

**MÓNICA MARÍA MACHADO VARGAS**

**Atributos químicos e biológicos do solo e rendimento da cebola em sistema de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin  
Co-orientador: Prof. Dr. Cláudio Roberto F. S. Soares

Florianópolis  
2012

V297a Vargas, Mónica María Machado

Atributos químicos e biológicos do solo e rendimento da cebola em sistema de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno [dissertação] / Mónica María Machado Vargas ; orientador, Jucinei José Comin. - Florianópolis, SC, 2012.

50 p.: grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. Cebola - Plantio direto. 3. Adubação verde. I. Comin, Jucinei José. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. III. Título.

CDU 631

# **MÓNICA MARÍA MACHADO VARGAS**

## **Atributos químicos e biológicos do solo e rendimento da cebola em sistema de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno**

Dissertação aprovada em 24/02/12, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho  
Coordenador do PGA

Orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin  
(Universidade Federal Santa Catarina)

### **Banca Examinadora**

Prof. Dr. Cláudio Roberto F. S. Soares  
Presidente da Banca

Dr. Murilo Dalla Costa  
Membro externo (EPAGRI)

Prof. Dr. Gustavo Brunetto  
Membro (UFSC)

Prof. Dr. Admir José Giachini  
Membro (UFSC)

Florianópolis, 24 de Fevereiro de 2012



*Para meu filho Piero e minha família  
por sua paciência, compreensão e amor*



## **Agradecimentos**

À Universidade Federal Santa Catarina e ao programa de Pós-graduação em Agroecossistemas pela oportunidade da realização do curso.

À Fundação de apoio à pesquisa científica e tecnológica do estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro

A Capes pela concessão da bolsa de estudo para o mestrado.

À Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina (EPAGRI), Ituporanga por facilitar meu trabalho na estação experimental.

Ao professor e orientador Jucinei Comin por sua orientação e apoio

Ao professor e co-orientador Cláudio Roberto F. S. Soares por sua colaboração, sempre gentil e prestativo

Aos professores Paulo E. Lovato, Gustavo Brunetto e os professores do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas por contribuir em minha formação.

Às bolsistas do Laboratório de ecologia de solos Ginaini, Clara, Michele, Barbara e Rani, pela colaboração nas análises ao longo do trabalho.

Ao Técnico do laboratório Chico e todos os colegas do Laboratório de Água, Solos e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural/CCA/UFSC por sua ajuda incondicional.

A meu colegas e amigos: Cintia, Elena, Diana, Fernanda, José, Miguel, Adriana, Byron, Alejo, Jorge, Liliana, por seu companheirismo.

À minha família, por sempre acreditar em mim e me apoiar





## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de culturas de cobertura de inverno solteiras e consorciadas sobre os atributos químicos, a biomassa, a atividade microbiana do solo e o rendimento da cebola em sistema de plantio direto em transição agroecológica. O experimento foi implantado na Estação Experimental de Ituporanga da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI) em um solo Cambissolo Húmico Alumínico. As culturas de cobertura de inverno (tratamentos) foram: Testemunha com vegetação espontânea, cevada, centeio, nabo forrageiro, nabo + centeio e nabo + cevada, sendo estes conduzidos entre abril e agosto de 2010. Após a rolagem das culturas de cobertura realizou-se o transplante das mudas de cebola, sendo estas cultivadas por um período de 238 dias. Durante o ciclo das plantas de cobertura e da cebola, foram realizadas cinco coletas de amostras de solo na camada de 0-10 cm para avaliação da biomassa microbiana (BMS-C), respiração basal (RB), quociente metabólico ( $qCO_2$ ). A primeira e última coleta para avaliar atividade das enzimas urease,  $\beta$ -glucosidase e atividade DAF (hidrólise do diacetato de fluoresceína) e análises químicas. Ao final do experimento avaliou-se o rendimento da cebola. Na coleta de dezembro/2010, verificaram aumentos nos teores da matéria orgânica, P, K, Mg, soma de bases, CTC e redução de pH em água, devido à adubação e à matéria seca residual de inverno; os tratamentos nabo forrageiro e nabo + cevada apresentaram maiores teores de K, Ca, soma de bases, saturação de bases (V%) e pH. Não se verificou diferenças entre os tratamentos para a BMS-C e RB, enquanto entre as coletas os maiores valores destes atributos ocorreram na coleta de junho/2010, período que coincide com o estágio inicial de crescimento das plantas de cobertura, e que representa uma maior fonte de carbono orgânico do solo. Não se verificou efeitos dos tratamentos no  $qCO_2$ ; as variações aconteceram entre épocas, mas os valores são considerados baixos (0,62 a 10  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ mg BMS-C}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), indicando ambientes que não estão sob estresse. As plantas de cobertura pouco influenciaram a atividade das enzimas, sendo a DAF estimulada pelos tratamentos nabo + cevada, nabo + centeio e nabo forrageiro. Em relação ao rendimento da cebola, o valor médio dos tratamentos com plantas de cobertura, que não diferiram entre si, foi 13,01 t ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, estes foram 28,8% superiores ao tratamento da Testemunha.

**Palavras chave:** atividade microbiológica, plantas de cobertura, adubação verde, *Allium cepa*.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of winter cover crops in monoculture and intercropping on the chemical, biomass, soil microbial activity and yield of onion in no-tillage system in agroecological transition stage. The experiment was established at the Experimental Station of Ituporanga belonging to the Company of Agricultural Research and Rural Extension of Santa Catarina S.A. (EPAGRI) in a Humic Dystrophic Cambisol. The winter cover crops (treatments) were: control spontaneous vegetation, barley, rye, turnip for fodder, turnip + rye and turnip + barley which were conducted between April and August 2010. After rolling of cover crops the transplanting of onion seedlings, which were cultured for a period of 238 days. During the cycle of cover crops and onion, five samples of soil were taken at 0-10 cm to evaluate the microbial biomass (MBC), basal respiration (BR), metabolic quotient ( $qCO_2$ ) and the activity of the following enzyme urease,  $\beta$ -glucosidase and FDA. At the end of the experiment the yield of onion was measured: in the December/2010, there was an increase in organic matter, P, K, Mg, sum of bases, CEC and a reduction of pH due probably to fertilization and residual dry matter from the winter; treatments turnip and turnip + barley showed higher levels of K, Ca, sum of bases, base saturation (V%) and pH. There was no differences between treatments for MBC and BR, while among the harvests, the highest values of these attributes occurred in the harvest of June/2010, which coincides with the initial stage of the cover crop, these in turn represent a major source of soil organic carbon. There was no effect of treatments on  $qCO_2$ ; variations occurred between seasons, but the values are considered low ( $0,62 - 10 \mu g CO_2-C mg MBC^{-1} h^{-1}$ ) indicating environments that are not under stress. The cover crops had little influence on the enzymes activity, stimulating the FDA in the treatments turnip + barley, turnip + rye and turnip. Regarding the yield of onion, the average value of the treatments with cover crops, which did not differ, was  $13.01 (t ha^{-1})$ . On the other hand, these were 28.8% superior to the control treatment.

**Keywords:** microbiological activity, cover plants, green manure, *Allium cepa*.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Temperatura e precipitação registrada durante o período de avaliação do experimento sob sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica, Ituporanga, SC.....11**
- Figura 2. Influência de diferentes épocas do ano sobre a biomassa microbiana do solo em um sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica, município de Ituporanga, SC. (n=48).....19**
- Figura 3. Influência de diferentes épocas do ano sobre a respiração basal (n=48) em um sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica, Ituporanga, SC.....20**

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Atributos químicos (independente nos tratamentos), na camada de 0-10 cm, de um solo cultivado com cebola sob resíduos de plantas de cobertura de inverno, sob sistema de plantio direto agroecológico. .... 15
- Tabela 2.** Atributos químicos (independente nas épocas), na camada de 0-10 cm, de um solo cultivado com cebola sob resíduos de plantas de cobertura de inverno, sob sistema de plantio direto agroecológico.16
- Tabela 3.** Correlação entre a matéria orgânica e os atributos químicos durante duas épocas junho e dezembro de 2010 em um SPD de cebola em transição agroecológica, Ituporanga. .... 17
- Tabela 4.** Avaliação do  $qCO_2$  em cinco épocas do ano 2010 em um experimento de cebola em transição agroecológica sob plantio direto, no município de Ituporanga, SC. .... 22
- Tabela 5.** Atividade enzimáticas da DAF na camada de 0-10 cm, de um solo sob plantio direto de cebola em transição agroecológica, sob resíduos de plantas de cobertura de inverno, em duas épocas de amostragem. .... 22
- Tabela 6.** Atividade enzimáticas da urease e  $\beta$ -glucosidase na camada de 0-10 cm, de um solo sob plantio direto de cebola agroecológica, manejado com resíduos de plantas de cobertura de inverno, em duas épocas de amostragem. .... 24
- Tabela 7.** Correlação entre atributos biológicos e químicos durante duas épocas junho e dezembro de 2010 sob sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica. .... 26
- Tabela 8.** Rendimento de bulbos por classe comercial de acordo com Brasil (1995), produção de bulbos com podridão e rendimento total de bulbos de cebola, em SPD ano agrícola 2010 (VILANOVA, 2010). 27
- Tabela 9.** Correlação entre os atributos biológicos e o rendimento da cebola, safra 2010. .... 28

## SUMÁRIO

<b>1. REVISÃO TEORICA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Plantio direto.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Cultura da cebola .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Atributos para avaliar a qualidade do solo .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Objetivo geral.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>10</b>
<b>3. HIPÓTESES.....</b>	<b>10</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Descrição do experimento .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Coleta das amostras de solo e acondicionamento .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3 Análises químicos.....</b>	<b>12</b>
<b>4.4 Análises microbiológicas .....</b>	<b>13</b>
<b>4.4.1 Atividade enzimática .....</b>	<b>13</b>
<b>4.5 Análise estatística.....</b>	<b>14</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Atributos químicos do solo .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2 Atributos microbiológicos do solo .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3 Atividade enzimática .....</b>	<b>22</b>
<b>5.4 Rendimento da cebola .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Conclusões .....</b>	<b>28</b>
<b>7. Referências .....</b>	<b>29</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A cebolicultura constitui-se uma atividade socioeconômica importante para os estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nos quais se concentram aproximadamente 77% da produção nacional, com participação de cerca de 60.500 famílias no país. No estado de Santa Catarina, mais de 15 mil famílias de agricultores têm o cultivo da cebola como principal atividade, sendo atualmente cultivada em quase todos os municípios, concentrando-se nas microrregiões de Ituporanga, Rio do Sul e Tabuleiro (EPAGRI, 2011).

A cultura da cebola no município de Ituporanga é cultivada no sistema de cultivo convencional, onde são usadas grandes quantidades de insumos, como fertilizantes e agroquímicos, que podem levar à degradação do ambiente, incluindo o solo. Esta região se caracteriza por ter um relevo acidentado e solos rasos, com Cambissolos associados à Argissolo que apresentam maior profundidade, mas pelo histórico de uso encontram-se intensamente degradados com muitas vezes perda parcial ou completa da camada superficial (EMBRAPA, 2004), apresentando processos de erosão, compactação, perda de fertilidade e atividade biológica (CAMARGO, 2011).

Nessa perspectiva, a pesquisa realizou-se pela demanda de agricultores familiares do Alto Vale do Itajaí uma das principais regiões produtoras de cebola para desenvolver um estudo que enfoque o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH), ajudando na conservação do solo e beneficiando a cultura da cebola com a obtenção de rendimentos adequados. Assim, implantou-se um experimento de médio prazo de produção em transição agroecológica de cebola sob um sistema de plantio direto (SPD), para avaliar a influência das plantas de cobertura de inverno sobre os atributos biológicos e químicos do solo e o rendimento da cebola, visando melhorar esses atributos no solo e seus efeitos sobre o rendimento da cultura. O SPDH refere-se a técnicas desafiadoras de manejo do solo que visam contribuir para uma maior resiliência deste sistema de produção.

## 1. REVISÃO TEORICA

### 1.1 Plantio direto

O sistema de cultivo convencional está baseado na utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos, bem como no preparo do solo com aração e gradagens. Por isso, tem gerado impactos negativos no solo, como redução dos teores de matéria orgânica, perda da camada superficial e compactação, que refletem na degradação estrutural do mesmo (CAMARGO, 2011). A mobilização intensa dos solos agrícolas também modifica as relações entre os microrganismos no solo, pois modifica seus habitat, reduz as populações e afeta a diversidade das comunidades (ALTIERI, 1999). Em geral, tanto a abundância quanto a diversidade das comunidades de microrganismos no solo são incrementadas quando há diminuição da intensidade da mobilização do solo (ROGER-ESTRADE, et al., 2010). Um caso bem estudado do efeito da mobilização do solo na microflora se refere aos fungos micorrízicos, em especial as micorrizas arbusculares. Esta prática causa uma diminuição do potencial de inoculação, uma vez que as hifas do micelio que são estimuladas pelas sementes das plantas cultivadas, encontram-se fragmentadas pelo arado, resultando em perda do conteúdo celular e, portanto, em uma menor interação planta-fungo (ROGER-ESTRADE, et al., 2010).

Na busca de alternativas ao sistema de cultivo convencional surgiu no Brasil na década de 1970 o sistema de plantio com pouco revolvimento do solo, dando origem ao sistema de plantio direto (SPD). O SPD é caracterizado pela redução da erosão, melhoria da estrutura física do solo (descompactação), aumento da fertilidade, da retenção de água, da população e da atividade de microrganismos (CONSUEGRA, 2003). Outra característica desta técnica é a presença de resíduos culturais na superfície do solo, que aumenta os teores de matéria orgânica, uma vez que reduz a taxa de decomposição pela menor fragmentação dos resíduos e pouco revolvimento do solo, desta forma contribuindo na conservação do solo e recursos naturais (CAMARGO, 2011), também contribui para a supressão da germinação de plantas espontâneas e reduz o impacto das gotas de chuva (VILANOVA, 2011), maior estabilidade dos agregados, redução das temperaturas máximas e diminuição da perda de água por evaporação (CAMARGO, 2011). Em termos econômicos, o SPD apresenta redução dos

custos de produção e gastos com mão de-obra, porque diminui o uso de máquinas.

Em SPD usa-se rotação com plantas de cobertura com a contribuição em termos de aporte de nutrientes e seus efeitos sobre o desenvolvimento das culturas comerciais (CAMARGO, 2011), são utilizadas algumas plantas como culturas de cobertura, pois propiciam proteção contínua da superfície, mantendo a umidade e diminuindo a amplitude térmica do solo; interceptam e reduzem o impacto das gotas de chuva no solo; melhoram os agregados e estrutura e criam habitats para os organismos do solo (RAMOS et al., 2010). Essas plantas também promovem acréscimos consideráveis no conteúdo total de matéria orgânica do solo por meio dos resíduos, que são fonte de C e estimulam a população microbiana. Alguns critérios devem ser utilizados para a escolha das plantas de cobertura, como: época de semeadura, capacidade de produção de matéria seca, adaptação a condições ambientais da região e possibilidade de uso (CAMARGO, 2011). O emprego adequado das plantas de cobertura com aporte de matéria orgânica tende a melhorar o agrossistema em longo prazo (CALEGARI e COSTA, 1993), ao utilizar consórcios de diferentes plantas de cobertura, já que estas aportam resíduos vegetais com diferentes componentes e relações C/N, sistemas radiculares de arquitetura diferenciada que produzem rizoposições variáveis, sendo uma fonte rica de alimento para os microrganismos no solo. Além disso, contribuem com a diversificação do sistema produtivo estimulando as interações ecológicas e o sinergismo entre os componentes biológicos (VILANOVA, 2011).

Alguns estudos (GONÇALVES e CERETTA, 1999; AMADO et al., 2001) realizados em SPD encontraram que em um solo sob pousio, a quantidade de C adicionado pelas plantas de crescimento espontâneo é menor do que a substituição do pousio por plantas de cobertura como aveia que proporciona acréscimo de 79%. O consórcio mucuna/milho produz um estoque de C e N maior do que um cultivo de milho/pousio. Um dos benefícios do SPD, como já foi comentado, é a manutenção da palhada das plantas de cobertura na superfície do solo, disponibilizando nutrientes por meio dos processos de decomposição que serão gradativamente mineralizados e colocados à disposição das plantas, aumentando também a CTC, importante para manter a fertilidade do solo (CALEGARI e COSTA, 1993).

As plantas de cobertura mais utilizadas no estado de Santa Catarina e com maior capacidade de produção de biomassa são as gramíneas, como centeio e aveia preta. As gramíneas, devido a alta relação C/N os resíduos



decompostos mais lentamente, ajudando na mineralização e disponibilidade de nutrientes para as culturas em sucessão (CALEGARI e COSTA, 1993). Segundo Monegat (1991) as plantas de cobertura aveia preta, centeio, nabo forrageiro e tremoço são consideradas de crescimento rápido e alta produção de biomassa, o que ajuda na cobertura rápida do solo e proteção contra plantas espontâneas.

## **1.2 Cultura da cebola**

A cebolicultura no Brasil está concentrada nas regiões de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Bahia e Pernambuco. O estado de Santa Catarina é um dos maiores produtores de cebola, com uma agricultura de pequenos e médios produtores (até 20 hectares) (MAKISHINA, 2004) produz 30% da safra nacional. A safra catarinense de 2010/11 obteve uma produção bruta de 537,5 mil toneladas, com uma área total cultivada de 22.224 hectares e um rendimento médio de 24.187 Kg ha<sup>-1</sup>. Em relação à safra anterior a produção bruta e o rendimento aumentaram em 18,3% e 13,2% respectivamente (SCHMITT, 2011). O principal produtor de cebola em Santa Catarina é o município de Ituporanga, responsável por 12% do abastecimento nacional, com área cultivada aproximada de 15 mil hectares, envolvendo aproximadamente seis mil famílias de agricultores e uma produção de cerca de 300 mil toneladas (CAMPO NEWS, 2009).

## **1.3 Atributos para avaliar a qualidade do solo**

A qualidade do solo é definida como a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites de um ecossistema, sustentando a produtividade biológica e promovendo a saúde das plantas e animais (CONCEIÇÃO et al., 2005) e essa qualidade do solo é fundamental para a agricultura sustentável, já que esta muda em resposta ao tipo de manejo adotado (LARSON e PIERCE, 1994). Para avaliar a qualidade do solo, é necessário selecionar algumas características que são consideradas indicadoras, que devem ser sensíveis às variações de manejo dentro do ecossistema. Essas mudanças das características do solo podem ser medidas por meio dos atributos químicos, físicos e biológicos, sendo as propriedades microbiológicas aquelas que melhor refletem as diferenças entre ecossistemas alterados e condições ambientais poluídas (TURCO et al., 1994; SPARLING, 1997).

Um dos atributos biológicos do solo mensuráveis é a biomassa microbiana composta por todos os organismos menores de  $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$ . A microbiota do solo é a principal força propulsora na decomposição da matéria orgânica, sendo esta definida como o componente vivo da matéria orgânica que mineraliza os resíduos por meio de processos de decomposição, participando diretamente no ciclo biogeoquímico dos nutrientes e principalmente do carbono no solo (JENKINSON e LADD, 1981; BALOTA et al., 1998; MERCANTE et al., 2008). A biomassa microbiana no solo é frequentemente usada como o primeiro indicador das mudanças nas propriedades químicas e físicas no solo causadas pelo manejo e o estresse ambiental nos sistemas agrícolas (BAARU et al., 2007). Outros atributos da atividade microbiológica do solo são a respiração basal, o quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) e a atividade enzimática.

A respiração do solo é a produção de  $\text{CO}_2$  consumido por  $\text{O}_2$  como resultado dos processos metabólicos dos microrganismos que encontram-se do solo, tais como bactérias, fungos, algas e protozoários. A respiração basal constitui parâmetro de monitoramento da decomposição dos compostos orgânicos no solo, de resíduos vegetais e exsudatos das raízes, apesar de ser altamente variável, pode mostrar muitas flutuações naturais em função da disponibilidade do substrato, umidade e temperatura (SPARLING, 1997). Também é um indicador potencial da atividade microbiana no solo, pois é muito sensível em resposta aos componentes bióticos do solo para o tipo de manejo, tais como: resíduos de plantas, adição de adubo animal, lavoura e insumos, sendo capaz de refletir as diferenças entre as práticas de manejo do solo e estresse ambiental no sistema agrícola (BAARU et al., 2007; BENINTENDE et al., 2008). Geralmente se considera que alta atividade microbiana é um indicador positivo da qualidade no solo, embora esses resultados devam ser interpretados com critério, já que alta taxa de respiração pode significar, a curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, a longo prazo, perda de C orgânico do solo para a atmosfera (PARKIN et al., 1996).

O quociente metabólico  $q\text{CO}_2$  representa a quantidade de  $\text{CO}_2$  liberado por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo. Foi proposto por Anderson e Domsch (1985) baseados na teoria do Odum (1969) sobre ecossistemas em sucessão como uma alternativa de medir as mudanças da biomassa microbiana em resposta a ecossistemas alterados. Portanto, é considerado ferramenta importante na avaliação dos efeitos das condições ambientais sobre a população microbiana do solo, uma vez que pode ser utilizado para avaliar a qualidade do substrato, ecossistemas em

desenvolvimento e condições ambientais estressantes (pouca umidade, baixos teores de matéria orgânica e solos contendo poluentes químicos) (SPARLING, 1997; BALOTA et al., 1998; MERCANTE et al., 2008; ANDERSON e DOMSCH, 2010).

As enzimas do solo, possuem uma relação com a atividade microbiológica, pois catalisam todas as reações bioquímicas e são parte importante do ciclo de nutrientes no solo (BANDICK e DICK, 1999). São produzidas por bactérias, fungos, animais e raízes de plantas (BURNS, 1982). As enzimas podem ser endoenzimas, que funcionam dentro do citoplasma do microrganismo, células de animais ou plantas. Muitas destas enzimas estão associadas com processos metabólicos como: glicólise, ciclo de Krebs e outros (BURNS, 1982). As exoenzimas são excretadas para o meio ambiente por células vivas durante o crescimento e divisão celular, mas também a lise de células mortas liberam estas enzimas. As exoenzimas têm finalidades metabólicas, tais como a degradação de moléculas de elevado peso molecular, uma vez que estas permanecem ativas por um período variável de tempo, dependendo das condições ambientais, ou complexadas aos colóides orgânicos ou inorgânicos (MELO, 1988). A atividade enzimática é indicador da qualidade da matéria orgânica do solo, pois ajudam a liberação de nutrientes para o crescimento de plantas e microrganismos (SCHIMTZ, 2003). Também representam um bom indicador da atividade microbiana, já que são muito sensíveis na detecção de mudanças no solo em curto prazo. Isto ocorre porque as enzimas integram informações desde a atividade microbiana até as condições físico-químicas do solo (RAMOS et al., 2010). Segundo Dick et al. (1996) e Bandick e Dick (1999), as práticas na agricultura (manejo do solo, adubação, matéria orgânica, rotação de culturas, etc.) afetam a atividade das enzimas. Os autores verificaram que em SPD há maior atividade biológica porque provêm maiores teores de matéria orgânica e maior formação de agregados de solo que ajudam na proteção das enzimas, pois estas ficam complexadas com colóides orgânicos.

Os estudos realizados com enzimas envolvem aquelas relacionadas com os ciclos biogeoquímicos do carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre. A atividade DAF (hidrólise do diacetato de fluoresceína) é hidrolisada por lipases, proteases e esterases, todas essas envolvidas na decomposição da matéria orgânica no solo, tem sido utilizadas com sucesso para medir a atividade microbiana em uma vasta variedade de solos e diferentes compostos de matéria orgânica (SÁNCHEZ-MONTERO et al., 2008). A enzima urease catalisa a hidrólise de uréia a  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_3$ , sendo amplamente

distribuída na natureza e está presente em microrganismos, células de plantas e animais. A atividade na urease é muito estável no solo e sua velocidade de hidrólise é influenciada pelo tipo de vegetação (KASSEM e NANNIPIERI, 1995). A enzima  $\beta$ -glucosidase pode ser detectada em microrganismos, plantas e animais e é mais dominante no solo do que a  $\alpha$ -glucosidase. Esta enzima é parte da degradação microbiológica da celulose a glicose e o produto desta hidrólise é fonte importante de energia para os microrganismos no solo (KASSEM e NANNIPIERI, 1995).

Por outro lado, o estudo dos atributos químicos do solo é um importante instrumento para a análise das técnicas de manejo do solo em relação à produtividade das culturas (AMARAL e ANGHINONI, 2001). O sistema de preparo do solo tem demonstrado alterações nos atributos químicos como: teores de matéria orgânica, nitrogênio, alumínio e cátions trocáveis (Ca, Mg, K), CTC e pH. Alguns estudos como o de Carballo (2004) realizado no Rio Grande do Sul, avaliou três métodos de preparo do solo (sistemas de cultivo convencional (SCC), reduzido-plantio direto e plantio direto) e três tratamentos de sucessão de culturas (aveia/milho, vica/milho e aveia/vica). O autor verificou aumento do C orgânico, CTC e maiores teores de Ca, Mg e P no plantio direto quando comparado com SCC. Outro estudo em Santa Catarina, no município de Ituporanga, com rotação de culturas de cobertura sob cultura de cebola, encontrou em plantio direto aumentos dos teores de Ca, Mg, P, K e CTC com relação ao preparo convencional (CAMARGO, 2011). Portanto, o SPD devido ao acúmulo de resíduos vegetais na superfície no solo, promove modificações nas características químicas do solo em relação ao SCC (AMARAL e ANGHINONI, 2001).

Assim, algumas práticas de manejo como o revolvimento do solo podem ocasionar mudanças nas propriedades físicas e químicas, alterando a matriz do solo que suporta o crescimento dos microrganismos. A maior atividade microbiana acontece perto da superfície, nas camadas de 0-20 cm (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), já que o número de populações microbianas decresce com a profundidade do solo. Consequentemente qualquer mudança no solo pode alterar a atividade e populações microbianas (BALOTA et al., 1998; TURCO et al., 1994). Tem-se demonstrado que em solos cultivados sob (SPD) quando comparado ao (SCC), o menor revolvimento influencia na atividade microbiana, com aumento da biomassa e diminuição no quociente metabólico (menor perda de carbono no solo por unidade de biomassa) (BALOTA et al., 1998; COSTA et al., 2006; MERCANTE et al., 2008). Isto ocorre porque o SPD

proporciona condições mais favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos, através do maior estoque de carbono nas camadas superficiais do solo e também pela maior agregação das partículas do solo, proporcionando aos microrganismos uma maior diversidade de habitats (BALOTA et al., 1998; CONSUEGRA, 2003). Em estudo realizado por Amado et al. (2001) sob Argissolo vermelho distrófico em Santa Maria (RS) com a cultura do milho, verificou-se que o uso do SPD associado com plantas de cobertura (aveia+ervilhaca, tremoço, mucuna e feijão-de-porco) possibilitou a recuperação dos teores de matéria orgânica a valores semelhantes aos do sistema natural (vegetação perene). Isso se deve porque as plantas de cobertura aumentam a recuperação de C no solo por meio da deposição de resíduos vegetais que, a longo prazo, acumulam matéria orgânica e proporcionam substrato para o desenvolvimento das populações dos microrganismos. Assim, há um aumento da atividade enzimática e da biomassa microbiana que são influenciadas pela qualidade e quantidade de matéria orgânica (GONÇALVES e CERETTA, 1999; BALOTA et al., 2003).

As plantas de cobertura podem aumentar também a fertilidade no solo com a ciclagem e a liberação de nutrientes que podem ser aproveitados pelas culturas comerciais como a cebola. Esta última apresenta pouca área foliar e baixa produção de biomassa, o que pode reduzir a quantidade de carbono orgânico no solo ao longo do tempo. Por isso é fundamental a utilização de plantas de cobertura pré-cultura com aporte de resíduos na superfície, para garantir a cobertura vegetal permanente no solo, reduzindo as perdas de nutrientes e adicionando matéria orgânica ao solo.

Portanto, conhecer a qualidade do solo em sistemas de produção é importante porque pode ajudar na sua conservação bem como melhorar suas condições e também para avaliar as práticas e técnicas de manejo do solo. Coletar esta informação e determinar as tendências de mudanças na qualidade do solo pode orientar nas decisões de manejo do mesmo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o efeito de plantas de cobertura de inverno em solteiras e consorciadas sobre a atividade microbiana do solo, atributos químicos do solo e rendimento da cebola sob sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica.

## 2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Avaliar o efeito de plantas de cobertura de inverno sobre a biomassa microbiana, respiração basal e atividade enzimática do solo.

2.2.2 Relacionar os atributos microbiológicos do solo com os atributos químicos e com o rendimento da cebola.

## 3. HIPÓTESES

As plantas de cobertura de inverno (solteiras e consorciadas), aumentam a atividade microbiana do solo, atributos químicos e rendimento da cebola.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

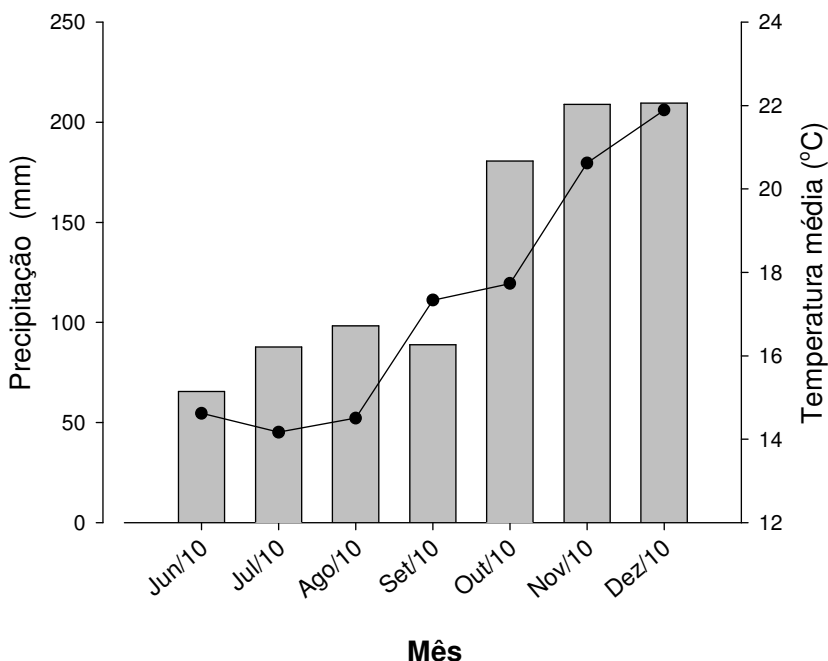
### 4.1 Descrição do experimento

O experimento foi implantado em 2009 na Estação Experimental de Ituporanga (EEIT) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI), em parceria com o grupo de pesquisa e extensão em agroecologia (GEPEA) do Departamento de Engenharia Rural da UFSC.

O município de Ituporanga está situado a 475 m de altitude, nas coordenadas 27°22'S e 49°35'W. O clima local é classificado como subtropical úmido (Cfa), pela classificação de Koeppen. Na Figura 1 é apresentada a temperatura e a precipitação durante o período de condução do experimento.

Na área experimental foi utilizado o sistema convencional durante 30 anos e a partir de 1995 adotou-se o SPD com uso de rotação de culturas e plantas de cobertura. O solo em 2009 apresentava, na camada de 0-10 cm, os seguintes atributos: matéria orgânica 30 g kg<sup>-1</sup>; 278 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH em água 5,62; Índice SMP 5,85; P e K disponível (extraídos por Mehlich) 37,2 e 273,7 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente; Ca e Mg trocáveis 5,03 e 2,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; Al e H+Al 0,0 e 5,45 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; CTC 13,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação de bases (V%) 60,93%. O solo é classificado como Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2006). No ano 2010, esta pesquisa foi conduzida durante o período de junho a dezembro para avaliar os atributos químicos e biológicos do solo. O solo

não foi corrigido com calcário, pois a área mantém-se com pH próximo de 6,0 há mais ou menos quinze anos.



**Figura 1.** Temperatura e precipitação registrada durante o período de avaliação do experimento sob sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica, Itaporanga, SC.

No experimento foram implantados os seguintes tratamentos: T1 (Testemunha com vegetação espontânea), T2 (cevada), T3 (centeio), T4 (nabo forrageiro), T5 (nabo + centeio) e T6 (nabo + cevada). As quantidades de sementes usadas por parcela foram as maiores dosagens recomendadas por Monegat (1991) + 50%. A proporção das espécies de inverno nos tratamentos consorciados foi 60% de Poaceae (gramíneas) e 40% de Cruciferae. O delineamento experimental utilizado foi parcela subdividida no tempo com seis tratamentos e oito repetições, totalizando 48 parcelas. Cada unidade experimental possuía 5m x 5m (25m<sup>2</sup>), num total de 1200 m<sup>2</sup>.

As plantas de cobertura de inverno, cevada (*Hordeum vulgare L.*), centeio (*Secale cereale L.*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) foram semeadas a lanço sobre a superfície do solo no dia 20 de abril de 2010 e foram acamadas com rolo-faca no dia 10 de agosto. Durante o ciclo das espécies de cobertura não foi realizado nenhum tipo de adubação e irrigação. As plantas consorciadas foram selecionadas por seu rápido crescimento, alta produção de palhada com decomposição lenta e porque são plantas muito utilizadas pelos agricultores familiares na região. No dia 11 de agosto de 2010 realizou-se o transplante das mudas de cebola, variedade “Bola precoce”, com espaçamento de 0,10 m entre plantas e 0,5 m entre linha, com 10 linhas de cebola por parcela; em cada parcela foram plantadas 500 mudas. Na cultura de cebola foi utilizado o sistema de plantio direto sob resíduos culturais dos seis tratamentos. Depois de 30 dias do transplante das mudas realizou-se adubação com fosfato natural usando 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mais 5000 kg ha de esterco de aves no plantio a lanço. Realizaram-se duas capinas nas parcelas aos 50 e 80 dias após o plantio, respectivamente. A colheita foi efetuada no dia 22 de novembro de 2010 e a avaliação do rendimento foi feita nas oito linhas centrais de cada parcela (unidade amostral), as quais foram utilizadas para a classificação e determinação do rendimento da cebola, sendo as demais consideradas bordaduras da parcela. Os bulbos obtidos em cada parcela foram pesados e classificados de acordo com o calibre conforme BRASIL (1995).

#### **4.2 Coleta das amostras de solo e acondicionamento**

Foram realizadas cinco coletas durante o período experimental, sendo duas realizadas no inverno (junho e julho/2010) e três durante o ciclo da cebola (agosto, novembro e dezembro/2010). Em cada parcela foram coletadas 10 sub-amostras com trado calador na camada de 0 a 10 cm as quais foram homogeneizadas para formar uma amostra composta por parcela, obtendo-se desta forma 48 amostras. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos e em seguida colocadas em caixas de isopor com gelo para manter a temperatura durante o transporte ao Laboratório de Água, Solos e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural/CCA/UFSC.

#### **4.3 Análises químicas**

No Laboratório, parte das amostras foram separadas para as análises



químicas (junho e dezembro/2010) sendo estas submetidas a análises de matéria orgânica, pH em água, fósforo disponível e potássio trocável, cálcio, magnésio, alumínio trocáveis e CTC, de acordo com a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

#### 4.4 Análises microbiológicas

Para as análises microbiológicas as amostras de solo foram secas ao ar, depois peneiradas em malha 2 mm e conservadas em geladeira (refrigerada a 4°C). Para determinação do teor de umidade foi retirada uma porção de aproximadamente 10 g de solo, seca na estufa a 105°C por 24 horas. Para a determinação do carbono da biomassa microbiana do Solo (BMS-C) utilizou-se o método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987) o qual é recomendado para solos brasileiros segundo Kaschuk et al. (2010). A extração do carbono para cada amostra foi obtida com  $K_2SO_4$  0,5 mol L<sup>-1</sup> e o carbono orgânico dos extratos foi determinado pela digestão com  $K_2Cr_2O_7$  (66,7mM),  $H_2SO_4$  concentrado e  $H_3PO_4$  concentrado; o excesso de  $K_2Cr_2O_7$  foi determinado pela titulação com  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ , usando difenilamina como indicador. O procedimento utilizado para avaliar a respiração basal (RBS) foi realizado pela incubação das amostras com captura de  $CO_2$  em NaOH (0,2 mol L<sup>-1</sup>) durante 5 ou 6 dias, utilizando-se 50g de solo incubados em escuridão a temperatura 27°C, segundo a metodologia proposta por Jenkinson e Powlson (1976). O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) foi obtido pela razão entre a respiração basal do solo e a biomassa microbiana, sendo os resultados expressos em  $\mu g C-CO_2 \mu g^{-1} BMS-C h^{-1}$ . Todas as determinações foram feitas em triplicatas e os resultados expressos com base no solo seco.

##### 4.4.1 Atividade enzimática

A atividade da enzima DAF (hidrólise de diacetato de fluoresceína) foi realizada por meio de espectrofotometria, segundo Dick (1996). A quantificação da atividade da urease foi realizada pela determinação da amônia liberada após a incubação do solo com uma solução de uréia, segundo metodologia de Tabatabai e Bremner (1972). A enzima  $\beta$ -glucosidase foi determinado segundo método descrito por Dick (1996), o qual é baseado na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol liberado pela atividade de  $\beta$ -glucosidase quando o solo é incubado com tampão *p*-

nitrofenil- $\beta$ -D-glucosídeo. A atividade enzimática foi avaliada nas coletas de junho e dezembro.

#### **4.5 Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância com parcelas sub-divididas no tempo e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) utilizando-se o programa SISVAR. Os dados de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) foram transformados em raiz quadrada para serem submetidos à ANOVA. Os níveis de significância para análise do coeficiente de correlação entre atributos biológicos e químicos e o rendimento da cebola, entre a matéria orgânica e os atributos químicos foram obtidos segundo Pearson.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.1 Atributos químicos do solo**

Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios dos atributos químicos das duas épocas de coleta, junho e dezembro de 2010. Não houve interação entre as variáveis analisadas e as épocas, mas em dezembro verificaram-se aumentos nos valores da matéria orgânica, P, K, Mg, soma de bases, CTC e redução de pH em água. Isto se deve à adubação com  $P_2O_5$  e esterco de aves realizada no mês de setembro e também pela decomposição da matéria seca residual de inverno que melhorou a fertilidade do solo. Os valores dos atributos químicos obtidos no presente estudo nas coletas de Junho e dezembro (tabela 1) são considerados médios a muito altos quando comparados com a faixa preconizada pela CQFS RS/SC (2004), indicando que a fertilidade do solo é elevada. Em relação ao efeito dos tratamentos de cobertura (Tabela 2), verificou-se que maiores teores de K, Ca, soma de bases, saturação de bases (V%) e pH ocorreram nos tratamentos nabo forrageiro solteiro e consórcio de nabo + cevada, enquanto que os menores ocorreram no tratamento com cevada. O nabo forrageiro apresenta cerca de 6,7% de K em matéria seca enquanto que a cevada apresenta apenas 1,60%; o nabo apresenta aproximadamente 1,83% de Ca na matéria seca, sendo este também superior à cevada (CALEGARI e COSTA, 1993), o que ajuda a explicar os maiores valores no solo. O nabo destaca-se como cultura recicladora de nutrientes, por apresentar altos teores de P, K, Ca e Mg com rápido retorno para o solo (LIMA et al., 2007).

A partir da análise de correlação da matéria orgânica com os atributos químicos (Tabela 3), foram encontradas correlações positivas ( $r > 0,60$ ) para o P, K, Mg, soma de bases e CTC, demonstrando a influência no esterco de aves e da palhada de inverno sobre alguns atributos químicos do solo. O índice SMP, Al e Potencial de acidez H+Al não apresentaram diferenças significativas tanto entre tratamentos quanto entre épocas.

**Tabela 1** Atributos químicos (independente nos tratamentos), na camada de 0-10 cm, de um solo cultivado com cebola sob resíduos de plantas de cobertura de inverno, sob sistema de plantio direto agroecológico.

Atributos químicos	Épocas	
	Jun/ 2010	Dez / 2010
Matéria orgânica (g Kg <sup>-1</sup> )	32,83B	41,20A
pH H <sub>2</sub> O	5,79A	5,66B
CTC pH 7.0	14,28B	14,91A
P disponível (mg/dm <sup>3</sup> )	56,42B	74,31A
K trocável (mg/dm <sup>3</sup> )	401,75B	502,42A
Mg trocável (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,78B	3,17A
Ca trocável (cmolc/dm <sup>3</sup> )	5,78A	5,58A
Soma de Bases	9,60B	10,05A
Saturação por base V (%)	66,92A	67,37A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (entre tratamentos) na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2.** Atributos químicos (independente nas épocas), na camada de 0-10 cm, de um solo cultivado com cebola sob resíduos de plantas de cobertura de inverno, sob sistema de plantio direto agroecológico.

Plantas de cobertura	Matéria orgânica g Kg <sup>-1</sup>	pH H <sub>2</sub> O	CTC pH 7.0	P	K	Mg	Ca	Soma de Bases	Saturação por base
				disponível	trocável	trocável	trocável		V (%)
				.....mg/dm <sup>3</sup> .....	.....cmolc/dm <sup>3</sup> .....				
Testemunha	36,4A	5,72A	14,49A	60,56A	437,37C	2,98A	5,60B	9,71A	66,30B
Cevada	36,6A	5,60B	14,19A	64,00A	394,62D	2,85A	5,42B	9,28B	65,36B
Centeio	36,8A	5,74A	14,71A	62,69A	461,3 B	2,95A	5,76A	9,89A	67,19B
Nabo forrageiro	36,9A	5,81A	14,56A	66,06A	468,3 B	2,99A	5,80A	9,99A	68,53A
Nabo+Centeio	38,0A	5,66B	14,90A	74,18A	442,50C	2,95A	5,82A	9,97A	66,89B
Nabo+Cevada	37,4A	5,80A	14,70A	64,69A	508,25A	3,10A	5,70A	10,11A	68,59A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (entre tratamentos) na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

**Tabela 3.** Correlação entre a matéria orgânica e os atributos químicos durante duas épocas junho e dezembro de 2010 em um SPD de cebola em transição agroecológica, Ituporanga.

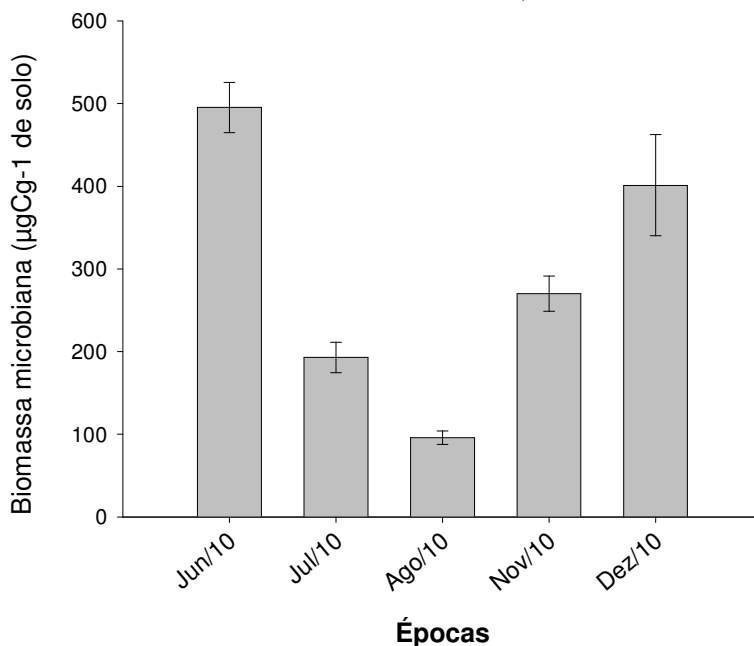
	pH em água	Índice SMP	P disponível	K troçável	Mg	Ca	Al	H+Al	Soma de Bases S	CTC pH(7.0)	V %
Matéria orgânica	-0,628*	-0,502ns	0,827*	0,835*	0,879*	-0,499ns	0,676*	0,454ns	0,676*	0,836*	0,203ns

Ns correlação não significativas e com \* significativo a 5% probabilidade (correlação de Pearson).

## 5.2 Atributos microbiológicos do solo

Para a biomassa microbiana (BMS-C) não houve interação entre tratamentos e épocas de amostragem, mas houve diferenças entre épocas (Figura 2), com maiores valores em junho ( $495 \mu\text{g C g solo}^{-1}$ ) e em dezembro ( $384 \mu\text{g C g solo}^{-1}$ ). Valores intermediários ocorreram em julho e novembro  $193 \mu\text{g C g solo}^{-1}$  e  $257 \mu\text{g C g solo}^{-1}$ , respectivamente e o menor valor ocorreu na coleta de agosto ( $102 \mu\text{g C g solo}^{-1}$ ). Como a coleta de solo em junho foi feita 60 dias após a semeadura (DAS) das plantas de cobertura, estas estavam em diferentes estágios de crescimento, pois o nabo floresce entre 70 e 80 dias após do plantio, enquanto a cevada tem um ciclo de 110 dias e o centeio de 145-160 dias, nesta época as plantas de cobertura estavam produzindo exsudatos radiculares, que são fonte de carbono para os microrganismos (SMITH e PAPENDICK, 1999). A BMS-C estava menor em julho em razão do estágio mais próximo do final do ciclo das plantas de cobertura (90 DAS), com possível redução de exsudatos das raízes (BERTIN et. al., 2003) aliado às baixas temperaturas e precipitação ocorridas neste período (Figura 1). A coleta de agosto foi realizada no início do ciclo da cebola, que se caracteriza por um crescimento lento, produzindo poucos resíduos vegetais como fonte de carbono para os microrganismos no solo, o que pode explicar a diminuição da BMS-C. A coleta de solo realizada em novembro ao final do ciclo da cebola, apresentou um novo acréscimo da BMS-C, que pode ser explicado pela influência da matéria seca remanescente das plantas de cobertura de inverno, o esterco de aves aplicado em setembro e do aumento da temperatura (Figura 1). Na coleta de dezembro o solo ainda estava coberto com resíduos das plantas de inverno em diferentes estágios de decomposição, o que aliado à temperatura mais alta e maior umidade pode ter promovido maior biomassa microbiana (Figura 1). Para essa época também se verificou um aumento (25%) da matéria orgânica, que possivelmente contribuiu para o aumento da BMS-C. Os valores da BMS-C não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Portanto, todos os tratamentos influenciaram a biomassa microbiana da mesma forma, pois tanto as plantas de cobertura quanto as plantas espontâneas aportaram resíduos vegetais e exsudatos como fonte do carbono para os microrganismos. Por outro lado, a aplicação de esterco de aves aumentou a fonte de nutrientes para os microrganismos da mesma forma para todos os tratamentos. A média geral dos tratamentos ( $286 \mu\text{g C g solo}^{-1}$  seco da BMS-C ) está dentro da faixa de outros estudos para sistemas de plantio

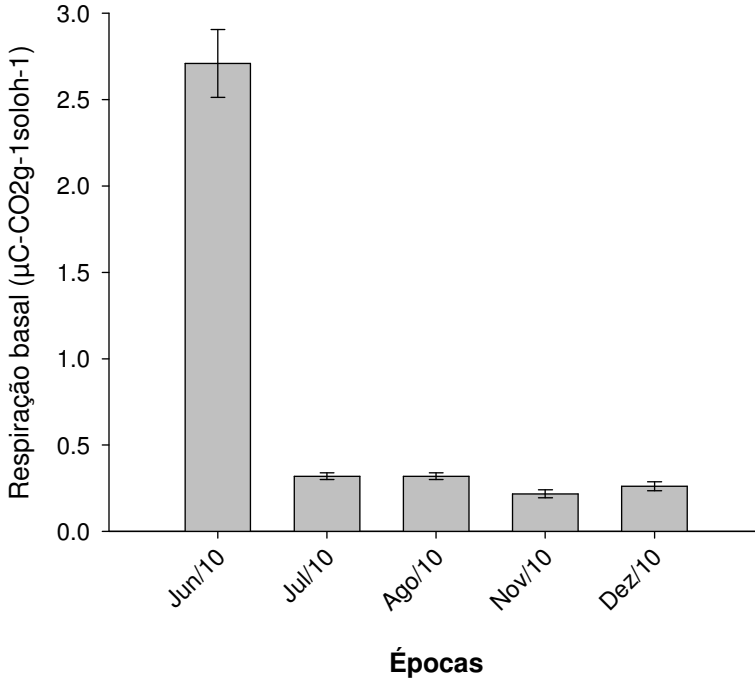
direto (BALOTA et al., 1998; BALOTA et al., 2003; FERREIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; KASCHUK et al., 2010).



**Figura 2.** Influência de diferentes épocas do ano sobre a biomassa microbiana do solo em um sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica, município de Ituporanga, SC. (n=48).

Para a respiração basal não houve interação entre os tratamentos e épocas de amostragem. Por outro lado, as épocas apresentaram diferenças significativas nas coletas (Figura 3), com o valor de junho ( $2,71 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ ) superior as demais épocas. Uma possível explicação é que as plantas de cobertura e as plantas espontâneas produzem rizodeposições que são uma fonte do C disponível para a biomassa microbiana, aumentando sua atividade metabólica e, portanto, incrementando a decomposição dos resíduos orgânicos e mineralização dos nutrientes no solo (KUZYAKOV et al., 2000; BERTIN et al., 2003; BENIZRI e AMIAUD, 2005). Para as outras épocas, a taxa de respiração basal foi menor quando comparada a coleta de junho, possivelmente porque o C orgânico do solo não apresentou quantidades suficientes para atender à demanda dos microrganismos (GARCIA et al., 2005), podendo levar a maioria dos microrganismos a se

encontrar na forma inativa ou latente com atividade metabólica (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).



**Figura 3.** Influência de diferentes épocas do ano sobre a respiração basal (n=48) em um sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica, Ituporanga, SC.

Os tratamentos não apresentaram diferenças na respiração basal, com média geral de  $0,76 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ , valores considerados altos quando comparados a outros trabalhos em SPD no Paraná, Santo Antônio de Goiás e Mato Grosso do Sul (BALOTA et al., 1998; SILVA et al., 2007; MERCANTE et al., 2008). Isto está relacionado com a decomposição de resíduos vegetais e pouco revolvimento do solo neste tipo de manejo.

Para  $q\text{CO}_2$  não se encontrou interação entre os tratamentos e as épocas e também não houve diferenças entre os tratamentos. Encontraram-se diferenças significativas entre as coletas (Tabela 4), com maior valor obtido na coleta de junho ( $11 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ mg BMS-C}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) devido ao aumento da BMS-C e da Respiração basal influenciados pela presença das plantas de cobertura, como apresentado anteriormente. Valores intermediários foram encontrados na coleta de julho e agosto, com valor



médio de  $5,74 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ mg BMS-C}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Segundo Bertin et al. (2003) a produção de exsudatos varia conforme a idade da planta, por isso na coleta de julho as plantas de cobertura não produziram as mesmas quantidades de exsudatos, pois esta representa o final do ciclo das plantas de cobertura de inverno. Além disso, obtiveram-se menores valores de BMS-C e respiração basal, diminuição do  $q\text{CO}_2$  nesta coleta. Já na coleta de agosto o resultado intermediário deveu-se por deposição dos resíduos na superfície do solo das plantas de cobertura. Os menores valores foram obtidos nas coletas de novembro e dezembro, com valor médio de  $1,45 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ mg BMS-C}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Neste caso, houve aumento da BMS-C, porém a respiração continuou baixa, provocando a diminuição no  $q\text{CO}_2$ . Os menores valores de  $q\text{CO}_2$  são resultados da biomassa microbiana mais eficiente na utilização da fonte de C orgânico, pois menos C é perdido na respiração em forma de  $\text{CO}_2$  e mais C é incorporado ao tecido microbiano (BALOTA et al., 1998; SOUZA et al., 2006; MERCANTE et al., 2008; ANDERSON e DOMSCH, 2010). O Sistema de plantio direto pode proporcionar condições mais favoráveis aos microrganismos devido à maior agregação das partículas no solo, redução da erosão, melhoria da estrutura do solo, aumento da fertilidade, da retenção de água e acúmulo da matéria orgânica, o que torna as comunidades microbianas mais estáveis (BALOTA et al., 1998; CONSUEGRA, 2003; MERCANTE et al., 2008). Outros autores sugerem que os valores menores de  $q\text{CO}_2$  indicam ambientes que não estão sob estresse (SPARLING, 1997; ANDERSON e DOMSCH, 2010). De fato, em trabalho realizado por Franchini et al. (2007) em solos cultivados no sul do Brasil, o  $q\text{CO}_2$  em sistema de cultivo convencional apresentou valores de  $2,09 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ mg BMS-C}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , enquanto em sistema de plantio direto este foi de apenas  $1,10 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ mg BMS-C}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , evidenciando que o SPD propicia melhores condições para a comunidade microbiana do solo.

**Tabela 4.** Avaliação do  $qCO_2$  em cinco épocas do ano 2010 em um experimento de cebola em transição agroecológica sob plantio direto, no município de Ituporanga, SC.

Épocas	$qCO_2$	
	$\mu g C-CO_2 \text{ mg BMS-C}^{-1} h^{-1}$	
Junho/2010	11,0	A
Julho/2010	6,0	B
Agosto/2010	5,5	B
Novembro/2010	1,6	C
Dezembro/2010	1,3	C

Médias seguidas pela mesma letra (entre épocas) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

### 5.3 Atividade enzimática

A atividade microbiana do solo estimada pelo método hidrólise do diacetato de flouoresceína, apresentaram diferenças entre tratamentos e interação entre os tratamentos e as épocas. Entre épocas não houve diferenças (Tabela 5).

**Tabela 5.** Atividade enzimáticas da DAF na camada de 0-10 cm, de um solo sob plantio direto de cebola em transição agroecológica, sob resíduos de plantas de cobertura de inverno, em duas épocas de amostragem.

Plantas de cobertura	DAF	
	$mg F g \text{ solo seco}^{-1} h^{-1}$	
	Junho/ 2010	Dezembro / 2010
Testemunha	103,99A	71,47A
Cevada	13,16B	50,91A
Centeio	49,48B	58,89A
Nabo forrageiro	64,36A	67,65A
Nabo+Centeio	73,78A	77,81A
Nabo+Cevada	101,83A	61,71A

Médias seguidas pela mesma letra (entre tratamentos) na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Os maiores valor da atividade enzimática da DAF foram obtidos nos tratamentos Testemunha (plantas espontâneas), seguido de nabo+cevada, nabo+ centeio e nabo forrageiro. Segundo Vilanova (2010), neste mesmo

experimento, no tratamento Testemunha foram encontradas 23 vezes mais espécies de plantas espontâneas durante o início, meio e final do ciclo da cebola, o que sugere que os resíduos vegetais e exudatos destas plantas aumentaram na atividade enzimática. O nabo forrageiro, solteiro ou consorciado, apresenta grande produção de biomassa, maior produção de matéria seca e rápida degradação da palhada (LANA, 2007; VILANOVA, 2010), o que pode explicar o aumento da atividade da DAF nesses tratamentos. Alguns autores (SILVA et al., 2004; SÁNCHEZ-MONEDERO et al., 2008; CORREA et al., 2009) observaram que a atividade enzimática DAF está relacionada com a diversidade vegetal, o acúmulo de matéria orgânica e seu estágio de decomposição no solo, porém é pouco influenciada pelas alterações ambientais como diferentes manejos e mesmo tipos de solos (BANDICK e DICK, 1999; SILVEIRA, 2007; SÁNCHEZ-MONEDERO et al., 2008). Isto pode explicar ausência de diferenças entre épocas, já que a atividade da DAF não foi suficientemente sensível para detectar as mudanças ambientais.

Os valores na atividade da urease variaram entre as épocas, sendo a coleta de junho aquela que apresentou maior valor em relação a dezembro (Tabela 6). A maior quantidade desta enzima em junho deveu-se à presença das plantas de cobertura. As rizodeposições da vegetação presente são compostas por ácidos orgânicos, aminoácidos, açúcares, vitaminas entre outros, sendo que os aminoácidos podem ser degradados em cadeias carbônicas e uréia (MARZZOCO e TORRES, 1999). Esta última estimula a produção da enzima urease, a qual é influenciada pelos exsudatos (GARCIA et al., 2005; LANNA et al., 2010). Do contrário, na época de dezembro se encontrava a matéria seca residual de inverno. A presença de centeio e a cevada, os quais apresentam alta relação C/N, disponibiliza no solo maior fonte de C que de N para os microrganismos heterotróficos, e esses passam a decompor os açúcares, aminoácidos e hemicelulose a  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  para obter o nitrogênio e incorporá-lo em seus tecidos (PAUL e CLARK, 2007). Por outro lado, em estudo sobre o comportamento da atividade da enzima urease no solo, Mccarty et al. (1992) constataram que os produtos derivados para a assimilação de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  pelos microrganismos no solo inibem a produção da urease, o que possivelmente explica a diminuição desta enzima na coleta de dezembro. Entre os tratamentos não se encontrou diferenças estatísticas para a atividade da urease, com valores médios de  $3,81 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo seco h}^{-1}$ , valores que

são baixos quando comparados com outros estudos realizados no Rio Grande do Sul sob plantio direto (SCHMITZ, 2003; SILVEIRA et al., 2007). Uma possível explicação é que a atividade desta enzima pode ser influenciada por fatores climáticos como a temperatura e fatores do solo como pH, aeração, textura e quantidade de C orgânico (LANNA et al., 2010).

**Tabela 6.** Atividade enzimáticas da urease e  $\beta$ -glucosidase na camada de 0-10 cm, de um solo sob plantio direto de cebola agroecológica, manejado com resíduos de plantas de cobertura de inverno, em duas épocas de amostragem.

Urease		$\beta$ -glucosidase	
$\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo seco h}^{-1}$		$\mu\text{g PNP g solo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$	
Junho / 2010	Dezembro / 2010	Junho/ 2010	Dezembro / 2010
4,37A	3,27B	87,20A	118,24

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (entre épocas) na linhação diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Também no caso da atividade da  $\beta$ -glucosidase, as diferenças se deram entre épocas, porém na coleta de dezembro com maior valor do que junho (Tabela 6). Os maiores valores desta enzima na coleta de dezembro estão relacionados com a maior quantidade da matéria orgânica, já que maiores teores de carbono no solo proporcionam maior atividade da  $\beta$ -glucosidase (SILVEIRA et al., 2007). Esta enzima atua na etapa final do processo de decomposição da celulose (MATSUOKA et al., 2003), o que pode explicar seu aumento na coleta de dezembro quando a matéria seca do inverno se encontrava em diferentes estágios de decomposição aliado ao esterco de aves aplicado. Na coleta de junho verificou-se os menores valores dessa enzima, devido à baixa quantidade de resíduos vegetais e de matéria orgânica, contribuindo para diminuir a atividade da  $\beta$ -glucosidase (GARCIA et al., 2002). Além disso, esta enzima é influenciada pela temperatura, como obtido por Silveira et al. (2007), que encontraram no período mais quente do ano um aumento na atividade desta enzima e redução com a chegada do inverno, como observado neste trabalho. Entre os tratamentos não se encontraram diferenças significativas para a atividade da  $\beta$ -glucosidase, com valores médios de  $102,72 \mu\text{g PNP g solo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , resultados que estão dentro da faixa de variação ( $52$  a  $783 \mu\text{g PNP g solo}$

seco<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de outros estudos sob plantio direto no Brasil e o Estado de Rio Grande do Sul quando comparado com sistemas convencionais (SCHMITZ, 2003; SILVEIRA et al., 2007; KASCHUK, et al., 2010).

Por último, na correlação entre os atributos biológicos e os atributos químicos (Tabela 7), encontrou-se para a respiração basal e urease correlações negativas ( $r > 0,6$ ) com a matéria orgânica, P, K, Mg, soma de bases e CTC, exceto com o pH. A respiração reflete a atividade metabólica dos microrganismos no solo com a degradação da matéria seca de inverno, estando isto relacionado à fertilidade no solo, já que estes elementos podem ser utilizados pelos microrganismos ou podem estar disponíveis para as plantas, dependendo dos teores no solo, o que possivelmente pode explicar as correlações negativas. No caso na urease, segundo Schmitz (2003), em um estudo com diferentes coberturas vegetais ao longo de um ano no Rio Grande do Sul, verificou uma correlação significativa e negativa da enzima urease em relação aos teores de P disponível, como aconteceu neste experimento ( $r = -0,752$ ). Esse autor sugere que possivelmente há um efeito inibitório direto ou indireto da adubação fosfatada sobre a atividade da urease. Para os outros atributos químicos não foi possível explicar as correlações, sendo que possivelmente ocorreram por acaso. Quanto a atividade da  $\beta$ -glucosidase, esta apresentou altas correlações positivas ( $r > 0,66$ ) com os teores de matéria orgânica, P, K, Mg, soma de bases e CTC, o que pode refletir a liberação de nutrientes durante a ciclagem da matéria orgânica no solo, já que a atividade das enzimas está relacionada com a fertilidade no solo (SCHMITZ, 2003). A  $\beta$ -glucosidase correlacionou-se positivamente com os teores de K trocável, Schmitz (2003) encontrou o mesmo resultado, indicando que este cátion apresenta um efeito ativador sobre a atividade desta enzima.

Para a biomassa microbiana e a atividade da enzima DAF, não se verificou correlação significativa com os atributos químicos. Isto demonstra que a atividade metabólica dos microrganismos (respiração) está mais relacionada com a fertilidade no solo e, portanto com os atributos químicos, quando comparado com a biomassa microbiana. Quanto a hidrólise de DAF, esta não foi o suficientemente sensível para refletir alterações ambientais.

**Tabela 7.** Correlação entre atributos biológicos e químicos durante duas épocas junho e dezembro de 2010 sob sistema de plantio direto de cebola em transição agroecológica.

Atributos Biológicos	Matéria orgânica	pH em água	Índice SMP	P disponível	K trocável	Mg trocável	Ca trocável	Soma de bases	CTC pH 7.0	V %
Biomassa microbiana	-0,535ns	0,187ns	0,180ns	-0,273ns	-0,466ns	-0,54ns	0,363ns	-0,343ns	-0,387ns	-0,132ns
Respiração microbiana	-0,980*	0,630*	0,474ns	-0,725*	-0,811*	-0,854*	0,541ns	-0,618*	-0,779*	-0,172ns
Urease	-0,895*	0,718*	0,609*	-0,752*	-0,694*	-0,778*	0,526ns	-0,546ns	-0,771*	-0,0403ns
β-glucosidase Atividade	0,790*	-0,209ns	-0,086ns	0,663*	0,848*	0,795*	-0,241ns	0,738*	0,683*	0,467ns
DAF	-0,019ns	0,330ns	0,282ns	0,0571ns	0,287ns	0,185ns	0,429ns	0,452ns	0,227ns	0,411ns

Valores seguidos por ns ( não significativas) e com asterisco (significativas a 5% probabilidade) correlação de Pearson.

## 5.4 Rendimento da cebola

O rendimento da cebola foi avaliado por classificação do diâmetro dos bulbos de acordo com Brasil (1995) (Tabela 8). O rendimento não sofreu influência dos tratamentos na safra 2010, com exceção da Testemunha, que apresentou valor significativamente inferior ( $9,27 \text{ t ha}^{-1}$ ), quando comparada aos demais tratamentos (média geral de  $13,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) na classe de bulbos classificados entre  $50 \text{ mm} < \Phi < 70 \text{ mm}$  (classe 3), o que demonstra o efeito positivo da presença das plantas de cobertura.

**Tabela 8.** Rendimento de bulbos por classe comercial de acordo com Brasil (1995), produção de bulbos com podridão e rendimento total de bulbos de cebola, em SPD ano agrícola 2010 (VILANOVA, 2010).

Tratamentos	Bulbos				Rendimento Total
	Classe 4	Classe 3	Classe 2	com podridão	
	(t ha <sup>-1</sup> )				
T1 - Testemunha*	0,07a	1,85b	7,27a	0,08a	9,27b
T2 - cevada	0,07a	4,99a	7,49a	0,16a	12,71a
T3 - centeio	0,34a	5,34a	6,38a	0,47a	12,53a
T4 - nabo-forrageiro	0,26a	5,67a	7,00a	0,52a	13,45a
T5 - nabo-forrageiro + centeio	0,21a	6,21a	6,75a	0,23a	13,40a
T6 - nabo-forrageiro + cevada	0,26a	4,88a	7,47a	0,37a	12,98a

\*vegetação espontânea maneja com capinas. Valores seguidos pela mesma letra minúscula na coluna as médias não diferem entre si pelo Teste de Dunn ( $\alpha = 5$ ).

Deve-se considerar que o sistema de plantio direto com a utilização de plantas de cobertura ao longo do tempo proporcionará benefícios no solo com o acúmulo de matéria orgânica, favorecendo o desenvolvimento da biomassa microbiana e sua atividade, o que influencia positivamente os atributos biológicos, químicos e físicos no solo (AITA et al., 2004, GARCIA et al., 2005; MERCANTE et al., 2008), contudo não há certeza de quanto tempo será necessário para que se obtenha esses benefícios (VILANOVA, 2010). Além disso, como o rendimento de uma cultura é determinado por vários fatores (ambientais, genéticos e tipo de manejo), é

bastante complexa na determinação de índices de qualidade do solo. Os atributos biológicos por si só não permitem prever o rendimento da cultura, explicando o porque não se encontrou uma relação entre os atributos biológicos e o rendimento da cebola (Tabela 9).

**Tabela 9.** Correlação entre os atributos biológicos e o rendimento da cebola, safra 2010.

Atributos Biológicos	Rendimento da Cebola 2010
Biomassa microbiana	0,0924ns
Respiração microbiana	0,231ns
Urease	-0,0376ns
$\beta$ -Glucosidase	0,208ns
DAF	0,104ns

Valores seguidos por ns (não significativas)

## 6. Conclusões

As plantas de cobertura de inverno nabo forrageiro solteiro e em consórcio com cevada e centeio produziram matéria orgânica que influenciou os atributos químicos como o aumento dos teores de P, K, Ca e Mg, valor S, V% e CTC, contribuindo para a fertilidade no solo.

A biomassa microbiana e a respiração basal não foram influenciadas pelas plantas de cobertura de inverno e pouco influenciaram a atividade das enzimas, sendo a atividade da DAF estimulada pelos tratamentos nabo forrageiro solteiro e consorciados com nabo + cevada e nabo + centeio. Por outro lado, houve relação entre os atributos químicos (Matéria orgânica, P, K, Mg, valor S e CTC) com a respiração basal, urease e  $\beta$ -Glucosidase indicando o ciclagem de nutrientes no solo.

Verificaram-se incrementos no rendimento da cebola com uso de plantas de cobertura em relação ao tratamento testemunha, mas estes não se relacionaram aos atributos biológicos do solo.



## 7. Referências

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P.; CHIAPINOTTO, I. C.; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I Dinâmica do nitrogênio no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, vol 28:739-749 p. 2004.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol 74: 19-31p. 1999.

AMADO, T. J. C.; BAYER C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R.; Potencial de culturas de coberturas em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, vol 25:189-197 p. 2001.

AMARAL, A, S.; ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema de plantio direto. **Pesq. agropec. bras**, Brasília, vol. 36, n. 4, 695-702 p. 2001.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Determination of eco-physiologia maintenance requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soil**, vol. 1, 81-89 p. 1985.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. **Soil Biology and Biochemistry**. 1-5 p. 2010.

BAARU, M.W.; MUNGENDI, D.N.; BATIONO, A; VERCHOT L.; WACEKE, W. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as influenced by organic and inorganic inputs at Kabete, Kenya. A. Bationo (eds.), **Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities**, 827–832 p. 2007.

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. **R. Bras. Ci. Solo**, Rio de Janeiro, vol. 22, 641-649 p. 1998.

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

BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 31, 1471-1479p. 1999.

BENINTENDE, S. M.; BENINTENDE, M. C.; STERREN M. A.; DE BATTISTA, J. J. Soil microbiological indicators of soil quality in four rice rotations systems. **Ecological indicator**, vol 8, 704-708 p. 2008.

BENIZRI, E.; AMIAUD, B. Relationship between plants and soil microbial communities in fertilized grasslands. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 37, n. 11, 2055-2064 p. 2005. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071705001355>>. Acesso em: 15/8/2011.

BERTIN, C.; YANG, X.; WESTON, L. A. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. **Plant and Soil**, v. 256, n. 1, p. 67-83, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária. **Portaria n. 529 de 18/08/1995**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p.13513. Set. 1995.

BURNS, R. G. Enzyme activity in soil: Location and a possible role in microbial ecology. **Soil Biol Biochem**, vol 14:423-127 p. 1982.

CALEGARI, A.; COSTA, M.B. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993, 346p.

CAMARGO, S. E. **Manejo conservacionista do solo e rotação de culturas para cebola**. Dissertação de Mestrado em manejo do solo, Centro de ciências agroveterinárias, Universidade do Estado Santa Catarina, Lages, 2011.

CAMPO NEWS. Chuva e frio afetam a qualidade da cebola em SC. Publicado em: 25 mar. 2009. Disponível em: <

<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/hortifruti/42160>>. Acesso em: 22 fev. 2011.

CARBALLO, A. C. **Atributos químicos do solo afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. Dissertação de Maestria em Ciências do Solo. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

COMISSÃO DE QUÍMICA FERTILIDADE DO SOLO, RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados de Rio Grande do sul, Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004.

CONCEIÇÃO, P. C.; CARNEIRO, T. J.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **R. Bras. Ci. Solo**, vol. 29, 777-788 p. 2005.

CONSUEGRA, N. P. **Agricultura orgânica: bases para el manejo ecológico de plagas**. La Habana, Cuba: ACTAF, 80p. 2003.

CORREA, M. L. P.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANETTI, A.; MIRANDA, G. V. M.; SANTOS, M. M. dos. Atividade Microbiana Enzimática (Fda) como Indicador Microbiológico da Qualidade de Solos em Sistemas de Plantio Direto de Milho Orgânico e Convencional. **Rev.Bras. De Agroecologia**, vol. 4, n. 2, 1451-1454p. 2009.

COSTA, E., GOEDERT, W., MARTINHÃO, D., Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 41, n. 7, 1185-1191p. 2006.

DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil Enzyme Activities and Biodiversity Measurements as Integrative Microbiological Indicators. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for Assessing Soil Quality**. **Madison**, USA: Soil Science Society Of America, Inc., 1996, 247-271p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de

Janeiro: Embrapa Solos, 2004, 726 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006, 374p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). **Produção de cebola no sistema agroecológico**. 2011. Disponível em: [http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=203](http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=203)

FERREIRA, B. A. E; VITAL, D.; RESCK, S. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 31, n. 1, 1625-1635p. 2007.

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**, n. 92, 18-29p. 2007

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; ROLDAN, A., MARTIN, A., Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under Mediterranean climate. **Soil Biology & Biochemistry**, vol. 34, 635-642 p. 2002.

GARCIA, C.; ROLDAN, A., HERNANDEZ, T. Ability of different plant species to promote microbiological processes in semiarid soil. **Geoderma**, Spain, vol. 124: 193–202 p. 2005.

GONÇALVES, C. N. e CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, vol. 23, 307-313p. 1999.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D.S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. I Fumigation with chloroform. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, vol.8, n. 1, 167-177p. 1976a.

JENKINSON, D. S.; LADD, L. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E. A.; Ladd, J. N. (Ed.). **Soil Biochemistry**, New York: Marcel Dekker, vol. 5, 415-471 p. 1981.

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 and Biochemistry**, vol. 42, 1-13 p. 2010.

KASSEN, A. E.; NANIPIERI, P. Urease activity. In: KASSEN, A. e NANIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Usa: Academic Press Publications, Cap. 7, 315-319 p. 1995.

KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J. K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology**, vol 32, 1485-1498 p. 2000.

LANA, M. A. **Uso de culturas de cobertura no manejo de comunidades de plantas espontâneas como estratégia agroecológica para o redesenho de agroecossistemas**. Dissertação de Maestria em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LANNA, A. C.; SILVEIRA, P. M.; SILVA, M.; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H. J. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 34, n. 6, 1933-1939p. 2010.

LARSON, W. E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America, Madison, 37-51p. 1994.

LIMA, J. D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R. K.; SOLIMAN, E. P.; MORAES, W. S. da. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. **Pesq Agropec Trop**, Goiânia, vol. 1, n. 37, 60-63p. 2007.

MAKISHINA, N. Coeficientes técnicos. In: Embrapa Hortaliças. **Sistemas de produção de Cebola (*Allium cepa* L)**, vol. 5. ISSN 1678, 2004.

Disponível em: <http://www.cnpq.embrapa.br/sistprod/cebola/coeficientes.htm>.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. Segunda edição Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 354 p. 1999.

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). **Bras. Ci. Solo**, vol. 27, n. 3, 425-433p. 2003.

McCARTY, G.W.; SHOGREN, D.R.; BREMNER J.M. Regulation of urease production in soil by microbial assimilation of nitrogen. **Biol Fertil Soils**, vol. 12, 261-264p. 1992.

MELO, W. Enzimas do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 365-378p. 1988.

MERCANTE, F. M.; FERREIRA DA SILVA, R.; FABBRO, C. S.; TOURO, J. C.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Sci. Agron**, Maringá, vol. 34, n. 4, 479-485 p. 2008.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó, SC: Ed. do Autor, 1991.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Bioscience**, vol. 164, 262-270 p. 1969

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A. In. **Methods for assessing soil quality**. Madison, USA: Soil Science Society of America, Inc., 231-245p. 1996.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. third edition. USA: Academic Press publications, 2007.

RAMOS, M. E.; BENITÉZ, E.; GARCIA, P. A; ROBLET, A. B. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. **Applied Soil Ecology**, vol. 44:6–14 p. 2010.

ROGER-ESTRADE, J.; ANGER, C.; BERTRAND, M.; RICHARD, G. Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. **Soil and Tillage Research**, vol. 111, n. 1, 33-40 p. 2010. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198710001509>>. Acesso em: 15/8/2011.

SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; MONDINI, C.; CAYUELA, M.L.; ROIG, A.; CONTIN, M.; DE NOBILI, M. Fluorescein diacetate hydrolysis, respiration and microbial biomass in freshly amended soils. **Biology and Fertility of Soils**, vol. 44, n. 6., 885-890 p. 2008.

SCHMITZ, J. A. K. **Indicadores biológicos de qualidade do solo quality**, 2003. Teses de Doutorado em ciência do solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2003.

SCHMITT, D. R. Cebola, produção e mercado nacional. In: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina Epagri e Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola, Epagri/cepa. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina (2010-2011)**. Florianópolis, vol. 32. 2011. 1-184 p. Disponível em: [http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese\\_2011/sintese%202010-2011.pdf](http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2011/sintese%202010-2011.pdf).

SILVA, M.; SIQUEIRA, R. E.; COSTA, J. L. S. da. Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbiana de um solo submetido a reflorestamento. **Ciência Rural**, vol. 34, n. 5, 1493-1496p. 2004.

SILVA, M.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, vol. 42, n. 12. 1755-

1761p. SciELO Brasil 2007. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n12/a13v4212.pdf>>. Acesso em:  
17/1/2012.

SILVEIRA, Andressa de Oliveira. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2007.

SMITH, J. L.; PAPENDICK, R. I. Soil organic matter dynamics and crop residue management. In: SYLVIA D. M. et al. (eds.). **Principles and applications of soil microbiology**. Prentice Hall, Inc. (E.D). New Jersey, EUA, 1999.

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

SPARLING G. P., Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. *Biological indicators of soil health* 97-119 p. 1997.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Assay of urease activity in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, vol. 4, 479-487 p. 1972.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico N° 5 - Departamento de Solos 14

TURCO, R. F.; KENNEDY, A. C.; JAWSON, M. D. Microbial indicator of soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicsek, D.F.; Stewart, B.A. (eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America, Madison, 37-51p. 1994.

VILANOVA, C.C. **Sistema de plantio direto de Cebola: contribuições das plantas de cobertura no manejo ecológico de plantas espontâneas**. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.



VANCE, E. D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D. S. Microbial biomass measurements in forest soils: the use chloroform fumigation-incubation method in strongly acid soils. **Biology and Biochemistry**, Oxford, vol. 19, n. 6, 697-702 p. 1987b.