

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO**

ADILSON LUZ DA SILVA

**INDICADORES MICROBIANOS RELACIONADOS A CARBONO E
NITROGÊNIO DO SOLO EM SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS
PARA CEBOLA**

**LAGES – SC
2012**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO**

ADILSON LUZ DA SILVA

**INDICADORES MICROBIANOS RELACIONADOS A CARBONO E
NITROGÊNIO DO SOLO EM SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS
PARA CEBOLA**

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. Álvaro Luiz Mafra

**LAGES – SC
2012**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14^a Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Silva, Adilson Luz da

Indicadores microbianos relacionados a carbono e nitrogênio do solo
em sistema de rotação de culturas para cebola / Adilson Luz da Silva;
orientador: Álvaro Luiz Mafra. – Lages, 2012.
34f.

Inclui referências.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /
UDESC.

1. Plantio direto. 2. Cebola . 3. Carbono da biomassa. I. Título.

CDD – 631.4

INDICADORES MICROBIANOS RELACIONADOS A CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA CEBOLA

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.

Aprovado em: / /2012

Banca Examinadora:

Homologado em: / /2012

Orientador/presidente: Dr. Álvaro Luiz
Mafra
(UDESC/Lages - SC)

Dr. David José Miquelluti
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado
em Manejo do Solo – UDESC/Lages – SC

Membro: Dra. Maria Margareth Zamboni
Pinotti
(UCS/Vacaria- RS)

Membro: Dr. Julio Cesar Pires Santos
(UDESC/Lages – SC)

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agro veterinárias – UDESC/Lages – SC

Lages, Santa Catarina
16 de abril de 2012

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Manejo do Solo, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação.

Aos professores Álvaro Luiz Mafra e Osmar Klauberg Filho, pelo apoio e orientação deste trabalho.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) – Estação Experimental de Ituporanga, pela concessão da infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos pesquisadores da EPAGRI Claudinei Kurtz e Jamil Abdala Fayad, pela participação e contribuição na realização deste trabalho.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Manejo do Solo, pelo conhecimento e convivência.

RESUMO GERAL

SILVA, Adilson Luz da. **Indicadores microbianos relacionados a carbono e nitrogênio do solo em sistemas de rotação de culturas para cebola.** 2012. 34 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a biomassa microbiana e sua atividade como indicador microbiano relacionado a carbono e nitrogênio do solo em sistema de rotação de culturas para cebola. O estudo foi realizado em um Cambissolo Húmico Distrófico, avaliando sistemas de rotação de culturas para cebola por três anos. As avaliações foram realizadas em três épocas em 2010: pré-plantio (15 dias antes do plantio na palhada), 15 dias após o plantio e na formação dos bulbos (bulbificação). A implantação do experimento ocorreu em abril de 2007, com cobertura da área com aveia/nabo/ervilhaca. Na seqüência foram implantados oito tratamentos de rotação de culturas para a cebola, visando à cobertura do solo no sistema de cultivo mínimo: T1 - milho e cebola (sucessão); T2 - milho, aveia/nabo/centeio, cebola, girassol, aveia/nabo/ervilhaca, feijão, centeio/nabo, cebola; T3 - milho, aveia/nabo, cebola, milho safrinha e ervilhaca, milho, centeio, cebola; T4 – milho, aveia/nabo/centeio, cebola, mucuna e centeio, milho, nabo, cebola, T5 – cebola, milheto, nabo, cebola, milheto/nabo/ervilhaca, milho, cevada, cebola; T6 – cebola, feijão de porco, centeio, cebola, mucuna, centeio, cebola, mucuna, centeio, cebola; T7 – cebola, milheto, feijão de porco, aveia, cebola, crotalária e centeio, milho, aveia, cebola; T8 – cebola, girassol, aveia/centeio, cebola, girassol/mucuna/milheto e ervilhaca, milho, centeio/nabo/aveia, cebola; plantio convencional (PC) e pomar (PO). O solo foi amostrado na camada de 0 a 10 cm e determinado: carbono total (COT), nitrogênio total (NT) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) cujos valores foram menores para o tratamento PC em relação aos que receberam cobertura e rotação de cultura. O carbono da biomassa microbiana (CBM) não mostrou diferença entre os tratamentos com cobertura vegetal e rotação de culturas. A relação CBM:COT (qMIC) e quociente respiratório (qCO₂) não apresentaram diferença entre os tratamentos. No período da bulbificação a respiração basal (RB) foi menor para T2 e maior para PC e PO, com o PO apresentando a menor relação C/N.

Palavras-chave: Plantio direto. Cebola. Carbono da biomassa.

ABSTRACT

Silva, Adilson Luz da. Indicators related to microbial carbon and nitrogen from the soil in crop rotation systems for onions. 2012. 34 f. Dissertation (MSc in Soil Management). Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Lages.

The objective of this study was to evaluate the microbial biomass and microbial activity as an indicator related to carbon and nitrogen from the soil in crop rotation system for onion. The study was carried out on a Humic Dystrudept to evaluate crop rotation systems for onion during three years. Soil properties were assessed three times in 2010: at pre-planting (15 days before planting, with soil covered by crop residues); 15 days after planting; and at the bulb forming stage. The establishment of the experiment occurred in April 2007, covering the area with an oats / fodder radish / vetch crops. Afterwards, eight treatments including crop rotation for the onion were implanted in order to cover the soil in the reduced tillage system: T1 - maize and onion (succession); T2 - maize, oats / fodder radish / rye, onion, sunflower, oats / fodder radish / vetch, beans, rye / fodder radish, onion; T3 - maize, oats / fodder radish, onion, maize, vetch, maize, rye, onion; T4 - maize, oats / fodder radish / rye, onion, velvet bean, rye, maize, fodder radish, onion; T5 - onion, millet, fodder radish, onion, millet / fodder radish / vetch, maize, barley, onion; T6 - onion, jack bean, rye, onion, velvet bean, rye, onion, velvet bean, rye, onion; T7 - onion, millet, jack bean, oats, onion, sun hemp / rye, maize, oats, onion; T8 - onion, sunflower, oats / rye, onion, sunflower / velvet bean / millet, vetch, maize, rye / fodder radish / oats, onion. Two additional areas were evaluated as references of soil use: onion under conventional tillage and an orchard. Soil samples were collected in the layer 0-10 cm and determined: total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN) and microbial biomass nitrogen (MBN), showing lower values of these variables under conventional tillage than under the treatments under reduced tillage, with cover crop and under rotation systems. The microbial biomass carbon (MBC) showed no difference between treatments with cover and crop rotation. The ratio MBC:TOC (qMIC) and microbial metabolic quotient (qCO₂) showed no difference between treatments. The basal respiration and C:N ratio were different only under conventional tillage.

Keywords: No tillage. Onion. Carbon biomass.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tratamentos implantados na rotação de culturas para cultivo de cebola do manejo conservacionista do solo, de 2007 a 2010, Ituporanga, SC.....	18
Tabela 2- Carbono da Biomassa Microbiana (CBM mg kg^{-1}) na camada de 0-10 cm de profundidade em cebola conduzido em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.....	21
Tabela 3- Carbono da Biomassa Microbiana (CBM mg kg^{-1}) na camada de 0-10 cm de profundidade em cebola conduzido em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de cinco repetições	22
Tabela 4- Relação de carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico total (qMIC) na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC. Média de cinco repetições.....	23
Tabela 5- Nitrogênio total do solo (NT) g kg^{-1} , na camada 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada na época da bulbificação da cebola. Ituporanga – SC, 2010. Média de cinco repetições.....	24
Tabela 6- Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo (NBM mg kg^{-1}), na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de cinco repetições.....	25
Tabela 7- Relação Nitrogênio da Biomassa Microbiana e Nitrogênio Total (NBM/NT), na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de cinco repetições.....	26

Tabela 8- Respiração Basal ($C\text{-CO}_2$, $\text{mg}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) do solo na camada 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas, avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de cinco repetições 27

Tabela 9- Quociente Respiratório ($q\text{CO}_2$) $C\text{-CO}_2$ por CBM ($\text{mg}^{-1} C_{\text{mic}}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) na camada 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de cinco repetições 29

Tabela 10- Relação Carbono Total e Nitrogênio Total (C/N) do solo na camada de 0-10 cm de profundidade em cebola conduzido em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura e rotação de culturas. Ituporanga – SC, 2010. Média de cinco repetições 30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	11
2.2 ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS.....	12
2.3 ESTIMATIVA E INDICADORES DA BIOMASSA MICROBIANA	13
2.4 BIOMASSA MICROBIANA E QUOCIENTE MICROBIANO	14
2.5 QUOCIENTE METABÓLICO	15
2.6 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÕES.....	31
6 BIBLIOGRAFIA	32

1 INTRODUÇÃO

O solo é um meio natural para o desenvolvimento de plantas, servindo como substrato e fonte de nutrientes ao seu desenvolvimento. Com o uso intensivo o solo passa a sofrer alterações de acordo com os métodos de preparo nele introduzidos, podendo reduzir o fornecimento de nutrientes às plantas, comprometendo a produção agrícola e sua conservação, fundamentais para o equilíbrio ecológico e para a segurança alimentar.

A capacidade de suprimento das necessidades de uma planta pelo solo chama-se fertilidade, a qual pode ser dividida em física, química e biológica, porém todas atuam entrelaçadas. Um agente importante na fertilidade do solo é a biomassa microbiana que pode funcionar como depósito de nutrientes e no momento necessário, como fonte liberando os nutrientes para as plantas. Assim o aumento da biomassa microbiana no solo é algo desejável, a qual se dará em função da quantidade e da qualidade dos resíduos orgânicos deixados sobre ele pelo plantio de espécies de cobertura ou pela adição de material vindo de fora desta área.

As taxas do fluxo com que as transformações microbianas ocorrem no solo irão depender de variáveis, entre elas podem ser citadas: temperatura, umidade, aeração, quantidade e qualidade do material de cobertura.

A região do Alto Vale do Itajaí é tradicional produtora de cebola, com o solo apresentando em muitos casos a perda do horizonte superficial por erosão e perda da qualidade pelo revolvimento excessivo. A presença de resíduos culturais na superfície e menor mobilização do solo é uma prática que deve melhorar a conservação e qualidade do solo.

O presente estudo objetivou estudar indicadores microbianos relacionados a carbono e nitrogênio microbiano do solo em sistemas de rotação de culturas para cebola, avaliando espécies de cobertura do solo em sistema de cultivo mínimo e rotação de cultura em alternativa ao preparo adotado no sistema convencional, após três anos de implantação dos sistemas.

O presente trabalho objetivou estudar indicadores microbianos relacionados a carbono e nitrogênio microbiano do solo em sistemas de rotação de culturas para cebola, avaliando espécies de cobertura do solo em sistemas de cultivo mínimo e rotação de cultura em alternativa ao preparo adotado no sistema convencional, após três anos de implantação dos sistemas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo forma-se na interface entre a atmosfera e os produtos de resistência do regolito, que consiste na camada de material intemperizado que recobre a superfície do planeta. O arejamento químico e físico, a erosão e a deposição, combinados com sucessivas atividades de plantas e animais colonizadores, moldam um corpo de solo diferente do meio dos minerais de rocha (WHITE, 2009).

Além das propriedades herdadas durante a formação do solo, a capacidade produtiva desse recurso natural, em especial na agricultura é dependente das formas de uso e manejo. Entre elas, destaca-se, o sistema de cultivo mínimo para cebola, pela redução do revolvimento e uso de plantas de cobertura, que imprimem ao solo propriedades físicas e químicas favoráveis ao desenvolvimento de plantas (CAMARGO, 2011).

Segundo Heinrichs et al. (2001), uma relação balanceada entre C/N na cobertura pode ser obtida pelo cultivo consorciado de gramíneas e leguminosas, ocasionando a proteção física do solo e disponibilidade de N para as culturas.

Assim como a textura, matéria orgânica também afeta características químicas do solo tais como: disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, bem como a retenção de nutrientes pela diminuição da lixiviação (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

O aumento de matéria orgânica no solo afeta as características físicas a partir dos efeitos sobre a agregação do solo, que indiretamente altera a densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração de água, fundamentais na capacidade produtiva do solo (BAYER & MIELNICZUK, 2008). É difícil aumentar os teores de matéria orgânica de uma camada espessa de solo em função da grande massa inorgânica nela presente, então torna-se necessário concentrar esforços na sua preservação (ERNANI, 2008).

A matéria orgânica do solo representa uma pequena proporção em relação à massa dos solos minerais em regiões tropicais e subtropicais, no entanto desempenha grande influência sobre várias propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e exerce várias funções nos ecossistemas terrestres. Porém, é difícil identificar qual característica do solo é mais influenciada pela matéria orgânica do solo, haja visto que há uma grande interação entre elas (SILVA & MENDONÇA, 2007).

A entrada de carbono no solo sob forma de cobertura vegetal morta, restos e excretas de animais, são todos consumidos pela população heterogênea de organismos do solo, mantendo o ciclo global do carbono. Os resíduos orgânicos decompõem-se, liberando uma porção de carbono como gás carbônico para a atmosfera e acumulando outra como matéria orgânica do solo, funcionando como fonte repositora de carbono e outros elementos essenciais para gerações sucessivas de organismos.

Sob vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável. Os sistemas de preparo com pouca mobilização do solo, a exemplo do plantio direto, associado a um sistema de rotação de culturas que produza bastante massa vegetal, minimizam o decréscimo dos teores de matéria orgânica do solo e são, por isso, mais sustentáveis do que sistemas com grande mobilização do solo e pouca produção de massa vegetal (ERNANI, 2008; BAYER & MIELNICZUK, 2008).

As características biológicas do solo são afetadas diretamente pela matéria orgânica, atuando como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microorganismos, efeito esse que pode ser avaliado a partir da biomassa e atividade microbiana (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

2.2 ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO

Estimativas da biomassa microbiana têm sido usadas em estudos do fluxo de carbono e nitrogênio, ciclagem de nutrientes e produtividade das plantas em diferentes ecossistemas terrestres. Essas medidas permitem a quantificação da biomassa microbiana viva, presente no solo em um determinado tempo. Como a biomassa microbiana constitui a maior parte da fração ativa da matéria orgânica, esta é mais sensível que o resultado quantitativo do carbono orgânico e nitrogênio total para aferir alterações na matéria orgânica causadas pelo manejo do solo e pelas práticas de cultivo (GAMA-RODRIGUES & GAMA-RODRIGUES, 2008).

Jenkinson & Ladd (1981) definem que a biomassa microbiana é a parte viva da matéria orgânica do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, considerados como bactérias gram positivas filamentosas, decompõem lignina, celulose e outros, fungos, protozoários, algas e microfauna. A biomassa microbiana presente no solo contém de 2 a 5% do carbono orgânico total e, de 1 a 5% do N total do solo (SMITH & PAUL, 1990). A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana do solo. Os

microorganismos imobilizam temporariamente C, N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes, que serão liberados após sua morte e decomposição, podendo tornar-se disponíveis às plantas.

A biomassa microbiana pode ser enquadrada como o compartimento central do ciclo do carbono, representando um considerável reservatório de nutrientes nos solos e um atributo fundamental para o estudo da ciclagem de nutrientes em diferentes ecossistemas. Nesse sentido, de acordo com as condições edafoclimáticas e da qualidade da serapilheira, a biomassa pode exercer a função catalisadora, de fonte e/ou reserva de nutrientes. Assim, um solo de alta qualidade possui atividade biológica intensa e contém populações microbianas balanceadas (PAUL & CLARK, 1996). A biomassa microbiana tem sido proposta como indicador do estado e das mudanças da matéria orgânica total do solo.

A biomassa microbiana não é uma estimativa da atividade dos microorganismos, mas da massa microbiana viva total com base na concentração de algum elemento ou de alguma substância celular (DE-POLLI & GUERRA, 2008).

2.3 ESTIMATIVA E INDICADORES DA BIOMASSA

Para mensurações gerais da biomassa microbiana, existem diversos métodos (DE-POLLI & GUERRA, 2008). Contudo, para avaliar a sua função na dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, é essencial a medida direta de carbono e nutrientes imobilizados pelos microorganismos.

De acordo com Mele & Carter (1993) citado por Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues (2008), a biomassa microbiana apresenta rápida ciclagem, responde intensamente às flutuações sazonais de umidade, temperatura, ao cultivo e ao manejo de resíduos. Nesse sentido é possível utilizar a biomassa microbiana como indicador biológico dos níveis de matéria orgânica do solo, ou como índice de aferição da sustentabilidade de sistemas de produção.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas plantas. Este elemento é encontrado quase que completamente complexado na forma orgânica (98%), dependendo da biomassa microbiana do solo para sua transformação e posteriormente absorção pelas plantas. A biomassa microbiana do solo atua como um tampão do nitrogênio no solo, controlando a disponibilidade desse nutriente por meio dos processos de mineralização e imobilização (VARGAS & SCHOLES, 1998).

A disponibilidade de nutrientes e a produtividade de agrossistemas dependem do tamanho e da atividade da biomassa microbiana do solo, pois esta representa o carbono e o

nitrogênio mais lável do solo (JENKINSON & LADD, 1981). Assim a determinação do nitrogênio da biomassa microbiana é de extrema importância para quantificação da dinâmica do nitrogênio em agrossistemas, pois controla a disponibilidade e as perdas de nitrogênio inorgânico do solo, principalmente em sistema em que há fluxo de nitrogênio no solo (SCHOLTER et al., 2003).

Para quantificar a atividade microbiana é geralmente medido seu metabolismo, como o gás carbônico liberado, o oxigênio absorvido, as atividades enzimáticas e caloríficas, e os teores de N, P e S mineralizados (DE-POLLI & GUERRA, 2008).

Durante a respiração por organismos no solo e raízes de plantas, moléculas carbônicas complexas são utilizadas como fonte de energia para o crescimento e multiplicação celular (WHITE, 2009).

Para Moreira & Siqueira (2006), a respiração é um dos mais antigos atributos para quantificar a atividade microbiana, sendo a respiração microbiana definida como a absorção de oxigênio ou a liberação de gás carbônico por esses seres no solo, incluindo as trocas gasosas que resultam de ambos os metabolismos aeróbio e anaeróbio. A vantagem de se medir gás carbônico, ao invés de gás oxigênio, está no fato do gás carbônico refletir a atividade tanto de microorganismos aeróbios quanto anaeróbios.

A respiração dos microorganismos do solo pode ser determinada no campo ou em laboratório, porém nas análises de laboratório as amostras de solo são manipuladas com a retirada de raízes provocando mudanças físicas, resultando em alterações nas condições de trocas gasosas. Para Parkinson & Coleman (1991) citados por Gama-Rodrigues e Gama-Rodrigues (2008), alguns autores consideram o método de respiração basal como sendo capaz de fornecer resultados válidos sobre a atividade microbiana dos solos, que em alguns casos é utilizada com índice de fertilidade do solo, pois de acordo com Oliveiros (2008), maiores emissões de CO₂ pode estar relacionadas com o maior estoque de carbono na camada superficial do solo, maior umidade do solo e maior atividade biológica, devido à melhoria da qualidade desse solo em relação a outro degradado.

2.4 BIOMASSA MICROBIANA E QUOCIENTE MICROBIANO (qMIC)

A manutenção de matéria orgânica no solo é desejável em razão dos múltiplos benefícios sobre o status de nutrientes, no entanto mudanças graduais e pequenas na matéria orgânica do solo podem ser difíceis de monitorar e detectar no curto prazo (SPARLING, 1992). Powelson et al. (1987), avaliando o efeito da queima ou da incorporação da palhada de

cevada ao solo durante 18 anos sobre o carbono orgânico e sobre a biomassa microbiana, constataram que a incorporação anual de palhada aumentou, em média o carbono orgânico do solo em somente 5% e o N total em 10%, ao passo que o mesmo tratamento provocou aumento de 40 e 47% no carbono e no nitrogênio da biomassa microbiana, respectivamente, demonstrando a maior sensibilidade da biomassa microbiana a alterações no solo decorrentes do manejo. Assim, mudanças significativas na biomassa microbiana podem ser detectadas muito antes que alterações na matéria orgânica possam ser percebidas, possibilitando a adoção de medidas de correção antes que a perda da qualidade do solo seja mais severa.

A relação entre carbono microbiano e carbono orgânico é chamada de quociente microbiano (qMIC), o qual fornece uma medida da qualidade da matéria orgânica. Quando a biomassa está sob estresse a relação qMIC diminui pela deficiência em aproveitamento do carbono, já com mudança nos fatores limitantes, o qMIC se eleva (TÓTOLA & CHAER, 2002). Durante o desenvolvimento do solo, essa relação, inicialmente, é submetida a mudanças rápidas e, com o passar do tempo, converge para um valor de “equilíbrio”, que desde que conhecido, sua determinação passa a fornecer uma indicação sobre o quanto um solo está distante de seu “estado de equilíbrio”. Anderson & Domsch (1989) estudaram qMIC, de comunidades microbianas de solos submetidos a monoculturas ou rotação de culturas por períodos superiores a 10 anos, em regiões temperadas da Europa Central, e solos sob monocultura apresentaram valores médios de qMIC de 2,3%, os quais diferiram significativamente dos solos sob rotação de culturas que apresentaram valores médios de 2,9%. A mudança quantitativa da biomassa microbiana foi atribuída à maior quantidade e diversidade de resíduos deixados nas áreas sob rotação.

2.5 QUOCIENTE METABÓLICO (qCO₂)

É a relação entre a taxa de respiração basal e a biomassa microbiana, e prediz que, à medida que determinada massa microbiana se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos carbono é perdido como gás carbônico pela respiração e maior proporção de carbono é incorporada aos tecidos microbianos. Desta forma, uma biomassa microbiana em condições favoráveis e com maior eficiência, tem menor taxa de respiração basal em relação a uma em estado de estresse, que seria portanto menos eficiente. Baretta et al. (2005), ao analisar solo do Planalto Sul Catarinense, não verificou diferença entre a respiração basal de área de pinus e mata; no entanto ao verificar o qCO₂, a área de pinus mostrou valor 283% superior a mata, demonstrando que a área de mata apresenta um solo

equilibrado, de acordo com a teoria de Odum (1969). Neste sentido, é importante considerar a limitação de analisar isoladamente os dados de respiração em estudos de determinação da qualidade do solo.

2.6 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA

A matéria orgânica não é um material uniforme. Portanto, o nitrogênio de compostos orgânicos pode ser encontrado em formas relativamente lábeis, de ciclagem rápida, ou de moléculas bastante humificadas e recalcitrantes, havendo um gradiente entre esses extremos. Como as reações de mineralização-imobilização passam pela biomassa microbiana, esta serve como indicador da velocidade de ciclagem de nitrogênio e outros nutrientes. As quantidades de nitrogênio na biomassa microbiana são bastante variáveis, uma vez que dependem do manejo do solo e das condições edafoclimáticas. A meia-vida da biomassa microbiana varia de dois a seis meses, ou pouco mais em solos inundados, mostrando que grandes quantidades deste nutriente são reciclados anualmente no solo, com implicações claras para a disponibilidade de nitrogênio para as plantas (CANTARELLA, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no município de Ituporanga, SC, na Estação Experimental da EPAGRI. O solo é um Cambissolo Húmico Distrófico, derivados de sedimentos permianos do Grupo Guatá. A composição granulométrica do solo apresenta 410 g kg⁻¹ de areia, 264 g kg⁻¹ de silte e 326 g kg⁻¹ de argila. O clima é do tipo mesotérmico úmido com verões quentes, Cfa, segundo a classificação de Köppen (SANTA CATARINA, 1991).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, compreendendo oito tratamentos, avaliados na camada de 0-10 cm e com cinco repetições. Os tratamentos abrangem sistema de cultivo para cultura da cebola, baseados em diferentes coberturas do solo utilizadas para produção de palha no sistema de cultivo mínimo. Na implantação do experimento em 2007 foi semeada a cobertura de aveia/ervilhaca/nabo e, posteriormente foram implantados os seguintes tratamentos: T-1 milho e cebola (sucessão); T-2 milho, aveia/nabo/centeio, cebola, girassol, aveia/nabo/ervilhaca, feijão, centeio/nabo, cebola; T-3 milho, aveia/nabo, cebola, milho safrinha e ervilhaca, milho, centeio, cebola; T-4 milho, aveia/nabo/centeio, cebola, mucuna, centeio, milho, nabo, cebola; T-5 cebola, milheto, nabo, cebola, milheto, aveia/nabo/ervilhaca, milho, cevada, cebola; T-6 cebola, feijão de porco, centeio, cebola, mucuna, centeio, cebola, mucuna, centeio, cebola; T-7 cebola, milheto/feijão de porco, aveia, cebola, crotalária, centeio, milho, aveia, cebola; e T-8 cebola, girassol, aveia/centeio, cebola, girassol/mucuna/milheto e ervilhaca, milho, aveia/nabo/centeio, cebola (Tabela 1).

As coletas foram realizadas três anos após a implantação do experimento, nas parcelas com área de 8,7 m² cada, formada por 7 fileiras com 30 plantas de cebola. As épocas de coletas ocorreram em julho, agosto e dezembro de 2010.

Para escolha das espécies procurou-se usar plantas comerciais freqüentemente usadas na região, com boa adaptação, com facilidade de encontrar sementes no mercado, com boa produção de matéria seca e de fácil manejo. Foi procurado conciliar a parte técnica e comercial, com implantação de espécies que possibilassem a adoção pelos agricultores e ao mesmo tempo, que viabilizassem a adoção do sistema de cultivo mínimo para a cultura de cebola.

Tabela 1 - Diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas. Ituporanga-SC.

Tratamentos	2007		2008		2009		2010		2010	
	Inverno		Verão		Inverno		Verão		Inverno	
T1	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Cebola	Milho	Pousio	Cebola
T2	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Milho	Aveia+ Nabo+ Centeio	Cebola	Girassol	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Feijão	Centeio+ Nabo	Cebola
T3	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Milho	Aveia+ Nabo	Cebola	Safrinha	Ervilhaca	Milho	Centeio	Cebola
T4	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Milho	Aveia+ Nabo+ Centeio	Cebola	Mucuna	Centeio	Milho	Nabo	Cebola
T5	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Milheto	Nabo	Cebola	Milheto	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Cevada	Cebola
T6	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Feijão Porco	Centeio	Cebola	Mucuna	Cebola	Mucuna	Centeio	Cebola
T7	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Feijão porco+ Milheto	Aveia	Cebola	Crotalária	Centeio	Milho	Aveia	Cebola
T8	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Girassol	Aveia+ Centeio	Cebola	Girassol+ Mucuna+ Milheto	Ervilhaca	Milho	Centeio+ Aveia+ Nabo	Cebola

Nas mesmas épocas das coletas do solo na área experimental, também foram realizadas coletas de amostras de solo em área de pomar (PO) e em área manejada sob sistema de preparo convencional (PC) cultivada com cebola, com o objetivo de avaliar as situações conforme os sistemas de manejo. Ambas as áreas encontravam-se nas proximidades da área do experimento e sob mesmo relevo, solo e condições de clima.

A área de implantação do experimento estava sendo cultivada em sistema de produção conservacionista desde 1995, quando foi realizada a última correção do solo e elevou-se o pH para 6,0. Desde então, os cultivos manejados no local de instalação do experimento estão sob cultivo mínimo, sem intervenções de preparo convencional do solo.

As adubações realizadas durante o período experimental ocorreram somente nos períodos de cultivo de cebola e de milho. Para a cebola, a adubação foi de 120 kg ha⁻¹ de

P_2O_5 , 60 kg ha^{-1} de K_2O e 75 kg ha^{-1} de N, sendo a aplicação de P e K realizadas no plantio de cebola e, a de N feita com 15 kg ha^{-1} no plantio e o restante em cobertura aos 45, 65 e 85 dias após o transplante das mudas de cebola. Usou-se 12 sacos/ha de adubo 12-20-10. Este sistema foi adotado todos os anos apenas nas safras com a cultura de cebola. Com relação ao fósforo, como os teores estavam muito altos, na safra 2010, utilizou-se somente adubação com 50 kg ha^{-1} de P. Para a cultura de milho não foi realizada adubação com P e K devido aos valores altos destes nutrientes. Foram realizadas adubações nitrogenadas em cobertura com 90 kg ha^{-1} de N – fonte: uréia, quando o milho tinha entre seis e oito folhas.

Foram coletadas amostras de solo na camada de 0-10 cm, retiradas com trado, etiquetadas e colocadas em caixa de isopor com gelo até transporte para laboratório, onde permaneceram resfriadas a 4°C.

Para as análises microbiológicas as amostras foram homogeneizadas e peneiradas em malha 4,75 mm. Uma sub-amostra foi retirada para determinação da umidade.

Para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo foi utilizado o método de fumigação-extracção (VANCE et al., 1987), sendo o fator de correção 2,78. Para cada ponto amostrado foram realizadas seis repetições/amostra, sendo estas amostras fumigadas e três amostras não fumigadas, cada uma contendo 20 gramas de solo (peso fresco). Para a fumigação das amostras foram adicionadas 25 mL de clorofórmio livre de etanol ($CHCl_3$) sob vácuo de aproximadamente 600 mm Hg, por aproximadamente 2 minutos após o início do processo de ebulação das amostras armazenadas em dessecador. Após a fumigação com clorofórmio, as amostras acondicionadas em dessecador foram mantidas pelo período de 24 horas em estufa a uma temperatura de 27°C. O CBM das amostras fumigadas e não fumigadas foi extraído com 50 mL de sulfato de potássio 0,5 M (K_2SO_4) sob agitação por 30 minutos, e posteriormente filtragem do extrato em filtro de papel Whatman 42. Alíquotas de 8 mL do extrato foram retiradas do filtrado, adicionando 2 mL de dicromato de potássio 66,7 mM ($K_2Cr_2O_7$), e mistura de 2:1 de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 , 98%) e ácido fosfórico (H_3PO_4 , 88%), acrescentando 15 mL da mesma. As misturas foram aquecidas em chapa térmica por refluxo por 3 minutos após o surgimento da primeira bolha, oxidando o carbono presente nas amostras de solo. Após resfriamento, o $K_2Cr_2O_7$ residual foi quantificado através de titulação com sulfato ferroso amoniacial 33,3 mM ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$), na presença de difenilamina (1%).

A atividade microbiana foi avaliada pela determinação da respiração basal (C-CO₂) em 25 g de solo (ALEF & NANNIPIERI, 1995), à temperatura de 25°C, o CO₂ evoluído nos frascos foi capturado em solução de NaOH 0,05 M, precipitado sob forma de carbonato de

bário por adição de 5 mL de solução de cloreto de bário 0,5 M ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), e quantificado posteriormente por titulação em HCl (0,05 M) na presença de fenolftaleína 0,1%.

O nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi determinado na mesma solução utilizada para análise do CBM. O N contido nos extratos fumigados e não fumigados foi determinado por pré-digestão e destilação, conforme o método Kjeldahl (DE-POLLI et al., 2008). Alíquotas de 20 mL do extrato foram colocadas em tubos de vidro na presença de 3 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e 1 g de catalisador (mistura de $\text{K}_2\text{SO}_4:\text{CuSO}_4$:selênio em pó, na relação de 1:0,1:0,001), e acondicionadas em bloco digestor, onde foi realizada uma pré-digestão a 80°C por 12 horas, seguida do aumento da temperatura a 150°C e mantida a esta temperatura pelo período de 1 hora e 30 minutos. A digestão é concluída a 300°C durante três horas. As amostras digeridas após resfriamento são levadas ao destilador de nitrogênio, acrescidas de 10 mL de NaOH (10 M), foram destiladas em 5 mL de indicador ácido bórico, procedendo-se então a titulação em ácido sulfúrico 0,025 M (H_2SO_4) (TEDESCO et al., 1995).

O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método Walkley-Black (com calor externo) descrito por Allison (1965), com aumento em 25% da concentração de dicromato (para maior abrangência de amostras com diferentes teores de C) e decantação da fração mineral. Foram pesadas amostras contendo 0,5 g de solo peneirado em malha 1 mm, colocado em frasco de erlemayer de 250 mL e adicionado 10 mL de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1,25 mol_c L⁻¹), agitado levemente o frasco, adicionado 20 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), aquecido em chapa térmica a 150 °C por 1 minuto. Deixou-se esfriar e adicionado 50 mL de água destilada fez-se a agitação levemente e manualmente, adicionou-se três gotas de indicador ferroin e titulou-se com sulfato ferroso (FeSO_4 0,25mol_c L⁻¹) com luz transmitida até a cor mudar de verde a vermelho.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, separadamente para cada época de amostragem. Para comparação das médias foi realizado o teste de Duncan a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

Os teores médios de carbono orgânico total (COT) variaram de 17 a 27 g kg⁻¹ com média de 24 g kg⁻¹. Os tratamentos T3 e T5 são semelhantes entre si, mas diferiram dos tratamentos T8, PO e PC, os quais apresentaram menor valor para COT (Tabela 2). O tratamento PC se mostrou com menor teor de carbono total entre todos os tratamentos, resultado atribuído ao menor recebimento de resíduos orgânicos pela menor cobertura do solo por massa vegetal. Esse resultado está de acordo com o trabalho de Amado et al. (2001), que ao estudar um Argissolo Vermelho distrófico quanto ao potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo sob plantio direto, constataram a recuperação dos níveis de carbono total do solo após o quarto ano de implantação das culturas de coberturas sob plantio direto na produção de milho. No entanto nem sempre é possível atingir um aumento de COT no solo em curto prazo de tempo, como relatado por Nascimento et al. (2005), que não observaram alterações nos teores de carbono total do solo em relação a testemunha (campo nativo) em seu experimento em um Luvissolo, ao introduzir como cobertura do solo leguminosas por três anos, mostrando a importância da prevenção na manutenção do COT do solo e dificuldade em recuperá-lo posteriormente.

Tabela 2 - Carbono orgânico total do solo (COT g kg⁻¹ de solo), na camada 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas, teores médios das três épocas avaliadas. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Média
T1	25 ABC
T2	24 ABC
T3	27 A
T4	26 AB
T5	27 A
T6	25 ABC
T7	24 ABC
T8	23 BC
PO	23 BC
PC	17 D
MÉDIA	24
CV (%)	10

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05).

CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA (CBM)

O carbono da biomassa microbiana (CBM) apresentou no período pré-plantio teores que variaram de 258 a 498 mg kg⁻¹, com média de 376 mg kg⁻¹. No período 15 dias após plantio a variação ocorreu entre 120 e 370 mg kg⁻¹, com média de 234 mg kg⁻¹ e, no período bulbificação a variação se deu entre 142 e 428 mg kg⁻¹, com média de 262 mg kg⁻¹. No período de pré-plantio o tratamento PO mostrou-se superior em 356% ao tratamento PC, sendo este último inferior a todos os demais. O tratamento T3 foi 200% superior na época da bulbificação ao PC (Tabela 3).

Os tratamentos que estão sob cobertura vegetal com cultivo mínimo mostraram valores de CBM semelhantes entre si e, todos com teores de CBM numericamente superiores ao tratamento convencional (PC), indicando que sob cobertura vegetal com cultivo mínimo há favorecimento na manutenção da população de microorganismos do solo; assim como Silva et al. (2007), também encontraram diferenças entre sistema de manejo do solo convencional com cultivo mínimo para CBM ao cultivar feijoeiro em Goiás, onde o cultivo mínimo apresentou maior valor de CBM.

Tabela 3 - Carbono da Biomassa Microbiana (CBM mg kg⁻¹) na camada de 0-10 cm de profundidade em cebola conduzido em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Épocas		
	Pré-plantio	15 dias após plantio	Bulbificação
T1	258 AB	370 A	212 ABC
T2	430 AB	208 AB	154 BC
T3	391 AB	243 AB	428 A
T4	402 AB	204 AB	186 BC
T5	437 AB	280 AB	378 AB
T6	370 AB	218 AB	298 ABC
T7	456 AB	120 B	306 ABC
T8	326 AB	231 AB	190 BC
PO	498 A	Nd	326 ABC
PC	194 B	Nd	142 C
MÉDIA	376	234	262
CV (%)	59	74	69

Médias seguidas da mesma letra na coluna, na diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05).

Vargas et al. (2011), não encontraram diferença para o CBM entre tratamentos com diferentes coberturas vegetais do solo na produção de cebola em Santa Catarina, o fato se mostrou semelhante neste trabalho onde os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8 não apresentaram diferença para o CBM no período de pré-plantio, neste caso uma possível

explicação é a de que a cobertura do solo estava adequadamente protegendo-o, diminuindo o impacto pela ação antrópica sobre a biomassa microbiana do solo.

Os teores para CBM encontrados aqui estão dentro da faixa de teores relatados em outros trabalhos como Balota et al. (1998), Maluche (2004) e Vargas et al. (2011).

RELAÇÃO ENTRE CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANO E CARBONO ORGÂNICO TOTAL (qMIC)

Na coleta do período pré-plantio o qMIC variou de 1,1% a 2,2%, com média de 1,6%. No período 15 dias após plantio o qMIC variou de 0,5% a 1,4%, com média de 0,9%. No período bulbificação o qMIC variou de 0,7% a 1,9%, com média de 1,3% (Tabela 4).

As médias de qMIC apresentadas neste trabalho estão dentro de valores encontrados por Sei (2006) em um Latossolo Distroférrico em Campos Novos (SC), recebendo aplicação de dejetos suínos, cujas médias ficaram compreendidas entre 0,5 e 1,5%.

Tabela 4 - Relação carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico total (qMIC) na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Épocas		
	Pré-plantio	15 dias após plantio	Bulbificação
	%	%	%
T1	1,1 A	1,4 A	1,3 A
T2	1,8 A	0,8 AB	0,8 A
T3	1,4 A	1,0 AB	1,9 A
T4	1,5 A	0,8 AB	0,7 A
T5	1,6 A	1,1 AB	1,5 A
T6	1,4 A	0,9 AB	1,6 A
T7	1,9 A	0,5 B	1,5 A
T8	1,5 A	1,0 AB	1,0 A
PO	2,2 A	Nd	1,7 A
PC	1,2 A	Nd	0,9 A
MÉDIA	1,6	0,9	1,3
CV (%)	58	78	70

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($P<0,05$), nd: não determinado.

Não foram encontradas diferenças de qMIC entre os tratamentos dentro de cada época, nem mesmo em relação ao PC, possivelmente porque ao variar o teor de CBM para mais ou para menos, também era acompanhando de uma variação proporcional do COT no mesmo tratamento. Um comportamento semelhante de não diferenciação de qMIC foi encontrado por Silva et al. (2007), ao analisar o resultado para um Latossolo Vermelho distrófico sob

diferentes plantas de cobertura e sistemas de manejos diferentes no plantio de feijoeiro no estado de Goiás, em suas duas primeiras coletas.

NITROGÊNIO TOTAL (NT)

O nitrogênio total do solo (NT) apresentou teores que variaram de 1,5 g kg⁻¹ a 2,5 g kg⁻¹, com média de 2,2 g kg⁻¹ (Tabela 5). Os tratamentos que tinham cobertura vegetal no solo sob cultivo mínimo apresentaram teores de NT semelhantes entre si. O tratamento PC apresentou teores de NT menor que os demais, possivelmente a falta de resíduo orgânico pela ausência das plantas de cobertura tenha contribuído para esse menor resultado de NT. Para Souza & Melo (2000), o uso de sistemas conservacionistas que englobam adubação verde, rotação e culturas e plantio direto é capaz de proporcionar elevações nos teores de nitrogênio total nas camadas superficiais do solo. Fato comprovado por Gonçalves et al. (2000), que encontraram acúmulos significativos de NT em um Argissolo Vermelho-Amarelo do RS após testar cinco sucessões de culturas como coberturas do solo sob manejo de plantio direto. O tratamento PO apresentou teor de NT 66% superior ao tratamento PC, resultado que poderia ser a função de que o tratamento PO apresentou ao longo dos últimos anos cobertura vegetal permanente no solo com ausência de revolvimento contribuindo para a manutenção do nitrogênio.

Tabela 5 - Média do nitrogênio total do solo (NT) g kg⁻¹, na camada 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada na bulbificação da cebola. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Época	
	Bulbificação	
T1	2,2	AB
T2	2,0	AB
T3	2,3	AB
T4	2,4	A
T5	2,2	AB
T6	2,2	AB
T7	2,2	AB
T8	2,4	AB
PO	2,5	A
PC	1,5	C
MÉDIA	2,2	
CV (%)	12	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05).

NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA (NBM)

O nitrogênio da biomassa microbiana do solo (NBM) apresentou no período pré-plantio teores que variaram de 26 a 103 mg kg⁻¹, com média de 77 mg kg⁻¹. Na coleta feita 15 dias após plantio, os valores de NBM variaram de 54 a 84 mg kg⁻¹, com média de 64 mg kg⁻¹. No período da bulbificação os teores de NBM variaram de 28 a 59 mg kg⁻¹, com média de 54 mg kg⁻¹ (Tabela 6).

O tratamento PC apresentou teores de NBM menor que os demais tratamentos. Pode ser levado em consideração que a ausência de cobertura vegetal no solo no tratamento PC, não tenha contribuído com maior quantidade de nitrogênio para o processo de imobilização e a incorporação desse nitrogênio na multiplicação da população microbiana do solo. Não houve diferenças quanto ao NBM entre os tratamentos que estavam sob cobertura vegetal com cultivo mínimo. Neste caso, a rotação de culturas pode ter contribuído para a manutenção dos níveis de NBM. Contudo foi observado que a média de NBM diminuiu ao longo do tempo de cultivo, que pode estar associado a uma maior demanda de nitrogênio pela planta no período de formação dos bulbos (SILVA et al., 2007) ou ao processo de lixiviação e/ou percolação, visto ser um período em que ocorrem comumente na região excesso de chuva. Os teores de NBM que variam entre 26 a 103 mg kg⁻¹, se aproximam de variação encontrada por Maluche (2004), de 47 a 154 mg kg⁻¹ na profundidade de 0 – 10 cm de um Cambissolo Húmico, em Urupema (SC).

Tabela 6 - Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo (NBM mg kg⁻¹), na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada em três épocas. Itaporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Épocas		
	Pré-plantio	15 dias após plantio	Bulbificação
T1	69 DE	76 A	52 AB
T2	91 ABCD	84 A	58 A
T3	89 ABCD	61 A	58 A
T4	103 A	58 A	52 AB
T5	73 BCDE	57 A	56 A
T6	96 AB	54 A	59 A
T7	95 ABC	66 A	55 A
T8	52 E	57 A	44 ABC
PO	71 CDE	nd	34 BC
PC	26 F	nd	28 C
MÉDIA	77	64	54
CV (%)	25	43	28

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($P<0,05$), nd: não determinado.

RELAÇÃO NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA E NITROGÊNIO TOTAL (NBM/NT)

A relação Nitrogênio da Biomassa Microbiana e Nitrogênio Total (NBM/NT) para o período pré-plantio apresentou índice entre 1,5 a 4,6%, com média de 3,5%. No período 15 dias após plantio os índices variaram entre 2,3 a 4,1%, com média de 2,8%. No período de bulbificação da cebola os índices variaram entre 1,4 a 2,9%, com média de 2,3% (Tabela 7).

No período pré-plantio o tratamento T2 (maior índice) mostrou-se diferente e superior ao tratamento PC (menor índice) em 200%. No período 15 dias após plantio o tratamento T2 (maior índice) mostrou-se diferente e superior ao tratamento T4 em 78%. No período de bulbificação o tratamento T2 (maior índice) ficou diferente e superior ao tratamento PO (menor índice) em 107%.

O percentual de nitrogênio da biomassa microbiana em relação ao nitrogênio total ficou entre 1,4 a 4,3%, isso está de acordo com Smith & Paul (1990), que afirma este percentual se mantém entre 1 e 5%.

Tabela 7 - Relação Nitrogênio da Biomassa Microbiana e Nitrogênio Total (NBM/NT), na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Épocas		
	Pré-plantio	15 dias após plantio	Bulbificação
	%	%	%
T1	3,1 BC	3,3 AB	2,4 AB
T2	4,6 A	4,1 A	2,9 A
T3	3,8 AB	2,6 B	2,6 AB
T4	4,3 AB	2,3 B	2,2 ABC
T5	3,4 ABC	2,5 B	2,6 AB
T6	4,2 AB	2,5 B	2,7 AB
T7	4,3 AB	3,0 AB	2,5 AB
T8	2,3 CD	2,4 B	1,9 ABC
PO	3,0 BC	nd	1,4 C
PC	1,5 D	nd	1,8 BC
MÉDIA	3,5	2,8	2,3
CV (%)	30	42	34

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($P<0,05$), nd: não determinado.

RESPIRAÇÃO BASAL (RB)

A taxa de respiração basal (RB) no pré-plantio variou de 26 a 106 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹, com média de 77 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹. No período de 15 dias após plantio a RB variou de 77 a 137 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹, com média de 106 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹. No período de bulbificação a RB variou de 53 a 127 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹, com média de 88 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹ (Tabela 8).

No período pré-plantio o tratamento PO mostrou-se diferente dos tratamentos T2 e PC e superior em 80% e 300% respectivamente. No período 15 dias após plantio o tratamento T8 mostrou-se diferente de T2 e superior em 78%. No período da bulbificação o tratamento PC apresentou diferença estatística ao T2 e superior em 140%.

Tabela 8 - Respiração basal (C-CO₂, mg⁻¹ kg⁻¹ dia⁻¹) do solo na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas, avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Épocas		
	Pré-plantio	15 dias após plantio	Bulbificação
T1	79 AB	88 BC	76 C
T2	59 B	77 C	53 D
T3	79 AB	105 ABC	81 BC
T4	82 AB	126 A	96 B
T5	90 AB	123 A	84 BC
T6	85 AB	111 AB	85 BC
T7	94 A	80 BC	76 C
T8	75 AB	137 A	78 BC
PO	106 A	nd	120 A
PC	26 C	nd	127 A
Média	77	106	88
CV (%)	31	24	17

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05), nd: não determinado.

No período pré-plantio o tratamento PC apresentou uma respiração basal de 26 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹ bem inferior aos demais tratamentos na mesma época. Considerando que a teor de CBM também foi menor e não houve contribuição de resíduos vegetais de cobertura na mesma intensidade que o fornecido aos demais tratamentos, isso pode ter determinado a redução da atividade microbiana pela restrição ao substrato a ser metabolizado, sendo que situação semelhante também foi detectada por Vargas & Scholles (2000), em sistema rotação de culturas para milho no RS, onde no plantio convencional, a menor quantidade de matéria vegetal deixada no solo não forneceu carbono em quantidade adequada para a biomassa microbiana e por consequência diminui a respiração microbiana. Já a alta taxa de respiração no período da bulbificação no tratamento PC, pode ser atribuída, ao revolvimento do solo em

função da colheita da cebola; pois no mês de dezembro período da última coleta (bulbificação) o experimento mantinha a bulbificação do tratamento T1 ao T8, enquanto que o tratamento PC recém havia sofrido a colheita, causando revolvimento do solo e expondo a matéria orgânica à oxidação, estando a microbiota do solo em plena atividade. Contudo os resultados da respiração basal dão uma estimativa da atividade microbiana, sem, contudo, permitir o entendimento sobre o acúmulo ou perda de carbono no ecossistema (GAMA-RODRIGUES & GAMA RODRIGUES, 2008).

Houve variação sazonal em todos os tratamentos evidenciando efeitos ambientais da temperatura e umidade, sobre a atividade microbiana.

Santos et al. (2011), avaliando o efeito de coberturas vegetais em áreas remanescentes de cultura de eucalipto no Alto Vale do Jequetinhonha (MG), encontraram valores de RB entre 8 a 158 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹, variações estas influenciados pela interação entre época/planta/solo, corroborando os dados obtidos neste experimento com plantio de cebola.

As taxas de respiração basal diferiram bastante das encontradas por Amaral et al. (2011), em vinhedos de Maringá - PR, que variaram no manejo orgânico de 0,97 a 1,15 µg g⁻¹ h⁻¹ C-CO₂, porém neste caso a metodologia de medição foi diferente.

Cunha et al. (2011), não encontraram diferenças para a respiração basal de um Latossolo Vermelho distrófico entre tratamentos com plantas de cobertura no sistema plantio direto e sistema convencional em plantio de milho e feijoeiro em Santo Antônio de Goiás – GO, sabendo-se que a variação ocorreu entre 14 a 22 mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹ embora tenha sido determinado por método diferente.

QUOCIENTE RESPIRATÓRIO (qCO₂)

O qCO₂ do pré-plantio variou de 0,15 a 0,90 mg CO₂ mg⁻¹ C_{mic}⁻¹ dia⁻¹, com média de 0,40 mg CO₂ mg⁻¹ C_{mic}⁻¹ dia⁻¹. No período de 15 dias após plantio o qCO₂ variou de 0,47 a 1,17 mg CO₂ mg⁻¹ C_{mic}⁻¹ dia⁻¹, com média de 0,87. No período de bulbificação o qCO₂ variou de 0,26 a 1,84 mg CO₂ mg⁻¹ C_{mic}⁻¹ dia⁻¹, com média de 0,66 mg CO₂ mg⁻¹ C_{mic} dia⁻¹ (Tabela 9).

No período pré-plantio o qCO₂ do tratamento T6 mostrou-se diferente de T2 e PC superando-os em 500%, possivelmente devido ao fato que o tratamento T6 tenha recebido sempre uma leguminosa em todos os verões de 2007/2008 e 2009 (Tabela 1), acelerando a atividade biológica por unidade de população microbiana com o aumento na liberação de CO₂ através da RB, determinado pela menor relação C/N (Tabela 10), que segundo Heinrichs

et al (2001), uma menor relação de C/N na palhada e raízes (característica de leguminosa), facilitaria a atividade de decomposição biológica. Os resultados de $q\text{CO}_2$ variaram desde 0,15 a 1,84; esses valores possivelmente foram dependente dos diferentes tratamentos na cobertura vegetal do solo, assim como Santos et al. (2011), avaliando o efeito de coberturas vegetais em áreas remanescentes de cultura de eucalipto no Alto Vale do Jequetinhonha (MG) encontraram taxas de $q\text{CO}_2$ semelhantes com variações entre 0,04 a 0,79 $\text{mg CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C}_{\text{mic}}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ segundo o qual é o resultado tem grande influência em função dos diferentes tratamentos adotados.

Na coleta 15 dias após plantio não foi encontrada diferença para $q\text{CO}_2$ entre os tratamentos, uma explicação seria a de que a proteção do solo pelas plantas de cobertura tenham favorecido a biomassa microbiana evitando que essas comunidades entrassem em estresse. Vargas, et al. (2011) em plantio de cebola em SC, também não encontraram diferenças no $q\text{CO}_2$ para os diferentes tratamentos de cobertura.

O quociente respiratório ($q\text{CO}_2$) do tratamento PC no período da bulbificação foi diferente e maior do que os tratamentos T2, T3, T5, T6, T8 e PO, possivelmente porque enquanto PC apresentou uma RB maior (Tabela 8) também apresentou CBM menor (Tabela 3) em relação aos tratamentos T2, T3, T5, T6, T8 e PO, na evidência de maior respiração por unidade de biomassa microbiana.

Tabela 9 - Quociente respiratório ($q\text{CO}_2$) C-CO₂ por CBM ($\text{mg CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C}_{\text{mic}}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) na camada de 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura e rotação de culturas avaliada em três épocas. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Épocas		
	Pré-plantio	15 dias após plantio	Bulbificação
T1	0,82 AB	0,54 A	0,64 AB
T2	0,15 B	1,05 A	0,37 B
T3	0,33 AB	0,47 A	0,56 B
T4	0,27 AB	1,05 A	1,04 AB
T5	0,55 AB	0,64 A	0,37 B
T6	0,90 A	1,12 A	0,30 B
T7	0,21 B	0,92 A	0,75 AB
T8	0,36 AB	1,17 A	0,52 B
PO	0,26 AB	Nd	0,26 B
PC	0,15 B	Nd	1,84 A
MÉDIA	0,40	0,87	0,66
CV (%)	133	103	141

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($P<0,05$), nd: não determinado.

RELAÇÃO CARBONO TOTAL E NITROGÊNIO TOTAL (C/N) NO SOLO

As médias das relações entre C/N nos três períodos de coletada variaram de 10 a 12:1, com média geral de 11:1 (Tabela 10), que está de acordo com Rangel & Silva (2007), ao quais afirmam que para solos subtropicais e sem revolvimento a média de relação entre C/N fica entre 10 e 15:1. O tratamento PO apresentou relação C/N semelhante ao T4 e T8. Os demais tratamentos (T1, T2, T3, T5, T6, T7 e PC) apresentaram relação C/N maiores que PO. A menor relação C/N do PO está associada ao teor de COT numericamente menor, mas com o maior teor de NT entre os tratamentos.

Para Ernani (2008) a relação de equilíbrio entre C/N do solo fica em aproximadamente 30:1, sendo que abaixo deste valor o N fica prontamente disponível para as culturas, fato que poderia estar ocorrendo com todos os tratamentos desse experimento por apresentarem uma média de relação C/N de 11:1, além do que neste caso o N também poderia estar sujeito às perdas através da lixiviação caso haja água no perfil.

Tabela 10 - Média da relação COT/NT, na camada 0-10 cm de profundidade, em cebola conduzida em sistema de plantio direto, sob diferentes tratamentos de cobertura do solo e rotação de culturas avaliada na bulbificação. Ituporanga – SC, 2010. Média de 5 repetições.

Tratamentos	Época Bulbificação
T1	11 AB
T2	12 A
T3	12 A
T4	11 ABC
T5	12 A
T6	11 AB
T7	11 AB
T8	10 BC
PO	10 C
PC	11 AB
MÉDIA	11
CV (%)	11

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Duncan ($P<0,05$).

5 CONCLUSÕES

Os tratamentos que receberam cobertura do solo com rotação de cultura sob cultivo mínimo mantiveram maiores teores de carbono total e nitrogênio total no solo em relação ao plantio convencional.

O CBM e NBM mostraram-se indicadores mais sensíveis às flutuações sazonais do que COT e NT na cultura de cebola, sempre com menores teores para plantio convencional.

6 BIBLIOGRAFIA

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (ed) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: academic press, 1995. 576p.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.25, p.189-197, 2001.
- AMARAL, H.F.; SENA, J.O.A.; ESTRADA, K.R.F.S.; BALOTA, E.L. & ANDRADE, D.S. Soil chemical and microbial properties in vineyards under organic and conventional management in southern Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, n.5, p. 1517-1526, 2011.
- ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biol. Biohem.**, v.21, p.471-479, 1989.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R. & KLAUBERG-FILHO,O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.715-724, 2005.
- 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**, v.22, p.641-649. 1998.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, A.G.; SILVA, L.S.da, CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-26.
- CAMARGO, E.S. Manejo conservacionista do solo e rotação de culturas para cebola. 2011. 80p. **Dissertação** (Mestrado em Manejo do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages.
- CANTARELA, H. Nitrogênio e fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Ed. Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F. ; Neves, R.B.C. & Neves, J.C.L.Viçosa, MG. 1.ed. 2007, p.375-470.
- CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONETE, A.D.; MOREIRA, J.A.A. & LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho – II atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p.603-611, 2011.

DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. C,N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O. (Eds). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed revisada e atualizada. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 263-411.

ERNANI, P.R. **Química do Solo e Disponibilidade de Nutrientes**. Lages, SC. O autor, 2008. p. 199-205.

GAMA-RODRIGUES, E.F. & GAMA-RODRIGUES A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O. (Eds). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo** : Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2^a edição. Porta Alegre: Metrópole, 2008. p.159-170.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. & BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.153-159, 2000.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C. & FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade de milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.331-340, 2001.

JENKINSON, D.S. & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. **New York**: M. Dekker, 1981. v.5, p.415-471.

MALUCHE, C.R.D. Atributos microbiológicos e químicos do solo em sistemas de produção de maças convencional e orgânico. 2004. 72 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agro-Veterinária, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. atualizada e ampliada. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

NASCIMENTO, J.T; SILVA I.F.; SANTIAGO, R.D. & SILVA N. L.F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.29, p.825-831,2005.

ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. **Science**, v.104, n.1, p.262-270, 1969.

OLIVEIROS, L.F.C. Emissões de CO₂ do solo sob preparo convencional e plantio direto em latossolo vermelho do Rio Grande do Sul. 2008. 80f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM).

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2.ed. California: Academic Press, 1996. 340p.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C. & CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in the total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, v.19, n.2, p. 159-164, 1987.

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**. v.31, p.1609-1623, 2007.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. **Atlas escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991. 96 p.

SANTOS, D.C.F.; GRAZZIOTTI, P.Q.; SILVA, A.C.; TRINDADE, A.V.; SILVA, E.B.; COSTA, L.S. & COSTA, H.A.O. Propriedades microbianas do solo em áreas de restauração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p.2199-2206, 2011.

SCHLOTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J.C. Indicators for evaluating soil quality, **Agriculture, Ecosystems & Environment**.v.98, p.255-262, 2003.

SEI, F. B.. Indicadores microbiológicos e químicos de um Latossolo submetido à adição de dejetos suíños. 2006. 83f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Centro de Ciências Agro-veterinárias – Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L.(eds). **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, p.275-374, 2007.

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. & LANA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.12, p.1755–1761, dez. 2007.

SMITH, J.L. & PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M. & STOTZKY, G. (eds.) **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. v.6, p.357-396.

SOUZA, W.J.O. & MELO, O.W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sobre diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.885-896, 2000.

SPARLING,G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indication of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, n.2, p.195-207, 1992.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ et al.(eds). **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v.2, p.195-277, 2002.

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

VARGAS, L.K & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.35-42, 2000.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solos sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.411-417, 1998.

VARGAS, M.M.; MORALES, D.; MOURA, G.G.D.; KURTZ, C.; COMIN, J.J. & SOARES, C.R.F.S. Atividade microbiana do solo e rendimento da cebola em sistema de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.6, n.2, p.1-5, 2011.

WHITE, E. R. **Práticas e Princípios da Ciência do Solo: o solo como um recurso natural**. 4.ed. São Paulo: Andrei, 2009.