

Leoncio de Paula Koucher

**CONTRIBUIÇÃO DO NITROGÊNIO DE RESÍDUOS DE  
PLANTAS DE COBERTURA PARA A CEBOLA CULTIVADA  
EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO AGROECOLÓGICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin

Co-orientadores: Prof. Dr. Gustavo Brunetto e Prof. Dr. Sandro José Giacomini

Florianópolis  
2016




# "Contribuição do nitrogênio de resíduos de plantas de cobertura para a cebola cultivada em sistema de plantio direto agroecológico".

*Por*

**LEONCIO DE PAULA KOUCHER**

Dissertação julgada adequada, em 26/02/2016, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.

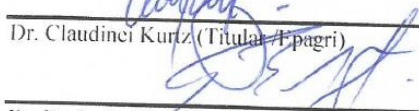
  
Prof. Dr. Ademar Antonio Cazella (Coordenador do Programa)

**Banca Examinadora:**

  
Dr. Lucinei José Comin. (Presidente/Orientador)

  
Dr. Rafael Ricardo Cantu (Titular/Epagri)

  
Dr. Claudinei Kurtz (Titular/Epagri)

  
Dr. Paulo Emilio Lovato (Titular/UFSC)

**Candidato ao título:**

  
LEONCIO DE PAULA KOUCHER

Florianópolis, 26/02/2016



Dedico este trabalho em memória aos meus pais José Zenir Melo Koucher e Nidia de Paula Koucher e minha avó Carmelina Barbosa Melo.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha companheira Julia pelo amor, dedicação e o carinho proporcionado durante a realização do mestrado. À sua mãe Maria de Lourdes pela torcida e o carinho, e às irmãs Monique e Manuela pela força e amizade.

À toda minha família e, em especial, aos meus irmãos Luzina, Diana e Ricardo pelo afeto e cuidado.

Aos professores Jucinei José Comin, Gustavo Brunetto e Sandro José Giacomini pelo incentivo, orientação, dedicação e amizade. Aos professores Cledimar Rogério Lourenzi, Arcângelo Loss, Paulo Emílio Lovato e aos demais professores da UFSC pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação.

Ao Rafael Couto pelo apoio com a estatística, o acolhimento e amizade.

Aos colegas Vilmar, Monique, Andria, Renata e Camilo, que participaram e acompanharam diretamente a pesquisa, e aos colegas do Laboratório de Análise de Solos, Água e Tecidos Vegetais, do Departamento de Engenharia Rural, Cleiton, Paula, Rodolfo, Alex, Vitor, Bruno, Jamile, Luiz, Ludmila, Eliana, Lucas, pela amizade, companheirismo e atenção.

À Olga e à Rosa pela amizade e, por terem me motivado e apoiado durante o mestrado.

Aos amigos Margarida, Dino, Elton, Mogar, Katia, Dani, Nelson, Marinho, Detinha, Lausi, pela amizade e torcida.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

À Marlene, secretária do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistema, pela pontualidade e dedicação

À Universidade Federal de Santa Maria que me recebeu e apoiou a pesquisa, em especial ao Laboratório de Análise Elementar e Isótopos Estáveis do Departamento de Solos da UFSM, pelas análises laboratoriais realizadas durante o mestrado.

Ao Claudinei Kurtz pela atenção, dedicação e compromisso com pesquisa e aos demais trabalhadores da Estação Experimental de Ituporanga SC pela oportunidade de desenvolver o projeto.

Ao Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agroecologia – NEPEA-SC pela oportunidade de participar de estudos e debates em agroecologia.

Ao CNPq por ter financiado o projeto, à CAPES e à FAPESC pela concessão da bolsa durante todo o mestrado.

Ao edital Chamada MCTI/MAPA/MDA/MEC/MPA/CNPq N° 81/2013 e Edital CHAMADA UNIVERSAL – MCTI/CNPq N° 14/2014 pelo auxílio financeiro.



“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio.”  
Ana Primavesi



## RESUMO

O cultivo de cebola em Santa Catarina (SC) é realizado, predominantemente, no sistema de preparo convencional do solo (SPC), com aplicações de fertilizantes solúveis e agrotóxicos. Como alternativa, tem sido estimulado o sistema de plantio direto de hortaliças agroecológico (SPDH), onde plantas de cobertura do solo, como nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), aveia preta (*Avena strigosa* L.) entre outras, são cultivadas para proteger a superfície do solo contra os agentes erosivos, auxiliando no controle de plantas espontâneas e na ciclagem de nutrientes. Porém, pouco se sabe sobre a contribuição do N dos resíduos das plantas de cobertura para as culturas comerciais, principalmente de hortaliças como a cebola. O presente estudo objetivou avaliar o aproveitamento pela cebola do N proveniente da decomposição de resíduos de plantas de cobertura. Para isso, em junho de 2014 foi iniciado o cultivo e a marcação das plantas de cobertura em casa de vegetação, no Departamento de Microbiologia e Parasitologia da UFSC. As plantas foram submetidas à aplicação de uma solução contendo ureia enriquecida com 4% de átomos em excesso de  $^{15}\text{N}$ . Ao final do ciclo das espécies, os resíduos foram coletados e determinado a matéria seca (MS) e teores totais de N,  $^{15}\text{N}$ , P, K, Ca, Mg, carbono orgânico total (COT), celulose (Cel), lignina (Lig) e biomassa não estrutural (Bio). Os resíduos foram separados, pesados e encaminhados para o experimento de campo na Estação Experimental da EPAGRI, em Ituporanga (SC). Os tratamentos foram: nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e o consórcio entre NF+AV. Os resíduos das plantas de cobertura foram depositados nas entrelinhas da cultura da cebola e foram coletados aos 28, 44, 63, 83 dias após a deposição dos resíduos sobre a superfície do solo. Na colheita da cebola foram coletadas a planta inteira e também amostras de solo nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m. As amostras de tecido e solo foram preparadas e determinados os teores de N total e  $^{15}\text{N}$ . Verificou-se que o N nas folhas e bulbos de cebola foi derivado, especialmente, dos resíduos de NF depositados sobre a superfície do solo. Porém, a maioria do N nas folhas e bulbos de cebola foi derivado de outras fontes de N que não dos resíduos das plantas de cobertura. Assim, o N derivado dos resíduos em decomposição de NF, AP e NF+AP, aparentemente, pouco contribui para a nutrição da cebola durante o ciclo de cultivo, porém é uma importante fonte de matéria orgânica para o solo, podendo fornecer N para os próximos cultivos.

**Palavras-chave:** Absorção de N. Distribuição de N.  $^{15}\text{N}$ . *Allium cepa* L.



## ABSTRACT

The cultivation of onion in Santa Catarina is conducted predominantly in conventional tillage with application of fertilizers and pesticides. Alternatively, it has been stimulated the No tillage system, which use ground cover plants such as oilseed radish (*Raphanus sativus* L.) and black oats (*Avena strigosa* L.), that protect the soil surface, help in the control of weeds and nutrient cycling. However, it has not been considered the N contribution of litter from the winter cover crops deposited on the soil surface for onion nutrition. The aim of this study was to evaluate the use of the N Onion decomposition residues of cover crops. In June 2014 started the cultivation and marking of cover crops in a greenhouse at the Department of Microbiology and Parasitology at UFSC. The plants were submitted to the application of a solution containing urea enriched with 4% at. excess  $^{15}\text{N}$ . At the end of the cycle of the species the residues were collected and was determined the dry matter and analyzed the total N,  $^{15}\text{N}$ , P, K, Ca, Mg, organic carbon, cellulose, lignin and nonstructural biomass. In August 2014 were implanted on a field experiment at Experimental EPAGRI Station in Ituporanga (SC) treatments NF, AP and the consortium of NF + AV. After the deposition of the residues marked with  $^{15}\text{N}$  in onion cultivation lines, onion leaves were collected at 28, 44, 63, 83 days. During onion harvest, the whole plant and soil in layers of 0.0-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15 and 0.15-0.20 were collected and submitted to analysis total N and  $^{15}\text{N}$ . N in the leaves and onion bulbs was mainly derived from NF decomposed residues deposited on the surface of the soil. However, most of the N in the leaves and onion bulbs was derived from other sources of N residues, which do not cover crop deposited on the soil. Thus, the N derived from residues decomposition NF, AP and NF + AP apparently has a little contribution to the nutrition of the onions during the cultivation cycle, but is an important source of organic matter to the soil and can provide N for next crops.

**Keywords:** N absorption. N distribution.  $^{15}\text{N}$ . *Allium cepa* L.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e temperatura do solo (camada de 0,00-0,05m), durante o período experimental. ....	38
Tabela 2. Atributos físicos e químicos do solo na camada de 0,00-0,10 m com resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP). ....	39
Tabela 3. Caracterização química dos resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP). ....	42
Tabela 4. Análise de variância dos valores de N total, átomos de 15N em excesso, N derivado do resíduo e N derivado do solo, em diferentes tratamentos e épocas de coleta de folhas de cebola. ....	46
Tabela 5. Valores de N total, átomos de 15N em excesso, N derivado do resíduo e N derivado do solo, em folhas de cebola coletadas aos 28, 44, 63 e 83 dias após a deposição de resíduos (DAD) de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP). ....	47
Tabela 6. Matéria seca, N total, átomos de 15N em excesso, N derivado do resíduo e N derivado do solo em folhas, bulbos e folhas + bulbos de cebola cultivada em solo com deposição de resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP). ....	49
Tabela 7. Teores de N total, átomos de 15N em excesso e N derivado do resíduo, em camadas estratificadas de solo cultivado com cebola e com a deposição de resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio entre nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP). ....	50





## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP – Aveia preta  
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
Cfa – Clima Subtropical mesotérmico úmido -Classificação climática de Köppen-Geiger  
CQFS – Comissão Química de Fertilidade do Solo  
DAD – Dias após a deposição dos resíduos  
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina  
FAPESC – Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina  
NEPEA – Núcleo de estudo, Pesquisa e Extensão em Agroecologia  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INMET – Instituto Nacional de Metrologia  
MPA – Ministério da Pesca e Agricultura  
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
MEC – Ministério da Educação e Cultura  
MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação  
MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário  
MO – Matéria orgânica do solo  
MPO – Matéria orgânica particulada  
MS – Matéria Seca  
NF – Nabo forrageiro  
NF + AP – Consórcio de Nabo forrageiro + Aveia preta  
SPC – Sistema de preparo convencional do solo  
RS – Rio Grande do Sul  
SC – Santa Catarina  
SPD – Sistema Plantio Direto  
SPDH – Sistema Plantio Direto de Hortaliças  
TDA – Taxa diária de absorção de nutrientes  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
UR – Umidade relativa do ar



## LISTA DE SÍMBOLOS

$^{14}\text{N}$  – Isótopo de  $^{14}\text{N}$   
 $^{15}\text{N}$  – Isótopo de  $^{15}\text{N}$   
 $\text{NO}_3^-$  – Nitrato  
 $\text{NO}_4^+$  – Amônio  
 $\text{NH}_3$  – Gás amônia  
P – Fósforo  
N – Nitrogênio  
K – Potássio  
Ca – Cálcio  
C – Carbono  
COT – Carbono orgânico total  
Cel – Celulose  
Lig – Lignina  
Bio – Biomassa não estrutural  
 $\text{CO}_2$  – Dióxido de carbono  
Mg – Magnésio  
Al – Alumínio  
C/N – Relação carbono e nitrogênio  
C/P – Relação carbono e fósforo  
Lignina/N – Relação lignina e nitrogênio  
Lignina/P – Relação lignina e fósforo  
Cel/Lig – Relação celulose e lignina  
ppm – Parte por milhão  
FBN – Fixação biológica de nitrogênio  
kg – Quilograma(s)  
 $\text{kg ha}^{-1}$  – Quilograma(s) por hectare  
 $\text{Mg ha}^{-1}$  – Megagrama(s) por hectare  
% – porcentagem(s)  
ha – Hectare(s)  
 $\text{cmolkg}^{-1}$  – Centímol de carga por quilograma de solo  
 $^{\circ}\text{C}$  – Grau(s) Celsius  
Cm – Centímetro(s)  
mm – Milímetro(s)  
m – Metro(s)  
 $\text{m}^2$  – Metro(s) quadrado(s)  
 $\text{g m}^{-2}$  – Grama(s) por metro quadrado  
mm – Milímetro(s)  
ml – Mililitro (s)  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$  – Ácido sulfúrico

$H_2O_2$  – Peróxido de hidrogênio  
g órgão<sup>-1</sup> – Grama(s) por órgão  
mg órgão<sup>-1</sup> – Miligrama(s) por órgão  
CV – Coeficiente de variação  
pH – Potencial hidrogeniônico

## SUMÁRIO

<b>1.APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO</b> ....	<b>23</b>
<b>2.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>3.OBJETIVOS</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.Objetivo geral</b> .....	<b>31</b>
<b>3.2.Objetivos específicos</b> .....	<b>31</b>
<b>4.OBJETO DE ESTUDO E HIPÓTESES</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1.Hipóteses</b> .....	<b>33</b>
<b>5.ARTIGO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1.Introdução</b> .....	<b>36</b>
<b>5.2.Material e Métodos</b> .....	<b>38</b>
5.2.1.Localização, histórico e descrição do experimento .....	38
5.2.2.Procedimentos de marcação das plantas de cobertura com $^{15}\text{N}$	41
5.2.3.Deposição de resíduos de plantas de cobertura sobre o solo e coleta de amostra de tecido de cebola e solo .....	43
5.2.4.Análise de tecido vegetal e solo .....	43
5.2.5.Estatística .....	44
<b>5.3.Resultados</b> .....	<b>45</b>
5.3.1.Distribuição de N em folhas de cebola.....	45
5.3.2.Distribuição de N em plantas de cebola .....	48
5.3.3.Distribuição de N no solo .....	49
<b>5.4.Discussão</b> .....	<b>51</b>
5.4.1.N em plantas de cebola.....	51
5.4.2.N no solo .....	52
<b>5.5.Conclusões</b> .....	<b>53</b>
<b>5.6.Referências</b> .....	<b>53</b>
<b>6.CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>



## 1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

O presente trabalho de dissertação com título “Contribuição do nitrogênio de resíduos de plantas de cobertura para a cebola cultivada em sistema de plantio direto agroecológico” foi desenvolvido em um experimento implantado em 2009, com a cultura da cebola (*Allium cepa* L), em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças Agroecológico (SPDH). O experimento está localizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, no município de Ituporanga.

O trabalho faz parte de um projeto maior vinculado ao Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia (NEPEA-SC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), junto ao qual, outros trabalhos de dissertação foram realizados no mesmo experimento por estudantes e pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), cujos títulos e autores estão destacados abaixo:

- 1) Sistema de plantio direto de cebola: contribuições das plantas de cobertura no manejo ecológico de plantas espontâneas. Cíntia de Camargo Vilanova, outubro de 2011;
- 2) Atributos químicos e biológicos do solo e rendimento da cebola em sistema de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno. Mónica María Machado Vargas, fevereiro de 2012;
- 3) Produção de Cebola e Dinâmica de Emergência de Plantas Espontâneas sob Plantas de Cobertura em Sistema Plantio Direto. Monique Souza, março de 2012;
- 4) Decomposição e Mineralização de Nutrientes de Resíduos de Plantas de Cobertura em Solo Cultivado com Cebola (*Allium cepa* L.). Roberta Pereira Martins, fevereiro de 2013;
- 5) Decomposição de plantas de cobertura e efeito no rendimento da cebola e na biodisponibilidade de fósforo em sistema de plantio direto. Rodolfo Assis de Oliveira, fevereiro de 2015.
- 6) Matéria orgânica e substâncias húmicas em agregados do solo cultivado com cebola em sistemas plantio direto e convencional. Luiz Henrique dos Santos, fevereiro de 2016.

No momento estão em andamento outros três trabalhos de pesquisa no mesmo experimento: o primeiro estuda o potencial alelopático das plantas de cobertura em plantio direto de cebola agroecológico, realizado pela doutoranda Monique Souza; o segundo busca avaliar a emissão dos

gases do efeito estufa em plantio direto de cebola agroecológico, conduzido pelo mestrando Vilmar Muller Junior; e o terceiro avaliará a decomposição e a liberação de nitrogênio de fontes orgânicas marcadas com isótopos de  $^{15}\text{N}$  em plantio direto de cebola agroecológico e será conduzido pelo doutorando Rodolfo Assis de Oliveira.

O trabalho recebeu apoio financeiro dos projetos “Consolidação e formalização do núcleo de ensino, pesquisa e extensão em agroecologia – NEPEA-SC”, Chamada MCTI/MAPA/MDA/MEC/MPA/CNPq N° 81/2013 e “Rendimento, atributos químicos e físicos do solo e manejo de plantas espontâneas sistema plantio direto agroecológico de cebola”, Edital Chamada Universal – MCTI/CNPq N° 14/2014.



## 2. INTRODUÇÃO

No Brasil a cultura da cebola (*Allium cepa* L) ocupou em 2014 uma área de 59 mil ha, com produção total de 1,6 milhões de toneladas e rendimento médio de 27 t ha<sup>-1</sup> de cebola (IBGE, 2016). Os principais estados produtores de cebola no país são: Santa Catarina, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Pernambuco.

O estado que mais produziu cebola em 2014 foi Santa Catarina com, aproximadamente, 28% da produção total, (EPAGRI, 2015). Essa atividade é realizada predominantemente por agricultores familiares, representando mais de 6 mil famílias que mantém o cultivo de cebola como a principal atividade (FAESC, 2015). A maior parte dos cultivos está concentrada na região do Alto Vale do Itajaí, SC, especialmente nas microrregiões de Ituporanga e, normalmente, é realizado em relevo acidentado, característica da região, que torna o solo suscetível à erosão hídrica (SILVA et al., 2014).

A cebola é cultivada geralmente em sistema de preparo convencional do solo (SPC) no qual são utilizados implementos agrícolas (arado, subsolador, grade e enxada rotativa) e grandes quantidades de fertilizantes solúveis, os quais são aplicados na tentativa de manter a fertilidade do solo e elevar a produtividade da cebola (MENESES JUNIOR et al., 2014). Quando o solo é revolvido intensamente ocorre a degradação da matéria orgânica (MO) e a destruição dos agregados nas camadas mais superficiais do solo (LOSS et al., 2015). Nesse processo o solo fica exposto e suscetível a ação da água da chuva ou irrigação, o que pode trazer consequências como perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica (PANACHUKI et al., 2011).

Em relação à nutrição da cebola, os fertilizantes nitrogenados são aplicados com base nos teores de MO do solo. Em solos com teores de 25 a 50 g kg<sup>-1</sup> de MO ou maiores que 50 g kg<sup>-1</sup> de MO, a recomendação para a cebola é de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 20 kg ha<sup>-1</sup> de N quando as plantas apresentarem sintomas de deficiência ou quando houver temperatura baixa e, ou, grandes volumes de chuvas. Para solos com teores menores que 25 g kg<sup>-1</sup> de MO, recomenda-se aplicar 95 kg ha<sup>-1</sup> de N parcelado em duas vezes, adicionando 50 % no transplante e o restante 45 dias após o transplante das mudas (CQFS-RS/SC, 2004; KURTZ et al., 2012).

Outra prática comum em cultivo de cebola em Santa Catarina são as aplicações de agrotóxicos com objetivo de controlar pragas, doenças e plantas espontâneas. O controle químico das plantas espontâneas em cultivo de cebola tem sido utilizado devido à praticidade e rapidez com

que os herbicidas agem sobre as plantas. No local onde o atual experimento se encontra existem, aproximadamente, 25 espécies de plantas espontâneas de maior ocorrência, entre elas a tiririca (*Cyperus rotundus* L.), o capim-paulista (*Cynodon dactylon* L. Pers.), a língua de vaca (*Rumex obtusifolius* L.), a losna-brava (*Artemisia verlotorum* Lamotte) (KURTZ et al., 2013; SOUZA et al., 2013), mas não são usados herbicidas para o seu controle, ou qualquer outro tipo de agrotóxico.

Devido à cebola apresentar crescimento lento, as plantas espontâneas se desenvolvem mais rápido e podem causar problemas no crescimento, no desenvolvimento e na qualidade da cebola. Por isso, nos sistemas convencionais, são aplicados herbicidas pós-transplante da cebola para o controle das plantas espontâneas no estágio inicial (EPAGRI, 2013).

Já o uso de fungicidas para controle do míldio (*Peronospora destructor* Berk), uma das principais doenças da cultura da cebola no Sul do Brasil, é influenciado pelas condições de densidade de plantio, temperatura, umidade relativa do ar e pela disponibilidade de N no solo (HARMS et al., 2015; GONÇALVES et al., 2004). Contudo, o uso desses insumos químicos, principalmente de forma indiscriminada, pode provocar efeitos negativos na saúde dos agricultores e familiares e provocar contaminação ambiental (GONÇALVES & WANSER, 2007).

Desde a década de 90, um grupo de pesquisadores da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri, em conjunto com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e agricultores da região, vem desenvolvendo estudos na tentativa de melhorar a qualidade dos agroecossistemas e diminuir e, ou, eliminar o uso de agrotóxicos e fertilizantes solúveis por meio do uso de rotação de cultura com plantas de cobertura associado ao revolvimento restrito do solo (ALTIERI et al. 2011).

Por isso, tem sido estimulada a adoção do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças Agroecológico (SPDH), onde espécies de plantas de cobertura do solo, entre elas, a aveia preta (*Avena. Strigosa* Schieb), o centeio (*Secale cereale* L.) e o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L) são cultivadas solteiras ou consorciadas ao longo do outono e inverno (SOUZA et al., 2013). O principal objetivo é controlar as plantas espontâneas sem o uso de herbicidas, manter e até melhorar a fertilidade do solo pela melhor ciclagem de nutrientes, e também reduzir os danos causados pelo uso inadequado do solo (LOSS et al., 2015).

Os resíduos de plantas de cobertura como nabo forrageiro (NF) e aveia preta (AP) depositados sobre a superfície do solo sem incorporação podem promover melhorias no sistema de cultivo, como impedir a

germinação e o crescimento das plantas espontâneas, reduzir o escoamento superficial de água no solo, aumentar a infiltração de água no perfil do solo, diminuir a amplitude térmica nas camadas superficiais (ALTIERI et al., 2011; BRUNETTO et al., 2014), bem como promover uma liberação gradual de nutrientes durante a decomposição dos seus resíduos (SOUZA et al., 2013; NASCENTE et al., 2013).

A composição química das plantas de cobertura em decomposição pode afetar a quantidade e a velocidade de liberação de nutrientes para o solo (OLIVEIRA et al., 2016). Por isso, se busca utilizar plantas de cobertura que produzam grandes quantidades de MS e permaneçam por mais tempo na superfície do solo, e que liberem os nutrientes em um período de tempo maior, o que pode melhorar o seu aproveitamento pela cultura seguinte (HEINZ et al., 2011).

O consórcio entre NF e a AP tem sido estudado para se obter uma relação intermediária entre a liberação de nutrientes e o tempo de permanência dos resíduos no solo, principalmente, porque as espécies apresentam características fitoquímicas diferentes, o que pode resultar em maior proteção do solo e uma liberação gradual de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2016).

O que define nas duas espécies o tempo de decomposição e liberação de nutrientes para o solo é a composição química dos resíduos (AITA & GIACOMINI, 2003). O resíduo de NF possui maior teor de celulose em seu tecido e, geralmente, apresenta uma relação celulose/lignina mais alta, o que torna a decomposição dos resíduos mais rápida (CICEK et al., 2015) e, por consequência, a disponibilidade de nutrientes para as plantas, principalmente, na fase inicial do crescimento das culturas. Em contraste, a AP contém em seu tecido maior concentração de lignina e uma relação celulose/lignina mais baixa, o que torna mais lenta a decomposição em relação ao NF. A lignina, além de dar estrutura à planta, tem a função de proteger a celulose da ação de microrganismos (PÉRES-SUÁRES et al., 2014). Por isso, a liberação de nutrientes da AP é mais lenta e gradual (MOHANTY et al., 2013). Além disso, outros fatores podem afetar a decomposição e liberação de nutrientes para o solo, como a temperatura, a umidade do solo, o pH, aeração do solo e a relação C/N (REDIN et al., 2014).

O crescimento e desenvolvimento da cebola dependem da disponibilidade de nutrientes como o N, principalmente na fase de bulbificação, onde aumenta a absorção do elemento (LEE, 2010). A cebola absorve N na forma mineral, como nitrato  $N-(NO_3^-)$  e amônio  $N-(NH_4^+)$ . Quando os resíduos das plantas de cobertura são depositados sobre a superfície do solo e entram em decomposição, podem

proporcionar maiores quantidades de N na forma amoniacal N-(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (MORO et al., 2013). Com isso, uma parte do N mineralizado pode ser absorvida pelas plantas, enquanto a outra parte pode ser transformada em nitrito N-(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), e na sequência em nitrato N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), pelo processo chamado de nitrificação (OLIVEIRA et al., 2015).

Quando o N é fornecido ao solo por diferentes fontes, como adubo mineral e, ou, orgânico, e por resíduos de plantas de cobertura, uma grande parte estará sujeita a seguir outros caminhos como: (i) imobilização pelos microrganismos; (ii) fixação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em certos argilominerais 2:1; (iii) volatilização de NH<sub>3</sub> e outros gases contendo N; ou (iv) perda por lixiviação na forma de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) para o subsolo e águas subterrâneas (ŠTURM et al., 2010). Por isso, estudos de fertilidade do solo com isótopos de <sup>15</sup>N têm sido usados para analisar as transformações e a dinâmica do N nos agroecossistemas, dentre eles, são realizados estudos para informar a quantidade de N liberado das plantas de cobertura e a absorção pelas plantas cultivadas (BRUNETTO et al., 2014).

Em relação ao uso dos isótopos estáveis de N como traçador, o <sup>14</sup>N e o <sup>15</sup>N são elementos estáveis (não emitem radiações) encontrados na natureza e ocorrem naturalmente numa razão quase constante de 273:1 átomos, respectivamente (0,3663% em átomos de <sup>15</sup>N ou 3.663 ppm de <sup>15</sup>N). Os microrganismos que utilizam o N não diferem entre os isótopos de <sup>14</sup>N e <sup>15</sup>N, visto que ambos possuem o mesmo número atômico (número de prótons no núcleo dos átomos), porém, com diferentes números de massa (prótons + nêutrons) (BOREATO et al., 2004).

Vários estudos podem ser realizados para detectar o N em diferentes compartimentos de reserva no solo utilizando os isótopos de <sup>15</sup>N, a exemplo da avaliação do N retido nas frações da matéria orgânica particulada (MOP) do solo em decomposição (BLESH & DRINKWATER, 2014), do N-imobilizado na biomassa microbiana do solo (LARA CABEZAS & COUTO, 2007) e para medir as transferências de N fixado biologicamente (PEOPLES et al., 2015).

O estudo da liberação de N dos resíduos das plantas de cobertura do NF e AP solteiras ou consorciadas e a absorção pela cebola em SPDH pode ser feito através da marcação das plantas com uma solução de ureia contendo uma porcentagem de átomos de <sup>15</sup>N em excesso suficiente para enriquecer o tecido vegetal com, no mínimo, 2% de átomos de <sup>15</sup>N em excesso. No entanto, podem ser usadas outras fontes como nitrato de amônio e sulfato de amônio. O recomendado é que esse procedimento seja realizado em casa de vegetação, onde o ambiente é controlado,

evitando-se as perdas de  $^{15}\text{N}$  (AMBROSANO et al., 1997), pois o elemento marcado apresenta um custo elevado.

As plantas de cobertura a serem marcadas com isótopos de  $^{15}\text{N}$  podem ser cultivadas em solo com baixos teores de nutrientes, desde que seja adicionada uma solução nutritiva com macro e micronutrientes, sem adição de N, e outra solução contendo  $^{15}\text{N}$  como a principal fonte de N, para fornecer os nutrientes essenciais para o crescimento das plantas (BERNS et al., 2005; BRUNETTO et al., 2011).

Ao determinar a absorção e acúmulo do N no interior das plantas, pode-se analisar as taxas de decomposição pelos microrganismos e a mineralização do N e o aproveitamento pelas plantas sucessoras. Com isso, alcançar com maior precisão informações sobre as quantidades do N derivado dos resíduos marcados com isótopos de  $^{15}\text{N}$  em decomposição e do N derivado de outras fontes do solo que não dos resíduos (BRUNETTO et al., 2006).

Através de trabalhos realizados com resíduos de plantas de cobertura marcados com isótopos de  $^{15}\text{N}$  em hortaliças tem sido demonstrado que as plantas de cobertura contribuem com N em quantidades diferentes, como relatado no estudo realizado por Araújo et al. (2011), que avaliaram o aproveitamento do N contido em feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.), mucuna-cinza (*Mucuna cinerea* Piper & Tracy) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.) pela cultura do repolho (*Brassica oleracea* L.). Os autores constataram que o feijão-de-porco foi a planta de cobertura que mais contribuiu com N para a nutrição do repolho, apresentando uma eficiência de recuperação de 16%.

Já Trevizam et al. (2014) analisaram o aproveitamento do N contido na parte aérea dos adubos verdes do milheto (*Pennisetum glaucum* L.) e da crotalária (*Crotalaria juncea* L.) pela cultura do morangueiro e observaram que o maior aproveitamento de N da parte aérea do morangueiro foi obtido com os resíduos da crotalária, que apresentou uma eficiência de recuperação de 14,9%.

No entanto, verifica-se que faltam informações sobre a absorção e acúmulo de N fornecidos das plantas de cobertura de inverno, em especial, para a cultura da cebola, o que torna necessário a realização de estudos para gerar informações sobre o manejo do N em SPDH de cebola.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo geral

Avaliar a contribuição dos resíduos das plantas de cobertura no fornecimento de N para a cultura da cebola manejada sob sistema plantio direto de hortaliças agroecológico.

#### 3.2. Objetivos específicos

- 3.2.1. Avaliar a liberação de N de resíduos em decomposição de nabo forrageiro, aveia preta e do consórcio entre nabo forrageiro + aveia preta durante o cultivo da cebola;
- 3.2.2. Determinar a absorção e acúmulo do N derivado dos resíduos em decomposição de nabo forrageiro, aveia preta e do consórcio entre nabo forrageiro + aveia preta em órgãos de cebola ao longo do ciclo da espécie.





## 4. OBJETO DE ESTUDO E HIPÓTESES

A deposição de resíduos das plantas de cobertura de inverno sobre o solo é realizada para manter e, ou, melhorar a qualidade de alguns atributos do solo nos agroecossistemas. Entre eles, aumentar a disponibilidade de N no solo para melhorar o aproveitamento do nutriente na cultura da cebola. Entretanto, como a deposição dos resíduos das plantas de cobertura de inverno é realizada previamente ao plantio das mudas de cebola, a maior parte do nitrogênio pode ser liberada no início do ciclo e não atender a demanda das plantas na fase de maior demanda. Dessa forma, é necessário fornecer o N em todo o ciclo da cultura, principalmente no período de maior demanda pelas plantas, que ocorre na bulbificação da cebola.

### 4.1. Hipóteses

- 4.2.1. As plantas de cobertura de inverno nabo forrageiro e aveia preta, solteiras ou consorciadas, depositadas na superfície do solo, por conta de diferentes relações C/N e teores de lignina e celulose, apresentarão padrões distintos de liberação de N durante a decomposição dos resíduos.
- 4.2.2. A cebola absorverá diferentes quantidades de N proveniente dos resíduos em decomposição do nabo forrageiro, da aveia preta e do consórcio entre nabo forrageiro + aveia preta.



## 5. ARTIGO

### **Contribuição do nitrogênio de resíduos de plantas de cobertura do solo para a cebola cultivada em sistema de plantio direto agroecológico**

Leoncio de Paula Koucher<sup>a</sup>, Jucinei José Comin<sup>a\*</sup>, Vilmar Müller Júnior<sup>a</sup>, Monique Souza<sup>a</sup>, Andria Paula Lima<sup>a</sup>, Sandro José Giacomini<sup>b</sup>, Rafael da Rosa Couto<sup>b</sup>, Claudinei Kurtz<sup>c</sup>, Corina Carranca<sup>d</sup>, Gustavo Brunetto<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, CEP: 88034-000, Itacorubi, Florianópolis, SC, Brazil.

<sup>b</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos, Avenida Roraima, 1000, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>c</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Ituporanga, Estrada Geral Lageado Águas Negras, 453CEP: 88400-000, Ituporanga, SC, Brasil.

<sup>d</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Quinta do Marquês, Av. República, Nova Oeiras, Portugal.

\*Correspondente ao autor: Tel: +55 48 37215433. Cel: +55 48 96926963.  
E-mail: [j.comin@ufsc.br](mailto:j.comin@ufsc.br)

**Resumo-** O N derivado da decomposição de resíduos de plantas de cobertura pode contribuir para a nutrição da cebola cultivada em sistema plantio direto agroecológico. O estudo objetivou avaliar a contribuição do N derivado da decomposição de resíduos de nabo-forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP) para a cebola. Resíduos de NF, AP e NF + AP marcados com <sup>15</sup>N em junho de 2014 foram depositados sobre o solo em um experimento sob sistema plantio direto agroecológico implantado desde 2009. Ao longo do ciclo de 2014, folhas de cebola, planta inteira e amostras estratificadas de solo foram coletadas, preparadas e analisadas quanto ao teor de N total e <sup>15</sup>N. O N nas folhas e bulbos de cebola foi derivado especialmente dos resíduos decompostos de NF depositados sobre a superfície do solo. Porém, a maioria do N nos órgãos de cebola foi derivado de outras fontes de N, que não dos resíduos das plantas de cobertura depositados no solo. Assim, o N derivado dos resíduos em decomposição de NF, AP e NF + AP,

aparentemente, contribui pouco para a nutrição da cebola durante o ciclo de cultivo.

**Keywords:** Absorção de  $^{15}\text{N}$ , N derivado do resíduo, distribuição de N nas plantas, *Allium cepa* L.

## 5.1. Introdução

A cebola (*Allium cepa* L.), no Brasil, é cultivada predominantemente em sistema de preparo convencional, com o revolvimento do solo, onde ocorrem perdas de solo, água e nutrientes pela erosão hídrica (Loss et al., 2015; Labrière et al., 2015). Como alternativa a esse sistema, desde a década de 80 tem sido estimulado a adoção do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) de cebola. No SPDH o plantio da cebola é realizado em sulcos e sob resíduos culturais de espécies de plantas de cobertura de solo, como a aveia preta (*Avena sativa* L.) e o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) cultivadas solteiras ou consorciadas durante o outono e inverno (Souza et al., 2013).

Normalmente ao final do mês de julho, antecedendo o plantio das mudas de cebola, a parte aérea das plantas de cobertura é acamada com rolo faca sobre a superfície do solo. Em seguida, é realizada a abertura do sulco de plantio e as mudas de cebola são transplantadas manualmente. A presença dos resíduos das plantas de cobertura protege o solo contra o impacto das gotas da chuva, reduz o escoamento superficial, suprime a incidência de plantas espontâneas, e aumenta o armazenamento de água no solo e a ciclagem de nutrientes (Mbuthia et al., 2015; Martins et al., 2015; Baptista et al., 2015).

Esses resíduos são decompostos ao longo do ciclo da cebola, em diferentes velocidades, de acordo com suas características bioquímicas e condições ambientais. Durante a decomposição, o carbono (C) orgânico é utilizado como fonte de energia pela população microbiana, sendo parte liberado na forma de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera (Jia et al., 2015; Erhagen et al., 2015; Reichert et al., 2015). Parte do nitrogênio (N) mineralizado retorna ao solo, incrementando a disponibilidade de suas formas, como o amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) e o nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), que podem ser absorvidas pela cebola ao longo do seu ciclo (Craine et al., 2015; Song et al., 2015). Espera-se que grande parte das formas de N derivadas da decomposição dos resíduos no solo seja recuperada pela cebola. Isso favorece a nutrição das plantas e reduz os teores de, por exemplo,  $\text{N-NO}_3^-$  no solo, o que diminui as suas perdas pela solução escoada e lixiviada, evitando a contaminação de águas superficiais e subsuperficiais adjacentes às áreas cultivadas (Buckland et al., 2013; Deb et al., 2015).

A decomposição dos resíduos das plantas de cobertura e, por consequência, a liberação de N depende das condições edafoclimáticas, tais como temperatura, umidade, valores de pH, teores de oxigênio e de nutrientes no solo; assim como da composição química da matéria seca, como por exemplo, dos teores de celulose, lignina, hemicelulose e das relações C/N, lignina/N e lignina/P (Carvalho et al., 2012; Redin et al., 2014; Zhonglu et al., 2015). Em geral, os resíduos das plantas de cobertura com maiores teores de lignina e valores de relação C/N, lignina/N e lignina/P, como aqueles da aveia preta, são decompostos e liberam o N ao solo de forma mais lenta e gradual (Mohanty et al., 2013), comparativamente àqueles resíduos com menores teores de lignina e, conseqüentemente, maiores teores de celulose, e menores valores da relação C/N, lignina/N e lignina/P, a exemplo do nabo-forrageiro, o qual apresentam decomposição e liberação de nutrientes mais rápidas (Cicek et al., 2015). Entretanto, com o consórcio do nabo-forrageiro com uma gramínea, como a aveia preta, se espera obter valores intermediários de lignina, celulose e hemicelulose, bem como, dos teores de C, N e das relações C/N e lignina/N. Assim, almeja-se a manutenção de resíduos vegetais em quantidades adequadas na superfície do solo, além da liberação gradual de N, o que favorece a sua absorção pela cebola ao longo do seu ciclo (Martins et al., 2014) e evita-se as perdas do N mineralizado por lixiviação.

O N absorvido poderá ser distribuído entre os órgãos, como as folhas e os bulbos e, ao longo do ciclo, poderá ser redistribuído das folhas para os bulbos, que possuem intensa divisão celular e rápido incremento de matéria seca durante a sua formação (Caruso et al., 2014).

Entretanto, no Brasil e nos principais países produtores de cebola do Mundo, não é suficientemente conhecida a relação entre decomposição de resíduos de plantas de cobertura e absorção de N pela cebola. Para este tipo de estudo, isótopos estáveis de  $^{15}\text{N}$  têm sido usados como traçadores porque permitem monitorar com precisão a quantidade de N proveniente dos resíduos das plantas de cobertura recuperada pelos cultivos (Neto et al., 2009; Holbeck et al., 2013; Brunetto et al., 2014; Inácio et al., 2015). O estudo objetivou avaliar a contribuição do N derivado da decomposição de resíduos de nabo forrageiro, aveia preta e do consórcio entre nabo forrageiro + aveia preta para as plantas de cebola durante o ciclo de cultivo.

## 5.2. Material e Métodos

### 5.2.1. Localização, histórico e descrição do experimento

O estudo foi realizado em um experimento de longa duração cultivado com cebola (*Allium cepa* L.) e manejado em sistema de plantio direto de hortaliças agroecológico (SPDH), localizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em Ituporanga, região do Alto Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina (SC), região Sul do Brasil (Latitude 27° 24' 52", Longitude 49° 36' 9"e altitude de 475 m). O clima da região, segundo a classificação de Köeppen é subtropical mesotérmico úmido (Cfa) (Kottek et al., 2006), com temperatura média anual de 17,6°C e precipitação anual média de 1400 mm. O mês mais quente do ano é fevereiro, com temperatura média do ar de 24°C. O mês mais frio é julho, com temperatura média do ar de 17°C (Inmet, 2015). Os valores médios de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura do solo registrado durante o período experimental, de agosto a dezembro de 2014, são apresentados na Tabela 1. O solo foi classificado como Cambissolo Húmico (Embrapa, 2013), e os atributos físicos e químicos na camada de 0,0-0,10 m, em agosto de 2014 são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 1. Médias de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e temperatura do solo (camada de 0,00-0,05m), durante o período experimental.**

Meses de 2014	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (C°)	Umidade relativa do ar (UR)	Temperatura do solo (C°)
Agosto	108,10	17,14	80,77	17,45
Setembro	232,60	19,26	80,84	19,03
Outubro	164,60	21,94	76,35	21,39
Novembro	131,60	22,87	74,84	23,99
Dezembro	212,80	24,32	76,72	25,43

Fonte: Epagri/Ciram

**Tabela 2. Atributos físicos e químicos do solo na camada de 0,00-0,10 m com resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP).**

	Unidade	NF	AP	NF + AP
Argila	%	33,10	30,60	34,40
Areia	%	47,30	45,80	46,40
Silte	%	19,60	23,60	19,20
Matéria orgânica	%	3,70	3,50	3,50
pH em água	-	5,80	5,70	5,50
P disponível	mg dm <sup>-3</sup>	200,58	227,54	183,21
K trocável	mg dm <sup>-3</sup>	412,00	396,00	408,00
N total	%	0,23	0,26	0,27
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	49,88	51,63	49,00
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	18,38	15,75	14,88
Ca trocável	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	4,80	5,80	6,00
Mg trocável	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,70	1,70	1,60
Al trocável	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,00	0,00	0,00

O experimento foi instalado em uma área com histórico de cultivo de cebola em sistema de preparo convencional do solo (aração e gradagem) por 20 anos, até 1996. A partir desse ano, foi aplicado calcário na superfície do solo, com posterior incorporação até a camada de 0,00-0,20 m, para elevar o pH em água até 6,0 (CFS-RS/SC, 1995). Em seguida, foi implantado o sistema de cultivo mínimo de cebola em toda a área do experimento com rotação de culturas e plantas de cobertura (aveia preta - *Avena strigosa* L., mucuna - *Mucuna aterrima* L., milheto - *Pennisetum glaucum* L., crotalaria - *Crotalaria juncea* L. ervilhaca - *Vicia sativa* L.), sistema que permaneceu de 1996 a 2007. Posteriormente, foi implantada a cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), explorada até 2009. A partir de então, instalou-se o experimento com o SPDH de cebola, sem utilização de agrotóxicos. Os tratamentos constituíram-se do plantio de plantas de cobertura solteiras e consorciadas, sendo: (1) testemunha com vegetação espontânea (VE), composta de 20 famílias botânicas, com predomínio das seguintes famílias: Amaranthaceae (10%), Asteraceae, Caryophyllaceae, Compositae (10%), Convolvulaceae, Cruciferae, Cyperaceae (25%), Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae (10%), Leguminosae, Liliaceae, Malvaceae, Oxalidaceae (10%), Plantaginaceae, Poaceae, Polygonaceae

(20%); (2) 100% aveia (*Avena strigosa* Schreb.), com densidade de semeadura (DS) de 120 kg ha<sup>-1</sup>; (3) 100% centeio (*Secale cereale* L.), com DS de 120 kg ha<sup>-1</sup>; (4) 100% nabo-forageiro (*Raphanus sativus* L.), com DS de 20 kg ha<sup>-1</sup>; (5) consórcio de nabo-forageiro (14%) e centeio (86%), com DS de 10 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente e (6) consórcio de nabo-forageiro (14%) e aveia (86%), com DS de 10 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em abril de 2010, a aveia-preta foi substituída por cevada (*Hordeum vulgare* L.); a partir de abril de 2011, a cevada foi novamente substituída pela aveia-preta, em razão da dificuldade em adquirir as sementes dessa cultura. As espécies de inverno foram semeadas a lanço em abril de cada ano e, em seguida, uma máquina semeadora de cereais foi passada duas vezes na área com a finalidade de aumentar o contato das sementes com o solo. As quantidades de sementes por hectare foram definidas com base na recomendação de Monegat (1991), sendo acrescidos de 50% sobre a maior quantidade da recomendação. Os tratamentos foram blocos ao acaso, com cinco repetições. Cada unidade experimental tinha 25 m<sup>2</sup> (5 × 5 m). Em julho de 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013, todas as espécies de inverno foram roladas utilizando-se um rolo-faca (modelo RF240, MBO Ltda).

Adicionalmente, foram avaliados mais dois tratamentos, ambos adjacentes ao experimento, sendo a área original de cultivo de cebola mantida sob SPC por 20 anos até 1996. Somando-se os anos subsequentes, de 1996 a 2013, época de coleta das amostras de solo, foram totalizados 37 anos em SPC. O outro tratamento adicional, uma floresta secundária com ±30 anos, representou a condição natural do solo. No SPC, a partir do ano de 2007, a cebola foi cultivada em sucessão com o milho, no verão. O milho foi acamado na floração com rolo-faca e, após 30-60 dias, realizada aração seguida de gradagem para implantar a cultura da cebola. A adubação foi realizada conforme a CQFS-RS/SC (2004).

Após o acamamento das plantas de cobertura de inverno e da vegetação espontânea, no mês de julho de cada ano, foram aplicados manualmente na superfície do solo 96 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de fosfato natural de Gafsa moído, 175 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de dejetos de aves, sendo metade aplicada no plantio das mudas de cebola e o restante 30 dias após o plantio. A partir da safra de 2011, não foi aplicado fosfato natural, pois os teores foram interpretados como muito alto (CQFS-SC/RS, 2004). Em seguida, foram abertos os sulcos de semeadura com uma máquina adaptada para o plantio direto da cebola, sendo transplantadas manualmente as mudas da cv. 'Empasc 352' - Bola Precoce. O espaçamento usado foi de 0,40 m



entrelinhas e 0,10 m entre plantas, com 10 linhas de cebola por parcela. Foram realizadas capinas aos 60 e 90 dias após o plantio das mudas de cebola. Após a segunda capina, em outubro de cada ano, com exceção do primeiro ano, foi realizado o plantio da mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Piper e Tracy) no verão em toda a área cultivada, na DS de 120 kg ha<sup>-1</sup>. A mucuna é rolada (acamada) no mês de abril e na sequência realizada a semeadura das plantas de cobertura.

Anualmente, foi realizada a colheita manual da cebola nas seis linhas centrais de cada parcela, totalizando 9,6 m<sup>2</sup>. Os bulbos permaneceram na superfície do solo por 10 dias para a cura (secagem e perda de água das folhas). Posteriormente, os bulbos foram classificados de acordo com o seu diâmetro: classe 0 (menor que 15 mm); classe 1 (maior que 15 até 35 mm), classe 2 (maior que 35 até 50 mm), classe 3 (maior que 50 até 70 mm), classe 4 (maior que 70 até 90 mm), classe 5 (maior que 90 mm), além dos bulbos com podridão e florescidos (Brasil, 1995). Após a classificação, o material foi pesado e determinou-se a produtividade total e por classe de diâmetro, em toneladas por hectare (Epagri, 2013).

#### 5.2.2. Procedimentos de marcação das plantas de cobertura com <sup>15</sup>N

As plantas de cobertura de NF e AP marcadas com <sup>15</sup>N foram cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2013), coletado na camada de 0,0-0,20 m. Após a coleta o solo foi seco ao ar, passado em peneira com malha de 2 mm e reservado. Em junho de 2014 foram adicionados 15 kg de solo em bandejas de polipropileno, com dimensões de 0,55 m de comprimento, 0,35 m de largura e 0,13 m de altura, totalizando 48 bandejas. Em seguida, foram semeadas e cultivadas em casa de vegetação NF e AP em uma densidade de 3 g e 18 g sementes m<sup>-2</sup>, respectivamente. As bandejas com as espécies de cobertura foram depositadas sobre bancadas metálicas, em casa de vegetação com temperatura do ar interna média de 19 °C e umidade relativa do ar média de 60%, até agosto de 2014.

A marcação das plantas de NF e AP foi realizada através do uso de uma solução contendo ureia enriquecida com 4% de átomos de <sup>15</sup>N em excesso (10 g de N m<sup>-2</sup>). Foram realizadas três aplicações semanais de 11 ml m<sup>-2</sup> da solução durante sete semanas, sendo que a primeira aplicação foi realizada 10 dias após a germinação das sementes de NF e AP. Durante o crescimento das plantas, quando necessário, foi adicionada nas bandejas água deionizada para manter a umidade próxima a 70% da capacidade de

campo. Semanalmente as plantas espontâneas presentes em cada bandeja foram eliminadas manualmente para evitar a absorção de  $^{15}\text{N}$ .

Aos 70 dias após a emergência a parte aérea das espécies NF e AP foi cortada rente à superfície do solo e reservada. Uma amostra de cada espécie foi retirada, seca em estufa de ar forçado a  $65^\circ\text{C}$  até atingir a massa constante. Posteriormente, o material seco foi moído e reservado para as análises químicas (Tabela 3).

**Tabela 3. Caracterização química dos resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP).**

	NF	AP	NF + AP
COT <sup>(1)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	374,9±4,37 <sup>(1)</sup>	453,1±0,94	387,8±2,48
N <sup>15</sup> (% excesso)	3,8508±0,02	3,7613±0,03	3,8415±0,01
N <sup>(2)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	31,50±0,51	36,70±0,12	32,35±0,34
P <sup>(3)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	28,92±1,12	13,95±0,16	26,46±0,96
K <sup>(4)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	15,95±0,57	14,30±1,27	15,70±0,28
Ca <sup>(5)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	14,88±0,16	3,00±0,08	12,93±0,13
Mg <sup>(6)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	8,25±0,18	2,31±0,06	7,27±0,14
Cel <sup>(7)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	233,60±10,85	198,70±13,82	227,87±9,73
Lig <sup>(8)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	61,50±11,29	85,80±15,77	65,48±7,99
Bio <sup>(9)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	704,90±3,37	715,50±14,13	706,64±4,09
C/N	11,90±0,81	12,34±0,17	11,98±0,65
Lig/N	1,95±0,38	2,34±0,43	2,02±0,27
C/P	12,96±1,19	32,48±0,73	14,65±0,93
Cel/Lig	3,80±0,94	2,31±0,60	3,48±0,74
Quantidade adicionada			
MS <sup>(10)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	2900	4400	6100
COT (kg ha <sup>-1</sup> )	1087	1994	2365
N (kg ha <sup>-1</sup> )	91,35	161,48	197,33
P (kg ha <sup>-1</sup> )	83,87	61,38	161,41
K (kg ha <sup>-1</sup> )	46,25	62,92	95,77
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	43,15	13,20	78,87
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	23,92	10,16	44,35

<sup>(1)</sup> Carbono Orgânico total; <sup>(2)</sup> Nitrogênio total; <sup>(3)</sup> Fósforo total; <sup>(4)</sup> Potássio total; <sup>(5)</sup> Cálcio total; <sup>(6)</sup> Magnésio total; <sup>(7)</sup> Celulose; <sup>(8)</sup> Lignina; <sup>(9)</sup> Biomassa não estrutural; <sup>(10)</sup> Matéria Seca; ± erro padrão ( $n=3$ ).

### 5.2.3. Deposição de resíduos de plantas de cobertura sobre o solo e coleta de amostra de tecido de cebola e solo

Em 18 de agosto de 2014, em três repetições dos tratamentos NF, AP e NF + AP, foram demarcadas microparcelsas com área de 0,50 m<sup>2</sup> (0,50 x 1,00 m), nas quais os resíduos das plantas de cobertura presentes na superfície do solo foram substituídos por resíduos de NF, AP e NF + AP marcados com <sup>15</sup>N provenientes do cultivo em casa de vegetação. Os resíduos marcados com <sup>15</sup>N foram aplicados verdes, sem prévia secagem, na superfície do solo em quantidade de 0,805 kg de matéria verde (MV) de NF, 0,880 kg de MV de AP e 1,416 kg de MV de NF + 0,200 kg de MV de AP. Esses valores corresponderam a 16.100 kg ha<sup>-1</sup>, 17.600 kg ha<sup>-1</sup> e 28.320 kg ha<sup>-1</sup> + 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de MV, respectivamente de NF, AV, NF + AV. Essas quantidades são equivalentes a 2.900, 4.400 e 5.100 + 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) de NF, AP e NF + AP, respectivamente. As quantidades de MS de NF e AP adicionadas ao solo foram equivalentes às aquelas observadas no experimento de campo descrito na Tabela 3. Em cada microparcela, sobre os resíduos marcados com <sup>15</sup>N, foi adicionado uma tela branca de nylon de malha de 2 mm, fixada ao solo com barras de ferro (4,2 mm) afim de evitar a dispersão dos resíduos pela ação do vento, chuva e animais. A microparcela era composta por duas linhas de plantio de 1 m de comprimento. Esta área continha 20 plantas de cebola. Ao longo do cultivo da cebola as plantas espontâneas foram eliminadas para evitar a absorção de <sup>15</sup>N.

Aos 28, 44, 66 e 83 dias após a deposição dos resíduos (DAD) nas microparcelsas, foram coletadas amostras das folhas de cebola, coletando-se a mais nova e totalmente expandida, em 10 plantas por microparcela e por data de avaliação (Kurtz et al., 2013). Em 10 de novembro de 2014, na colheita da cebola, foram retiradas 3 plantas inteiras da área útil de cada microparcela, que foram separadas em folhas e bulbos. O material vegetal coletado foi seco em estufa de circulação de ar forçado a 65°C, moído e reservado. Amostras de solo, com o uso de uma pá de corte, foram coletadas no centro de cada microparcela, nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m. O solo foi seco ao ar, passado em peneira com malha de 2 mm e reservado.

### 5.2.4. Análise de tecido vegetal e solo

As amostras de tecido do NF, AP, NF + AP, cebola e solo foram preparadas e submetidas à análise de <sup>15</sup>N e N total em espectrômetro de massa (modelo Delta V Advantage, Thermo Fisher Scientific, Bremen,

Germany). O C total no tecido de NF, AP e NF + AP foi analisado pelo método Walkley-Black (Tedesco et al., 1995).

Amostras de NF, AP e NF + AP foram submetidos à digestão com  $H_2O_2$  e  $H_2SO_4$  concentrado, para posterior determinação dos teores de P por espectrometria, usando o espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró-análise, Porto Alegre, Brasil); de K por fotometria de chama usando o fotômetro de chama (modelo DM-62, Digimed, São Paulo, Brasil) e Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica, usando o espectrofotômetro de absorção (modelo AAnalyst200, Perkin Elmer, Waltham, EUA) (Tedesco et al., 1995).

O conteúdo de celulose, lignina e biomassa não estrutural no tecido de NF, AP e NF + AP foi analisado de acordo com o procedimento descrito por Aber & Martin (1999).

Os átomos de  $^{15}N$  em excesso foram calculados de acordo com a equação 1:

$$\text{Átomos de } ^{15}N \text{ em excesso na amostra}(\%) = \% \text{ átomos } ^{15}N \text{ na amostra} - 0.3663\% \quad (1)$$

onde  $^{15}N_{\text{natural}}$  é 0,3663 átomos %  $^{15}N$ .

A fração de N derivado do resíduo recuperado pela cebola foi calculado usando as equações 2 e 3:

$$N \text{ derivado do resíduo}(\%) = \frac{\% \text{ átomos de } ^{15}N \text{ em excesso na amostra}}{\% \text{ átomos de } ^{15}N \text{ em excesso no resíduo}} \times 100$$

..(2)

$$N \text{ derivado do resíduo}(\text{mg}) = N \text{ total na amostra}(\text{mg}) \times \frac{\% \text{ átomos } ^{15}N \text{ excesso na amostra}}{\% \text{ átomos } ^{15}N \text{ excesso no resíduo}}$$

..(3)

O N derivado do solo recuperado pela cebola foi calculado usando a equação 4:

$$N \text{ derivado do solo}(\%) = 100 - N \text{ derivado do resíduo}(\%)$$

..(4)

### 5.2.5. Estatística

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade, por meio do teste Shapiro-Wilke, e foram submetidos à análise de variância, e quando os efeitos foram significativos os dados foram submetidos ao teste de separação de médias Tukey a 5% de erro, utilizando-se o software Sisvar® (Ferreira, 2011). O erro padrão da média foi calculado.

### 5.3. Resultados

#### 5.3.1. Distribuição de N em folhas de cebola

Em geral, a variabilidade observada foi maior entre os tratamentos do que entre as épocas de amostragem, com exceção dos percentuais de N total, que apresentaram comportamento inverso, com maior variabilidade para o fator época de amostragem (Tabela 4). Em relação a interação entre os fatores tratamento x época de amostragem, todas as variáveis apresentaram significância, com destaque para os percentuais de N total, que apresentaram significância de 1% ( $p < 0.01$ ).

As maiores concentrações de N total em folhas de cebola cultivadas em solo com deposição de resíduos de NF foram observadas aos 28 e 44 dias após a deposição (DAD), comparativamente, às folhas coletadas aos 63 e 83 DAD (Tabela 5).

Nas folhas de cebola cultivadas no solo com adição de resíduos de AP, as maiores concentrações de N total também foram verificadas aos 28 e 44 DAD. Mas a concentração de N total nas folhas de cebola coletadas aos 83 DAD foi menor que as observadas aos 28 e 44 DAD e maior que a verificada nas folhas coletadas aos 63 DAD. Nas folhas de cebola cultivadas com deposição de resíduos de NF+AP, a maior concentração de N total foi observada nas folhas das plantas coleta aos 44 DAD, comparativamente às demais épocas de coleta. Aos 28 DAD, a maior concentração de N total nas folhas de cebola foi verificada nas plantas cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF (Tabela 5). Mas, aos 44, 63 e 83 DAD, as concentrações de N total nas folhas de cebola não diferiram estatisticamente entre as plantas cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF, AP e NF+AP.

As maiores percentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso nas folhas de cebola cultivadas no solo com deposição e resíduos de NF foram observadas aos 28 e 44 DAD (Tabela 5). Esta percentagem não diferiu estatisticamente da observada nas folhas coletadas aos 63 DAD, que não diferiu daquela verificada nas folhas coletadas aos 83 DAD. As percentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso nas folhas coletadas nas cebolas cultivadas no solo com deposição de resíduos de AP e NF + AP não diferiram entre as épocas de coleta. As maiores percentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso foram observadas, aos 28 até 63 DAD, nas cebolas cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF. Aos 83 DAD, a percentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso não diferiu entre as folhas de cebola cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF e AP. A percentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso observada nas folhas

de cebola cultivadas no solo com resíduos de AP não diferiu da porcentagem verificada nas folhas das plantas cultivadas com resíduos de NF+AP. As porcentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso em folhas de cebola dos 28 até 63 DAD não diferiram entre as cebolas cultivadas em solo com deposição de resíduos de AP e NF+AP.

**Tabela 4. Análise de variância dos valores de N total, átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso, N derivado do resíduo e N derivado do solo, em diferentes tratamentos e épocas de coleta de folhas de cebola.**

	Fonte de variação			CV erro1	CV erro 2
	Tratamento (A)	Época (B)	A x B		
N Total (%)	2,02 <sup>ns</sup>	50,79*	3,75**	7,09	5,56
Átomos $^{15}\text{N}$ (% excesso)	57,77*	7,90*	4,04*	42,90	27,69
N derivado do resíduo (%)	58,54*	7,89*	4,11*	43,12	27,79
N derivado do solo (%)	58,54*	7,89*	4,11*	1,00	0,64

**Tabela 5. Valores de N total, átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso, N derivado do resíduo e N derivado do solo, em folhas de cebola coletadas aos 28, 44, 63 e 83 dias após a deposição de resíduos (DAD) de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP).**

	(DAD)	NF	AP	NF + AP
N total (%)	28	3,82aA <sup>(1)</sup>	3,38abB	3,23bB
	44	3,83aA	3,45aA	3,85aA
	63	2,83bA	2,79cA	2,92bA
	83	2,86bA	2,98bcA	2,86bA
Átomos $^{15}\text{N}$ (% excesso)	28	0,2076aA	0,0636aB	0,0290aB
	44	0,2273aA	0,0690aB	0,0253aB
	63	0,1636abA	0,0473aB	0,0183aB
	83	0,1066bA	0,0536aAB	0,0160aB
N derivado do resíduo (%)	28	5,52aA	1,66aB	0,75aB
	44	6,04aA	1,79aB	0,66aB
	63	4,35abA	1,22aB	0,48aB
	83	2,83bA	1,39aB	0,42aB
N derivado do solo (%)	28	94,48bB	98,35aA	99,25aA
	44	93,96bB	98,21aA	99,34aA
	63	95,65abB	98,78aA	99,52aA
	83	97,17aB	98,61aB	99,58aA

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre tratamentos e maiúscula na linha não diferem entre dias após a deposição, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na cebola cultivada no solo com deposição de resíduos de NF, as maiores percentagens de N derivado dos resíduos foram observadas nas folhas coletadas aos 28, 44 e 63 DAD (Tabela 5). Nas folhas de cebola cultivada no solo com deposição de resíduos de AP e NF+AP, as percentagens de N derivado do resíduo não diferiram estatisticamente entre as épocas de coleta. As maiores percentagens de N derivado dos resíduos, em todas as épocas de coleta, foram observadas nas folhas de cebola cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF.

Na cebola cultivada no solo com deposição de resíduos de NF, as maiores percentagens de N derivado do solo foram observadas nas folhas

coletadas aos 83 DAD, que não diferiu estatisticamente da porcentagem de N do solo observada nas folhas coletadas aos 63 DAD (Tabela 5). Esta porcentagem de N não diferiu da verificada nas folhas coletadas aos 28 e 44 DAD. As porcentagens de N derivado do solo em folhas de cebola cultivadas em solo com deposição de AP e NF+AP, não diferiram entre si entre as épocas de coleta. As maiores porcentagens de N derivado do solo em folhas, praticamente em todas as épocas de coleta, foram observadas nas cebolas cultivadas no solo com deposição de AP e NF+AP.

### 5.3.2. Distribuição de N em plantas de cebola

A produção de matéria seca (MS) das folhas, bulbos e folhas + bulbos não diferiu estatisticamente entre as plantas de cebola cultivadas no solo com resíduos de NF, AP e NF+AP (Tabela 6). Nas folhas, as maiores porcentagens de N total foram observadas nas cebolas cultivadas no solo com deposição de resíduos de AP e NF+AP. A quantidade de N acumulada ( $\text{mg órgão}^{-1}$ ) tendeu ser maior nas folhas das cebolas cultivadas no solo com deposição de resíduos de AP, possivelmente pela tendência de incremento de MS. As maiores porcentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso e N derivado do resíduo (% e  $\text{mg órgão}^{-1}$ ) foram observadas nas folhas das cebolas cultivadas no solo com deposição de resíduo de NF. Os menores valores de N derivado do resíduo (% e  $\text{mg órgão}^{-1}$ ) foram observados nas folhas das cebolas cultivadas no solo com deposição de NF+AP, sendo os valores observados nas folhas das cebolas cultivadas no solo com deposição de AP intermediários àqueles observados nos outros dois tratamentos. As maiores porcentagens de N derivado do solo foram observadas nas folhas cultivadas no solo com resíduos de AP e NF+AP.

A porcentagem e quantidade de N total em bulbos não diferiram estatisticamente entre os resíduos de NF, AP e NF+AP (Tabela 6). Mas, os maiores valores de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso e N derivado do resíduo (% e  $\text{mg órgão}^{-1}$ ) foram observados nos bulbos das cebolas cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF, comparativamente aos bulbos das cebolas cultivadas no solo com resíduos de AP e NF + AP. A maior porcentagem de N derivado do solo foi observada nos bulbos das cebolas cultivadas no solo com deposição de resíduos de AP.

A maior quantidade de N derivado do resíduo nos bulbos + folhas foi observada nas cebolas cultivadas no solo com deposição de NF, enquanto a menor nas cebolas cultivadas no solo com NF+AP (Tabela 6). Mas, a quantidade de N total e N derivado do solo nos bulbos + folhas



não diferiu estatisticamente entre as cebolas cultivadas no solo com deposição de NF, AP e NF+AP.

**Tabela 6. Matéria seca (MS), N total, átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso, N derivado do resíduo e N derivado do solo em folhas, bulbos e folhas + bulbos de cebola cultivada em solo com deposição de resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP).**

Tratamento	MS	Total N		Átomos $^{15}\text{N}$	N derivado do resíduo		N derivado do solo	
	(g órgão <sup>-1</sup> )	(%)	(mg órgão <sup>-1</sup> )	(% excesso)	(%)	(mg órgão <sup>-1</sup> )	(%)	(mg órgão <sup>-1</sup> )
<b>Folhas</b>								
NF	5,02a <sup>(1)</sup>	2,33b	116,84ab	0,1347a	3,58 <sup>a</sup>	4,12a	96,42b	112,71b
AP	5,93a	2,64a	155,72a	0,0389b	1,01b	1,66b	98,99a	154,06a
NF + AP	4,43a	2,48a	109,35b	0,0185b	0,48c	0,51c	99,52a	108,84b
CV(%)	14,20	8,94	4,79	19,74	15,77	21,18	0,17	4,82
<b>Bulbos</b>								
NF	9,00a	1,62a	145,03a	0,1335a	3,55 <sup>a</sup>	5,25a	96,45b	139,61a
AP	7,93a	1,64a	127,43a	0,0379b	0,99b	1,25b	99,01a	126,18a
NF + AP	6,79a	1,77a	114,15a	0,0184c	0,48c	0,53b	99,51b	113,61a
CV (%)	17,13	26,81	5,83	20,49	20,52	26,00	0,17	5,84
<b>Folhas + Bulbos</b>								
NF	14,02a	-	261,87a	-	-	9,37a	-	252,32a
AP	13,86a	-	283,15a	-	-	2,91b	-	280,24a
NF + AP	11,22a	-	223,50a	-	-	1,04c	-	222,45a
CV(%)	10,48	-	4,09	-	-	23,47	-	11,16

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 5.3.3. Distribuição de N no solo

As maiores porcentagens de N total no solo foram observadas nas camadas mais superficiais do solo (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m) (Tabela 7). No solo com deposição de resíduos de NF, a maior porcentagem de N total foi verificada na camada de 0,00-0,05 m e com deposição de resíduos de AP e NF+AP, nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m. A porcentagem de N total, em todas as camadas, não diferiu estatisticamente entre os solos com deposição de resíduos de NF, AP e NF+AP.

**Tabela 7. Teores de N total, átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso e N derivado do resíduo, em camadas estratificadas de solo cultivado com cebola e com a deposição de resíduos de nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio entre nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP).**

	Camada(m)	NF	AP	NF + AP	CV (%)
N total (%)	0,00-0,05	0,26aA <sup>(1)</sup>	0,26aA	0,29aA	14,07
	0,05-0,10	0,18bA	0,24abA	0,23abA	16,94
	0,10-0,15	0,15bA	0,115bcA	0,14bA	4,33
	0,15-0,20	0,14bA	0,13cA	0,13bA	7,84
CV (%)		12,34	19,39	22,40	
Átomos $^{15}\text{N}$ (% excesso)	0,00-0,05	0,0186aA	0,0129aA	0,0106aA	22,18
	0,05-0,10	0,0086bA	0,0085bA	0,0042bA	17,95
	0,10-0,15	0,0058bA	0,0047bAB	0,0039bB	13,95
	0,15-0,20	0,0044bA	0,0046bA	0,0035bA	10,97
CV (%)		23,14	23,46	18,73	
N derivado do resíduo (%)	0,00-0,05	0,49aA	0,33aA	0,27aA	22,08
	0,05-0,10	0,22bA	0,22bA	0,11bA	17,96
	0,10-0,15	0,15bA	0,12bAB	0,10bB	13,47
	0,15-0,20	0,11bAB	0,11bA	0,09bB	10,87
CV (%)		23,01	23,46	18,73	

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre profundidades e maiúscula na linha não diferem entre tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As maiores percentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso foram observadas na camada de 0,00-0,05 cm no solo com deposição de resíduos de NF, AP e NF + AP (Tabela 7). Nas três últimas camadas, a percentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso no solo não diferiu estatisticamente entre os resíduos de NF, AP e NF+AP.

No solo com deposição de resíduos de NF, AP e NF+AP, a maior percentagem de N derivado dos resíduos foi observada na camada de 0,00-0,05 m (Tabela 7). Nas camadas mais superficiais (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m), as percentagens de N derivado do resíduo não diferiram estatisticamente entre os resíduos de NF, AP e NF+AP. Nas outras duas camadas inferiores (0,10-0,15 e 0,15-0,20 m), as menores percentagens de N derivado do resíduo foram observadas no solo com deposição de NF+AP.

## 5.4. Discussão

### 5.4.1. N em plantas de cebola

As maiores percentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso (exemplo: 28 e 44 DAD) e de N derivado dos resíduos (exemplo: 28, 44 e 63 DAD) em folhas de cebola cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF nas primeiras épocas de coleta, comparativamente aos resíduos de AP e NF+AP, em todas as épocas de coleta, podem ser atribuídas à rápida decomposição do tecido sobre a superfície do solo, porque possuía menor teor de lignina, relação lignina/N e lignina/P, e maiores valores de celulose e relação celulose/lignina (Tabela 3). Resíduos com menor teor de lignina conferem menor proteção mecânica da celulose da parede celular, o que favorece a degradação microbiana (Sánchez, 2009). Com isso, se espera incremento de formas de N no solo, como o  $\text{N-NH}_4^+$  e, especialmente, o  $\text{N-NO}_3^-$  (Ovalle et al., 2010; Brunetto et al., 2014), que podem ser absorvidos pela cebola.

As maiores concentrações de N total nas folhas de cebola na colheita observadas nas plantas cultivadas no solo com deposição de resíduos de AP e NF + AP, que se refletiram na quantidade de N ( $\text{mg órgão}^{-1}$ ) nas folhas de cebola no solo com AP, podem ser explicadas em parte, à maior quantidade de N depositado pelos resíduos de NF + AP ( $197 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) e AP ( $161 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), em relação ao resíduo de NF ( $91 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) (Tabela 3). Mas, as concentrações e quantidade ( $\text{mg órgão}^{-1}$ ) de N total no bulbo não foram afetadas pelo tipo de resíduo, possivelmente por causa da absorção de N, em quantidades semelhantes, de outras fontes que não dos resíduos e, ou, da translocação de N na forma de aminoácidos das folhas para os bulbos durante a sua maturação (Caruso et al., 2014), e por fim, do efeito diluição do N nos tecidos vegetais durante a formação dos bulbos (Yoldas et al., 2011).

As maiores percentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso e N derivado dos resíduos (% e  $\text{mg órgão}^{-1}$ ) foram observadas nas folhas e bulbos, e no caso do N derivado dos resíduos, também nas folhas + bulbos, das plantas de cebola cultivadas no solo com deposição de resíduos de NF, em relação às folhas e bulbos das plantas com adição de AP e NF+AP, provavelmente por causa da rápida decomposição do tecido do NF, inicialmente das folhas e, posteriormente, dos talos (Strieder et al., 2006; Carvalho et al., 2015), o que promove incremento de formas de N no solo, que podem ser absorvidas pela cebola. As menores percentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso e N derivado dos resíduos (% e  $\text{mg órgão}^{-1}$ ) nas folhas e bulbos das plantas de cebola cultivadas com resíduos de AP e AP+NF podem ser atribuídas, especialmente para as plantas

cultivadas no solo com adição de AP, aos maiores valores de lignina, relação lignina/N e menores valores de celulose e relação celulose/lignina (Tabela 3). Isso porque, a decomposição dos resíduos é, em grande parte, determinada pela lignina que forma uma barreira física na parede celular do tecido, o que dificulta a colonização microbiana (Zhao et al., 2012; Zhao & Dixon, 2014; Péres-Suárez et al., 2014). Com isso, aumenta a imobilização de N pela atividade microbiana, reduzindo a disponibilidade de N no solo e, por consequência, a sua absorção pelas plantas (Poudel et al., 2002; Chaves et al., 2008). Os maiores valores de N derivado do solo (% e mg órgão<sup>-1</sup>) tenderam a ser observados nas folhas (Tabela 4), ao longo do crescimento da cebola e nas folhas e bulbos das plantas cultivadas sobre os resíduos de AP e NF+AP, porque apresentaram menores valores de N derivado do resíduo (% e mg órgão<sup>-1</sup>). As porcentagens de N derivado do solo nas folhas e bulbos das plantas de cebola cultivadas no solo com a deposição dos três tipos de resíduos foram maiores que 96%, provavelmente por causa (i) da volatilização de N-NH<sub>3</sub> dos resíduos ao longo da decomposição (Cameron et al., 2013); (ii) da perda de formas de N mineral pela solução escoada na superfície do solo ou lixiviação, especialmente, na forma de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que acompanha o movimento descendente da água no perfil do solo (Erhart et al., 2007; Oliveira et al., 2014); (iii) da baixa mineralização da matéria orgânica do solo, que pode ter complexado parte do <sup>15</sup>N derivado da decomposição dos resíduos (Brunetto et al., 2014); (iv) da mineralização e absorção de N de resíduos orgânicos (exemplo, dejetos de aves, resíduos de plantas) (Rimski-korsakov et al., 2012; Radicetti et al., 2015); (v) da imobilização de N pela população microbiana do solo que competiu com as plantas de cebola (Martins et al., 2014); (vi) e finalmente, é possível que o N derivado do resíduo foi liberado ao solo em um período de baixa demanda do nutriente pelas plantas de cebola (Lee et al., 2011). Normalmente, a cebola absorve as maiores quantidades de N, em torno 60 dias depois do transplante das mudas, o que corresponde aproximadamente à metade do ciclo de cultura (Kurtz et al., 2012).

#### 5.4.2. N no solo

As maiores concentrações de N total, átomos de <sup>15</sup>N em excesso e N derivado do resíduo foram observadas nas camadas mais superficiais do solo (exemplo, 0,00-0,05 m), com deposição de resíduos de NF, AP e NF+AP, sendo pequenas as diferenças entre os resíduos dentro da mesma camada de solo. Isto pode ser explicado porque os resíduos foram depositados na superfície do solo, sem incorporação (Brunetto et al., 2014).

Átomos em excesso de  $^{15}\text{N}$  e N derivado dos resíduos foram observados em camadas mais profundas do solo com deposição de resíduos de NF, AP e NF+AP, evidentemente porque o N dos resíduos foi lixiviado (Ismaili et al., 2015). Outra possibilidade é a absorção de N derivado dos resíduos pelas plantas de cebola, o acúmulo do nutriente no bulbo e a liberação de compostos nitrogenados que contêm  $^{15}\text{N}$  através da exsudação radicular (Peoples et al., 2015), mas, também, pela senescência e decomposição das raízes, o que aumenta a disponibilidade do N no solo (Sun et al., 2012).

### **5.5. Conclusões**

O N nos órgãos de cebola foi derivado, especialmente, dos resíduos decompostos de nabo forrageiro depositados sobre a superfície do solo. Porém, a maioria do N nos órgãos de cebola foi derivada de outras fontes de N que não dos resíduos das plantas de cobertura depositados no solo. Assim, o N derivado dos resíduos em decomposição de nabo-forrageiro, aveia preta e nabo forrageiro + aveia preta, aparentemente, contribuem pouco para a nutrição da cebola durante o cultivo.

### **Agradecimentos**

Agradecemos à CAPES e a FAPESC (Edital 02/2014) pela bolsa concedida ao primeiro autor. À FAPESC pela bolsa concedida ao quarto autor. Ao CNPq pela bolsa de produtividade em Pesquisa Concedida ao segundo e último autor. Ao MCTI/MAPA/MDA/MEC/MPA/CNPq (Edital chamada MCTI/MAPA/MDA/MEC/MPA/CNPq N° 81/2013) e ao MCTI/CNPq (Edital Chamada Universal - MCTI/CNPq N° 14/2014) pelo recurso financeiro disponibilizado.

### **5.6. Referências**

- Aber, J.D. & Martin, M., 1999. Leaf chemistry, (ACCP). Oak Ridge National Laboratory, TN, USA, 1992-1993.
- Baptista, I., Ritsema, C., Querido, A., Ferreira, A.D., Geissen, V., 2015. Improving rainwater-use in Cabo Verde drylands by reducing runoff and erosion. *Geoderma*, 238: 283-297.
- Buckland, K., Reeve, J.R., Alston, D., Nischwitz, C., Drost, D., 2013. Effects of nitrogen fertility and crop rotation on onion growth and yield, thrips densities, Iris yellow spot virus and soil properties. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 177: 63-74.

Brasil, 1995. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária, Portaria n. 529 de 18 ago. Diário Oficial (República Federativa do Brasil), Brasília, 1 set., Seção1, p. 13513.

Brunetto, G., Ceretta, C.A., Melo, G.W.B., Kaminskia, J., Trentin, G., Girottod, E., Ferreira, P.A.A., Miotto, A., Trivelin, P.C.O., 2014. Contribution of nitrogen from agricultural residues of ryeto 'Niagara Rosada' grape nutrition. *Scientia Horticulturae*, 169: p.66-70.

Cameron, K.C., Di H.J., Moir, J.I., 2013. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Ann Appl Biol*, 162: 145-173.

Caruso, G., Conti, S., Villari, G., Borrelli, C., Melchionna, G., Minutolo, M., Russo, G., Amalfitano, C., 2014. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (*Allium cepa* L.) in southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 166: 111-120.

Carvalho, A.M., Coelho, M.C., Dantas, R.A., Fonseca, O.P., Guimarães Júnior, R., Figueiredo, C.C., 2012. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. *Crop & Pasture Science*, 63: 1075-1081.

Carvalho, A.M., Coser, T.R., Rein, T.A., Dantas, R.de A., Silva, R.R., Souza, K.W. 2015. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. *Pesq.Agropec.Bras.*, 50: 551-561.

Chaves, B., Neve, S.de., Boeckx, B., Dupont, R., Cleemput, O.V., Hofman, G., 2008 Manipulating the N release from <sup>15</sup>N-labelled celery residues by using straw and vinasses in Flanders (Belgium). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123: 151-160.

Cicek, H., Martens, J.R.T., Bamford, K.C., Entz, M.H., 2015. Late-season catch crops reduce nitrate leaching risk after grazed green manures but release N slower than wheat demand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202: 31-41.

CFS-RS/SC - Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de

Santa Catarina. 1995. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 3 ed, 224p.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo –. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2004. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 10 ed, 400p.

Craine, J.M., Brookshire, E.N.J., Cramer, M.D., Hasselquist, N.J., Koba, K., Marin-Spiotta, E., Wang, L., 2015. Ecological interpretations of nitrogen isotope ratios of terrestrial plants and soils. *Plant Soil*, 396: 1-26.

Deb, S.K., Sharma, P., Shukla, M.K., Ashigh, J., Šimůnek, J., 2015. Numerical Evaluation of Nitrate Distributions in the Onion Root Zone under Conventional Furrow Fertigation. *Journal Of Hydrologic Engineering*, 1-12.

Embrapa, 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF. 3: 356.

Epagri, 2013. Sistema de produção para a cebola de Santa Catarina. Florianópolis, 4: 55.

Erhagen, B., Ilstedt, U., Nilsson, M.B., 2015. Temperature sensitivity of heterotrophic soil CO<sub>2</sub> production increases with increasing carbon substrate uptake rate. *Soil Biology & Biochemistry*, 80: 45-52.

Erhart, E., Feichtinger, F., Hartl, W., 2007. Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization. *Journal Of Plant Nutrition & Soil Science*, 170: 608-614.

Ferreira, D.F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35: 1039-1042.

Holbeck, B., Amelung, W., Wolf, A., Südekum, K., Schloter, M., Welp, G., 2013. Recoveries of <sup>15</sup>N-labelled fertilizers (chicken manure, mushroom compost and potassium nitrate) in arable topsoil after autumn application to winter cover crops. *Soil & Tillage Research*, 130: 120-127.

Inácio, C.T., Urquiaga, S., Chalk, P.M., Mata, M.G.F., Souza, P.O., 2015. Identifying N fertilizer regime and vegetable production system in

tropical Brazil using  $^{15}\text{N}$  natural abundance. *Journal Of The Science Of Food & Agriculture*, 95: 3025-3032.

Inmet - Instituto Nacional de Meteorologia: Dados meteorológicos, disponível na internet: <http://www.inmet.gov.br/> acesso dia 6 de novembro de 2015.

Ismaili, K., Ismaili, M., Ibiqbijen, J., 2015. The use of  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  based isotopic techniques for assessing soil C and N changes under conservation agriculture. *European Journal Of Agronomy*, 64: 1-7.

Jia, S., Zhang, X., Chen, X., McLaughlin, N.B., Zhang, S., Wei, S., Sun, B., Liang, A., 2015. Long-term conservation tillage influences the soil microbial community and its contribution to soil  $\text{CO}_2$  emissions in a Mollisol in Northeast China. *J Soils Sediments*, 1-12.

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15: 259-263.

Kurtz, C., Ernani, P.R., Coimbra, J.L.M., Petry, E., 2012. Rendimento e Conservação de Cebola Alterados pela Dose e Parcelamento de Nitrogênio em Cobertura. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 36: 865-875.

Kurtz, C., Ernani, P.R., Pauletti, V., Menezes, Junior, F.O.G., Vieira neto, J., 2013. Produtividade e conservação de cebola afetadas pela adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. *Horticultura Brasileira*, 31: 559-567.

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V., Martial Bernoux, M., 2015. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203: 127-139.

Lee, J., Moon, J.S., Kim, H., Há, I.J., 2011. Reduced nitrogen, phosphorus, and potassium rates for intermediate-day onion in paddy soil with incorporated rice straw plus manure. *HortScience* 46: 470-474.

Loss, A., Basso, A., Oliveira, B.S., Koucher, L.P., Oliveira, R.A., Kurtz, C., Lovato P.E., Curmi P., Brunetto G., Comin J.J., 2015. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto



agroecológico e convencional de cebola. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 39: 1212-1224.

Martins, R.P., Comin, J.J., Gatiboni, L.C., Soares, C.R.F.S., Couto, R. da R., Brunetto, G., 2014. Mineralização do nitrogênio de plantas de cobertura, solteiras e consorciadas, depositadas sobre um solo com histórico de cultivo de cebola. Rev. Ceres, 61: 587-596.

Martins, B.H., Araujo-Junior, C.F., Miyazawa, M. Vieira, K.M., Milorid, D.M.B.P., 2015. Soil organic matter quality and weed diversity in coffee plantation area submitted to weed control and cover crops management. Soil & Tillage Research, 153: 169-174.

Mohanty, M., Sinha, N.K., Reddy, K.S., Chaudhary, R.S., Rao, A.R Dalal, R.C., Menzies, N.W., 2013. How Important is the Quality of Organic Amendments in Relation to Mineral N Availability in Soils. Agricultural Research, 2: 99-110.

Monegat, C., 1991. Manejo de plantas de cobertura do solo em pequenas propriedades. In: Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, 1: 146–239.

Mbuthia, L.W., Acosta-Martínez, V., DeBruyn, J., Schaeffer, S., Tyler, D., Odoi, E., Mpheshea, M., Walker, F., Eash, N., 2015. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. Soil Biology & Biochemistry, 89: 24-34.

Neto C, Carranca C, Clemente J, (2009) Senescent leaf decomposition in a Mediterranean pear orchard. Eur J Agron, 3:34–40.

Oliveira, B.S., Ambrosini, V.G., Lovato, P.E., Comin, J.J., Ceretta, C.A., Junior, E.S., dos Santos, M.A., Lazzari, C.J.R., Brunetto, G., 2014. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. Cienc. Rural, 44:2164-2170.

Ovalle, C.S., Arredondo, A., DelPozo, F., Fernández, J., Chavarría, A., 2010. Trébol Vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi): Uma Nueva Especie de leguminosa Anual parágrafo Áreas de Alta precipitación em la Zona Mediterránea de Chile. Chil.J.Agric. Res, 70: 170–177.

Peoples, M.B., Chalk, P.M., Unkovich, M.J., Boddey, R.M., 2015. Can differences in  $^{15}\text{N}$  natural abundance be used to quantify the transfer of nitrogen from legumes to neighbouring non-legume plant species? *Soil Biology & Biochemistry*, 87: 97-109.

Pérez-Suárez, M., Castellano, M.J., Kolka, R., Asbjornsen, H., Helmers, M., 2014. Nitrogen and carbon dynamics in prairie vegetation strips across topographical gradients in mixed Central Iowa agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 188: 1-11.

Poudel, D.D., Horwath, W.R., Lanini, W.T., Temple, S.R., van Bruggen, A.H.C., 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90: 125-137.

Radicetti, E., Mancinelli, R., Moschetti, R., Campiglia, E., 2015. Management of winter cover crop residues under different tillage conditions affects nitrogen utilization efficiency and yield of eggplant (*Solanum melano-gen-a* L.) in Mediterranean environment. *Soil & Tillage Research*, 155: 329-338.

Redin, M., Recous, S., Aita, C., Dietrich, G., Skolaude, A.C., Ludke, W.H., Schmatz, R., Giacomini, S.J., 2014. How the chemical composition and heterogeneity of crop residue mixtures decomposing at the soil surface affects C and N mineralization. *Soil Biology & Biochemistry*, 78: 65-75.

Reichert, J.M., Rodrigues, M.F., Bervald, C.M.P., Brunetto, G., Kato, R., Schumacher, M.V., 2015. Fragmentation, fiber separation, decomposition, and nutrient release of secondary-forest biomass, mechanically chopped-and-mulched, and cassava production in the Amazon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 204, 8-16.

Rimski-Korsakov, H.; Rubio, G.; Lavado, R. S., 2012. Fate of the nitrogen from fertilizers in field-grown maize. *Nutrien tCycling In Agroecosystems*, 93: 253-263.

Sánchez, C., 2009. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances*, 27: 185-194.

Song, M., Zheng, L., Suding, K.N., Yin, T., Yu, F., 2015. Plasticity in nitrogen form uptake and preference in response to long-term nitrogen fertilization. *Plant Soil*, 394: 215-224.

Souza, M., Comin, J.J., Leguizamón, E.S., Kurtz, C., Brunetto, G., Júnior, V.M., Ventura, B., Camargo, C.A.P., 2013. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. *Ciência Rural*, 43: 21–27.

Strieder, M.L., Silva, P.R.F., Anghinoni, I., Meurer, E.J., Rambo, L., Endrigo, P.C., 2006. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, 30: 879-890.

Sun, T., Zijun, M., Dong, J., Lingling Hou, L., Yuan Song, Y., Xiuwei Wang, X., 2012. Further evidence for slow decomposition of very fine roots using two methods: litter bags and intact cores. *Plant Soil*, 366: 633-646.

Tedesco, M.J., Gianello, C., Bissani, C.A., Bohnen, H., Volkweiss, S.J., 1995. Análises de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre, UFRG, 2: 174.

Yoldas, F., Ceylan, S., Mordogan, N., Esetlili, B.C., 2011. Effect Of Organic And Inorganic Fertilizers On Yield And Mineral Content Of Onion (*Allium Cepa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 10: 11488-11492.

Zhao, Q., Dixon, R.A., 2014. Altering the Cell Wall and Its Impact on Plant Disease: From Forage to Bioenergy. *Annu. Rev. Phytopathol*, 52: 69-91. *AnnualReviews*.

Zhao, X., Zhang, L., Liu, D., 2012. Biomass recalcitrance. Part. I: the chemical compositions and physical structures affecting the enzymatic hydrolysis of lignocellulose. *Biofuels, Bioprod. Bioref*, 6: 465-482.

Zhonglu, G., Shuhua, Z., Juan, J., Chongfa, C., 2015. Nitrogen mineralization controlled by N/P ratio of plant residues from riparian buffer strip. *European Journal Of Soil Biology*, 67: 5-11.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, utilizando  $^{15}\text{N}$  como marcador, foi possível avaliar a liberação de N dos resíduos de espécies de plantas de cobertura em decomposição, nabo forrageiro (NF), aveia preta (AP) e consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NF + AP), e o seu aproveitamento pela cebola durante um ciclo de crescimento, quando cultivada em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças Agroecológico (SPDH).

Verificou-se que o melhor aproveitamento do N em folhas e bulbos de cebola durante os períodos de coleta do tecido vegetal, foi derivado, especialmente, dos resíduos decompostos de NF, depositados sobre a superfície do solo. Porém, a maior parte do N absorvido pela cebola foi de outras fontes do solo que não os resíduos. Por isso, é importante cultivar plantas de cobertura de inverno todos os anos, especialmente em SPDH onde se busca diminuir e até eliminar o uso de fertilizantes solúveis e agrotóxicos. Mas também, adicionar fontes orgânicas como os dejetos de aves, seguindo as recomendações para a cultura e adicionando as doses de dejetos conforme as taxas de absorção diárias de nutrientes (TDA) da cebola. Com isso, espera-se ter ganhos em produtividade da cebola, melhoria da sanidade das plantas e a manutenção e até o incremento de MO que será fonte de N para os próximos cultivos.

Dessa forma, com o uso do isótopo de  $^{15}\text{N}$  foi possível avaliar a importância das plantas de cobertura, NF e AP, e sua contribuição com N para a cultura da cebola. Esse estudo revelou que as plantas de cobertura contribuem pouco com o fornecimento de N durante o ciclo da cebola, porém, são importantes fonte de matéria orgânica para o solo e podem causar inúmeros benefícios em comparação a um solo sem cobertura vegetal, entre eles, a proteção contra a erosão hídrica, a diminuição das perdas de nutrientes, em especial o N, o aumento das taxas de infiltração de água no solo e o controle das plantas espontâneas. Além de outros benefícios na parte física, química e biológica do solo.

Com isso, o cultivo de cebola em SPDH tem sido intensamente estudado para fornecer informações que possam direcionar os trabalhos para um novo projeto de desenvolvimento rural na região de estudo, com a perspectiva de transição do atual modelo agrícola industrial para um projeto de desenvolvimento rural com bases agroecológicas.

No entanto, compreende-se que a proposta do SPDH é desenvolver metodologias de trabalho participativo em conjunto com os agricultores familiares, instituições públicas e não governamentais, como também outros grupos que atuam com o compromisso de desenvolver estudos e gerar conhecimentos com bases agroecológicas e produção alimentos

saudáveis (ZANELLA, et al., 2013), especialmente para os agricultores familiares que atuam diretamente com o manejo dos agroecossistemas.

Um dos princípios básicos do SPDH é a “promoção do conforto e da saúde das plantas com adubações equilibradas e geração de microclima adequado para a expressão do máximo potencial produtivo” (FAYAD, et al., 2013). Por isso, é importante realizar estudos em fertilidade do solo e nutrição de plantas para alcançar um equilíbrio entre a ciclagem dos nutrientes e a produtividade dos cultivos.

## Referências

- ABER, J. D.; MARTIN, M. Leaf chemistry, (ACCP). NASA's (ACCP) 2002. **Accelerated canopy chemistry program**. Oak Ridge National Laboratory, TN, USA, p.1992-1993, 1999.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p. 601–612, 2003.
- ALTIERI, M. A.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H. V.; KIELING A. S. COMIN J.J.; LOVATO P.E. Enhancing Crop Productivity via Weed Suppression in Organic No-Till Cropping Systems in Santa Catarina, Brazil. **Journal Of Sustainable Agriculture**, v. 35, n. 8, p.855-869. 2011.
- AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária-júncea e mucuna-preta com <sup>15</sup>N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, v. 56 n.1, 1997.
- ARAÚJO, E. D.A. S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; MARTELLETO, L. A. P.; ALVES, B. J. R. Recuperação no sistema solo-planta de nitrogênio derivado da adubação verde aplicada à cultura do repolho. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.46, n.7, p.729-735. 2011.
- BAPTISTA, I.; RITSEMA, C.; QUERIDO, A.; FERREIRA, A. D.; GEISSEN, V. Improving rainwater-use in Cabo Verde drylands by reducing runoff and erosion. **Geoderma**, v. 238, p. 283-297, 2015.
- BERNS, A.; VINKEN, R.; BERTMER, M.; BREITSCHWERDT, A.; SCHÄFFER, A. Use of <sup>15</sup>N-depleted artificial compost in bound residue studies. **Chemosphere**, v.59, p. 649-658, 2005.
- BLESH, J.; DRINKWATER, L. E. Retention of N-Labeled Fertilizer in an Illinois Prairie Soil with Winter Rye. **Soil Science Society Of America Journal**, v. 78, n. 2, p.1-13, 2014.
- BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. **Uso de isótopos como traçadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas**. In: FERTIBIO, Lages - SC: SBCS, 75 p., 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária, Portaria n. 529 de 18 ago. **Diário Oficial** (República Federativa do Brasil), Brasília, 1 set., Seção1, p. 13513, 1995.

BRUNETTO G.; KAMINSKI, J.; DE MELO, G. W.; BRUNNING F.; MALLMANN, F. J. K. Destino do nitrogênio em videiras ‘chardonnay’ e ‘riesling renano’ quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 497-500, 2006.

BRUNETTO, G.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; DE MELO, G. W.; TAGLIAVINI, M. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial regrass and White clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling In Agroecosystems**, v. 90, n. 3, p.299-308, 2011.

BRUNETTO, G., CERETTA, C.A., MELO, G.W.B. DE., KAMINSKIA, J., TRENTIN, G., GIROTTOD, E., FERREIRA, P.A.A., MIOTTO, A., TRIVELIN, P.C. O. Contribution of nitrogen from agricultural residues of ryeto ‘Niagara Rosada’ grape nutrition. **Scientia Horticulturae**, v. 169, p.66-70, 2014.

BUCKLAND, K.; REEVE, J. R.; ALSTON, D.; NISCHWITZ, C.; DROST, D. Effects of nitrogen fertility and crop rotation on onion growth and yield, thrips densities, Iris yellow spot virus and soil properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 177, p. 63-74, 2013.

CAMERON, K.C.; DI H.J.; MOIR, J.L.; Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. **Ann Appl Biol**, v.162, p. 145-173, 2013.

CARUSO, G.; CONTI, S.; VILLARI, G.; BORRELLI, C.; MELCHIONNA, G.; MINUTOLO, M.; RUSSO, G.; AMALFITANO, C. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (*Allium cepa* L.) in southern Italy. **Scientia Horticulturae**, v.166, p. 111-120, 2014.

CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P., GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop & Pasture Science**,v. 63, p. 1075-1081, 2012.



CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. DE A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W.. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 50, p. 551-561, 2015.

CHAVES, B.; NEVE, S.; BOECKX, B.; DUPONT, R.; CLEEMPUT, O. V.; HOFMAN, G. Manipulating the N release from<sup>15</sup>N-labelled celery residues by using straw and vinasses in Flanders (Belgium). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.123,p.151-160,2008.

CICEK, H.; MARTENS, J.R. T.; BAMFORD, K. C.; ENTZ, M. H.Late-season catch crops reduce nitrate leaching risk after grazed green manures but release N slower than wheat demand. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 202, p. 31-41, 2015.

CFS-RS/SC - Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1995. 224p.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo –. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul,10 ed, 400p., 2004.

CRAINE, J. M.; BROOKSHIRE, E. N. J.; CRAMER, M. D.; HASSELQUIST, N. J.; KOBAYASHI, K.; MARIN-SPIOTTA, E.; WANG, L. Ecological interpretations of nitrogen isotope ratios of terrestrial plants and soils. **Plant Soil**, v. 396,p. 1-26, 2015.

DEB, S. K.; SHARMA, P.; SHUKLA, M. K.; ASHIGH, J.; ŠIMŮNEK, J. Numerical Evaluation of Nitrate Distributions in the Onion Root Zone under Conventional Furrow Fertigation. **Journal Of Hydrologic Engineering**, p.1-12, 2015.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF. 3: 356 p.,2013.

EPAGRI. **Sistema de produção para a cebola de Santa Catarina**. Florianópolis, v. 4, 55 p., 2013.

ERHAGEN, B.; ILSTEDT, U.; NILSSON, M. B. Temperature sensitivity of heterotrophic soil CO<sub>2</sub> production increases with increasing carbon substrate uptake rate. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 80, p. 45-52, 2015.

ERHART, E.; FEICHTINGER, F.; HARTL, W. Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization. **Journal Of Plant Nutrition & Soil Science**, v. 170, p. 608-614. 2007.

FAESC. Agricultura SC. **Revista Agricultura SC**. n. 25, jun., 2015. Disponível em: <http://www.senar.com.br/portal/faesc/informativo.php>. Acesso em: 31 jan., 2015.

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. (Orgs). **Sistema de plantio direto de hortaliças: o Cultivo do chuchu**. Florianópolis: Epagri, (Epagri. Boletim Didático, 94), 59p., 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042.2011.

GONÇALVES, P.A. DE S.; SOUSA e SILVA, C.R.; BOFF, P. Incidência do míldio em cebola sob adubação mineral e orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.538-542, 2004.

GONÇALVES, P. A. DE S.; WAMSER, G. H. Produção orgânica de cebola com agricultores familiares. **Rev. Bras. de Agroecologia**. V. 3, p. 63-68, 2007.

HARMS, M. G.; PRIA, M. D.; REZENDE, B. L. A.; PRESTES, A. M. C.; DALAZOANA, F. Influência da densidade de plantas e do uso de fungicida nas doenças foliares e na produtividade de cebola. **Hortic. Bras**, v. 33, n. 2, p.203-207, 2015.

HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; NETO, A. L. V. N.; MOTA, L. H. DE S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v.41, n.9, 2011.

HOLBECK, B.; AMELUNG, W.; WOLF, A. Stüdekum, K., Schloter, M., Welp, G. Recoveries of  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizers (chicken manure, mushroom compost and potassium nitrate) in arable topsoil after autumn application to winter cover crops. **Soil & Tillage Research**, v.130: 120-127, 2013.

INÁCIO, C. T.; URQUIAGA, S.; CHALK, P. M.; MATA, M. G. F.; SOUZA, P. O. Identifying N fertilizer regime and vegetable production system in tropical Brazil using  $^{15}\text{N}$  natural abundance. **Journal Of The Science Of Food & Agriculture**, v.95, p. 3025-3032, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Levantamento sistemático da produção agrícola**: confronto das Safras de 2014 e 2015 – Brasil. Disponível em: [www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.tab.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.tab.shtm)>. Acesso em: 25 de jan. 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: **Dados meteorológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 6, nov., 2015.

ISMAILI, K.; ISMAILI, M.; IBIJBIJEN, J. The use of  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  based isotopic techniques for assessing soil C and N changes under conservation agriculture. **European Journal Of Agronomy**, v. 64, p. 1-7.2015.

JIA, S.; ZHANG, X.; CHEN, X.; MCLAUGHLIN, N. B.; ZHANG, S.; WEI, S.; SUN, B.; LIANG, A. Long-term conservation tillage influences the soil microbial community and its contribution to soil  $\text{CO}_2$  emissions in a Mollisol in Northeast China. **J Soils Sediments**, p. 1-12, 2015.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, p. 259-263. 2006.

KURTZ, C.; ERNANI, P. R.; COIMBRA, J. L. M.; PETRY, E. Rendimento e Conservação de Cebola Alterados pela Dose e Parcelamento de Nitrogênio em Cobertura. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 36, p. 865-875,2012.

KURTZ, C.; ERNANI, P. R.; PAULETTI, V.; MENEZES, JUNIOR, F. O. G.; VIEIRA NETO, J. Produtividade e conservação de cebola afetadas

pela adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 559-567, 2013.

LABRIÈRE, N.; LOCATELLI, B.; LAUMONIER, Y.; FREYCON, V.; MARTIAL BERNOUX, M. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 203, p. 127-139. 2015.

LARA CABEZAS, W. A. L.; COUTO, P. A. Imobilização de nitrogênio da ureia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31 p.739-752, 2007

LEE, J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. **Scientia Horticulturae**, v. 124, n. 3, p.299-305, abr. 2010.

LEE, J.; MOON, J.S.; KIM, H.; HÁ, I.J. Reduced nitrogen, phosphorus, and potassium rates for intermediate-day onion in paddy soil with incorporated rice straw plus manure. **Hort Science**, v. 46, p. 470–474, 2011.

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

MARTINS, R. P.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C.; SOARES, C. R. F. S.; COUTO, R. DA R.; BRUNETTO, G. Mineralização do nitrogênio de plantas de cobertura, solteiras e consorciadas, depositadas sobre um solo com histórico de cultivo de cebola. **Rev. Ceres**, v. 61, p. 587-596, 2014.

MARTINS, B. H.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; MIYAZAWA, M.; VIEIRA, K. M.; MILORID, D. M. B. P. Soil organic matter quality and weed diversity in coffee plantation area submitted to weed control and cover crops management. **Soil & Tillage Research**, v. 153, p.169-174, 2015.

MBUTHIA, L.W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DEBRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; MPHESHEA, M.; WALKER,

F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 89, p. 24-34, 2015.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; GONÇALVES, P. A. S.; VIEIRA NETO, J. Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. **Hortic. Bras**, v. 32, n. 4, p.475-481, 2014.

MONEGAT, C. **Manejo de plantas de cobertura do solo em pequenas propriedades**. In: Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, v 1, p. 146–239, 1991.

MOHANTY, M.; SINHA, N. K.; REDDY, K. S.; CHAUDHARY, R. S.; RAO, A. R.; DALAL, R. C.; MENZIES, N. W. How Important is the Quality of Organic Amendments in Relation to Mineral N Availability in Soils. **Agricultural Research**, v. 2, p. 99-110, 2013.

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; CANTARELLA H. Teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e inibidor de nitrificação. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 424-435, 2013.

NASCENTE, A. S.; LI, Y.C.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crop sand no-till effects on physical fractions of soil organic matter. **Soil And Tillage Research**, v. 130, p.52-57, 2013.

NETO C, CARRANCA C, CLEMENTE J, Senescent leaf decomposition in a Mediterranean pear orchard. **European Journal of Agronomy**, v. 3, p. 34–40, 2009.

OLIVEIRA, B. S; AMBROSINI, V. G.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; CERETTA, C. A.; JUNIOR, E. S.; DOS SANTOS, M. A.; LAZZARI, C. J. R.; BRUNETTO, G. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. **Cienc. Rural**, v. 44, p. 2164-2170, 2014.

OLIVEIRA, J. G. R. DE; BARBOSA, G. M. DE C.; FILHO, J. T.; TORRES, E. C. Perda de Solo e Água e Riscos Ambientais da Concentração de Nutrientes no Escoamento Superficial em Solo Cultivado no Sistema de Plantio Direto e Submetido a Adubações

Orgânicas e Mineral. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1 p. 93-112, 2015.

OLIVEIRA, R. A. DE; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L. C.; KÜRTZ, C.; MÜLLER JÚNIOR, V.; LOVATO, P. E.; OLIVEIRA, B. S.; SOUZA, M.; JOSÉ COMIN, J. J. Decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura e seus efeitos em atributos químicos do solo e produtividade da cebola. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 2016. Aceito para publicação

OVALLE, C.S.; ARREDONDO, A.; DELPOZO, F.; FERNÁNDEZ, J.; CHAVARRÍA, A. Trébol Vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi): Uma Nueva Especie de leguminosa Anual parágrafo Áreas de Alta precipitación em la Zona Mediterránea de Chile. **Chil.J.Agric. Res**, v. 70, p. 170–177,2010

PANACHUKI, E.; BERTOL I.; SOBRINHO, T. A.; DE OLIVEIRA, P. T.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35, p. 1777-1785, 2011.

PEOPLES, M.B.; CHALK, P. M.; UNKOVICH, M. J.; BODDEY, R.M. Can differences in <sup>15</sup>N natural abundance be used to quantify the transfer of nitrogen from legumes to neighbouring non-legume plant species? **Soil Biology & Biochemistry**, v. 87, 97-109, 2015.

PÉREZ-SUÁREZ, M.; CASTELLANO, M.J.; KOLKA, R.; ASBJORNSEN, H.; HELMERS, M. Nitrogen and carbon dynamics in prairie vegetation strips across topographical gradients in mixed Central Iowa agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.188, p. 1-11, 2014.

POUDEL, D. D.; HORWATH, W. R.; LANINI, W. T.; TEMPLE, S. R.; VAN BRUGGEN, A. H. C. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 90, p. 125-137, 2002.

RADICETTI, E.; MANCINELLI, R.; MOSCETTI, R.; CAMPIGLIA, E. Management of winter cover crop residues under different tillage conditions affects nitrogen utilization efficiency and yield of eggplant

(*Solanum melanogena* L.) in Mediterranean environment. **Soil & Tillage Research**, v.155, p. 329-338.2015.

REDIN, M.; RECOUS, S.; AITA, C.; DIETRICH, G.; SKOLAUDE, A. C.; LUDKE, W.H.; SCHMATZ, R.; GIACOMINI, S. J.;. How the chemical composition and heterogeneity of crop residue mixtures decomposing at the soil surface affects C and N mineralization. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 78, p. 65-75, 2014

REICHERT, J.M., RODRIGUES, M.F., BERVALD, C.M.P., BRUNETTO, G., KATO, R., SCHUMACHER, M.V. Fragmentation, fiber separation, decomposition, and nutrient release of secondary-forest biomass, mechanically chopped-and-mulched, and cassava production in the Amazon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 204, p. 8-16, 2015.

RIMSKI-KORSAKOV, H.; RUBIO, G.; LAVADO, R. S. Fate of the nitrogen from fertilizers in field-grown maize. **Nutrient Cycling In Agroecosystems**, v. 93, p. 253-263, 2012.

SÁNCHEZ, C. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. **Biotechnology Advances**, v. 27, p. 185-194,2009.

SILVA, A. L. DA; MAFRA, Á. L.; FILHO, O. K.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Carbono e nitrogênio microbiano em sistemas de cultivo de cebola em CambissoloHúmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.13, n.2, p.142-150, 2014.

SONG, M.; ZHENG, L.; SUDING, K.N.; YIN, T.; YU, F. Plasticity in nitrogen form uptake and preference in response to long-term nitrogen fertilization. **Plant Soil**, v. 394, p. 215-224, 2015.

SOUZA, M.; COMIN, J. J.; LEGUIZAMÓN, E. S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V. M.; VENTURA, B.; CAMARGO, C.A. P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v. 43, p. 21-27.2013.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; RAMBO, L., ENDRIGO, P. C. Época de aplicação da primeira dose de

nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 30, 879-890, 2006.

ŠTURM, M.; KACJAN-MARSIC, N.; ZUPANC, V.; BRACIC-ZELEZNIK, B.; LOJENA, S.; PINTAR, M. Effect of diferente fertilisation and irrigation practices on yield, nitrogen uptake and ertiliser use efficiency of White cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 2, p.103-109, jun. 2010.

SUN, T.; ZIJUN, M.; DONG, J.; LINGLINGHOU, L.; YUAN SONG, Y.; XIUWEI WANG, X. Further evidence for slow decomposition of very fine roots using two methods: litter bags and intact cores. **Plant Soil**, v. 366, p. 633-646, 2012.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre, UFRG, v. 2, p.174, 1995.

TREVIZAM, A. R.; SILVA, M. L. DE S.; MÜLLER, M. M. L.; DE RESENDE, J. T. V.; BENDASSOLLI, J. A. Contribuição do nitrogênio contido no adubo verde para o desenvolvimento do morangueiro. **Dourados**, v.7, n.25, p.413-425, 2014.

YOLDAS, F.; CEYLAN, S.; MORDOGAN, N.; ESETLILI, B. C. Effect Of Organic And Inorganic Fertilizers On Yield And Mineral Content Of Onion (*Allium Cepa* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 11488-11492, 2011.

ZANELLA, M.; FAYAD J. A.; WUERGES E.W. O Sistema de Plantio Direto de Hortaliças em Santa Catarina. Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação. n. 53, p 5-6, 2013. Disponível em: <[http://febrapdp.org.br/download/informativo/boletim\\_53\\_FEBRAPDP.pdf](http://febrapdp.org.br/download/informativo/boletim_53_FEBRAPDP.pdf)>. Acesso em: 24 jan., 2016.

ZHAO, Q.; DIXON, R. A. Altering the Cell Wall and Its Impact on Plant Disease: From Forage to Bioenergy. **Annu. Rev. Phytopathol**, v. 52, p. 69-91, 2014.

ZHAO, X.; ZHANG, L.; LIU, D. Biomass recalcitrance. Part. I: the chemical compositions and physical structures affecting the enzymatic



hydrolysis of lignocellulose. **Biofuels, Bioprod. Bioref.**, v. 6, 465-482.2012.

ZHONGLU, G.; SHUHUA, Z.; JUAN, J.; CHONGFA, C. Nitrogen mineralization controlled by N/P ratio of plant residues from riparian buffer strip. **European Journal Of Soil Biology**, v. 67, p.5-11,2015.