: Epagri – Ciram, 2013.

Tabela 4. Atributos químicos do solo na camada de 0 - 10 cm, para o Planalto e Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Atributos químicos	Sistemas de Uso do Solo									
	FN	RE	PA	ILP	PD	FN	RE	PA	ILP	PD
	----- Planalto -----					----- Oeste -----				
pH H₂O	4,6	4,8	4,8	5,3	5,5	4,3	4,8	5	5,2	5,6
pH SMP	5,1	5	5	5,8	5,9	4,8	5,3	5,6	5,8	6,1
P (mg dm⁻³)	4,3	3,9	3,6	8,7	5,8	5,2	5,1	4,7	12	14,9
K (mg dm⁻³)	111,8	84,41	190,3	135,3	128,4	82,4	105,6	145	178,1	261,8
MO (%)	6,2	4,4	5,2	4,7	4,5	4,9	4,1	4,9	4	4
Al (cmol_c dm⁻³)	3,9	2,8	3	0,4	0,1	3,5	2,2	1	0,8	0,3
Ca (cmol_c dm⁻³)	5,2	2	2,1	7,2	7,5	1,8	3	3,6	5,3	7,2
Mg (cmol_c dm⁻³)	1,7	1,8	1,4	3,8	3,8	0,7	1,2	1,8	2,3	2,8
H+Al (cmol_c dm⁻³)	20,8	17	17,5	6,2	4,9	19,6	10,7	7,4	5,7	4,2
Sat. Al	41,71	42,03	40,7	4,35	1,38	56,85	33,69	16,66	10,1	3,46
CTC pH 7,0	27,9	21	21,5	17,5	16,5	22,3	15,2	13,2	13,8	14,8
Bases¹	34,9	30,5	25,4	65,1	70,5	14,7	30,8	45,6	58	71,2

¹ % Saturação na CTC a pH 7.0. Médias (n = 27) das repetições verdadeiras.

continua...

Tabela 4. Atributos químicos do solo na camada de 0 - 10 cm, para o Planalto e Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Atributos químicos	Sistemas de Uso do Solo									
	FN	RE	PA	ILP	PD	FN	RE	PA	ILP	PD
	----- Planalto -----					----- Oeste -----				
K CTC ¹	1,23	1,22	2,66	2,12	2,2	1,04	1,88	2,71	3,38	4,63
Ca CTC ¹	25,48	15,08	13,78	42,08	45,23	9,64	20,56	28,46	37,9	48,1
Mg CTC ¹	8,21	14,16	8,93	20,94	23,13	3,99	8,38	14,39	16,77	18,47
Ca/Mg	2,81	1,29	1,48	2,27	1,98	2,72	2,49	2,01	2,27	2,75
Ca/K	17,83	11,01	5,67	24,43	33,61	9,02	14,26	15,1	16,61	16,07
Mg/K	6,09	10,24	3,46	13,87	17,13	3,61	6,97	7,78	7,14	6,09

¹ % Saturação na CTC a pH 7.0. Médias (n = 27) das repetições verdadeiras.

conclusão.

Tabela 5. Atributos físicos do solo na camada de 0 - 10 cm, para o Planalto Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Atributos físicos	Sistemas de Uso do Solo									
	FN	RE	PA	ILP	PD	FN	RE	PA	ILP	PD
	----- Planalto -----					----- Oeste -----				
Umidade (%)	57,71	42,41	50,81	39,87	38,74	53,99	33,82	43,64	32,31	32,44
DS (g cm³)	0,89	0,98	0,95	1,01	1,01	0,94	1,05	1,09	1,17	1,15
PT (m³ m⁻³)	0,65	0,65	0,66	0,65	0,65	0,64	0,62	0,6	0,57	0,59
Macrop. (m³ m⁻³)	0,56	0,5	0,49	0,47	0,45	0,39	0,43	0,53	0,44	0,48
Microp. (m³ m⁻³)	0,09	0,15	0,17	0,19	0,2	0,25	0,19	0,07	0,14	0,12
BP (m³ m⁻³)	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,11	0,06	0,03	0,07	0,05
RP (MPa)	1,09	1,53	1,84	1,94	1,85	0,63	1,55	2,06	1,48	1,4
DMP	5,55	5,58	5,68	5,51	5,62	5,24	5,06	5,69	5,61	5,39
Areia (%)	42,87	35,48	34,28	25,92	19,08	29,77	29,53	27,11	27,27	32,6
Silte (%)	19,35	18,34	19,19	24,13	33,8	22,32	26,68	30,78	31,15	25,78
Argila (%)	37,74	46,18	46,53	49,95	47,12	42,21	36,75	38,32	40,61	41,63

DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, BP- bioporos, RP - resistência a penetração, DMP - diâmetro médio ponderado. Médias (n = 27) das repetições verdadeiras.

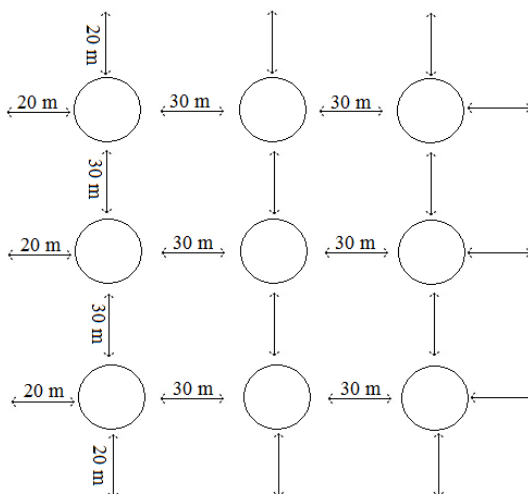
Fonte: Patricia Paulino, Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013.

3.2 ESQUEMA EXPERIMENTAL E AMOSTRAGEM

As coletas foram realizadas em dois períodos, na região do Planalto ocorreram no mês de julho de 2011 e janeiro de 2012, e no Oeste em agosto e dezembro de 2011 correspondendo, respectivamente, aos períodos de inverno e verão para as duas regiões.

Em cada sistema de uso do solo foi estabelecida uma grade amostral com nove pontos, georeferenciados e distanciados em 30 m, considerando 20 m de bordadura (Figura 4).

Figura 4. Esquema experimental, pontos amostrados por tratamento.



Fonte: produção do próprio autor.

Foram coletadas 12 subamostras ao redor de cada ponto da grade amostral na camada de 0 - 10 cm, para formar uma amostra composta representativa, utilizada para análises químicas e microbiológicas. As amostras compostas foram armazenadas em sacos plásticos e transportadas em caixas térmicas com gelo até o Laboratório de Microbiologia e Fauna do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages - SC. As amostras de solo foram peneiradas (malha de 2 mm) e mantidas à 4 °C até serem analisadas. Para as análises físicas do solo, foram coletadas amostras com estruturas preservadas em cilindros de aço, com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura e, com pá,

amostras de solo com torrões que foram acondicionados em sacos plásticos.

3.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

O carbono da biomassa microbiana (CMic) foi determinado pelo método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987), com três repetições laboratoriais, sendo três amostras fumigadas e três não fumigadas. A fumigação foi realizada com clorofórmio livre de etanol (CHCl_3). As amostras foram incubadas em dessecador por 24 h, à 25 °C, na ausência de luminosidade, após isto o CMic foi extraído com sulfato de potássio 0,5 mol L⁻¹ (K_2SO_4) agitadas por 30 minutos, permitindo a decantação por uma hora e procedida a filtração lenta em filtro de papel número 42. A leitura das amostras foi realizada através da oxidação destas com dicromato de potássio 66,7 mmol L⁻¹ ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). O teor de C solúvel foi determinado por titulação com $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 33,3 mmol L⁻¹ na presença do indicador difenilamina (1%). O CMic foi calculado pela diferença entre carbono extraído do solo fumigado e não-fumigado multiplicada pelo fator de correção $K_{\text{EC}} = 0,33$, que representa a eficiência da extração de 33 %, proposto por Sparling e West (1988), para solos com baixo pH e menos de 10% de carbono orgânico, recomendação para solos do Brasil para os quais o fator K_{EC} não foi determinado (DE-POLLI; GUERRA, 1999).

A atividade microbiana foi avaliada pela determinação da respiração basal microbiana (RMic, C - CO_2) de amostras de 50 gramas de solo incubadas por 10 dias, a 28 °C. O CO_2 liberado foi capturado em solução de hidróxido de sódio (NaOH) 50 mmol L⁻¹, precipitado com solução de cloreto de bário ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0,5 mol L⁻¹, e quantificado por titulação do NaOH remanescente com ácido clorídrico (HCl) 50 mmol L⁻¹ na presença de fenolftaleína (ALEF; NANNIPIERI, 1995). Com os resultados da atividade respiratória microbiana e do CMic calculou-se o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), que representa a taxa de respiração por unidade de C na biomassa microbiana (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Para determinação do teor de carbono orgânico total (COT) de cada amostra peneirada a 2 mm foi retirada uma subamostra de 10 g que foi seca à 60 °C e moída em gral de porcelana. O COT foi determinado por combustão seca pelo Autoanalisador de Carbono, Nitrogênio, Hidrogênio e Enxofre (CNHS) equipamento Elementar Vario EL Cube. O carbono orgânico particulado (COP) foi determinado utilizando 20 g

de amostra e 60 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}), com agitação por 16 horas, e passagem da suspensão em peneira de $53 \mu\text{m}$ (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992). O material orgânico retido na peneira consiste no COP, que foi quantificado a partir da massa da fração seca em estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ e moído com pistilo em gral de porcelana, onde o teor de carbono orgânico foi determinado no Autoanalisador CNHS, equipamento Elementar Vario EL Cube.

A partir dos resultados de CMic e COT foi calculado o Quociente Microbiano (qMic) expresso como a percentagem de C microbiano em relação ao C orgânico total do solo (ANDERSON, 1994).

As amostras para as análises químicas foram secas em estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ e peneiradas em peneira com malha de 2 mm, sendo determinados: pH, SMP, matéria orgânica (MO), teores de P, K, Ca, Mg e suas relações, Al, H+Al, CTC pH 7,0 e soma de bases, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A umidade do solo volumétrica foi determinada no laboratório com as amostras secas em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas. A densidade do solo (D_s) foi determinada, com as amostras indeformadas pelo método do anel volumétrico. O volume de bioporos foi determinado na mesa de tensão de areia à sucção de 1 kPa. A densidade de partículas (D_p) foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997). A microporosidade do solo foi determinada na mesa de tensão de areia à sucção de 60 cm (tensões de 6 kPa), e a porosidade total (PT) calculada pela razão entre a densidade do solo e a densidade de partículas [$PT = 1 - (D_s/D_p)$]. A macroporosidade foi obtida pela diferença entre PT e a microporosidade (EMBRAPA, 1997). A estabilidade de agregados do solo foi determinada pelo peneiramento úmido de acordo com a metodologia de Kemper e Chepil (1965), representada pelo diâmetro médio ponderado (DMP).

A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986), utilizando-se solução de hidróxido de sódio como dispersante químico. A fração areia foi removida por tamisação em peneira de 0,053 mm. As frações silte e argila foram separadas por sedimentação e posterior pipetagem da argila em suspensão. As frações argila e areia foram calculadas após pesagem em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo o silte calculado por diferença. A resistência do solo à penetração foi obtida nas amostras volumétricas, com umidade equilibrada na tensão correspondente a 10 kPa, utilizando-se um penetrômetro de bancada Marconi®, modelo MA-933.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) fatorial (5×2) considerando 5 sistemas de uso e 2 épocas de amostragem, com 3 repetições verdadeiras (municípios), totalizando 27 repetições por época do ano, sistema de uso do solo e região amostrada, utilizando o programa estatístico STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc., 2004). As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Correlações de Pearson foram estabelecidas entre os atributos microbiológicos, químicos e físicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compartimentalização do C no solo

Com base nos teores de C microbiano (Tabela 6 e 7) e C orgânico total e particulado do solo (Tabela 8) verificou-se que os sistemas de uso do solo estudados no Planalto Serrano e no Oeste Catarinense diferiram em termos de compartimentalização. Esta dinâmica não se alterou em função da época do ano, inverno e verão, no Planalto Serrano Catarinense (Tabela 6). Para a Região Oeste, entretanto, as variações do CMic e q Mic nos sistemas de uso foram dependentes da época de amostragem (inverno e verão). Em FN, PA, RE e PD observou-se reduções nos teores de CMic no verão da ordem de 23, 32, 26 e 31%, respectivamente, enquanto o ILP, ao contrário, apresentou aumentos em CMic no verão da ordem de 30% em relação ao inverno.

Tabela 6. Carbono da biomassa microbiana (CMic) e quociente microbiano (q Mic) no Planalto Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Sistemas de Uso do Solo	CMic ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	qMic (%)
FN	479,6 a	0,82 b
PA	484,4 a	1,11 a
RE	319,2 b	0,88 b
ILP	234,5 c	0,65 c
PD	239,8 c	0,66 c
Média	351,5	0,82

Médias (n = 54) das repetições verdadeiras. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 7. Carbono da biomassa microbiana (CMic) e quociente microbiano (q_{Mic}) no Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Sistemas de Uso do Solo	CMic ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		q_{Mic} (%)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
FN	354,3 b A	271,5 b B	0,74 b A	0,60 b A
PA	473,9 a A	320,5 a B	1,16 a A	0,73 a B
RE	184,9 c A	136,9 cd A	0,60 bc A	0,43 c A
ILP	136,8 c A	177,9 c A	0,44 c A	0,57 b A
PD	153,1 c A	106,2 d A	0,49 c A	0,34 c A
Média	260,6	202,6	0,69	0,53

Médias (n = 27) das repetições verdadeiras. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 8. Carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico particulado (COP) no Planalto e Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Sistemas de uso do solo	COT COP		COT COP	
	Planalto (g kg^{-1})		Oeste (g kg^{-1})	
FN	63,05 a	4,55 a	48,82 a	3,70 a
PA	45,06 b	3,51 b	42,75 b	2,56 b
RE	39,02 c	3,12 bc	31,50 c	1,21 c
ILP	38,49 c	2,42 cd	31,58 c	1,51 c
PD	37,73 c	1,71 d	31,11 c	1,40 c
Média	44,67	3,06	37,15	2,08

Médias (n = 54) das repetições verdadeiras. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: produção do próprio autor.

Sistemas com menor intensidade de uso do solo (FN e PA) apresentaram maiores teores de CMic, COT e COP (Tabelas 6, 7 e 8). Por outro lado o aumento da intensidade de uso do solo ocasionou

reduções nestes teores, tanto no compartimento microbiano, como no total e particulado, nas duas regiões estudadas. No Planalto as áreas de FN e PA apresentaram os maiores teores de CMic, com 479,6 e 484,4 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo, respectivamente. No Oeste os maiores valores de CMic foram observados nas áreas de pastagem (PA), seguido das áreas de FN, na época de inverno. Com base no COT e COP, as áreas de FN apresentaram os maiores teores de C no solo seguidas pelas PA.

Os sistemas com menor intensidade de uso do solo, FN e PA (Tabela 6 e 7), destacaram-se pelos elevados valores de CMic e $q\text{Mic}$, o que está relacionado com o aporte contínuo e diversificado de matéria orgânica incorporada ao solo, principalmente via deposição pelas plantas (MATOSO et al., 2012). O aumento do CMic nestas áreas também é determinado pela maior presença de raízes, com maior exsudação de compostos orgânicos, que podem servir como fonte de C e energia à biomassa microbiana do solo (SOUZA et al., 2010).

A pastagem destacou-se dos demais sistemas de uso do solo, apresentando maiores valores de $q\text{Mic}$, nas duas regiões estudadas, com valores superiores a 1% em termos de contribuição no teor total de C no solo no Planalto e no Oeste (inverno). Isso indica que o compartimento microbiano de C (CMic) tem maior importância nestes sistemas em relação aos demais, apontando o aumento de nutrientes nas áreas de pastagens por meio da biomassa microbiana, a qual apresenta rápido tempo de ciclagem no solo (GLAESER et al., 2010). Essa maior eficiência da PA em imobilizar o C indica que esse sistema apresenta condições mais apropriadas para o desenvolvimento microbiano, as quais podem ter decorrido da adição de matéria orgânica de boa qualidade ou da eliminação do fator limitante (CHAER; TÓTOLA, 2007).

As áreas de reflorestamento com eucalipto apresentaram menores teores de CMic que os observados nas áreas de FN e PA, com redução na ordem de 34% em relação as pastagens no Planalto (Tabela 6), no entanto, para o Oeste (Tabela 7) que apresenta clima subtropical com verões quentes, estas perdas foram mais acentuadas. De maneira geral, os teores de CMic, COT e COP nas áreas de reflorestamento com eucalipto (*Eucalyptus* sp.) no Oeste não diferiram dos observados nos sistemas ILP e PD, com o plantio de soja (*Glycine* sp.) e milho (*Zea mays* sp.) no verão, trigo (*Triticum* sp.), aveia (*Avena* sp.) e azevém (*Lolium* sp.) no inverno, indicando que estes sistemas de uso do solo não diferem em termos de dinâmica da compartimentalização do C. Já para o Planalto, o reflorestamento com eucalipto apresentou valor de COP

comparável a um sistema nativo (PA). As pequenas diferenças em termos de CMic observadas no verão em relação ao inverno para o Oeste, podem estar relacionadas a baixa precipitação de chuvas nesta região, no verão (Figura 3 b). O reflorestamento de eucalipto é um sistema que se estabiliza ao longo do tempo, pelo tempo da cultura no solo e sem seu preparo após o plantio, porém, não conseguiu aumentar os teores de C no solo quando comparado aos sistemas mais conservacionistas, FN e PA. Isto pode ser atribuído a diversidade, quantidade e qualidade da serapilheira que esta cultura fornece ao solo.

As maiores perdas de C no solo ocorreram com o aumento do uso do solo, nos sistemas ILP e PD, com reduções no C orgânico total, orgânico particulado e microbiano, quando comparados aos sistemas com menor uso do solo (FN e PA). O carbono microbiano reduziu significativamente nos sistemas ILP e PD em relação a pastagem, para as duas regiões do estudo (Tabela 6 e 7), estando relacionado com o processo de preparo do solo, mesmo que reduzido, para implantação das culturas. No Planalto, a maior intensidade de uso do solo ocasionou reduções de 59% no $qMic$ nas áreas de ILP e PD em relação a PA. Para o Oeste, no inverno, essas reduções foram mais acentuadas, reduzindo mais da metade do $qMic$ em relação ao mesmo sistema (PA), entretanto, nessa região, não foram observadas diferenças do quociente microbiano, no verão, entre os sistemas ILP e FN.

O aumento da intensidade do uso do solo reduziu significativamente o compartimento de C microbiano nos sistemas RE, ILP e PD, por ser um compartimento que apresenta baixa resistência a algum tipo de perturbação no solo (KASCHUK et al., 2010). Quando as reduções do estoque de C orgânico no solo são maiores no compartimento microbiano, indicam a maior sensibilidade deste compartimento às perdas de matéria orgânica relacionadas com o manejo do solo (XAVIER et al., 2006). Em geral, maiores valores de CMic são encontrados no sistema de plantio direto em relação ao preparo convencional, demonstrando a influencia do manejo do solo sobre os parâmetros microbianos (HUNGRIA et al., 2009; SILVA et al., 2010; BABUJIA et al., 2010).

Reduções do CMic em função do uso do solo podem ter sido influenciados pela diminuição da proteção do solo, com o aumento do efeito dos raios solares, aumento da temperatura do solo e diminuição da umidade, propiciando a redução na biomassa microbiana do solo (SOUZA et al., 2010), já seu aumento é favorecido pelo aumento da umidade e temperatura do solo (MATSUOKA et al., 2003). Na FN e

PA, a proteção continua do solo pela presença de plantas e diferentes resíduos orgânicos melhoram a retenção de água no solo, protegem o solo da radiação solar direta, e reduzem a temperatura na superfície do solo, os quais agem para reduzir a taxa de mineralização MO e manter ou aumentar o CMic do solo (GUIMARÃES et al., 2013).

Kaschuk et al. (2011) verificou que no Cerrado brasileiro o CMic apresentou baixa resistência sendo o atributo mais sensível a perturbação do solo. A introdução de plantações perenes, pastagens e culturas anuais no bioma reduziu o CMic em 24, 39 e 64%, respectivamente. Outros trabalhos também encontraram maiores valores de CMic em áreas sob pastagem (CENCIANI et al., 2009; FRAZÃO et al., 2010) como ocorreu neste estudo, para o Oeste Catarinense.

A maior utilização de C orgânico pela biomassa microbiana expressada pelo q_{Mic} pode estar relacionada com a qualidade da matéria orgânica do solo (JAKELAITIS et al., 2008). Assim, as maiores relações de q_{Mic} demonstram maior eficiência da microbiota do solo em utilizar o C da MO mineralizável (MALUCHE - BARETTA et al., 2007), com maior conversão do C orgânico em C microbiano, revelando maior condição de equilíbrio no ambiente natural (XAVIER et al., 2006). Em um estudo, Xavier et al. (2006) encontraram a maior proporção de q_{Mic} na PA em relação às áreas de cultivo, indicando o aumento de nutrientes na área de pastagem por meio da biomassa microbiana, a qual apresenta rápido tempo de ciclagem no solo, resultados que corroboraram com este estudo.

A intensidade de uso do solo tem afetado significativamente o carbono orgânico do solo (WANG et al., 2011), em função da redução do aporte de restos culturais, perdas por erosão (HICKMANN; COSTA, 2012) e aceleração da mineralização da MO, diminuindo seus teores no solo (LOSS et al., 2010). A quebra dos agregados pelo preparo do solo, expõe a matéria orgânica do solo à atividade microbiana e o conteúdo de carbono orgânico total e particulado é reduzido (COSTA et al., 2004). Sistemas naturais, como a floresta nativa e as pastagens, apresentam maiores valores de C orgânico (CARDOSO et al. 2009), relacionado pela influência dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo (LOSS et al, 2010), sistema radicular de ciclagem rápida e ausência de preparo do solo (WENDLING et al., 2012).

Costa et al. (2004), estudando um Latossolo Bruno, em Guarapuava - PR, encontraram teores de COP que podem representar de 24 a 31% do COT, para sistemas de PD e PC. Contudo, os teores de COP são variáveis conforme o uso e características intrínsecas de cada

solo, uma vez que depende de proteção física para seu aumento no solo, considerado um atributo sensível em demonstrar variações no C orgânico do solo sob as condições de manejo (SOUZA et al., 2008). Pelos valores de COT, COP e CMic, foi possível identificar diferenças entre os sistemas de uso do solo avaliados (LOSS et al., 2009).

Atividade microbiana no solo

A atividade dos microrganismos do solo e sua eficiência de utilização do C, representados pela respiração microbiana (RMic) e quociente metabólico (qCO_2), variaram com os sistemas de uso e época de amostragem, nas duas regiões de estudo (Tabelas 9 e 10).

No Planalto observou-se aumentos na emissão de C - CO_2 do solo, do inverno para o verão, da ordem de 64%. A eficiência de utilização do C também diminuiu no verão nesta região, com aumentos significativos no qCO_2 . No Oeste a respiração microbiana não sofreu influência da época amostrada, entretanto os valores de qCO_2 aumentaram 14% no verão em relação ao inverno.

Tabela 9. Respiração microbiana do solo (RMic) e quociente metabólico (qCO_2) no Planalto Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Sistemas de Uso do Solo	RMic ($\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ de C - CO_2 no solo)		qCO_2 ($\mu g\ \mu g^{-1}\ h^{-1}$ de C - CO_2 na BMS)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
	FN	78,98 a B	134,08 a A	0,14 a B
PA	62,98 b B	94,03 b A	0,13 a A	0,25 b A
RE	54,74 b B	78,39 bc A	0,15 a B	0,46 a A
ILP	39,60 c B	64,22 c A	0,14 a B	0,49 a A
PD	32,04 c B	66,33 c A	0,16 a B	0,39 ab A
Média	53,13	87,41	0,14	0,39

Médias (n = 54) das repetições verdadeiras. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 10. Respiração microbiana do solo (RMic) e quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) no Oeste Catarinense, em sistemas de Floresta nativa - FN, Reflorestamento de eucalipto - RE, Pastagem - PA, Integração lavoura-pecuária - ILP e Plantio direto - PD.

Sistemas de Uso do Solo	RMic ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo)	$q\text{CO}_2$ ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 na BMS)	
		Inverno	Verão
FN	83,05 b	0,25 cd A	0,32 b A
PA	98,30 a	0,21 d A	0,34 b A
RE	56,46 c	0,36 bc A	0,42 b A
ILP	60,85 c	0,51 a A	0,36 b A
PD	58,05 c	0,48 ab A	0,62 a A
Média	71,34	0,36	0,41

Médias (RMic $n = 54$, $q\text{CO}_2$ $n = 27$) das repetições verdadeiras. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: produção do próprio autor.

No Planalto, as áreas de FN apresentaram a maior atividade microbiana no solo (RMic) tanto no inverno como no verão, com aumento das perdas de C - CO_2 na ordem de 70% no verão (Tabela 9). No Oeste os maiores valores foram observados, nas áreas de pastagem, e foram da ordem de $98,3 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo (Tabela 10). Áreas nativas e pastagens apresentam maiores valores de atividade microbiana, com base na liberação C - CO_2 (MALUCHE - BARETTA, 2007; XAVIER et al., 2006), podendo ser atribuído em função da constante incorporação de resíduos, com acúmulo de matéria orgânica, promovendo uma alta biomassa e atividade biológica sobre esse material, liberando C - CO_2 (SANTOS et al., 2004).

No Planalto a PA e o RE apresentaram o mesmo comportamento de RMic para as épocas amostradas com valores intermediários de emissão de C - CO_2 de $72,5 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo, enquanto ILP e PD apresentaram valores intermediários de $50,5 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo, o que está relacionado a diminuição da biomassa microbiana nestes sistemas com maior intensidade de uso. Temperaturas mais elevadas no verão (Figura 3), podem ter aumentado a atividade microbiana no solo, ao contrário, temperaturas menores levam a diminuição de sua atividade no solo. No Oeste, a respiração microbiana do solo não apresentou diferenças entre épocas amostradas

(Anexo C), a temperatura e umidade do solo (Figura 3 b) podem ter influenciado esse comportamento, já que apresentou temperaturas máximas próximas dos 30 °C no inverno.

No Planalto, os sistemas de uso do solo FN, PA, RE, ILP e PD não apresentaram variações no quociente metabólico para o inverno, com valores entre 0,13 - 0,16 $\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de C - CO₂ na biomassa microbiana do solo (BMS). No verão, a PA, a FN e o PD não diferiram entre si. O RE e a ILP foram menos eficazes na imobilização do C, com maior liberação de C - CO₂ por unidade de biomassa microbiana em relação a PA. No Oeste, a maior intensidade de uso do solo diminuiu a eficiência de imobilização de C pela biomassa microbiana do solo, no inverno para os sistemas ILP e PD e no verão para o PD (Tabela 10). Sistemas mais conservacionistas, FN e PA, apresentaram menor quociente metabólico no inverno. O RE, ILP e PD, no inverno, foram menos eficazes no sequestro de C, perdendo mais C - CO₂ para atmosfera. Este fato pode ter ocorrido pela influência negativa das práticas de manejo mais intensivas, causando o estresse na biomassa microbiana do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002) e, ou, pela influência de temperaturas elevadas no inverno, favorecendo a decomposição da matéria orgânica, a respiração das raízes e a respiração microbiana, levando a maior perda de C - CO₂ para atmosfera (DIAS, 2006).

Os sistemas de floresta nativa e pastagem apresentaram biomassa mais eficiente, que perdeu menos C - CO₂ e incorporou mais C nos tecidos microbianos (REIS-JÚNIOR; MENDES, 2007), o que pode decorrer por diversos fatores, como acessibilidade ao substrato, condições físico-químicas do solo ou até mesmo mudanças no padrão metabólico e constituição da biomassa microbiana (NUNES et al., 2011). Neste caso, as altas taxas de respiração microbiana podem significar alto nível de produtividade desses ecossistemas (SILVA et al., 2012). No Planalto, a PA apresentou-se como um sistema de uso do solo mais estável, onde a comunidade microbiana teve menor condição de estresse, verificado pela menor liberação de C - CO₂ por unidade de BMS. Os sistemas RE, ILP e PD apresentaram valores elevados de quociente metabólico, indicando perdas de C, pois baixa população microbiana do solo necessita de grande quantidade de C (energia) para sua manutenção (CARNEIRO et al., 2008; SOUZA et al., 2006), indicativo de populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico (ANDERSON; DOMCH, 1993).

Sistemas de uso do solo mais maduros e estáveis (CHAER; TÓTOLA, 2007), tem os menores valores de $q\text{CO}_2$, que podem refletir

menor condição de estresse da BMS (MALUCHE - BARETTA et al., 2007). Sistemas agrícolas mal manejados podem perder MO e representar fonte de C para atmosfera (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Além disso, a liberação de C para atmosfera é influenciada pela temperatura, onde seu aumento pode levar a maior liberação de C - CO₂ nos sistemas de uso do solo (BALOTA et. al, 1998; LIRA et. al, 1999).

Alguns estudos que compararam sistemas com maior intensidade de uso do solo e sistemas com vegetação nativa, não encontraram diferenças significativas de quociente metabólico entre si (NEVES et al., 2009; GLAESER et al., 2010), resultados que demonstram maior eficiência da BMS em evitar perdas de C - CO₂ para atmosfera com maior incorporação de carbono nos tecidos microbianos (FIALHO et al., 2006).

Correlação com atributos químicos e físicos do solo

Os atributos microbianos (CMic, RMic, qCO_2 , $qMic$) relacionados a dinâmica do carbono apresentaram diferentes correlações com os atributos químicos e físicos do solo, conforme o sistema de uso estudado, na região do Planalto (Tabela 11) e Oeste (Tabela 12).

A floresta nativa apresentou o menor número de correlações entre os atributos do solo no Planalto, o mesmo ocorreu para o reflorestamento de eucalipto no Oeste. Sistemas com maior intensidade de uso do solo, integração lavoura-pecuária no Planalto e o plantio direto no Oeste tiveram o maior número de correlações.

Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Planalto Catarinense.

Floresta nativa									
	N	COT	P	MO	CTC 7	Mg CTC	Ca/ Mg	Areia	Argila
CMic	ns	-0,33*	ns	ns	ns	ns	0,27*	ns	ns
RMic	0,50**	0,66**	ns	ns	ns	0,28*	Ns	ns	ns
qCO₂	0,31*	0,58**	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
qMic	-0,35*	-0,67**	-0,36**	-0,28*	-0,33*	ns	0,30*	-0,28*	0,29*
Pastagem									
	N	COT	pH	SMP	P	K	Al	Sat Al	Ca
CMic	ns	ns	-0,36**	-0,43**	0,38**	ns	0,43**	0,42**	-0,34*
RMic	ns	0,43**	ns	ns	ns	0,38**	ns	ns	ns
qCO₂	ns	Ns	ns	ns	ns	0,31*	ns	ns	ns
qMic	-0,28*	-0,44**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Mg	H Al	CTC 7	BASES	K CTC	Ca CTC	Mg CTC	Ca/ Mg	Ca/K
CMic	-0,34*	0,46**	0,47**	-0,38**	-0,33*	-0,34*	-0,37**	ns	ns
RMic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,35**	-0,31*
qCO₂	ns	ns	ns	ns	0,36**	ns	ns	ns	ns
qMic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, Biop. - bioporos, RP - resistência a penetração, DMP - diâmetro médio ponderado.

Fonte: produção do próprio autor.

continua...

Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Planalto Catarinense.

	Pastagem									
	Mg/K	Umidade	Microp.	Macrop.	Areia	Argila	Silte	-	-	-
CMic	ns	0,50**	0,49**	-0,50**	0,45**	-0,45**	ns	-	-	-
RMic	-0,28*	-0,34*	ns	ns	ns	ns	0,27*	-	-	-
qCO₂	ns	-0,39**	-0,29*	0,30*	-0,31*	ns	ns	-	-	-
qMic	ns	0,31*	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
	Reflorestamento de eucalipto									
	N	COT	SMP	P	MO	Al	Sat Al	H Al	CTC 7	
CMic	0,34*	ns	ns	ns	0,42**	ns	ns	ns	0,27*	
RMic	ns	0,58**	-0,29*	-0,28*	ns	0,31*	0,28*	0,29*	0,31*	
qCO₂	ns	ns	ns	-0,29*	ns	ns	ns	ns	ns	
qMic	ns	-0,51**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	Plantio direto									
	Ca/ Mg	COP	Umidade	DS	Macrop.	Areia	-	-	-	-
CMic	0,28*	ns	0,44**	ns	ns	ns	-	-	-	-
RMic	ns	0,38**	ns	0,27*	-0,29*	0,30*	-	-	-	-
qCO₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-
qMic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, Biop. - bioporos, RP - resistência a penetração, DMP - diâmetro médio ponderado.

Fonte: produção do próprio autor.

continuação...

Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Planalto Catarinense.

	Integração lavoura-pecuária								
	N	COT	SMP	P	K	MO	Al	Sat Al	Ca
CMic	ns	ns	ns	ns	0,38**	ns	0,29*	0,36**	-0,30*
RMic	ns	0,37**	ns	0,28*	-0,27*	ns	ns	ns	ns
qCO₂	ns	0,40**	-0,30*	ns	-0,41**	0,36**	ns	ns	ns
qMic	-0,33*	-0,58**	0,30*	-0,39**	0,46**	-0,54**	ns	0,33*	-0,32*
	Mg	H Al	CTC 7	K CTC	Ca CTC	Mg CTC	Ca/ Mg	Ca/K	Mg/K
CMic	-0,47**	ns	-0,40**	0,44**	ns	-0,43**	0,31*	-0,39**	-0,41**
RMic	0,29*	ns	0,29*	-0,31*	ns	ns	-0,31*	ns	ns
qCO₂	0,39**	0,32*	0,43**	-0,44**	-0,27*	0,29*	-0,35*	0,34*	0,40**
qMic	-0,57**	-0,33*	-0,61**	0,54**	ns	-0,42**	-0,49**	-0,49**	-0,53**
	COP	DS	Microp.	Macrop.	Biop.	Areia	Argila	Silte	-
CMic	-0,32*	ns	ns	ns	ns	ns	0,30*	-0,31*	-
RMic	0,28*	ns	ns	ns	0,29*	ns	ns	ns	-
qCO₂	0,40**	-0,34*	ns	ns	ns	0,39**	-0,39**	ns	-
qMic	-0,54**	0,44**	0,29*	-0,35*	ns	-0,51**	0,54**	-0,38**	-

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, Biop. - bioporos, RP - resistência a penetração, DMP - diâmetro médio ponderado.

Fonte: produção do próprio autor.

continuação...

Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Planalto Catarinense.

	Plantio direto								
	N	COT	SMP	K	MO	Ca	Mg	H Al	CTC 7
CMic	0,51**	0,37**	-0,31*	-0,40**	0,44**	ns	0,39**	0,37**	0,36**
RMic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
qCO₂	-0,30*	ns	ns	0,33*	ns	ns	-0,29*	ns	ns
qMic	ns	-0,28*	ns	ns	ns	-0,31*	ns	ns	ns
	K CTC	Ca/ Mg	Ca/K	Mg/K	COP	Umidade	DS	Microp.	Macrop.
CMic	-0,37**	-0,34*	0,44**	0,46**	0,43**	0,56**	-0,43**	-0,30*	0,46**
RMic	ns	0,29*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
qCO₂	0,28*	0,36**	-0,30*	-0,33*	ns	-0,46**	0,35**	0,29*	-0,42**
qMic	ns	-0,39**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	RP	Areia	DMP	-	-	-	-	-	-
CMic	-0,32*	0,31*	ns	-	-	-	-	-	-
RMic	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-
qCO₂	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-
qMic	ns	ns	0,33*	-	-	-	-	-	-

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, Biop. - bioporos, RP - resistência a penetração, DMP - diâmetro médio ponderado.

Fonte: produção do próprio autor.

conclusão.

Na FN a respiração microbiana do solo apresentou correlação significativa com o N e COT para as duas regiões. No Planalto, o quociente metabólico se relacionou positivamente com o COT, enquanto o quociente microbiano apresentou correlação negativa com este mesmo atributo. No Oeste, o qCO_2 apresentou maiores correlações com o N e umidade do solo.

No Planalto, para o sistema de pastagem, as maiores correlações do CMic foram com a umidade, macroporosidade e microporosidade do solo e, do RMic com o COT. No reflorestamento de eucalipto as maiores correlações para o CMic foram com a umidade e matéria orgânica do solo e, para o RMic foi com o COT. Na ILP, as maiores correlações ocorreram para o $qMic$, sendo positivas com K CTC e argila, e negativas com CTC pH 7, COT, COP, areia e relações Ca/Mg e Ca/K. Para o plantio direto, as maiores correlações positivas do carbono microbiano foram com o N e a umidade do solo, e negativas com a densidade do solo e teor de K, logo o aumento de N e umidade do solo favorecem a biomassa microbiana do solo e o aumento da densidade e de K a prejudicam.

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Oeste Catarinense.

Floresta nativa									
	N	COT	pH	SMP	P	MO	Al	Sat Al	H Al
CMic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RMic	0,63**	0,50**	-0,29*	ns	0,32*	0,47**	0,46**	0,36*	ns
qCO₂	0,50**	Ns	-0,30*	-0,28*	ns	0,33*	0,37*	0,31*	0,29*
qMic	-0,48**	-0,28*	ns	ns	ns	-0,32*	ns	ns	ns
	CTC 7	Mg CTC	Ca/K	Mg/K	COP	Umidade	Argila	-	-
CMic	ns	ns	ns	ns	-0,30*	0,46**	Ns	-	-
RMic	ns	-0,28*	-0,38**	-0,42**	ns	0,53**	0,41**	-	-
qCO₂	0,28*	ns	ns	-0,28*	-0,30*	ns	ns	-	-
qMic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
Pastagem									
	N	pH	SMP	P	K	Al	Sat Al	Ca	Mg
CMic	ns	ns	ns	-0,30*	-0,27*	ns	ns	0,30*	ns
RMic	0,29*	ns	0,38**	ns	ns	ns	ns	0,42**	ns
qCO₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
qMic	-0,30*	0,37**	0,32*	ns	0,43**	-0,36**	-0,38**	0,35*	0,28*

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, DMP - diâmetro médio ponderado.

Fonte: produção do próprio autor.

continua...

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Oeste Catarinense.

	Pastagem								
	H Al	BASES	K CTC	Ca CTC	Mg CTC	Ca/ Mg	Ca/K	Mg/K	COP
CMic	ns	ns	-0,29*	0,32*	ns	0,38**	0,28*	ns	ns
RMic	-0,36**	0,37**	ns	0,47**	ns	0,55**	0,29*	ns	ns
qCO₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,46**
qMic	-0,33*	0,36**	-0,43**	0,37**	0,31*	ns	0,40**	0,31*	ns
	Umidade	DS	PT	Microp.	-	-	-	-	-
CMic	0,56**	ns	ns	ns	-	-	-	-	-
RMic	ns	ns	0,35*	0,31*	-	-	-	-	-
qCO₂	-0,34*	ns	ns	ns	-	-	-	-	-
qMic	0,38**	0,30*	ns	ns	-	-	-	-	-
	Reflorestamento de eucalipto								
	N	K	CTC 7	K CTC	Ca/ Mg	Ca/K	Umidade	DS	PT
CMic	ns	ns	ns	ns	-0,32*	ns	ns	ns	ns
RMic	0,45**	-0,29*	0,30*	-0,31*	ns	0,31*	0,33*	-0,38**	0,38**
qCO₂	0,36*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,33*	0,31*
qMic	ns	ns	ns	ns	-0,35*	ns	ns	ns	ns

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, DMP - diâmetro médio ponderado.

Fonte: produção do próprio autor.

continuação...

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Oeste Catarinense.

Reflorestamento de eucalipto									
	Macrop.	RP	Silte	DMP	-	-	-	-	-
CMic	ns	0,39**	0,39**	ns	-	-	-	-	-
RMic	0,36**	ns	ns	ns	-	-	-	-	-
qCO₂	0,28*	-0,35*	ns	ns	-	-	-	-	-
qMic	ns	0,40**	0,39**	0,31*	-	-	-	-	-
Integração lavoura-pecuária									
	N	COT	pH	SMP	MO	Al	Sat Al	Ca	Mg
CMic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RMic	ns	ns	0,36**	0,41**	ns	-0,44**	-0,41**	0,28*	0,36**
qCO₂	ns	ns	0,27*	0,31*	ns	-0,35**	-0,34*	ns	0,29*
qMic	-0,36**	-0,43**	ns	ns	-0,36**	ns	ns	ns	ns
	BASES	Ca CTC	Mg CTC	Ca/ Mg	COP	Umidade	Microp.	Macrop.	-
CMic	ns	ns	ns	ns	ns	-0,27*	ns	ns	-
RMic	0,39**	0,34**	0,41**	-0,28*	ns	ns	0,29*	-0,28*	-
qCO₂	0,34*	0,31**	0,32*	ns	ns	ns	ns	ns	-
qMic	ns	ns	ns	ns	0,27*	ns	ns	ns	-

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, DMP - diâmetro médio ponderado.

continuação...

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo para os diferentes sistemas de uso do solo do Oeste Catarinense.

	Plantio direto								
	N	COT	pH	SMP	P	K	MO	Ca	Mg
CMic	ns	0,53**	ns	ns	-0,32*	0,31*	0,44**	-0,41**	-0,48**
RMic	ns	ns	0,46**	0,48**	ns	0,30*	ns	ns	0,33*
qCO₂	-0,28*	-0,31*	0,44**	0,40**	ns	ns	-0,32*	0,29*	0,48**
qMic	ns	0,38**	ns	ns	-0,31*	0,34*	0,32*	-0,35*	-0,36**
	H Al	CTC 7	BASES	K CTC	Mg CTC	Ca/ Mg	Ca/K	Mg/K	COP
CMic	ns	-0,46**	-0,27*	0,39**	-0,42**	0,50**	ns	-0,31*	0,53**
RMic	-0,45**	ns	0,39**	ns	0,41**	-0,34*	ns	ns	ns
qCO₂	-0,38**	ns	0,39**	ns	0,49**	-0,51**	ns	ns	ns
qMic	ns	-0,43**	ns	0,40**	-0,29*	0,36**	-0,30*	-0,34*	-0,59**
	Microp.	Macrop.	Biop.	Silte	DMP	-	-	-	-
CMic	0,42**	-0,38**	ns	ns	0,31*	-	-	-	-
RMic	-0,28*	ns	ns	0,29*	ns	-	-	-	-
qCO₂	-0,43**	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-
qMic	0,27*	-0,31*	0,27*	ns	0,32*	-	-	-	-

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste Tukey. ns = não significativo. COT - carbono orgânico total, MO - matéria orgânica do solo, COP - carbono orgânico particulado, DS - densidade do solo, PT - porosidade total, Macrop. - macroporosidade, Microp. - microporosidade, DMP - diâmetro médio ponderado.

Fonte: produção do próprio autor.

conclusão.

No Oeste, para a pastagem, as maiores correlações foram do CMic com a umidade do solo, RMic com a relação Ca/Mg e Ca na CTC, do qCO_2 com o COP e do $qMic$ com o K (Tabela 12). No reflorestamento de eucalipto a RMic se correlacionou positivamente com o N e porosidade total e negativamente com a densidade do solo. No sistema integração lavoura-pecuária, o Al apresentou correlação negativa e o Mg CTC e saturação de Al positiva com a respiração microbiana do solo. No plantio direto, o COT, COP e a relação Ca/Mg mais se correlacionaram com o CMic, onde o aumento desses atributos no solo tendem a favorecer a biomassa microbiana, já correlações negativas prejudicam seu desenvolvimento, isso pode ocorrer nesse sistema com o aumento do Ca, Mg, CTC 7 e Mg CTC. A RMic teve as maiores correlações positivas com o pH e SMP.

O efeito do uso do solo nas propriedades físicas e químicas do solo influenciam a biomassa e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (BALOTA et al., 2003). Os atributos químicos e físicos considerados mais importantes para fornecer informações sobre o comportamento da BMS são: pH, matéria orgânica, Al, N, P, S, K, Ca, Mg, CTC, textura e densidade do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Dentre esses, o teor de N no solo se destacou, correlacionando-se com os atributos microbiológicos em todos os sistemas de uso do solo, para as duas regiões em estudo. A matéria orgânica do solo apresentou correlações importantes com o C microbiano, no sistema com maior intensidade de uso do solo (PD), considerado um atributo importante na dinâmica do C, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos do solo (MIELNICZUK, 1999), onde seu aumento favorece o aumento da biomassa microbiana do solo nessas áreas.

Baretta et al. (2008) encontraram maiores correlações do atributos microbiológicos do solo (CMic e RMic) com outros atributos como o teor de COT e de P, relatando que mudanças pouco perceptíveis nestes atributos podem influenciar os atributos microbiológicos do solo. Rangel et al., (2007) encontraram o CMic mais correlacionado com os teores de COT ($r = 0,94$) e com as frações silte ($r = 0,85$) e argila ($r = 0,93$) do solo, diferindo dos resultados encontrados neste estudo, para o silte e argila.

Lourente et al., (2011) não encontraram correlações do $qMic$ com atributos físicos e químicos do solo, já o CMic teve maior correlação com o DMP ($r = 0,42$) e com o K ($r = -0,37$), a RMic com a densidade média de partículas ($r = 0,53$) e o qCO_2 com o P ($r = 0,67$). A

biomassa microbiana foi influenciada pelos teores de K no solo, de forma que, quanto maior o teor de K, menor o CMic. Estes estudos demonstram que os atributos microbiológicos relacionados com a dinâmica do C no solo são influenciados de maneira diferente pelos atributos químicos e físicos conforme o sistema de uso do solo.

5 CONCLUSÕES

Os sistemas de uso avaliados influenciaram a dinâmica do C de modo similar nas regiões do Planalto e Oeste do Estado de Santa Catarina.

Os sistemas PD e ILP, com maior intensidade de uso do solo, apresentaram menores teores de C orgânico total e menores teores de C no compartimento microbiano.

O reflorestamento com eucalipto apresentou comportamento intermediário na eficiência de utilização de C orgânico do solo.

As áreas de pastagem apresentaram a maior eficiência da utilização do C pela microbiota do solo.

Na FN e PA ocorreu a maior atividade dos microrganismos, representada pela respiração microbiana do solo.

O carbono microbiano se mostrou atributo mais sensível as mudanças ocasionadas pelos tipos de uso que o C orgânico total.

Os sistemas de uso do solo, no Planalto, para o inverno, foram eficientes na utilização de C pela microbiota (qCO_2), não variando no gradiente de uso do solo estudado.

Os atributos químicos e físicos apresentaram relações com os atributos microbiológicos estudados relacionados com a dinâmica do C no solo.

O gradiente de intensidade de uso do solo seguiu uma tendência diferente da proposta neste estudo, ocorrendo menores teores de C e de eficiência de uso pela microbiota na seguinte ordem: Floresta nativa > Pastagem > Reflorestamento de eucalipto > Integração lavoura-pecuária > Plantio direto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; BELL, C.W.; MORRIS, B.E.L.; ZAK, J.; ALLEN, V.G. Long-term soil microbial community and enzyme activity responses to an integrated cropping-livestock system in a semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 137:231–240, 2010.

ALBUQUERQUE, J.A.; ALMEIDA, J.A.; GATIBONI, L.C.; ELTZ, F.L.F. Atividades agrícolas de produção em solos frágeis no sul do Brasil. In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 7:141-192, 2011. In: 373-403.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds.) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576p.

ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de Cerrado com diferentes usos. **Ciência Agrotécnica**, 23:617-625, 1999.

ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; ELIAS - NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 33:341-347, 2011.

AMARAL, H.F.; SENA, J.O.A.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S. Soil chemical and microbial properties in vineyards under organic and conventional management in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1517-1526, 2011.

ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In: PAGE, A.L. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2ed. Part 2. Madison: ASA/SSSA, p.831-871, 1982.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameters to asses the effects of environmental

condition, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, 25:393-395, 1993.

ANDERSON, T.H. Physiological analysis of microbial communities in soil: applications and limitations. In: RITZ, K.D.; GILLER, K.E. (Eds.). **Beyond the biomass**. London: British Society of Soil Science, p. 67-76, 1994.

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S.A.P.A Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. (Eds.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, p.21-37, 2007.

ARAÚJO, A.S.F.; MELO, W.J. **Biomassa microbiana do solo**. Teresina: Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí, 2012.

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

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

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

BABUJIA, L.C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BROOKES, P.C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, 42: 2174-2181, 2010.

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

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**, 22:641-649, 1998.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA-FILHO, L.C. I.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 7:141-192, 2011.

BARETTA, D.; MALUCHE - BARETTA, C.R.D.; CARDOSO, E.J.B.N. Análise multivariada de atributos microbiológicos e químicos do solo em florestas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2683-2691, 2008.

BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; TORNQUIST, C.G.; CERRI, C.E.P.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J.A.; NICOLOSO, R.S.; CARVALHO, P.C.F. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 7:55-118, 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e Função da Matéria Orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo** - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 9-26, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo** - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2:159-170, 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI-NETO, F. **Conservação do Solo**. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BINI, D.; SANTOS, C.A.; BOUILLET, J.P.; GONÇALVES, J.L.D.M.; CARDOSO, E.J.B.N. *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in monoculture and intercropped plantations: evolution of soil and litter

microbial and chemical attributes during early stages of plant development. **Applied Soil Ecology**, 63:57–66, 2013.

BLOEM, J.; RUITER, P.; BOUWMAN, L. Soil food webs and nutrient cycling in agroecosystems. In: ELSAS, J. D. van.; TREVORS, J.T.; WELLINGTON, E.M.H. (Eds.) **Modern soil microbiology**. p. 245-278. New York: Marcel Dekker, 1997.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 14ed. USA: Prentice Hall, 2008. 975p.

BRUSSAARD, L.; KUYPER, T.W.; DIDDEN, W.A.M.; GOEDE, R.G.M.; BLOEM, J. Biological soil quality from biomass to biodiversity - importance and resilience to management stress and disturbance. In: SCHJONNING, P.; ELMHOLT, S.; CHRISTENSEN, B.T. (Eds.). **Managing soil quality: challenges in modern agriculture**. Wallingford: CABI International, p. 139-162, 2004.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 56:777-783, 1992.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44:631-637, 2009.

CARNEIRO, M.A.C.; Hamilton Seron PEREIRA, H.S.; ASSIS, P.C.R.; PAULINO, H.B.; MELO, L.B.C.; SILVEIRA - NETO, A.N. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 38:276-283, 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. Organic matter and sustainability. In: REES, B.C.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A., (Eds). **Sustainable**

management of soil organic. Wallingford, CAB International, p.9-22, 2001.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N. ;MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:277-289, 2010b.

CARVALHO, J.L.N.; RAUCCI, G.S.; CERRI, C.E.P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; WRUCK, F.J.; CERRI, C.C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil & Tillage Research**, 110:175–186, 2010a.

CENCIANI, K.; LAMBAIS, M.R.; CERRI, C.C.; AZEVEDO, L.C.B.; FEIGL, B.J. Bacteria diversity and microbial biomass in forest, pasture and fallow soils in the southwestern Amazon basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:907-916, 2009.

CERRI, C.C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B.P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

CHAER, G.M.; TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1381-1396, 2007.

CLUZEAU, D.; GUERNION, M.; CHAUSSOD, R.; MARTIN-LAURENT, F.; VILLENAVE, C.; CORTET, J.; RUIZ-CAMACHO, N.; PERNIN, C.; MATEILLE, T.; PHILIPPOT, L.; BELLIDO, A.; ROUGÉ, L.; ARROUAYS, D.; BISPO, A.; PÉRÈS, G. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. **European Journal of Soil Biology**,49:63-72, 2012.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. 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.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, 34:587-589, 2004.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.O.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo do solo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:913-923, 2002.

DEGENS, B.P. Microbial catabolic evenness: a pontencial integrative indicator of organic matter management? In: RESS, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A. (Eds.). **Sustainable management of soil organic matter**. Wallingford, CAB International, p. 357-362, 2001.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 389-411, 1999.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. Carbono, nitrogênio e fósforo na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2:263-276, 2008.

DIAS, J. D. **Fluxo de CO₂ proveniente da respiração do solo em áreas de floresta nativa da Amazônia**. Piracicaba, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2006. 88p. (Dissertação de Mestrado).

DORAN, J.W.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. **Soil & Tillage Research**, 49:3-18, 1998.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDOCEK, D.F.; STEWART,

B.A. (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 35:3-35, 1994.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W., JONES, A.J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil Sci. Soc. Am. **Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, WI. 49:25-37, 1996.

DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M.A. Soil health and sustainability. In: Sparks, D.L. (Ed.), **Advances in Agronomy**. Academic Press, San Diego, CA, 56:1-54, 1996.

ELLERBROCK, R.H.; HÖHN, A.; GERKE, H.H. FT-IR Studies on soil organic matter from long - term field experiments. In: RESS, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A., (Eds). **Sustainable management of soil organic matter**. London: CABI Publishing, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FERNANDES, M.M.; CARVALHO, M.G.C.; ARAUJO, J.M.R.; MELO, F.R.; SILVA, C.A.; SAMPAIO, F.M.T.; LOBATO, M.G.R. Matéria orgânica e biomassa microbiana em plantios de eucalipto no cerrado piauiense. **Floresta e Ambiente**, 19:453-459, 2012.

FERREIRA, E.P.B.; SANTOS, H.P.; COSTA, J.R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N.G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agrônômica**, 41:177-183, 2010.

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA-JÚNIOR, J.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agrônômica**, 37:250-257, 2006.

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

FRAZÃO, L.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 135:161–167, 2010.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo** - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 227-243, 1999.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo** - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2:159-170, 2008a.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; PAULINO, G.M.; FRANCO, A.A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1521-1530, 2008b.

GAMBOA, A.M.; GALICIA, L. Differential influence of land use/cover change on topsoil carbon and microbial activity in low-latitude temperate forests. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 142:280– 290, 2011.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., (Ed). **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America., 2:383-411. 1986 (Agronomy Series, 9)

GEORGE. S.; WRIGHT,D.L.; MAROIS, J.J. Impact of grazing on soil properties and cotton yield in an integrated crop–livestock system. **Soil & Tillage Research**, 132:47–55, 2013.

GLAESER, D.F.; MERCANTE, F.M.; ALVES, M.A.M.; SILVA, R.F.; KOMORI, O.M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, 14:103-114, 2010.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

GRISI, B.M. Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. **Rev. Nordestina Biol.** 10:1-22, 1995.

GUIMARÃES, D.V.; GONZAGA, M.I.S.; SILVA, T.O.; SILVA, T.L.; DIAS, N.S.; MATIAS, M.I.S. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil & Tillage Research**, 126:177-182, 2013.

HABEKOST, M.; EISENHAUER, N.; SCHEU, S.; STEINBEISS, S.; WEIGELT, A.; GLEIXNER, G. Seasonal changes in the soil microbial community in a grassland plant diversity gradient four years after establishment. **Soil Biology & Biochemistry**, 40:2588–2595, 2008.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, n.10, 16:1055–1061, 2012.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A. Importância do sistema de semeadura na população microbiana do solo. Comunicado Técnico/Embrapa-Soja, Londrina, Paraná, 56:1-9, 1997.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, 42: 288–296, 2009.

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

JANGID, K.; WILLIAMS, M.A.; FRANZLUEBBERS, A.J.; SCHMIDT, T.M.; COLEMAN, D.C.; WHITMAN, W.B. . Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties. **Soil Biology & Biochemistry**, 43:2184-2193, 2011.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and Turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Eds). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 5:415:471, 1981.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 61:4-10, 1997.

KAY, B.D.; MUNKHOLM, L.J. Management-induced soil structure degradation - organic matter depletion and tillage. In: SCHJONNING, P.; ELMHOLT, S.; CHRISTENSEN, B.T. (Eds.). **Managing soil quality: challenges in modern agriculture**. Wallingford: CABI International, p. 185-198, 2004.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, 338:467-481, 2011.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, 42:1-13, 2010.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A. ed. Methods of soil analysis. Madison, **American Society Agronomy**, 1965, p.499-510. (Agronomy Monograph, 9)

KENNEDY, A.C.; PAPENDICK, R.I. Microbial characteristics of soil quality. **J. Soil Water Conserv.**, 50:243:248, 1995.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.

LAGO, W.N.M.; LACERDA, M.P.C.; NEUMANN, M.R.B. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal: Parte II. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16:721-729, 2012.

LIRA, A. C. S.; POGGIANI, F; GONÇALVES, J. L. M. Respiração do solo sob eucalipto e cerradão. **Scientia forestalis**, 56:15-28, 1999.

LISBOA, B.B.; VARGAS, L.K.; SILVEIRA, A.O. da; MARTINS, A.F.; SELBACH, P.A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:45-55, 2012.

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**, 1:57-64, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, 39:1077-1082, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **IDESIA**, 29:11-19, 2011.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; ALOVISI, A.M.T.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 41:20-28, 2011.

LOVELAND, P.J.; WEBB, J.; BELLAMY, P. Critical level of soil organic matter: the evidence for England and Wales. In: RESS, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A. (Eds.) **Sustainable management of soil organic matter**. Wallingford, CAB International, p. 357-362, 2001.

MALUCHE-BARETTA, C.R.D. **Diversidade microbiana em solos sob florestas de *Araucaria angustifolia***. Piracicaba, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2007. 184p. (Tese de Doutorado).

MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; KLAUBERG-FILHO, O.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, G.M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:655-665, 2007.

MARCHIORI-JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura de algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:257-263, 1999.

MARTIN-NETO, L.; MILORI, D.M.B.P.; COLNAGO, L.A.; SIMÕES, M.L. Metodologias avançadas para estudos da matéria orgânica e sequestro de carbono em solos. In: MARTIN-NETO, L.; VAZ, C.M.P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 438p.

MATOSO, S.C.G.; SILVA, A.N.; FIORELLI-PEREIRA, E.C.; COLLETA, Q.P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, 42: 231-240, 2012.

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**, 27:425-433, 2003.

MELLONI, R.; PEREIRA MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N.; VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2461-2470, 2008.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.).

Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, p.1-8, 1999.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo** - ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2:1-5, 2008.

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

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros.** Lavras: Editora UFLA, 2008. 768p.

NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.G.; MOREIRA, F.M.S.; D'ANDRÉA, A.F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n. 1, 33:105-112, 2009.

NIEMEYER, J.C.; LOLATA, G.B.; CARVALHO, G.M.; SILVA, E.M.; SOUSA, J.P.; NOGUEIRA, M.A. Microbial indicators of soil health as tools for ecological risk assessment of a metal contaminated site in Brazil. **Applied Soil Ecology**, 59: 96-105, 2012.

NUNES, J. S.; ARAUJO, A.S.F., NUNES, L. A. P. L.; LIMA, L.M., CARNEIRO, R.F.V.; SALVIANO, A. A. C.; TSAI, S. M. Impact of land degradation on soil microbial biomass and activity in Northeast Brazil. **Pedosphere** 22:88–95, 2012.

NUNES, R.S.; LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; MENDES, I.C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1407-1419, 2011.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAINO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J.

Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America, p.231-245, 1996.

PARKINSON, D.; COLEMAN, D.C. Methods for assessing soil microbial populations, activity and biomass – Microbial communities, activity and biomass. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, 34:3-33, 1991.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil Microbiology and Biochemistry.** San Diego: Academic Press, 1989.

PAUSTIAN, K. Modeling soil organic matter dynamics - global challenges. In: RESS, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A. (Eds.) **Sustainable management of soil organic matter.** Wallingford, CABI International, p. 357-362, 2001.

PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; FONSECA, S., DAMBROZ, C.S. Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em argissolo sob eucalipto e pastagem. **Ciência Florestal**, 21:261-273, 2011.

PICANÇO, M.C.; PEREIRA, J.L.; GONRING, A.H.R.; SILVA, A.A.; BARROS, E.C. Impacto da integração agricultura- pecuária no manejo integrado de pragas. 171-194. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A.A.; AGNES, E.L. **Manejo integrado: integração agricultura- pecuária.** Viçosa: UFV, DFP, DFT, 2004.

PIGNATARO, A.; MOSCATELLI, M.C.; MOCALI, S.; GREGO, S.; BENEDETTI, A. Assessment of soil microbial functional diversity in a coppiced forest system. **Applied Soil Ecology**, 62:115– 123, 2012.

PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em argissolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2091-2100, 2008.

POTES, M.L.; DICK, D.P.; DALMOLIN, R.S.D.; KNICKER, H.; ROSA, A.S. Matéria orgânica em Neossolo de altitude: influência do

manejo da pastagem na sua composição e teor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:23-32, 2010.

PRAGANA, R.B.; NÓBREGA, R.S.A.; RIBEIRO, M.R.; LUSTOSA-FILHO, J.F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em latossolos amarelos na região do cerrado Piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:851-858, 2012.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1609-1623, 2007.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, 27: 29-48, 2003.

REIS-JÚNIOR, F.B.; MENDES, I.C. Biomassa microbiana do solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, Embrapa Cerrados, 2007. 38p.

RESENDE, M.; CURI, N.; LANI, J.L. Reflexões sobre o uso dos solos brasileiros. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2:593-643, 2002.

ROSCOE, R. Sequestro de carbono no sistema de plantio direto: possibilidades de contabilização. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds.) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

ROSCOE, R.; BODDEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds.) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46:1349-1356, 2011.

SANTOS, D.C.F.; GRAZZIOTTI, P.H.; SILVA, A.C.; TRINDADE, A.V.; SILVA, E.B.; COSTA, L.S.; COSTA, H.A.O. Microbial and soil properties in restoration areas in the Jequitinhonha valley, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:2199-2206, 2011.

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**, 10:333-338, 2004.

SILVA, A.P.; BABUJIA, L.C.; FRANCHINIA, J.C.; SOUZA, R.A.; HUNGRIA, M. Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in shortand long-term experiments in Brazil. **Field Crops Research**, 119: 20–26, 2010.

SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H. Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C). Seropédica: EMBRAPA, 2007 (Comunicado técnico 98).

SILVA, F.C.; PEREIRA, M.G.; MIGUEL, D.L.; FEITORA, J.C.F.; LOSS, A.; MENEZES, C.E.G.; SILVA, E.M.R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do Paraíba Do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1680-1689, 2012.

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influencia da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42: 1755-1761, 2007.

SILVA, R.C.S.; ALMEIDA, J.C.R.; BATISTA, G.T.; FORTES-NETO, P. Os indicadores físicos,químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais**, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p. 1-13, 2011.

SIQUEIRA, J.O.; SOARES, C.R.F.S.; SILVA, C.A. Matéria orgânica em solos de áreas degradadas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da**

Matéria Orgânica do solo - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 495-524, 2008.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A.; BUZZETTI, 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 Scientiarum Agronomy**, 28:323-329, 2006.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1829-1836, 2009.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:79-88, 2010.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; LIMA, C.V.S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C.F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1273-1282, 2008.

SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial - C - calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C-labeled cells. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, n.3, 20:337-343, 1988.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil & Plant Science**, 49:1-24, 1999.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais**. Porto Alegre:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico 5).

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: AVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M.C. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2:195-276, 2002.

TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e Fertilidade do Solo**. 6ed. São Paulo: Organização Andrei Editora Ltda, 2007. 718p.

TURCO, R.F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI-NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Eds.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**: Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa, SBCS, Lavras: UFLA/DCS, P. 529-550, 1999.

VANCE, E.D.; BROOKS, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, 19:703-707, 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**, 24:35-42, 2000.

VEZZANI, F.M.; CONCEIÇÃO, P.C.; MELLO, N.A.; DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo** - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 483-493, 2008.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:743-755, 2009.

WANG, Y.; TU, C.; CHENG, L.; LI, C.; GENTRY, L.F.; HOYT, G.D.; ZHANG, X.; HU, S. Long-term impact of farming practices on soil

organic carbon and nitrogen pools and microbial biomass and activity. **Soil & Tillage Research**, 117:8-16, 2011.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, Praga, 67:321-358, 1992.

WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. p 195-216. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA, 1994.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I.C.; OLIVEIRA, R.C.; BABATA, M.M.; BORGES, E.N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Biosci. J.**, 28:256-265, 2012.

WHITE, R.E. **Princípios e Práticas da Ciência do Solo - O Solo como um Recurso Natural**. 4ed. São Paulo: Organização Andrei Editora Ltda, 2009.

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**, 30:247-258, 2006.

YAO, H.; BOWMAN, D.; SHI, W. Seasonal variations of soil microbial biomass and activity in warm- and cool-season turfgrass systems. **Soil Biology & Biochemistry**, 43:1536-1543, 2011.

ZATORRE, N.P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. **Gaia Scientia**, 2(1):9-13, 2008.

ZHANG, B.; HE, H.; DING, X.; ZHANG, X.; ZHANG, X.; YANG, X.; FILLEY, T.R. Soil microbial community dynamics over a maize (*Zea mays* L.) growing season under conventional- and no-tillage practices in a rainfed agroecosystem. **Soil & Tillage Research**, 124:153-160, 2012.

ZILLI, J.E.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R.; COUTINHO, H.L.C.; NEVES, M.C.P Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, 20:391-411, 2003.

ANEXOS

ANEXO A. Análise da variância para os atributos microbiológicos do solo para o Planalto Catarinense, em cinco sistemas de uso do solo e duas épocas de amostragem.

Causas de variação	Carbono da biomassa microbiana ($\mu\text{g C g}^{-1}$) - inverno				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	2124365,9	531091,5	35,01	0
Blocos	2	181325,6	90662,8	5,98	0,0033
Resíduo	128	1941582,4	15168,6		
Total	134	4247273,9			
	Carbono da biomassa microbiana ($\mu\text{g C g}^{-1}$) - verão				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	1293290,8	323322,7	34,85	0
Blocos	2	227906,71	113953,4	12,28	0
Resíduo	128	1187516,8	9277,5		
Total	134	2708714,3			
	Respiração microbiana ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo) - inverno				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	37646,5	9411,6	25,76	0
Blocos	2	2325,5	1162,7	3,18	0,0448
Resíduo	128	46761,8	365,3		
Total	134	86733,8			
	Respiração microbiana ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo) - verão				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	88698,8	22174,7	47,73	0
Blocos	2	5054,3	2527,1	5,44	0,0054
Resíduo	128	59464,6	464,6		
Total	134	153217,7			
	Quociente metabólico ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 na BMS) - inverno				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	0,0148	0,0037	0,60	0,6610
Blocos	2	0,0396	0,0198	3,23	0,0426
Resíduo	128	0,7845	0,0061		
Total	134	0,8389			

continua...

ANEXO A. Análise da variância para os atributos microbiológicos do solo para o Planalto Catarinense, em cinco sistemas de uso do solo e duas épocas de amostragem.

Causas de variação	Quociente metabólico ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de C - CO_2 na BMS) - verão				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	0,9376	0,2343	4,12	0,0036
Blocos	2	1,5	0,7574	13,32	0
Resíduo	128	7,3	0,0569		
Total	134	9,7			
Quociente microbiano (%) - inverno					
Tratamentos	4	5,8	1,5	13,51	0
Blocos	2	1,0	0,5008	4,64	0,0113
Resíduo	128	13,8	0,1079		
Total	134	20,6			
Quociente microbiano (%) - verão					
Tratamentos	4	2,6	0,6369	12,10	0
Blocos	2	2,1	1,0	19,51	0
Resíduo	128	6,7	0,0526		
Total	134	11,3			

conclusão.

ANEXO B. Análise da variância para os atributos microbiológicos do solo para o Oeste Catarinense, em cinco sistemas de uso do solo e duas épocas de amostragem.

Causas de variação	Carbono da biomassa microbiana ($\mu\text{g C g}^{-1}$) - inverno				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	2345466,5	586366,6	79,26	0
Blocos	2	220819,6	110409,8	14,92	0
Resíduo	128	946968,3	7398,2		
Total	134	3513254,4			
	Carbono da biomassa microbiana ($\mu\text{g C g}^{-1}$) - verão				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	886981,2	221745,3	55,75	0
Blocos	2	4782,5	2391,2	0,60	0,549
Resíduo	128	509115,9	3977,5		
Total	134	1400879,7			
	Respiração microbiana ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo) - inverno				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	28206,7	7051,7	20,73	0
Blocos	2	68003,0	34001,5	99,94	0
Resíduo	128	43547,9	340,2		
Total	134	139757,6			
	Respiração microbiana ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo) - verão				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	48716,1	12179,0	70,80	0
Blocos	2	39346,1	19673,0	114,36	0
Resíduo	128	22019,9	172,0		
Total	134	110082,1			
	Quociente metabólico ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 na BMS) - inverno				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	2,0	0,4951	13,81	0
Blocos	2	2,1	1,0	28,53	0
Resíduo	128	4,6	0,0358		
Total	134	8,7			

continua...

ANEXO B. Análise da variância para os atributos microbiológicos do solo para o Oeste Catarinense, em cinco sistemas de uso do solo e duas épocas de amostragem.

Causas de variação	Quociente metabólico ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de C - CO_2 na BMS) - verão				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	1,6	0,3982	15,40	0
Blocos	2	1,4	0,6817	26,37	0
Resíduo	128	3,3	0,0259		
Total	134	6,3			
Quociente microbiano (%) - inverno					
Tratamentos	4	8,9	2,2	44,64	0
Blocos	2	1,9	0,9691	19,54	0
Resíduo	128	6,3	0,0496		
Total	134	17,1			
Quociente microbiano (%) - verão					
Tratamentos	4	2,5	0,6219	21,34	0
Blocos	2	0,0752	0,0376	1,29	0,2786
Resíduo	128	3,7	0,0291		
Total	134	6,3			

conclusão.

ANEXO C. Análise da variância para o carbono e quociente microbiano do solo para o Planalto, e, respiração microbiana do solo para o Oeste, em cinco sistemas de uso do solo e duas épocas de amostragem.

Causas de variação	Carbono da biomassa microbiana ($\mu\text{g C g}^{-1}$)				
	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamentos	4	3308775	827194	60,785	0
Épocas	1	1122835	1122835	82,510	0
Tratamentos x épocas	4	108913	27228	2,001	0,09482
Resíduo	260	3538200	13608		
	Quociente microbiano (%)				
Tratamentos	4	7,5908	1,8977	20,892	0
Épocas	1	11,8241	11,8241	130,171	0
Tratamentos x épocas	4	0,7590	0,1897	2,089	0,08266
Resíduo	260	23,6171	0,0908		
	Respiração microbiana ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de C - CO_2 no solo)				
Tratamentos	4	74076	18519	27,845	0
Épocas	1	0	0	0,000	0,99296
Tratamentos x épocas	4	2840	710	1,067	0,37306
Resíduo	260	172921	665		