

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM AGROECOSSISTEMAS**

Jamilli Almeida Salume

**DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE  
NUTRIENTES DE RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA,  
ESPONTÂNEAS E IMPLANTADAS, EM SOLO DE POMARES  
DE PEREIRA (*Pyrus communis*L.)**

Florianópolis  
2017



Jamilli Almeida Salume

**DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE  
NUTRIENTES DE RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA,  
ESPONTÂNEAS E IMPLANTADAS, EM SOLO DE POMARES  
DE PEREIRA (*Pyrus communis*L.)**

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. Gustavo Brunetto

Co-orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin

Co-orientador: Sandro José Giacomini

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Salume, Jamilli Almeida

Decomposição e mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura, espontâneas e implantadas, em solo de pomares de pereira /

Jamilli Almeida Salume; orientador, Gustavo Brunetto; co-Orientador, Jucinei José Comin e Sandro José Giacomini. - Florianópolis, SC, 2017.

71p.

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

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. Plantas de cobertura 3. N mineral.
4. Ciclagem de nutrientes. 5. *Pyrus communis* L.
- I. Brunetto, Gustavo. II. Comin, Jucinei José. III. Giacomini, Sandro José.
- IV. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. V. Título.

*“Decomposição e mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura, espontâneas e implantadas, em solo de pomares de pereira (Pyrus communisL.)”*

*Por*

**JAMILLI ALMEIDA SALUME**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Agroecossistemas”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Florianópolis, 10 de março de 2017.

---

Prof. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho, PhD  
Coordenador do PGA

**Banca Examinadora:**

---

Dr. Gustavo Brunetto, (Presidente/Orientador)

---

Dr. Cledimar Rogério Lourenzi, (Titular PGA/UFSC)

---

Dr. Danilo Eduardo Rozane, (Titular Externo UNESP e PPGCS/UFPR - Videoconferência)

---

Dra. Marlise Ciotta, (Titular Externo EPAGRI)



## DEDICO

Aos meus pais,  
meu irmão Alan Raflé e  
minha avó Ildette,  
por todoamor e apoio.



## AGRADECIMENTOS

A Deus por toda sabedoria e privilégio de ter vivido essa oportunidade.

Ao professor Dr. Gustavo Brunetto, pela orientação, paciência, dedicação e esforço para realização desse trabalho.

Ao professor Dr. Jucinei José Comin, pela co-orientação e apoio para a conclusão dos trabalhos.

Ao professor Dr. Sandro José Giacomini, pela co-orientação e colaboração em análises.

Aos professores Dr. Cledimar Rogério Lourenzi, Arcângelo Loss e Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares, pela ajuda e paciência para com minhas dúvidas.

A Dra. Marlise Ciotta, pelo apoio, amizade, conselhos e dedicação em todas as etapas de campo para realização desse trabalho.

A Epagri de São Joaquim (SC) e a propriedade Quinta Santa Maria, por todo suporte para que os experimentos fossem realizados á campo.

Ao Doutorando e amigo Rodolfo Assis Oliveira, por toda paciência, amizade, dedicação e qualificado auxílio para conclusão desse trabalho.

A Doutoranda e amiga Paula Beatriz Sete, por não medir esforços em me ajudar e estar sempre disponível para que o trabalho fosse realizado do início ao fim.

À UFSC, ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas e ao Departamento de Engenharia Rural pela estrutura.

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de auxílio concedida durante os 24 meses do Mestrado.

Aos colegas do Laboratório de Águas, Solos e Tecidos Vegetais da UFSC pelos aprendizados e pela convivência.

As minhas amigas do coração Mariane, Lara, Camila Almeida e Natália Caron, por todo carinho e por todos os momentos de risada e descontração.

As minhas grandes amigas Janaína Heinz e Andria Paula, por todo apoio e amizade, por sempre estarem ao meu lado, rindo ou chorando, fazendo com que a vida em Florianópolis ficasse mais prazerosa.

A servidora Fabiana Dassoler, secretária do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas pelo carinho e incentivo.

As minhas amigas Letícia Scariot e Giulia Casagrande, por cada momento vivido e cada sorriso compartilhado nesses dois anos de convivência diária.

Ao meu namorado Alexandre Pirino por toda paciência, amor e companheirismo.

Aos meus pais e meu irmão, Silvana, Maurício e Alan Raflé, pelo carinho, amor, sacrifício e esforço para que eu pudesse concluir esta etapa da minha vida.

Muito obrigada!

“Mesmo as noites totalmente sem  
estrelaspodem anunciar a aurora de uma  
grande realização.”

Martin Luther King



## RESUMO

O cultivo da pereira (*Pyrus communis* L.) é considerado uma alternativa importante para diversificação da produção de frutas de clima temperado na região Sul do Brasil. Entretanto, a melhoria na produção depende de conhecimentos técnicos e práticas de manejo, como o uso e manejo de plantas de cobertura do solo, para diferentes condições edafoclimáticas. Espécies de plantas de cobertura espontâneas ou implantadas coabitam pomares de pereira e os seus resíduos são depositados sobre a superfície do solo, decompostos e mineralizam nutrientes, que podem contribuir para a nutrição mineral e produção das pereiras. O estudo objetivou (a) avaliar, em condição controlada, a mineralização de formas de N de resíduos de plantas de cobertura em solo com histórico de cultivo de pereira; (b) avaliar, a campo, a decomposição e a mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura depositados sobre a superfície do solo, em pomar de pereira. O estudo foi composto por dois experimentos. No experimento 1 amostras de um solo Cambissolo Húmico foram coletadas em pomar de pereira. Os tratamentos foram solo sem e com adição de resíduos de aveia branca (AB), nabo-forageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE). Os tratamentos foram incubados em incubadora BOD, com temperatura e umidade controlada durante 136 dias. Ao longo da incubação, amostras do solo foram coletadas e analisados os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ . Foram calculados os teores de N mineral e N líquido. No experimento 2, a parte aérea de AB, NF, AZ e PE foi coletada e os resíduos foram acondicionados em bolsas de decomposição. As bolsas foram depositadas sobre a superfície do solo em pomar de pereira, em São Joaquim (SC). As bolsas foram coletadas aos 0, 21, 36, 56 e 136 dias após a deposição (DAD). Os resíduos foram coletados, preparados, determinada a matéria seca e submetidos a análise de lignina, celulose, biomassa não estrutural, e teores totais de carbono orgânico total (COT), N, P, K, Ca e Mg. Os resíduos de NF apresentaram maior mineralização do N ao solo, especialmente, na forma  $\text{N-NH}_4^+$ , nas épocas próximas à deposição dos resíduos sobre a superfície do solo, o que coincide, aproximadamente, aos estágios fenológicos de brotação e floração da pereira. Os resíduos de AZ mineralizaram maiores quantidades de formas de N, especialmente,  $\text{N-NO}_3^-$ , que se refletiu no aumento dos teores de N mineral e N líquido de forma gradual ao longo do tempo, potencializando a absorção de N pelas pereiras. Resíduos de PE apresentaram o maior tempo de meia vida, o que aumenta a proteção da superfície do solo ao longo do ciclo das pereiras. Porém, os resíduos de

PE apresentaram a menor mineralização de nutrientes ao solo. Assim, os resíduos de NF, AB e AZ são mais indicados para contribuir para a nutrição mineral da pereira.

**Palavras-chaves:** Ciclagem de nutrientes; N mineral; azevém; nabo-forrageiro; *Pyrus communis* L.

## ABSTRACT

Pear (*Pyrus communis* L.) cultivation is considered an important alternative for the diversification of temperate fruit production in the southern region of Brazil. However, the advance in production depends on management techniques and practices for different soil and climatic conditions.. Species of spontaneous or implanted covering plants cohabit pear orchards and your residues of these plants are deposited on the soil surface, decomposed and nutrients are mineralized, what can contribute to mineral nutrition and pear production. The objective of this study was to (a) evaluate, in a controlled condition, the mineralization of N forms of cover crop residues in soil with pear tree cultivation background; (b) to evaluate, in the field, the decomposition and mineralization of nutrients of residues of cover plants deposited on the soil surface, in pear orchard. The study was composed of two experiments. In experiment 1, samples of a Inceptsol soil were collected in pear orchard. The treatments were a soil without and with addition of residues of white oat (WO), oilseed radshi (RD), ryegrass (RG) and weeds (WE). The treatments were incubated in a BOD incubator, with temperature and humidity controlled for 136 days. Throughout the incubation, soil samples were collected and the  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  and  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  contents were analyzed. The contents of mineral N and liquid N were calculated. In experiment 2 titled:, the aerial part of WO, RD, RG and WD was collected and the residues were litter bags. The litter bags were deposited on the soil surface in the pear orchard, in São Joaquim (SC). The pockets were collected at 0, 21, 36, 56 and 136 days after deposition (DAD). The residuals were collected, prepared, determined the dry matter and submitted to lignin, cellulose, non-structural biomass and total organic carbon (TOC), N, P, K, Ca and Mg contents. The RD residues mineralized presented higher N to the soil, especially in the  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  form, near to periods of deposition of residues on the soil surface, which coincides approximately with the phenological stages of sprouting and flowering of pears. The residues of RG mineralized larger amounts of N forms, especially  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ , which was reflected in the increase of the mineral N and liquid N levels gradually over time, potentiating the N uptake by pear trees. Residuos of the WD waste presented the longest half-life, which increases the protection of the soil surface throughout the pear tree cycle. However, the residues of PE showed the lowest mineralization of nutrients to the soil. Thus, residues of RD, WO and RG are better indicated to contribute to the mineral nutrition of pear tree.

**Keywords:** Nutrient cycling; mineral N; ryegrass; weeds; *Pyrus communis* L.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Precipitação e temperatura mínima mensais em 2015 e 2016, e média mensal em 2015 (a); precipitação e temperatura médias diárias aos 0,21,36,56 e 136 dias após a deposição (DAD) das bolsas de decomposição do experimento 2 (b)..... 61
- Figura2 - Teores de  $N-NH_4^+$  (a) e  $N-NO_3^-$ (b), N mineral (c) e N líquido (d) no solo (S) sem deposição de resíduos e com deposição de resíduos de aveia-branca (AB), azevém (AZ), nabo-forageiro (NF) e plantas espontâneas (PE), ao longo de 136 dias de incubação (\*Significado a 5% de probabilidade; as barras verticais indicam o erro padrão, s.a= sem ajuste de regressão)..... 65
- Figura 3 - Percentagem remanescente de matéria seca (MS) (a) carbono orgânico total (COT) (b), celulose (Cel) (c), lignina (Lig) (d), e biomassa não estrutural (Bio) (e), em resíduos de aveia branca (AB), nabo-forageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE) depositadas na linha de plantio em pomar de pereira. As barras verticais representam erro padrão..... 67
- Figura 4 - Percentagem remanescente de nitrogênio (N) (a), fósforo (P) (b), potássio (K) (c), cálcio (Ca) (d) e magnésio (Mg) (e), em resíduos de aveia branca (AB), nabo-forageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira. As barras verticais representam erro padrão..... 69



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 -Atributos físicos e químicos do solo Cambissolo Húmico cultivado com pereira, usado nos experimentos 1 e 2..... 62
- Tabela 2 - Características químicas dos resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e espécies de plantas espontâneas (PE),usados no experimento 1 e 2; e quantidade de matéria seca e nutrientes adicionados no experimento 2..... 63
- Tabela 3 - Resumo da ANOVA sobre os efeitos dos tratamentos, dias após a incubação e interação entre tratamentos e dias após a incubação, das variáveis  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , N mineral e N líquido no solo usando no experimento 1..... 64
- Tabela 4 -Parâmetros dos valores ajustados ( $X=X_0e^{(-kt)}$ ) aos valores de matéria seca (MS) remanescente, carbono orgânico total (COT), lignina (Lig), celulose (Cel), biomassa não estrutural (Bio); o tempo de meia-vida ( $t^{1/2}$ ) e a constante de decomposição (k) de cada compartimento, e valores de  $R^2$  para os resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira..... 66
- Tabela 5 - Parâmetros dos valores ajustados ( $X=X_0e^{(-kt)}$ ) aos valores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg); o tempo de meia-vida ( $t^{1/2}$ ) e a constante de decomposição (k) em cada compartimento, e valores de  $R^2$  para os resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira..... 68
- Tabela 6 -Relação C/N da matéria seca remanescente dos resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira..... 70
- Tabela 7 - Quantidade de matéria seca, N, P, K, Ca e Mg, em resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e espécies de plantas espontâneas (PE), depositadas na linha de plantio em pomar de pereira..... 82



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB – Aveia Branca  
AZ – Azevém  
ANOVA – Análise de Variância  
BOD – Incubadora para Demanda Bioquímica de Oxigênio  
CCA – Centro de Ciências Agrárias  
C/N – Relação Carbono/Nitrogênio  
Cfa – Subtropical mesotérmico úmido  
CTC – Capacidade de troca de cátions  
Capes – Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior  
COT – Carbono orgânico total  
DAD – Dias após a decomposição  
DAI – Dias após a incubação  
Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina  
NF – Nabo-forrageiro  
PE – Plantas espontâneas  
pH – Potencial hidrogeniônico  
S – Solo sem adição de resíduos  
SC – Santa Catarina  
RS – Rio Grande do Sul  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria  
UNESP – Universidade Estadual Paulista  
UFPR – Universidade Federal do Paraná



## LISTA DE SÍMBOLOS

% – percentagem

°C – Grau(s) Celsius

Al – Alumínio

C – Carbono

Ca – Cálcio

cmolckg<sup>-1</sup> – Centímol de carga por quilograma de solo

g kg<sup>-1</sup> – grama(s) por quilograma(s)

ha – Hectares

K – Potássio

kg ha<sup>-1</sup> – Quilograma(s) por hectare (s)

Mg – Magnésio

mg dm<sup>-3</sup> – Miligrama(s) por decímetro cúbico

mg kg<sup>-1</sup> – miligrama(s) por quilograma(s)

N - Nitrogênio

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – Amônio

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – Nitrato

P – Fósforo



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>27</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>29</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
<b>3. HIPÓTESES.....</b>	<b>30</b>
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>31</b>
4.1 CULTIVO DA PEREIRA.....	31
4.2 PLANTAS DE COBERTURA EM POMAR DE PEREIRA.....	32
4.3 DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO.....	33
<b>5. ESTUDO: MINERALIZAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA EM SOLO COM HISTÓRICO DE CULTIVO DE PEREIRA.....</b>	<b>36</b>
5.1 RESUMO.....	36
5.2 ABSTRACT.....	37
5.3 INTRODUÇÃO.....	38
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
5.4.1 CULTIVO E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA EM POMAR DE PEREIRA.....	41
5.4.2 EXPERIMENTO 1 - MINERALIZAÇÃO, EM CONDIÇÃO CONTROLADA, DE N DE RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA DEPOSITADOS EM SOLO COM HISTÓRICO DE CULTIVO DE PEREIRA.....	42
5.4.3 EXPERIMENTO 2 - DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA EM POMAR DE PEREIRA.....	43
5.4.4 CÁLCULOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	43
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
6.1 EXPERIMENTO 1.....	44
6.2 EXPERIMENTO 2.....	48
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
<b>10.REFERÊNCIAS GERAIS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>82</b>



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A China possui a maior área cultivada com a pereira (*Pyrus communis L.*) do Mundo e é responsável por 67,3% da produção de pera mundial, seguida pela Índia, África do Sul e Argentina (EMBRAPA, 2013). O Brasil possui aproximadamente 1453 hectares cultivados com a cultura e produz somente 8,5% da pera consumida no país, sendo o restante importado (IBGE, 2015; FAOSTAT, 2016). No Brasil, o Rio Grande do Sul (RS) possui a maior área cultivada do país, equivalente a 850 hectares, e responde pela produção de 55,5% da pera nacional consumida anualmente. Já Santa Catarina (SC) possui 519 hectares cultivados com a pereira e produz 31,2% da produção nacional anual de peras (EMBRAPA, 2013; IBGE, 2015). Por outro lado, o Paraná (PR) possui 141 hectares cultivados com a pereira, sendo responsável pela produção de 8,6% da pera consumida anualmente no Brasil (EMBRAPA, 2013; IBGE, 2015). Assim, a produção total anual de peras nestes três principais estados produtores da fruta é de 21.253 toneladas, insuficiente para atender a demanda do mercado nacional consumidor, que é de 206,2 mil toneladas (importação + produção nacional) (IBGE, 2015).

Por isso, existe a demanda de aumento da área cultivada ou da produtividade, que é de, aproximadamente, 10,62 Mg ha<sup>-1</sup>, muito inferior a produtividade de 28,6 Mg ha<sup>-1</sup> obtida na Argentina ou de 37,8 Mg ha<sup>-1</sup>, verificada nos Estados Unidos da América (EUA) (FAOSTAT, 2016). Esta baixa produtividade de pera pode estar acontecendo por causa da falta de adaptação de cultivares, porta-enxertos e combinações cultivares porta-enxertos, das mais distintas condições edafoclimáticas; da escassez de conhecimento sobre as melhores práticas de manejo para evitar a incidência de pragas e doenças. Mas também, das escassas informações sobre as espécies de plantas de cobertura de solo, espontâneas ou implantadas, mais adequadas a serem mantidas em pomares de pereira.

Normalmente, as espécies de plantas de cobertura do solo, espontâneas ou implantadas, que coabitam os pomares são roçadas nas entrelinhas e os seus resíduos são depositados sobre o solo da própria entrelinha ou da linha de plantio. As espécies de plantas de cobertura do solo nas linhas de plantio das pereiras podem ser capinadas, roçadas e dessecadas com herbicidas sistêmicos. Nos dois casos, os resíduos permanecem sobre a superfície do solo, dissipando a energia cinética da gota da chuva, diminuindo a erosão e aumentando a infiltração de água no solo (TIAN, 1998; FERREIRA et al., 2014; HUANG et al.,

2014; BETTONI et al., 2016), o que é desejado. Mas, os resíduos ao longo do tempo são decompostos por agentes físicos, fauna do solo e pela biomassa microbiana, mineralizando nutrientes, que podem incrementar os teores de suas formas no solo, como aquelas de N, especialmente, nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ), que poderão ser absorvidas pelas raízes das pereiras, especialmente nos estágios fenológicos de maior demanda, contribuindo para a nutrição mineral das plantas (BRUNETTO et al., 2014; GÓMEZ-MUÑOZ et al., 2014). Caso isso aconteça, até as doses de fertilizantes orgânicos ou minerais estabelecidas pela recomendação oficial para a pereira (CQFS-RS/SC, 2004) poderão ser diminuídas, o que diminuirá o custo com a aquisição de fertilizantes.

No entanto, não é suficientemente conhecido quais são as quantidades de matéria seca remanescentes sobre a superfície do solo, de resíduos de diferentes espécies de plantas de cobertura, espontâneas ou implantadas, nem tampouco, quais as quantidades remanescentes ou mineralizadas, de nutrientes, como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e nitrogênio (N), ao longo de estágios fenológicos da pereira. Mas também, qual o fluxo de formas de N, como o  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  em solo com deposição de quantidades e tipos de resíduos.

## 2. OBJETIVO GERAL

Avaliar, em condição controlada, a mineralização de formas de N de resíduos de plantas de cobertura, em solo com histórico de cultivo de pereira e determinar, a campo, a decomposição e a mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura depositados sobre a superfície do solo em pomar de pereira.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a. Avaliar em condições controladas os teores de  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ , N mineral e N líquido em solo sem e com a adição de resíduos de plantas de cobertura espontâneas (língua de vaca, grama - batatais e capim rabo de burro) e implantadas (aveia branca, azevém e nabo forrageiro), e com histórico de cultivo de pereira;

b. Determinar, a campo, o remanescente de matéria seca, lignina, celulose, componentes não estruturais, carbono orgânico total (COT) e de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), em resíduos de plantas de cobertura, espontâneas e implantadas (aveia branca, azevém e nabo forrageiro), depositados sobre a superfície do solo em pomar de pereira;

c. Indicar as espécies que possam disponibilizar maiores quantidades de nutrientes no solo e aproveitamento da pereira.

### 3. HIPÓTESES

a. Dentre os resíduos, a aveia branca e azevém são decompostos mais lentamente ao longo do ciclo da pereira, aumentando os teores de formas de N, especialmente,  $N-NO_3^-$  no solo, o que potencializa o aproveitamento do nutriente pela pereira.

b. Resíduos de nabo-forrageiro são decompostos mais rapidamente, o que diminui a proteção física da superfície do solo e promove a rápida mineralização de nutrientes ao solo, em estágios fenológicos da pereira que demandam pequena quantidade de nutrientes.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 CULTIVO DA PEREIRA

A China possui a maior área cultivada com a pereira (*Pyrus communis L.*), 1.118.862 hectares, e produção da fruta do Mundo, seguida pela Índia, África do Sul e Argentina (EMBRAPA, 2013; FAOSTAT, 2016). Entre os anos de 2001 a 2010, a produção de pera na China, Índia, África do Sul e Argentina aumentou 71,0,21,9, 35,0 e 20,3%, respectivamente (EMBRAPA, 2013; FAOSTAT, 2016). Porém, na maioria destes países aconteceu uma diminuição da área cultivada nos últimos anos. Assim, provavelmente o aumento da produção de frutos se deve ao aumento da produtividade por área. Por exemplo, na China a área cultivada aumentou nos últimos anos apenas em 0,5%, mas a produtividade passou de 8,6 Mg ha<sup>-1</sup> para 14,64 Mg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2016).

No Brasil, nos últimos 12 anos a área cultivada com pereira diminuiu de 1.952 para 1.668 hectares, o que representou uma redução média anual de 1,3% da área cultivada (EMBRAPA, 2013; IBGE, 2015). A produtividade média nacional de peras é de, aproximadamente, 10,6 Mg ha<sup>-1</sup>, não sendo suficiente para abastecer o mercado nacional. A maioria da pera consumida no Brasil, cerca de 90% é importada de países vizinhos, como Argentina e Chile (AS-RS, 2015). No ano 2010, as importações chegaram a 189.000 Mg de frutos, o que gerou um custo de 161,97 milhões de dólares (EMBRAPA, 2013; IBGE, 2015). As cultivares mais plantadas são europeias, entre elas, Keiffer', 'Rocha', 'Packhan's', 'Truimph', 'William's'; híbridos chamados de peras 'D'Água' e cultivares asiáticas, como a 'Okusankichi', 'Hosui' e 'Atago' (EMBRAPA, 2013).

A região Sul do Brasil possui a maior área cultivada com a pereira do Brasil, 1.586 hectares (IBGE, 2015). Rio Grande do Sul (RS), Paraná (PR) e Santa Catarina (SC), seguidos de São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG), são os maiores produtores de pera do Brasil. O RS possui a maior área cultivada de pereira, 850 hectares, onde são produzidos 55,45% da produção nacional de pera, seguido de SC e PR, que produzem 31,2 e 8,6% da pera no Brasil, respectivamente (FAOSTAT, 2016; IBGE, 2015).

Santa Catarina possui, aproximadamente, 100 produtores de pereira, representando 1,2% do total dos produtores de fruticultura do estado e 519 hectares cultivados com a frutífera. A produtividade média de pera é de, aproximadamente, 14 Mg ha<sup>-1</sup>. O valor pago ao produtor

por quilograma da fruta é de, aproximadamente, R\$ 1,90 (IBGE, 2015; EPAGRI, 2016). As maiores áreas cultivadas com pereira em SC são encontradas nos municípios de São Joaquim, com 243 hectares e Itaipópolis, com 104 hectares.

O cultivo da pereira é considerado uma alternativa importante para diversificação da produção de frutas de clima temperado na região Sul do Brasil (FEPAGRO, 1999; FAORO & ORTH, 2010; PASA et al., 2012). Isso porque, a região possui, em geral, condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo da espécie e infraestrutura estabelecida pela cadeia produtiva da macieira (*Malus domestica*), tanto em nível de produção, quanto de processamento e comercialização, que pode ser usada no sistema de produção da pereira.

#### 4.2 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO EM POMARES DE PEREIRA

Em SC, bem como em outros pomares adultos em produção da região Sul do Brasil e em tradicionais produtores da fruta do mundo, as plantas de cobertura do solo coabitam os pomares (BALBINOT et al., 2007; ROSSI et al., 2007). Nas entrelinhas as plantas de cobertura podem ser roçadas a, aproximadamente, 10 cm da superfície do solo ao longo do ciclo das pereiras. Nas linhas de plantio das pereiras, as plantas de cobertura do solo podem ser capinadas, roçadas e dessecadas com herbicidas sistêmicos. Nas linhas e entrelinhas dos pomares os resíduos da parte aérea de plantas de cobertura são depositados sobre a superfície do solo (GOMES et al., 2005; BALBINOT-JR et al., 2007). O cultivo e a deposição de resíduos de plantas de cobertura em solos de pomares dissipa a energia cinética da gota da chuva, diminui a erosão hídrica, evita a emergência de plantas indesejáveis, aumenta a umidade do solo e pode promover o incremento do teor de carbono orgânico do solo, especialmente, em solos degradados (BOER et al., 2007; FERREIRA et al., 2014; ROSSI et al., 2007; HUANG et al., 2014; XILOYANNIS et al., 2016; BETTONI et al., 2016).

No inverno normalmente são semeadas, nas entrelinhas de cultivo, plantas de cobertura pertencentes a família das Poaceae, Leguminosae e Brassicaceae (HEINZ et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016b). Porém, em algumas situações, o produtor evita a semeadura de espécies de plantas de cobertura em pomares, por causa da dificuldade de obtenção de sementes e do custo elevado de sementes e das operações de semeadura no pomar (BALBINOT, 2011). Por isso, algumas vezes, o fruticultor opta em manter nos pomares, com roçadas, espécies nativas espontâneas, como a língua de

vaca (*Rumex obtusifolius*), grama - batatais (*Paspalum notatum*) e capim rabo de burro (*Andropogon bicornis* L.) (AZEVEDO et al., 2012; SETE et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016a). Plantas espontâneas normalmente possuem maior capacidade de adaptação e se desenvolvem melhor em condições desfavoráveis. Normalmente elas possuem alta capacidade de florescimento, estruturas de resistência ('batatinhas'), alta produção de sementes, facilitando sua dispersão pela área. Tais espécies possuem sistema radicular do tipo pivotante e são bastante agressivas.

Em geral, a produção de matéria seca de espécies de plantas de cobertura do solo em pomares é menor, comparativamente, às produções observadas em áreas cultivadas com culturas anuais, como em sistema plantio direto. Por exemplo, em sistema plantio direto no Sul do Brasil já foram observadas produções de 4,0; 4,2 e 5,5 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de aveia branca, azevém e nabo-forrageiro (BORTOLINI et al., 2000; CARDOSO et al., 2012). Por outro lado, em pomares de frutíferas, exemplo, de macieira a produção de matéria seca de aveia branca pode ser de 2,7 Mg ha<sup>-1</sup>; e de azevém próximo de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> (PELIZZA et al., 2009). Em pomar de pessegueiro foi observado produção de matéria seca de nabo-forrageiro de, aproximadamente, 3,0 Mg ha<sup>-1</sup> (ROSSI et al., 2007).

#### 4.3 DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

Os resíduos da parte aérea de plantas de cobertura implantadas ou semeadas, depositados sobre a superfície do solo da entrelinha ou linha do pomar podem ser decompostos por agentes físicos, pela fauna do solo e biomassa microbiana (AZEVEDO et al., 2012). Durante a decomposição, parte do C dos resíduos pode ser utilizado como fonte de energia, liberando CO<sub>2</sub> para a atmosfera, enquanto os outros nutrientes, como N, P, K, Ca e Mg são mineralizados e podem retornar ao solo (VENTURA et al., 2010; BRUNETTO et al., 2014; NGUYEN & MARSCHNER, 2017).

Normalmente, espécies de plantas de cobertura da família das Poaceae, entre elas, a aveia branca (*Avena sativa* L.) e o azevém (*Lolium multiflorum* L.), possuem tecido com maiores valores de lignina, maiores valores de relações C/N e lignina/N, e menores valores de celulose e hemicelulose (SÁ et al., 2001; SÉGUY et al., 2006). Por isso, a população microbiana não consegue quebrar os compostos orgânicos para retirar o C de resíduos muito lignificados ou com alta relação C/N, o que faz com que a velocidade de decomposição seja reduzida e, conseqüentemente, a mineralização de nutrientes, como o

N(AITA & GIACOMINI, 2006; NUNES et al., 2006; SANTOS et al., 2009; BONANOMI et al., 2013; ROSA et al., 2013). Por outro lado, plantas de cobertura como o nabo-forageiro (*Raphanus sativus* L.) possuem baixa relação C/N e baixos teores de lignina, menores valores da relação lignina/N e maiores valores de celulose e hemicelulose (CRUSCIOL et al., 2005, 2008; LIMA et al., 2007), o que pode favorecer a decomposição por microrganismos e, por consequência, a mineralização de nutrientes (CABRERA et al., 2005; LIMA et al., 2007; FERREIRA et al., 2014). Mas também, outras variáveis podem afetar a população microbiana, como umidade, pH, oxigênio e período de permanência do resíduo no solo (CORTEZ et al., 1996; BAKER III et al., 2001; BURGESS et al., 2002; CARRANCA et al., 2005).

Os nutrientes mineralizados ao solo durante a decomposição dos tecidos de plantas de cobertura depositados sobre a superfície do solo podem ser absorvidos pelas raízes de frutíferas (BALDI et al., 2010; ZALAMENA et al., 2013), entre elas a pereira. Caso isso aconteça, parte dos nutrientes será transportada aos órgãos da parte aérea em crescimento. Uma parte dos nutrientes acumulados nos órgãos anuais, como folhas, será redistribuída para órgãos perenes, como caule, ramos de mais de um ano e, especialmente, raízes, o principal órgão acumulador de nutrientes (EISSENSTAT, 2007; BRUNETTO et al., 2011; BRAVO et al., 2012). Os nutrientes acumulados em órgão perenes poderão ser mobilizados para os órgãos em crescimento no próximo ciclo. Caso sejam grandes as quantidades de nutrientes derivadas dos tecidos em decomposição absorvidas e acumuladas em pereiras, possivelmente as doses de fertilizantes aplicadas em pomares poderão ser reduzidas (AZEVEDO et al., 2012; SETE et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016a).

Assim, o uso de plantas de cobertura do solo e deposição de seus resíduos na superfície em pomares pode ser uma das estratégias para aumentar a disponibilidade de formas de nutrientes, como as de  $N$ ,  $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$  no solo (THORUP-KRISTENSEN et al., 2003; CONSTANTIN et al., 2011; TOSTI et al., 2014), que poderão ser absorvidas pelas frutíferas, especialmente, em estágios fenológicos de maior emissão de raízes finas, que são responsáveis pela absorção de nutrientes e de maior divisão celular de órgãos da parte aérea, onde são observados incrementos da matéria seca, por consequência, se tornam dreno de nutrientes (TAIZ & ZEIGER, 2004; VENTURA et al., 2010).

Por outro lado, o incremento de formas de  $N$  em solos pode ser estimada usando o método da incubação (STANFORD & SMITH, 1972;

CAMARGO et al., 1997; FIOREZE et al., 2012; MARTINS et al., 2014), onde amostras de solo com resíduos são acondicionadas em recipientes em câmara de incubação, com controle de temperatura e da umidade do solo. Assim, é possível ao longo do tempo simular o ciclo da cultura, coletando-se amostras de solo e resíduos para determinar as formas de N no solo, especialmente,  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$ , e, posteriormente, calcular o teor de N-mineral ( $N_{min}$ ) e a mineralização líquida ( $NI_{liq}$ ), que indica se houve predomínio da mineralização do N (valor positivo) ou imobilização do N (valor negativo)(FIOREZE et al., 2012; LORENSINI et al., 2014).

A campo, a decomposição, mas também a mineralização de resíduos de plantas de cobertura pode ser avaliada através da técnica de bolsas de decomposição (TAGLIAVINI et al., 2007; NETO et al., 2009; GÓMEZ-MUÑOZ et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016b). Os resíduos das plantas de cobertura são coletados a campo e é estimada a produção de matéria seca. Em seguida, os resíduos são depositados em bolsas de decomposição que são depositadas sobre o solo. Ao longo do tempo, o que pode coincidir, por exemplo, com estágios fenológicos de plantas, as bolsas de decomposição são coletadas, sendo estimada a proporção de matéria seca e nutrientes remanescentes(TAGLIAVINI et al., 2007; VENTURA et al., 2010; GÓMEZ-MUÑOZ et al., 2014).

Nesse contexto,a avaliação da velocidade de decomposição e mineralização de nutrientes, entre eles, de formas de N, em tipos de resíduos de plantas de cobertura, implantadas ou espontâneas, são importantes para conhecer melhor a possível contribuição de nutrientes para a nutrição de pereiras. Porém, esse tema é pouco estudado em pomares de pereira implantados em regiões subtropicais.

## 5. ESTUDO –Mineralização e decomposição de resíduos de plantas de cobertura em solo com histórico de cultivo de pereira<sup>1</sup>

### 5.1 Resumo

Espécies de plantas de cobertura espontâneas ou implantadas coabitam pomares de pereira (*Pyrus communis* L.). Os resíduos dessas plantas depositados sobre a superfície do solo são decompostos e mineralizam nutrientes, que podem contribuir para a nutrição mineral das pereiras. Porém, a decomposição e mineralização são dependentes da quantidade e composição bioquímica do resíduo. O estudo objetivou (a) avaliar, em condição controlada, a mineralização de formas de N de resíduos de plantas de cobertura em solo com histórico de cultivo de pereira; (b) avaliar, a campo, a decomposição e a mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura depositados sobre a superfície do solo, em pomar de pereira. O estudo foi composto por dois experimentos. No experimento 1, amostras de um solo Cambissolo Húmico foram coletadas em pomar de pereira. Os tratamentos foram; solo sem e com adição de resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE). Os tratamentos foram incubados em incubadora BOD, com temperatura e umidade controlada durante 136 dias. Ao longo da incubação, aos 21.....dias, amostras de solo foram coletadas e analisadas quanto aos teores de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$ . Os teores de N mineral e N líquido foram calculados. No experimento 2, a parte aérea de AB, NF, AZ e PE foi coletada em pomar de pereira. Os resíduos foram acondicionados em bolsas de decomposição e as bolsas foram depositadas sobre a superfície do solo em pomar de pereira, em São Joaquim (SC). As bolsas foram coletadas aos 0, 21, 36, 56 e 136 dias após a deposição (DAD). Os resíduos foram coletados, preparados, determinada a matéria seca e submetidos à análise de lignina, celulose, biomassa não estrutural, e teores totais de carbono orgânico total (COT), N, P, K, Ca e Mg. Os resíduos de NF mineralizaram mais N ao solo, especialmente, na forma  $N-NH_4^+$ , nas épocas próximas a deposição dos resíduos sobre a superfície do solo, o que coincide, aproximadamente, aos estágios fenológicos de brotação e floração da pereira. Os resíduos de AZ mineralizaram maiores quantidades de formas de N, especialmente,  $N-NO_3^-$ , que se refletiu no aumento dos teores de N

---

<sup>1</sup>Texto configurado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Ciência do Solo.

mineral e N líquido de forma gradual ao longo do tempo, potencializando a absorção de N pelas pereiras. No campo, Resíduos de PE apresentaram o maior tempo de meia vida, o que aumenta a proteção da superfície do solo ao longo do ciclo das pereiras. Porém, os resíduos de PE apresentaram a menor mineralização de nutrientes ao solo. Assim, os resíduos de NF, AB e AZ são mais indicados para contribuir para a nutrição mineral da pereira.

Palavras chaves: Ciclagem de nutrientes; formas de N no solo; nabo forrageiro, azevém, *Pyruscommunis* L.

## 5.2 Abstract

Species of spontaneous or implanted cover crop plants cohabit pear orchards (*Pyruscommunis* L.). The residues of these plants deposited on the soil surface are decomposed and mineralize nutrients, which can contribute to mineral nutrition of pear yield. However, the decomposition and mineralization is dependent on the amount and biochemical composition of the residue. The aim of this study was to (a) evaluate, in a controlled condition, the mineralization of N forms of residues of cover crops in soil with background in pear cultivation, (b) to evaluate, in the field, the decomposition and mineralization of nutrients from residues of cover plants deposited on the soil surface, in pear orchard. The study was composed of two experiments. In experiment 1 samples of a Inceptisol soil were collected in pear orchard. The treatments were a soil without and with addition of residues of white oat (WO), oilseed radish (RD), ryegrass (RG) and weeds (WE). The treatments were incubated in a BOD incubator, with temperature and humidity controlled for 136 days. During the incubation, soil samples were collected and  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  and  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  contents were analyzed. Mineral N and liquid N contents were calculated. In experiment 2 the dry matter of WO, RD, RG and WE was collected in pear orchard. The residues were packed in decomposition bags, which were deposited on the soil surface in a pear orchard, in São Joaquim (SC). The decomposition bags were collected at 0, 21, 36, 56 and 136 days after deposition (DAD). The residues were collected, prepared, the dry matter was determined and were submitted to lignin, cellulose, non-structural biomass and total organic carbon (TOC), N, P, K, Ca and Mg contents. The RD mineralization mineralized more N in the soil, especially in the form  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ , in the period near the deposition of the residues on the soil surface, which coincides approximately with the

phenological stages of sprouting and flowering of the pear tree. The residues of WO mineralized larger amounts of N forms, especially  $\text{NO}_3^-$ -N, which was gradually reflected in the increase of the mineral N and liquid N levels over time, potentiating the N uptake by pear trees. The WE waste presented the longest half-life, which increases the protection of the soil surface throughout the pear tree cycle. However, the residues of WD showed the lowest mineralization of nutrients to the soil. Therefore, residues of RD, WO and RG are better indicated to contribute to the mineral nutrition of pear tree.

Keywords: Nutrient cycling, N forms in soil, Ryegrass, *Pyrus communis* L.

### 5.3 Introdução

O estado de Santa Catarina (SC) é terceiro maior produtor de pera (*Pyrus communis* L.) do Brasil, onde os pomares são instalados em solos sob relevo suave ondulado ou ondulado e, por isso, é necessária manutenção de plantas espontâneas de cobertura, especialmente, nas entrelinhas de plantio ou a semeadura de espécies de plantas de cobertura, em especial, as hibernais, tais como a aveia-branca (*Avena sativa* L.), azevém (*Lolium multiflorum* L.) ou nabo-forageiro (*Raphanus sativus* L.), para dissipar a energia cinética das gotas de chuva na parte aérea das plantas ou nos resíduos depositados sobre o solo e, assim, diminuir a erosão hídrica e aumentar o armazenamento de água no solo (Gobbi et al., 2011; Oliveira et al., 2016a; Wolschick et al., 2016).

As plantas de cobertura nas entrelinhas e linhas dos pomares podem ser roçadas ao longo do ciclo da pereira. Mas, em algumas situações as plantas de cobertura nas linhas de plantio podem ser dessecadas com herbicidas não residuais (Oliveira et al., 2014, 2016b; Sete et al., 2015). Nos dois casos, os resíduos são depositados sobre a superfície do solo. Parte do carbono (C) orgânico dos resíduos pode ser fonte de energia à população microbiana, como fungos e bactérias, podendo parte do C ser liberado para a atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$  (Azevedo et al., 2009; Teixeira et al., 2012; Ferreira et al., 2014a; Reichert et al., 2015; Oliveira et al., 2016b). Parte dos nutrientes nos resíduos, como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e, especialmente, o nitrogênio (N) são mineralizados, incrementando o teor no solo (Torres e Pereira, 2008; Giongo et al., 2011; Brunetto et al., 2014a; Redin et al., 2014a; Eckhardt et al., 2016). Os nutrientes no solo

derivados da mineralização dos resíduos, como as formas de N, amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), podem ser absorvidas pelas raízes das pereiras, especialmente, em estágios fenológicos de maior emissão de raízes finas, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, e de crescimento de órgãos da parte aérea, contribuindo para a nutrição mineral das plantas, o que pode diminuir a necessidade da aplicação de fertilizantes nitrogenados e, por consequência, o custo de produção (Barbosa et al., 2013; Brunetto et al., 2014a; Oliveira et al., 2014; Plaza-Bonilla et al., 2015). Porém, a decomposição e mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de coberturas são dependentes de características bioquímicas do resíduo, especialmente, dos conteúdos de celulose, hemicelulose e lignina (Meier et al., 2006; Tagliavini et al., 2007; Sánchez, 2009; Vahdat et al., 2011), das relações celulose/lignina, lignina/N e C/N (Trinsoutrot et al., 2000; Meier et al., 2006; Sánchez, 2009) e dos valores de pH do solo, umidade e oxigênio (Berg e McLaugherty, 2008; Bressan et al., 2013; Oliveira et al., 2016b).

As plantas da família das Poaceae, como a aveia e o azevém, normalmente possuem baixos teores de N, alta relação C/N, baixos teores de celulose e hemicelulose, mas altos teores de lignina (Aita e Giacomini, 2006; Séguy et al., 2006; Rosa et al., 2011; Cardoso et al., 2013; Redin et al., 2014a, 2014b). Por isso, se espera muito provavelmente lenta decomposição e mineralização de nutrientes (Leite et al., 2010; Soratto et al., 2012; Brunetto et al., 2014b; Ferreira et al., 2014a; Redin et al., 2014b; Reichert et al., 2015), o que pode ser desejado, porque o incremento de nutrientes no solo, por exemplo, de formas de N, poderá acontecer de maneira mais lenta ao longo de estágios fenológicos que demandam maior quantidade de nutrientes (Ventura et al., 2009; Brunetto et al., 2011a; Gómez-Muñoz et al., 2014; Redin et al., 2014a).

Por outro lado, espécies de plantas de cobertura do solo como o nabo-forrageiro da família das Brassicaceae, em geral, possuem maiores teores de N no tecido, maiores valores de relação C/N, celulose, hemicelulose e menores valores de lignina (Cornwell et al., 2008; Agostinetto et al., 2012; Redin et al., 2014a; Nguyen e Marschner, 2017), que estimulam a rápida decomposição e mineralização de nutrientes, o que nem sempre é desejado, porque grande parte, por exemplo, de formas de N no solo, poderão ser disponibilizadas em estágios fenológicos, por exemplo, no início da brotação, fase na qual é pequena ademanda de N pela pereira (Neto et al., 2008; Brunetto et al., 2014b; Ferreira et al., 2014a), e assim potencializam-se as perdas deste nutriente (Oliveira et al., 2014, 2016a).

A avaliação da decomposição e mineralização de nutrientes em resíduos de plantas de cobertura em pomares podem ser realizadas através da adição de resíduos em bolsas de decomposição, que são depositadas sobre a superfície do solo, coletadas ao longo do tempo, com posterior quantificação dos resíduos e nutrientes remanescentes (Ventura et al., 2010; Brunetto et al., 2011b; Gómez-Muñoz et al., 2014; Oliveira et al., 2016b, 2017). A mineralização de formas de N no solo pode ser avaliada através do método de incubação, onde amostras de solo com resíduos vegetais são acondicionadas em recipientes em câmara de incubação, com controle e monitoramento da temperatura e umidade do solo (Stanford e Smith, 1972; Camargo et al., 1997; Fioreze et al., 2012; Lorensini et al., 2014; Martins et al., 2014; Oliveira et al., 2016b). Assim, é possível ao longo do tempo simular o ciclo da cultura de interesse econômico, como a pereira, sendo coletadas as amostras de solo e resíduos vegetais e, posteriormente, analisar as formas de N no solo, especialmente,  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ , o que permitirá fazer a estimativa dos valores de N mineral e da mineralização líquida, que indica se houve predomínio da mineralização do N (valor positivo) ou da sua imobilização (valor negativo) (Pandey et al., 2010; Carneiro et al., 2013; Giacomini et al., 2013; Martins et al., 2014; Eckhardt et al., 2016). Porém, em pomares de frutíferas, como a pereira, em regiões subtropicais são escassos os estudos avaliando a decomposição e mineralização de nutrientes, de quantidades e tipos de resíduos de plantas de cobertura espontâneas e implantadas, que poderão contribuir para a nutrição mineral das plantas. As hipóteses dos estudos são que (a) os resíduos de aveia e azevém são decompostos mais lentamente ao longo do ciclo da pereira, aumentando os teores de formas de N, especialmente,  $\text{N-NO}_3^-$  no solo, o que potencializa o aproveitamento do nutriente pela pereira; (b) os resíduos de nabo-forrageiro são decompostos mais rapidamente, o que diminui a proteção física da superfície do solo e promove a rápida mineralização de nutrientes ao solo, em estágios fenológicos da pereira que demandam pequena quantidade de nutrientes. O estudo objetivou (a) avaliar, em condição controlada, a mineralização de formas de N de resíduos de plantas de cobertura em solo com histórico de cultivo de pereira e (b) avaliar, a campo, a decomposição e a mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura depositados sobre a superfície do solo, em pomar de pereira.

## 5.4 Material e métodos

### 5.4.1 Cultivo e produção de matéria seca de espécies de plantas de cobertura em pomar de pereira

Os experimentos foram realizados em um pomar comercial de pereira (*Pyrus communis* L.), implantado em 2004, no município de São Joaquim, região do Planalto Serrano de Santa Catarina (SC), região Sul do Brasil (latitude de 28° 17' 38" S, longitude de 49° 55' 54" W de Greenwich e altitude de 1.353 metros). Em julho de 2015 foram semeadas sobre o solo 70 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de aveia branca (AB), 15 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de nabo forrageiro (NF) e 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de azevém (AZ). Cada uma das espécies, AB, NF e AZ, foi semeada a lanço sobre três linhas e entrelinhas do pomar. As sementes nas entrelinhas foram levemente incorporadas ao solo usando uma gradagem leve. Além disso, em três linhas e entrelinhas no pomar foram mantidas as espécies de plantas espontâneas (PE), compostas predominantemente por língua de vaca (*Rumex obtusifolius*), grama-batatais (*Paspalum notatum*) e capim rabo de burro (*Andropogon bicornis* L.). A cultivar de pereira foi a 'Rocha', enxertada sobre o porta-enxerto *Pyrus caleriana*, com densidade de 1.250 plantas ha<sup>-1</sup> (4 m x 2 m). A temperatura média do local é de 13°C e a precipitação pluviométrica média anual varia de 1.360 a 1.600 mm ao ano, podendo ocorrer, ao longo do ano, de 20 a 29 geadas. Segundo a classificação de Köppen o clima é subtropical úmido (Cfa) (Peel et al., 2007). O solo foi classificado como Cambissolo Húmico (Santos et al., 2015), e Inceptisol, de acordo com a Soil Taxonomy System (Soil Survey Staff, 2006), sendo os atributos físicos e químicos na camada de 0-20 cm apresentados no Tabela 1. Durante o cultivo da AB, AZ e NF foram aplicados, em duas parcelas, 100 kg N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia.

Em setembro de 2015, no pleno florescimento da AB, NF, AZ e PE, a parte aérea das plantas foi cortada rente à superfície do solo em uma área de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>). Parte da parte aérea das espécies foi seca em estufa com ar forçado a 65°C até peso constante. Em seguida, foi pesada para a quantificação da matéria seca. A produção de matéria seca (em kg ha<sup>-1</sup>) foi de: 4000 AB, 4500 NF, 4000 AZ e 2650 PE. Uma porção dos resíduos foi submetida à análise química (Tabela 2), sendo o restante do material reservado para a realização do experimento 1. A massa verde das espécies foi reservada para o experimento 2.

#### **5.4.2 Experimento 1 - Mineralização, em condição controlada, de N de resíduos de plantas de cobertura depositados em solo com histórico de cultivo de pereira.**

Em setembro de 2015, amostras do solo Cambissolo Húmico foram coletadas na camada de 0-20 cm no pomar descrito acima. O solo foi armazenado em caixas de isopor com gelo, com temperatura de, aproximadamente,  $-3^{\circ}\text{C}$ . No laboratório o solo foi passado em peneira com malha de 4 mm e reservado. Em frascos de acrílico com capacidade de  $178\text{ cm}^3$  e área de  $20,83\text{ cm}^2$  foi adicionado  $102,75\text{ g}$  de solo. O solo foi adicionado no interior do frasco em três etapas, com cada etapa correspondendo à adição de uma camada de solo. Após a adição de cada camada de solo foi realizada uma leve compactação, para que a densidade do solo no interior do frasco fosse de  $1,02\text{ Mg m}^{-3}$ , semelhante àquela verificada no solo cultivado com pereira a campo.

Os tratamentos utilizados foram o solo (S) e resíduos de espécies de plantas de cobertura: S, S + AB, S + NF, S + AZ e S + PE. Na superfície do solo em cada frasco foi adicionado (em g de matéria seca)  $0,84\text{ g AB}$ ,  $0,94\text{ g NF}$ ,  $0,84\text{ g AZ}$  e  $0,55\text{ g PE}$ , equivalente as quantidades (em  $\text{kg ha}^{-1}$  de matéria seca) de  $4000\text{ AB}$ ,  $4500\text{ NF}$ ,  $4000\text{ AZ}$  e  $2650\text{ PE}$ . Os resíduos das culturas adicionados sobre o solo nos frascos de acrílico possuíam partículas com tamanho de 2 a 4 cm de comprimento. As repetições de cada tratamento foram compostas pelo frasco de acrílico contendo os tratamentos. Os frascos de acrílico foram adicionados no interior de recipientes plásticos com capacidade de 3 L. No interior de cada frasco plástico foi adicionado um recipiente contendo 50 ml com água destilada para manter a umidade controlada. Os frascos foram fechados com tampas e acondicionados em incubadora tipo BOD com temperatura controlada de  $25^{\circ}\text{C}$ . O delineamento experimental usado foi em fatorial  $5 \times 5$  (5 tempos de deposição  $\times$  5 tipos de resíduos), inteiramente casualizado, com quatro repetições. A capacidade de campo do solo no interior dos frascos foi ajustada no momento da instalação do experimento e mantida ao longo de sua realização a 60%, através de pesagens dos frascos e, quando necessário, adição de água destilada.

Aos 0, 21, 36, 56 e 136 dias após a incubação (DAI), períodos aproximados aos estágios fenológicos de brotação, pleno florescimento, queda das pétalas, frutificação e colheita da pereira, (Minost, 2013), o solo de cada tratamento foi retirado de cada recipiente de acrílico, homogeneizado e separado em duas porções. Uma porção de cinco gramas de solo foi preparada e submetida à análise de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  (Tedesco et al., 1995). A segunda porção do solo foi preparada e

submetida à determinação da umidade do solo com isso, o teor de N foi expresso em  $\text{mg N kg}^{-1}$  solo (Tedesco et al., 1995).

#### **5.4.3 Experimento 2 - Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura em pomar de pereira.**

Em setembro de 2015, a massa verde de AB, NF, AZ e PE coletadas a campo e reservadas foi homogeneizada, pesada e acondicionada em bolsas de decomposição com tela de nylon, com malha de 2 mm e dimensões de 0,40 m x 0,40 m (Tagliavini et al., 2007). Para cada tratamento foram adicionados em cada bolsa (em g de massa verde) 320 AB, 404 NF, 376 AZ e 176 PE, equivalente a (em g de matéria seca), 64 AB, 72 NF, 64 AZ e 48 PE, correspondente a (em  $\text{kg ha}^{-1}$  de matéria seca) 4000 AB, 4500 NF, 4000 AZ e 2650 PE. Quatro bolsas de decomposição de cada tratamento foram depositadas sobre a superfície do solo das linhas do pomar de pereira e fixadas ao solo, usando barras de ferro, para evitar o possível deslocamento provocado pelo vento e pássaros. Quinze bolsas de decomposição foram depositadas por tratamento, totalizando 60 bolsas de decomposição.

Três bolsas de decomposição, de cada tratamento, foram coletadas logo depois da deposição (tempo 0) e o restante aos 21, 36, 56 e 136 dias após a deposição (DAD). Os resíduos foram retirados das bolsas de decomposição e, imediatamente, foram lavados com água destilada. Posteriormente, foram lavados com uma solução de HCl  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  durante dois minutos e novamente lavados em água destilada. Os resíduos foram secos em estufa com circulação de ar forçado à  $65^\circ\text{C}$  até peso constante e pesados para a determinação da matéria seca. Os resíduos das espécies de cobertura foram moídos em moinho do tipo Willey e submetidos a análises de lignina, celulose e componentes não estruturais (Aber e Martin, 1999). Além disso, foram analisados os teores totais de carbono orgânico total (COT) em auto analisador (NC Soil Analyzer, modelo Flash EA 1112 series, Thermo Electron Corporation). Os resíduos foram preparados, submetidos à digestão sulfúrica e os teores de P foram determinados em espectrofotômetro (modelo V-1600, Pró-Análise); os teores de K em fotômetro de chama (modelo DM-62, Digimed), o N determinado no destilador de nitrogênio e proteínas, Ca e Mg em espectrofotômetro de absorção atômica (modelo AA Analyst 200, Perkin Elmer) (Tedesco et al., 1995).

#### **5.4.4 Cálculos e análises estatísticas**

No experimento 1 com os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  foi calculado o teor de N mineral (Equação 1):

$$N_{\text{mineral}} = N\text{-NH}_4^+ + N\text{-NO}_3^- \text{Equação 1}$$

A evolução da taxa de mineralização de N dos diferentes tratamentos ao longo da incubação foi calculada pela mineralização líquida (Nlíquido) (Equação 2):

$$N_{\text{líquido}} = N_{\text{mineral solo do tratamento}} - N_{\text{mineral do solo da testemunha}} \text{Equação 2}$$

onde: Nlíquido = mineralização líquida (mg de N kg<sup>-1</sup>); N<sub>mineral</sub> = teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em cada tempo avaliado (mg de N kg<sup>-1</sup>). Através do Nlíquido é possível verificar se houve predomínio da mineralização do N (valor positivo) ou da sua imobilização (valor negativo), em cada tempo de coleta e para cada combinação solo-resíduo (Martins et al., 2014).

Os resultados de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N<sub>mineral</sub> obtidos ao longo do período de incubação no mesmo tratamento foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foram ajustadas equações de regressão, com um nível de significância de 5% de erro.

No experimento 2, os resultados de matéria seca, celulose, lignina, componentes não estruturais e os teores de COT, N, P, K, Ca e Mg foram apresentados em percentagens no tecido e foi calculada em cada época a percentagem remanescente em relação à quantidade inicial. Esses resultados foram ajustados pelo modelo matemático exponencial descrito por Wider e Lang (1982), conforme a Equação 3:

$$X = X_0 e^{-(kt)} \text{Equação 3}$$

onde: X = a quantidade de matéria ou nutriente remanescente após um período de tempo t, dias; X<sub>0</sub> = a quantidade inicial de matéria seca ou nutriente e k = a constante de decomposição. Com o valor de k foi calculado o tempo de meia-vida ( $t^{1/2} = 0,693/k$ ) (Paul e Clark, 1996), que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos seja decomposta ou para que metade dos nutrientes contidos nos resíduos seja liberada. Os parâmetros de decomposição (X<sub>0</sub>, k e  $t^{1/2}$ ) foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade por meio do teste de Shapiro-Wilk, sendo submetidos à análise de variância, e quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (SAS, 2011).

## 6. Resultados e discussão

### 6.1 Experimento 1

Os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N<sub>mineral</sub> e Nlíquido no solo apresentaram efeito significativo entre os tratamentos S, AB, NF, AZ e

PE, entre os dias após a incubação (DAI) e a interação entre os tratamentos e DAI (Tabela 3).

Os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo diminuíram de forma quadrática ao longo dos DAI nos tratamentos AV, PE e AZ, respectivamente (Figura 2a). Os maiores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram observados no solo com deposição de resíduos de NF, especialmente, aos 21 DAI, período correspondente à floração da pereira. Valores intermediários foram observados no solo com deposição de resíduos de AB e PE. Os menores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram verificados no solo com deposição de AZ e, posteriormente a esta data (56 e 136 DAI), esses teores diminuíram. No solo com adição de resíduos de AB, AZ e PE os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  diminuíram a partir dos 21 DAI (Figura 2a). Aos 36 DAI esses teores no solo com deposição de resíduos de AB, NF, PE e AZ foram maiores que aqueles observados no solo sem deposição de resíduos. Aos 56 DAI os maiores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram verificados no solo sem deposição de resíduos. Valores intermediários foram verificados no solo com deposição de AZ e PE. O menor teor de  $\text{N-NH}_4^+$  foi observado no solo com deposição de NB. Aos 136 DAI os teores não diferiram entre os tratamentos.

Os maiores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo com deposição de resíduos de NF aos 21 DAI, data que coincide com o estágio fenológico do florescimento da pereira, pode ser explicado provavelmente por causa da maior quantidade de resíduo adicionado sobre o solo ( $4500 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca) e do alto teor inicial de N total no tecido ( $27,01 \text{ g kg}^{-1}$ ), proporcionando um dos menores valores iniciais de relação C/N ( $15,16 \text{ g kg}^{-1}$ ). Mas também, devido ao menor valor inicial de lignina e maior valor inicial de celulose ( $54,22 \text{ g kg}^{-1}$  e  $381,03 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente), refletindo em maior valor inicial da relação celulose/lignina (7,03) e menor valor inicial da relação lignina/N (2,16) (Tabela 2). Por conta desses parâmetros, o tecido de NF possui rápida decomposição e mineralização de N, incrementando o teor de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo (Doneda et al., 2012; Fioreze et al., 2012; Ferreira et al., 2014b; Martins et al., 2014). O  $\text{N-NH}_4^+$  poderá ser absorvido pelas raízes das pereiras pelo fato do florescimento, para a maioria das frutíferas, ser um estágio fenológico de emissão de raízes jovens, que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes, como as formas de N (Scandellari et al., 2010; Melo et al., 2016; Oliveira et al., 2016a). É também um período de grande divisão celular de órgãos anuais da parte aérea, o que incrementa a matéria seca e, por isso, a demanda de nutrientes, entre eles, o N (Tagliavini et al., 2007; Ventura et al., 2010).

Porém, ao longo do tempo aconteceu a diminuição dos teores de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo sem e com deposição de todos os tipos de resíduos, o que pode ser explicado, especialmente, pela nitrificação do  $\text{N-NH}_4^+$  por microrganismos nitrificadores (Lorensini et al., 2014; Eckhardt et al., 2016), causando o aumento dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo (Figura 2b).

Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  aumentaram de forma quadrática ao longo dos DAI nos tratamentos AB, NF, AZ, PE e S (Figura 2b). Os maiores teores foram observados dos 21 até os 136 DAI no solo com adição de resíduos de AZ em relação aos obtidos nos demais tratamentos. Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo no tempo zero foram semelhantes entre todos os tratamentos, enquanto aos 21 DAI os teores no solo com a deposição de resíduos de AZ foram maiores que os observados no solo com a adição de resíduos de NF, AB e PE. Contudo, esses teores no solo com resíduos de AZ foram semelhantes aos observados no solo com a deposição de NF. Aos 36 DAI o solo com a deposição de AZ apresentou os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , o solo com os resíduos de PE, NF e AB valores intermediários; e o menor teor foi observado no solo sem deposição de resíduos. Após 56 DAI os maiores teores foram verificados no solo com a deposição de resíduos de AZ e NF, valores intermediários foram observados no solo com resíduos de PE; e os menores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram verificados nos solos com resíduos de AB e S. Aos 136 DAI os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram observados no solo com deposição de resíduos de AZ, PE e AB, valores intermediários foram verificados nos solos com resíduos de NF e os menores teores foram verificados no solo sem deposição de resíduos.

Os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e N mineral observados no solo com a deposição de resíduos de AZ e PE na maioria das datas de coleta, que coincidiram com a brotação até a colheita, aconteceu, muito provavelmente, por causa dos menores valores iniciais da relação C/N (14,90 e 11,40, respectivamente) e celulose/lignina (1,19 e 0,33, respectivamente) (Tabela 2). Os resíduos com maiores teores de lignina promovem uma barreira física mais resistente ao ataque da população microbiana (Berg e McLaugherty, 2008; Nguyen e Marschner, 2017). Assim, em baixos valores de relação celulose/lignina a mineralização do N e a decomposição dos resíduos ocorrem de forma mais gradual (Aita e Giacomini, 2003; Cornwell et al., 2008; Brunetto et al., 2014a; Martins et al., 2014) (Tabela 2).

Além disso, durante o período de incubação de todos os tipos de resíduos, correspondente aos estágios de brotação até a colheita, se verificou, especialmente no solo com resíduos de AZ e PE, aumento dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , com valores superiores em todas as épocas de coleta

aos teores de  $N-NH_4^+$ , bem como de N mineral. Com isso, se espera que as pereiras cultivadas nesses tratamentos possuam maior disponibilidade de formas de N ao longo dos estágios fenológicos compreendidos no período vegetativo e produtivo, que ao serem absorvidas poderão incrementar os teores de N no interior das plantas e até impactar positivamente no crescimento e na produção de frutos (Melo et al., 2016).

Os teores de N mineral aumentaram de forma quadrática no solo sem resíduos e no solo com deposição de resíduos de AB, NF, AZ e PE ao longo do tempo (Figura 2c). No tempo zero os maiores teores foram verificados no solo com deposição de resíduos de PE e AB e os menores foram observados no solo com deposição de resíduos de AZ, NF e somente S. Aos 21 DAI os maiores teores de N mineral foram observados no solo com resíduos de NF e AB, teores intermediários foram verificados no solo com deposição de resíduos de AB e AZ e os menores teores foram observados no solo com deposição de resíduos de PE e S. Aos 36 DAI os maiores teores de N mineral foram verificados no solo com deposição de resíduos de AZ, teores intermediários foram verificados no solo com deposição de resíduos de PE, NF e AB e os menores teores foram verificados no solo sem deposição de resíduos. Aos 56 DAI os maiores teores de N mineral ocorreram no solo com adição de resíduos de AZ, teores intermediários foram verificados no solo com deposição de resíduos de NF, PE e AB e os menores teores foram observados no solo sem deposição de resíduos. Aos 136 DAI os maiores teores de N mineral foram verificados no solo com deposição de resíduos de AZ, PE, NF e AB e os menores teores de N mineral foram verificados no solo sem adição de resíduos.

Os teores de N líquido no tempo zero foram positivos no solo com todos os tipos de resíduos, caracterizando a mineralização do N (Figura 2d). Aos 21 DAI os maiores teores de N líquido foram observados no solo com adição de resíduos de NF, valores intermediários foram verificados nos solos com adição de resíduos de AZ e AB e os menores valores no solo com adição de resíduos de PE. Aos 36 DAI os maiores teores foram observados no solo com deposição de resíduo de AZ e os menores teores no solo com deposição de resíduos de PE, NF e AB. Aos 56 DAI os maiores valores de N líquido foram verificados no solo com deposição de AZ, teores intermediários foram observados no solo com resíduos de NF e os menores no solo com deposição de resíduos de PE e AB. Aos 136 DAI o solo com adição de AZ apresentou os maiores teores de N líquido, seguido pelo solo com

adição de PE, sendo os menores teores verificados no solo com deposição de NF e AB.

Os maiores valores de N líquido observados no solo com deposição de resíduos de AZ na maioria dos períodos de coleta podem ser explicados, em parte, devido aos menores valores iniciais, entre os demais tipos de resíduos, das relações C/N (14,90) e celulose/lignina (1,19), o que favorece a decomposição do resíduo e, conseqüentemente, a mineralização do N (Lorensini et al., 2014; Redin et al., 2014a, 2014b). Os menores valores de N líquido observados na maioria das coletas no solo com a deposição de resíduos de NF decorrem da baixa relação C/N (15,16) e da provável relação talo/folha mais elevada das plantas de NF depositadas sobre o solo (Doneda et al., 2012). Talos de NF normalmente possuem maiores valores de relação C/N e a maior proporção de compostos orgânicos recalcitrantes, o que dificulta a colonização do tecido pela população microbiana, devido à menor disponibilidade de N para a constituição do tecido microbiano, dificultando a decomposição e mineralização (Doneda et al., 2012; Redin et al., 2014b).

## 6.2 Experimento 2

A dinâmica de perda de matéria seca, COT, lignina, celulose, biomassa não estrutural, N, P, K, Ca, Mg e da relação C/N durante o período de deposição dos resíduos de AB, NF, AZ e PE na superfície do solo (tempo zero) até os 136 DAD, que correspondeu, aproximadamente, do estágio de brotação até a colheita em pereiras foi descrita pelo modelo de decaimento exponencial (Tabelas 4, 5 e 6; Figuras 3 e 4). A perda ao longo do tempo de matéria seca, COT, celulose, lignina, biomassa não estrutural, nutrientes e relação C/N pode ser explicada pela fragmentação dos resíduos pela fauna do solo e degradação de compostos orgânicos pela população microbiana (Oliveira et al., 2016b; Nguyen e Marschner, 2017). Além disso, é provável que as precipitações observadas durante a condução do experimento, que totalizou 1719 mm, entre setembro de 2015 até janeiro de 2016, tenham potencializado a lixiviação de compostos orgânicos dos resíduos (Figura 1a e 1b) (Aita e Giacomini, 2003; Teixeira et al., 2011; 2012).

As percentagens de matéria seca remanescente de todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 4; Figura 3a). Dos 21 até 136 DAD, as maiores percentagens de matéria seca remanescente foram observadas nos resíduos de PE, com média de 28% aos 136 DAD e tempo de meia-vida ( $t^{1/2}$ ) de 73 dias. Percentuais intermediários foram

verificados a partir dos 21 até os 136 DAD, aproximadamente, com valores de 25 e 16% observados nos resíduos de NF e AZ, com  $t^{1/2}$  de 69 e 52 dias, respectivamente. A menor percentagem de matéria seca remanescente, aproximadamente, 3% aos 136 DAD foi verificada nos resíduos da AB, sendo o  $t^{1/2}$  de 27 dias. A maior quantidade de matéria seca remanescente de PE observada no período de 21 a 136 DAD pode ter acontecido por causa da diversidade de tipos de plantas espontâneas, como língua de vaca (*Rumex obtusifolius*), grama-batatais (*Paspalum notatum*) e capim rabo de burro (*Andropogon bicornis* L), que conferiram composição heterogênea aos resíduos em relação aos demais resíduos de plantas de cobertura solteiras. Mas também, pode ser explicado pelos altos valores iniciais de lignina (334,62 g kg<sup>-1</sup>), que proporcionaram maiores valores da relação lignina/N (10,23), e um dos menores valores da relação celulose/lignina (0,33) (Tabela 2). Resíduos com altas concentrações de lignina, o que normalmente reflete em maiores valores da relação lignina/N e menores valores de celulose/lignina, apresentam decomposição mais gradual, pois a lignina tende a proteger mecanicamente a celulose da parede celular contra a degradação (Berg e McLaugherty, 2008; Oliveira et al., 2016b).

Por outro lado, a menor percentagem de matéria seca de resíduos de AB observada no período de 21 a 136 DAI pode ser atribuída em parte ao valor de relação C/N, que foi próximo de 20,0; o que pode estimular a colonização dos resíduos pela população microbiana, potencializando a mineralização do resíduo, com consequente diminuição da matéria seca remanescente (Doneda et al., 2012).

O COT remanescente diminuiu ao longo do tempo nos resíduos de AB, NF, AZ e PE (Tabela 4; Figura 3b). A maior percentagem de COT remanescente dos 21 aos 136 DAD foi observada nos resíduos de PE, com média aproximada de 40% aos 136 DAD, e  $t^{1/2}$  de 112 dias. Os menores percentuais foram verificados a partir dos 21 até os 136 DAD nos resíduos de AB, NF e AZ, com  $t^{1/2}$  iguais a 18, 22, e 28 dias, respectivamente. O COT remanescente diminuiu ao longo do tempo em todos os tipos de resíduos por causa da lixiviação de C orgânico solúvel que pode ser rapidamente acessado pela população microbiana (Loss et al., 2014; Martins et al., 2014), sendo uma porção liberada na forma de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Carneiro et al., 2008; Manzoni et al., 2008), bem como por causa da degradação de compostos orgânicos recalcitrantes dos resíduos (Oliveira et al., 2016b). As maiores quantidades de COT remanescentes nos resíduos de PE pode ser explicado devido ao maior teor de lignina dos resíduos (334,62 g kg<sup>-1</sup>) e aos maiores valores de

relação C/N e lignina/N, que fazem com que a decomposição e mineralização de nutrientes seja mais gradual (Teixeira et al., 2011; 2012; Ferreira et al., 2014b; Martins et al., 2014; Oliveira et al., 2016b) (Tabela 2). Por outro lado, as menores percentagens de COT verificadas na AB são decorrentes dos menores teores de lignina ( $111,78, \text{g kg}^{-1}$ ) e consequentemente maiores teores de celulose ( $252,23 \text{ g kg}^{-1}$ ), em relação aos resíduos de PE, o que ocasiona uma decomposição e mineralização mais rápida de nutrientes (Sánchez, 2009; Vahdat et al., 2011; Teixeira et al., 2012).

As percentagens de lignina, celulose e biomassa não estrutural diminuíram ao longo do tempo (Tabela 4; Figuras 3c, 3d e 3e). Dos 21 aos 136 DAD, a maior percentagem de celulose remanescente foi verificada nos resíduos de PE com média de 43%, seguidas de AZ e NF, com média de 4 e 2% aos 136 DAD, com o  $t^{1/2}$  de 31, 28 e 25 dias, respectivamente (Tabela 4; Figura 3c). Os resíduos de AB apresentaram a menor percentagem de celulose remanescente em todas as épocas avaliadas, com o  $t^{1/2}$  de 14. Dos 21 aos 136 DAD, os resíduos de NF apresentaram a maior percentagem de lignina remanescente, com média de 29% aos 136 DAD (Tabela 2; Figura 3d). As menores percentagens remanescentes de lignina foram observadas nos resíduos de PE, AB e AZ, com média de 2, 1 e 1% aos 136 DAD e  $t^{1/2}$  de 18, 9 e 9 dias, respectivamente (Tabela 4). A maior percentagem de biomassa não estrutural remanescente, dos 21 aos 136 DAD, foi observada nos resíduos de PE, com média de 50% aos 136 DAD (Tabela 2; Figura 3e). Percentuais intermediários foram verificados nos resíduos de NF e AZ, com média de 41 e 40%, sendo os  $t^{1/2}$  113 e 93 dias, respectivamente. A menor percentagem de biomassa não estrutural remanescente, a partir dos 21 DAD, foi observada nos resíduos da AB, com média 23% aos 136 DAD, sendo o  $t^{1/2}$  de 68 dias (Tabela 4; Figura 3e).

A celulose é um componente não solúvel que é encontrado principalmente na parede celular primária dos vegetais, sendo um dos primeiros a se decompor (Ventura et al., 2010; Oliveira et al., 2016b). Nos resíduos que apresentaram alto teor de celulose, como da AB e do NF ( $252,23 \text{ g kg}^{-1}$  a  $381,03 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 2), também foram verificados os menores valores de matéria seca remanescente (Figura 3a). Por outro lado, os resíduos de PE, que apresentaram menor quantidade inicial de celulose ( $110,02 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 2), tiveram decomposição mais lenta em relação aos demais resíduos. Já a lignina está na parede celular secundária e na lamela média, constituindo principalmente as fibras de resíduos. Por isso, é um componente resistente à decomposição microbiana (Talbot et al., 2011; Marschner, 2012). Os maiores valores de

lignina remanescente verificados nos resíduos de NF em todos os DAD, apesar de apresentar menor teor inicial de lignina (Tabela 2), podem ser explicados pela rápida decomposição das folhas, que possuem normalmente menor relação C/N, menores valores de lignina e maiores valores de celulose (Doneda et al., 2012; Ferreira et al., 2014b; Redin et al., 2014b; Oliveira et al., 2016b). Mas também, pela manutenção de talos do NF ao longo do tempo, que, em geral, possuem maior relação C/N e teores de lignina, e menores teores de celulose e, por causa disso, apresentam decomposição mais lenta (Brunetto et al., 2014a; Redin et al., 2014a), diminuindo o incremento de formas de N no solo ao longo do tempo (Figura 2).

As percentagens de N remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 5; Figura 4). A maior percentagem de N remanescente, dos 21 aos 136 DAD, foi observada nos resíduos de AZ, com média de 35% aos 136 DAD (Tabela 5; Figura 4a). Percentuais intermediários foram verificados nos resíduos de NF, sendo o  $t^{1/2}$  de 66 dias. A menor percentagem foi observada nos resíduos de PE, com média de 50% aos 136 DAD e  $t^{1/2}$  de 91 dias. A maior permanência do N remanescente nos resíduos de AZ pode ser atribuída, em parte, à maior quantidade de N adicionado na forma de resíduo (Tabela 2), mas também a maior relação lignina/N (6,25), teor de lignina ( $174,62 \text{ g kg}^{-1}$ ), em relação aos demais tipos de resíduos (Tabela 2) (Trinsoutrot et al., 2000; Redin et al., 2014b). Por outro lado, a menor percentagem de N remanescente nos resíduos de PE pode ser explicada, especialmente, pela diminuição das relações C/N no resíduo ao longo das épocas de coleta (Tabela 6). As percentagens intermediárias de N remanescente nos resíduos de NF podem ser atribuídas, especialmente, à relação C/N (15,16), que foi intermediária em relação aos demais resíduos.

As percentagens de P remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 5; Figura 4). A maior percentagem foi verificada nos resíduos de PE, com média de 37% e  $t^{1/2}$  de 109 dias (Tabela 5; Figura 4b), enquanto a menor foi verificada nos resíduos de NF, AZ e AB, com média 8, 5 e 3% aos 136 DAD, com o  $t^{1/2}$  de 30; 26 e 26 dias, respectivamente. Convém destacar que aos 136 DAD, os resíduos de PE depositados no solo apresentaram percentagens de P remanescente menores que 60%, indicando a liberação de mais da metade do P contido nos resíduos. O P em plantas de cobertura pode ser acumulado na forma orgânica e, especialmente, na forma solúvel inorgânica, que é rapidamente liberada durante a decomposição dos resíduos (Oliveira et al., 2017). A maior acumulação de P no período

inicial nos resíduos de PE se deve à permanência de formas de P mais recalcitrantes, sendo liberadas após a mineralização dos resíduos. Por outro lado, a menor acumulação de P no período inicial nos resíduos de NF, AZ e AB se deve à perda de P solúvel acumulada nos vacúolos dos tecidos vegetais (Bieleski, 1973; Martinez et al., 2005; Casali et al., 2011; Marschner, 2012; Oliveira et al., 2017).

As percentagens de K remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 5; Figura 4). Dos 21 até 136 DAD a percentagem não diferiu estatisticamente entre os tipos de resíduos (Tabela 5; Figura 4c). As baixas percentagens de K remanescente dos 21 aos 136 DAD, em todos os resíduos, acontece porque o K é um cátion encontrado na forma solúvel em resíduos de plantas e não está associado a nenhum componente estrutural no tecido vegetal (Boer et al., 2007; Ferreira et al., 2014b; Redin et al., 2014b; Tiecher et al., 2015), sendo por isso facilmente lixiviado dos resíduos pela água até o solo (Giacomini et al., 2003).

As percentagens de Ca remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 5; Figura 4). A maior percentagem dos 21 aos 136 DAD foi verificada nos resíduos de PE, com média de 46% aos 136 DAD, com o  $t^{1/2}$  132 dias (Tabela 5; Figura 4d). Contudo, percentuais intermediárias de Ca remanescente foram verificadas nos resíduos de AZ, com média de 39% e  $t^{1/2}$  100 dias. As menores percentagens foram observadas nos resíduos de AB e NF, com média 17 e 9% aos 136 DAD, sendo o  $t^{1/2}$  57 e 41 dias, respectivamente. A maior percentagem de Ca remanescente nos resíduos do PE pode ser explicada pelo maior  $t^{1/2}$  (132 dias) (Tabela 5), somado à quantidade inicial de Ca adicionado pelos resíduos, que foi superior aos outros resíduos, como os de AB e NF (Tabela 2). O Ca é um elemento que faz parte da composição estrutural da parede celular de células de tecidos (Taiz e Zeiger, 2004; Marschner, 2012), dificultando a sua liberação ao longo da decomposição de resíduos. As menores percentagens de Ca remanescente nos resíduos da NF podem ser explicadas devido ao menor  $t^{1/2}$  (41 dias), consequência de variáveis como menores valores de C/N (15) (Tabela 2) (Teixeira et al., 2012). Mas, para os resíduos de AB, as menores percentagens de Ca remanescente podem ser explicadas, muito provavelmente, devido a uma das menores quantidades de Ca adicionada via resíduos (Tabela 2).

As percentagens de Mg remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 5; Figura 4). A maior percentagem de Mg remanescente dos 21 aos 136 DAD foi verificada nos resíduos de PE, com média de 42% e  $t^{1/2}$  de 115 dias (Tabela 5;

Figura 4e) e percentuais intermediários foram verificados no resíduo de AZ, com média de 32% e  $t^{1/2}$  de 84 dias. As menores percentagens de Mg remanescente dos 21 aos 136 DAD foram observadas nos resíduos de AB e NF, com média de 14 e 6%, e  $t^{1/2}$  49 e 35 dias, respectivamente. Essa maior percentagem de Mg remanescente nos resíduos de PE pode ser atribuída à mineralização parcial do Mg neste tecido, porque parte do Mg pode estar ligado a constituintes estruturais (Crusciol et al., 2008; Reichert et al., 2015).

## 7. Conclusões

1. Os resíduos de nabo forrageiro mineralizaram mais N ao solo, especialmente, na forma  $N-NH_4^+$ , nas épocas próximas à deposição dos resíduos sobre a superfície do solo, o que coincide, aproximadamente, aos estágios fenológicos de brotação e floração da pereira. Os resíduos de azevém mineralizaram maiores quantidades de formas de N, especialmente,  $N-NO_3^-$ , que se refletiu no aumento dos teores de N mineral e N líquido de forma gradual ao longo do tempo, potencializando a absorção de N pelas pereiras.

2. Os resíduos de plantas espontâneas, em relação aos resíduos de nabo forrageiro, aveia branca e azevém, apresentaram o maior tempo de meia vida, o que aumenta a proteção da superfície do solo ao longo do ciclo das pereiras. Porém, os resíduos de plantas espontâneas apresentaram a menor mineralização de nutrientes ao solo e são menos indicados para contribuir para a nutrição mineral da pereira.

## 8. Referências

- Aber JD, Martin M. Leaf chemistry. 1992-1993 (ACCP). Ridge O, organizador. Oak Ridge: National Laboratory; 1999.
- Agostinetto D, Ferreira FB, Stoch G, Fernandes FF, Pinto JJO. Adaptação de espécies utilizadas para cobertura de solo no sul do Rio Grande do Sul. *Curr Agric Sci Technol*. 2012;6:47-52. doi: 10.18539/CAST.V6I1.307
- Aita C, Giacomini S. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Rev Bras Ciência do Solo*. 2003;27:601-12. doi: 10.1590/S0100-06832003000400004
- Aita C, Giacomini SJ. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. Manejo sistemas agrícolas impacto no sequestro de carbono e

nas emissões de gases efeito estufa. *Gênesis*; 2006. p. 215.

Azevedo FA, Rossetto MP, Schinor EH, Martelli IB, Pacheco CA. Influência do manejo da entrelinha do pomar na produtividade da laranja-“pera”. *RevBrasFrutic.* 2009;134–142. doi: 10.1590/S0100-29452012000100019

Barbosa FEL, Lacerda CF, Feitosa HDO, Soares I, Andrade Filho FL, Amorim AV. Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. *Rev Bras EngAgrícola e Ambient.* 2013;17:1271–77. doi: 10.1590/S1415-43662013001200004

Berg B, McClaugherty C. *Plant Litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration.* 2nd. Heidelberg: Springer-Verlag; 2008.

Bielecki RL. Phosphate Pools, Phosphate Transport, and Phosphate Availability. *AnnuRevPlantPhysiol.* 1973;24:225–52. doi: 10.1146/annurev.pp.24.060173.001301

Boer CA, Assis RL de, Silva GP, Braz AJBP, Barroso AL de L, Filho AC, Pires FR. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2007;42:1269–76. doi: 10.1590/S0100-204X2007000900008

Bressan SB, Nóbrega JCA, Nóbrega RSA, Barbosa RS, Sousa LB. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. *RevBrasEng Agrícola e Ambient.* 2013;17:371–8. doi: 10.1590/S1415-43662013000400003

Brunetto G, Ceretta CA, Bastos de Melo GW, Kaminski J, Trentin G, Giroto E, Ferreira PAA, Miotto A, Trivelin PCO. Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to “Niagara Rosada” grape nutrition. *SciHortic.* 2014a;169:66–70. doi: 10.1016/j.scienta.2014.02.019

Brunetto G, Ventura M, Scandellari F, Ceretta CA, Kaminski J, de Melo GW, Tagliavini M. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. *NutrCyclAgroecosystems.* 2011a;90:299–308. doi: 10.1007/s10705-011-9430-8

Camargo FAO, Gianello C, Vidor C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. *RevBras Ciência do Solo.* 1997;21:575–9. doi: 10.1590/S0100-06831997000400007

Cardoso DP, Silva MLN, Carvalho GJ, Freitas DA. F, Avanzi JC. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. *RevBras Ciências Agrárias.* 2013;8:375–82. doi: 10.5039/agraria.v8i3a2421

Carneiro MAC, Cordeiro MAS, Assis PCR, Moraes ES, Pereira HS, Paulino HB, Souza E. Produção de fitomassa de diferentes espécies de

- cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Bragantia*. 2008;67:455–462. doi: 10.1590/S0006-87052008000200021
- Carneiro WJO, Silva CA, Muniz JA, Savian TV. Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos. *RevBrasCiência do Solo*. 2013;37:715–25. doi: 10.1590/S0100-06832013000300018
- Casali CA, Kaminski J, Arbugeri FE, Piccin R, Doneda A. Mineralização das formas de fósforo do tecido de plantas de cobertura. *Informações Agronômicas*. 2011;135:21–4.
- Cornwell WK, Cornelissen JHC, Amatangelo K, Dorrepaal E, Eviner VT, Godoy O, Hobbie SE, Hoorens B, Kurokawa H, Pérez-Harguindeguy N, Quested HM, Santiago LS, Wardle DA, Wright IJ, Aerts R, Allison SD, van Bodegom P, Brovkin V, Chatain A, Callaghan TV, Díaz S, Garnier E, Gurvich DE, Kazakou E, Klein JA, Read J, Reich PB, Soudzilovskaia NA, Vaieretti MV, Westoby M. Plantspeciestraits are thepredominantcontrolonlitterdecomposition rates withinbiomesworldwide.*EcolLett*. 2008;11:1065–1071. doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01219.x
- Crusciol CAC, Moro E, Lima EV, Andreotti M. Taxa de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. *Bragantia*. 2008;67:481–9. doi: 10.1590/S0006-87052008000200024
- Doneda A, Aita C, Giacomini SJ, Miola ECC, Giacomini DA, Schirmann J, Gonzatto R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. *RevBras Ciência do Solo*. 2012a;36:1714–23. doi: 10.1590/S0100-06832012000600005
- Eckhardt DP, Redin M, Jacques RJS, Lorensini F, Santos ML, Weiler DA, Antonioli ZI. Mineralization and efficiency index of nitrogen in cattle manure fertilizers on the soil. *Ciência Rural*. 2016;46:472–7.
- Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. 2nd. Embrapa. Rio de Janeiro; 1997.
- Ferreira PAA, Girotto E, Trentin G, Miotto A, Melo GW, Ceretta CA, Kaminski J, Frari BK Del, Marchezan C, Silva LOS, Faversoni JC, Brunetto G. Biomassdecompositionandnutrient release from Black oatandhairyvetchesresiduesdeposited in a vineyard. *RevBras Ciência do Solo*. 2014a;38:1621–1632. doi: 10.1590/S0100-06832014000500027
- Fioreze C, Ceretta CA, Giacomini SJ, Trentin G, Lorensini F. Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos. *Ciência Rural*. 2012;42:1187–92. doi: 10.1590/S0103-84782012005000045
- Giacomini SJ, Aita C, Hübner AP, Lunkes A, Guidini E, Amaral EB do.

- Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2003;38:1097–1104. doi: 10.1590/S0100-204X2003000900011
- Giacomini SJ, Aita C, Pujol SB, Miola ECC. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2013;48:211–9. doi: 10.1590/S0100-204X2013000200012
- Giongo V, Mendes AMS, Cunha TJF, Galvão SRS. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no semiárido brasileiro. *Rev Ciência Agronômica.* 2011;42:611–8. doi: 10.1590/S1806-66902011000300006
- Gobbi E, Bertol I, Barbosa FT, Werner R de S, Ramos RR, Paz-Ferreiro J, Gebler L. Erosão hídrica associada a algumas variáveis hidrológicas em pomar de maçã submetido a diferentes manejos do solo. *Rev Bras Cienc do Solo.* 2011;35:1013–1024. doi: 10.1590/S0100-06832011000300035
- Gómez-Muñoz B, Hatch DJ, Bol R, García-Ruiz R. Nutrient dynamics during decomposition of the residues from a sown legume or ruderal plant cover in an olive oil orchard. *AgricEcosystEnviron.* 2014;184:115–123. doi: 10.1016/j.agee.2013.11.020
- Leite LFC, Oliveira FC, Araújo ASF, Galvão SRS, Lemos JO, Silva EFL. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. *Aust J Soil Res.* 2010;48:258. doi: 10.1016/j.agee.2013.11.020
- Lorensini F, Ceretta CA, Brunetto G, Cerini JB, Lourenzi CR, Conti L, Tiecher TL, Schapanski DE. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. *Rev Ceres.* 2014;61:241–247. doi: 10.1590/S0034-737X2014000200012
- Loss A, Costa EM, Pereira MG, Beutler SJ. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. *Rev la FacAgron La Plata.* 2014;113:1–8.
- Manzoni S, Jackson RB, Trofymow JA, Porporato A. The global stoichiometry of litter nitrogen mineralization. *Science.* 2008;321:684–6. doi: 10.1126/science.1159792
- Marschner P. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* Third Edition. 3rd. Marschner P, organizador. Australia: Elsevier; 2012.
- Martinez HEP, Novais RF, Rodrigues LA, Sacramento LVS do. Phosphate forms in plant and their internal buffering in five soybean cultivars. *Rev Bras Ciência do Solo.* 2005;29:249–57. doi: 10.1590/S0100-06832005000200010
- Martins RP, Comin JJ, Gatiboni LC, Soares CRF, 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*. 2014;61:587–96. doi: 10.1590/0034-737X201461040020
- Meier EA, Thorburn PJ, Wegener MK, Basford KE. The availability of nitrogen from sugarcane trash on contrasting soils in the wet tropics of North Queensland. *NutrCycl Agroecosystems*. 2006;75:101–14. doi: 10.1007/s10705-006-9015-0
- Melo GWB, Sete PB, Ambrosini VG, Freitas RF, Basso A, Brunetto G. <b>Nutritional status, yield and composition of peach fruit subjected to the application of organic compost. *Acta Sci Agron*. 2016;38:103. doi: 10.4025/actasciagron.v38i1.25638
- Minost C. *Pirus communis* L. (*Rosaceae*) [acesso em 17 jan 2013]. Disponível em: <http://www.inra.fr/hyppz/CULTURES/6c---004.htm>.
- Neto C, Carranca C, Clemente J, de Varennes A. Nitrogen distribution, remobilization and re-cycling in young orchard of non-bearing “Rocha” pear trees. *SciHortic*. 2008;118:299–307. doi: 10.1016/j.scienta.2008.06.023
- Nguyen TT, Marschner P. Soil respiration, microbial biomass and nutrient availability in soil after addition of residues with adjusted N and P concentrations. *Pedosphere*. 2017;27:76–85. doi: 10.1016/S1002-0160(17)60297-2
- Oliveira BS, Ambrosini VG, Lovato PE, Comin JJ, Ceretta CA, Santos Junior E, Santos MA, Lazzari CJR, Brunetto G. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar demacieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. *Ciência Rural*. 2014;44:2164–70. doi: 10.1590/0103-8478cr20131578
- Oliveira BS, Ambrosini VG, Trapp T, dos Santos MA, Sete PB, Lovato PE, Loss A, Comin JJ, Lourenzi CR, da Rosa Couto R, Toselli M, Brunetto G. Nutrition, productivity and soil chemical properties in an apple orchard under weed management. *NutrCycl Agroecosystems*. 2016a;104:247–58. doi: 10.1007/s10705-016-9769-y
- Oliveira RA, Brunetto G, Loss A, Gatiboni LC, Kürtz C, Müller Júnior V, Lovato PE, Oliveira BS, Souza M, Comin JJ. Cover crops effects on soil chemical properties and onion yield. *Rev Bras Ciência do Solo*. 2016b;40:1–17. doi: 10.1590/18069657rbc20150099
- Oliveira RA, Comin JJ, Tiecher T, Somavilla LM, Loss A, Lourenzi CR, Kürtz C, Brunetto G. Release of phosphorus forms from cover crop residues in agroecological no-till onion production. *Rev Bras Cienc do Solo*. 2017;41:1–16. doi: 10.1590/18069657

- Pandey CB, Chaudhari SK, Dagar JC, Singh GB, Singh RK. Soil N mineralization and microbial biomass carbon affected by different tillage levels in a hot humid tropic. *Soil Tillage Res.* 2010;110:33–41. doi: 10.1016/j.still.2010.06.007
- Paul EA, Clark FE. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. *Soil MicrobiolBiochem.* 2nd San Diego: Academic; 1996. p. 158–79.
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci.* 2007;11:1633–44. doi: 10.5194/hess-11-1633-2007
- Plaza-Bonilla D, Nolot J-M, Raffaillac D, Justes E. Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: field evidence and model simulations. *AgricEcosyst Environ.* 2015;212:1–12. doi: 10.1016/j.agee.2015.06.014
- Redin M, Guénon R, Recous S, Schmatz R, de Freitas LL, Aita C, Giacomini SJ. Carbon mineralization in soil of roots from twenty crop species, as affected by their chemical composition and botanical family. *Plant Soil.* 2014a;378:205–14. doi: 10.1007/s11104-013-2021-5
- Redin M, Recous S, Aita C, Dietrich G, Skolaude AC, Ludke WH, Schmatz R, Giacomini SJ. How the chemical composition and heterogeneity of crop residue mixtures decomposing at the soil surface affects C and N mineralization. *Soil BiolBiochem.* 2014b;78:65–75. doi: 10.1016/j.soilbio.2014.07.014
- Reichert JM, Rodrigues MF, Bervald CMP, Brunetto G, Kato OR, Schumacher MV. Fragmentation, fiber separation, decomposition, and nutrient release of secondary-forest biomass, mechanically chopped-and-mulched, and cassava production in the Amazon. *AgricEcosystEnviron.* 2015;204:8–16. doi: 10.1016/j.agee.2015.02.005
- Rosa DM, Nobrega LHP, Lima GP, Mauli MM. Desempenho da cultura do milho implantada sobre resíduos culturais de leguminosas de verão em sistema plantio direto. *Semin Ciências Agrárias.* 2011;32:1287–96. doi: 10.5433/1679-0359.2011v32n4p1287
- Santos RD, Lemos RC, Santos HG, Ker JC, Anjos LHC, Shimizu SH. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7nd. Revisada e ampliada. SBCS. Viçosa. 2015.
- Sánchez C. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnol Adv.* Elsevier Inc.; 2009;27:185–194. doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.11.001
- SAS. SAS/STAT 9.3 user's guide. Cary. Institute S, organizador. 2011.
- Scandellari F, Ventura M, Gioacchini P, VittoriAntisari L, Tagliavini M. Seasonal pattern of net nitrogen rhizodeposition from peach

- (*Prunus persica* (L.) Batsch) trees in soils with different textures. *AgricEcosyst Environ.* 2010;136:162–8. doi: 10.1016/j.agee.2009.12.017
- Séguy L, Bouzinac S, Husson O. Direct-seeded tropical soil systems with permanent soil cover. 2006.
- Sete PB, Melo GWB de, Oliveira BS, Freitas RF, Magro RD, Ambrosini VG, Trapp T, Comin JJ, Gatiboni LC, Brunetto G. Perdas de nitrogênio do solo e resposta do pessegueiro à adição de composto orgânico. *Ciência Rural.* 2015;45:651–7. doi:10.1590/0103-8478cr20131232
- Soratto RP, Crusciol CAC, Costa CHM da, Ferrari Neto J, Castro GSA. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2012;47:1462–70. doi: 10.1590/S0100-204X2012001000008
- Stanford G, Smith SJ. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci Soc Am J.* 1972;36:NP.
- Tagliavini M, Tonon G, Scandellari F, Quiñones A, Palmieri S, Menarbin G, Gioacchini P, Masia A. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. *AgricEcosyst Environ.* 2007;118:191–200. doi: 10.1016/j.agee.2006.05.018
- Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia vegetal.* Porto Alegre Artmed. 2004.
- Talbot JM, Yelle DJ, Nowick J, Treseder KK. Litter decay rates are determined by lignin chemistry. *Biogeochemistry.* 2011;108:279–95. doi: 10.1007/s10533-011-9599-6
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. *Análises de solo, planta e outros materiais.* 2nd. Porto Alegre: UFRG; 1995.
- Teixeira MB, Loss A, Pereira MG, Pimentel C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. *Rev Bras Ciência do Solo.* 2011;35:867–76. doi: 10.1590/S0100-06832011000300021
- Teixeira MB, Loss A, Pereira MG, Pimentel C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. *Idesia.* 2012;30:55–64. doi: 0.4067/S0718-34292012000100007
- Tiecher T, Oliveira LB, Caner L, Brunetto G, Bortoluzzi EC, Rheinheimer D, Casali CA, Zafar M, Tiecher TL. Cover crops affecting soil phosphorus dynamics in Brazilian highly weathered soils. In: Reuter J, organizador. *Cover Crop CultivManag Benefits.* New York, USA: Nova Science Publishers; 2015. p. 23–52.

- Torres JLR, Pereira MG. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. *Rev Bras Ciência do Solo*. 2008;32:1609-18. doi: 10.1590/S0100-06832008000400025
- Trinsoutrot I, Recous S, Bentz B, Linères M, Chêneby D, Nicolardot B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. *Soil Sci Soc Am J*. 2000;64:918. doi: 10.2136/sssaj2000.643918x
- Vahdat E, Nourbakhsh F, Basiri M. Lignin content of range plant residues controls N mineralization in soil. *Eur J Soil Biol. Elsevier Masson SAS*; 2011;47:243–6. doi: 10.1016/j.ejsobi.2011.05.001
- Ventura M, Scandellari F, Bonora E, Tagliavini M. Nutrient release during decomposition of leaf litter in a peach (*Prunus persica* L.) orchard. *NutrCycl Agroecosystems*. 2009;87:115–25. doi: 10.1007/s10705-009-9317-0
- Wider RK, Lang GE. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*. 1982;63:1636-42. doi:10.2307/1940104
- Wolschick NH, Barbosa FT, Bertol I, Santos KF dos, Werner R de S, Bagio, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. *Rev Ciências Agroveterinárias*. 2016;15:134–43. doi: 10.5965/223811711522016134.

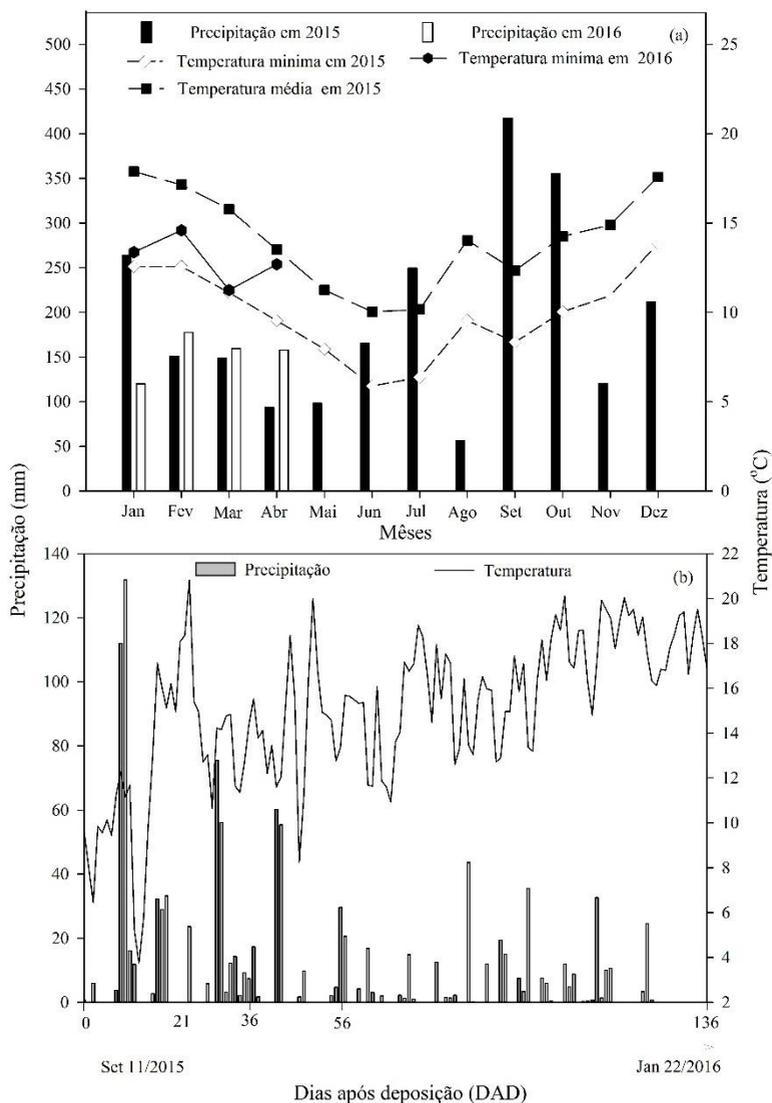


Figura 1. Precipitação e temperatura mínima mensais em 2015 e 2016, e média mensal em 2015 (a); Precipitação e temperaturas médias diárias aos 0, 21, 36, 56, e 136 dias após a deposição (DAD) das bolsas de decomposição no experimento 2 (b).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo Cambissolo Húmico cultivado com pereira, usado nos experimentos 1 e 2.

Atributos	
Argila, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	450,0
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	40,0
pH em H <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>	6,3
N total, mg kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	345,7
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	66,4
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	64,9
P disponível, mg kg <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	4,2
K disponível, mg kg <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	60,0
Ca trocável, cmolc kg <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup>	6,5
Mg trocável, cmolc kg <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup>	3,5
Al trocável, cmolc kg <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup>	0,0
CTC <sub>pH 7,0</sub> , cmolc kg <sup>-1</sup> <sup>(5)</sup>	10,2
CTC <sub>efetiva</sub> , cmolc kg <sup>-1</sup> <sup>(5)</sup>	10,2

<sup>(1)</sup> Determinado segundo EMBRAPA (1999); <sup>(2)</sup> Determinado segundo Tedesco et al. (1995); <sup>(3)</sup> Extraído por Mehlich-1 (Tedesco et al., 1995); <sup>(4)</sup> Extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Tedesco et al., 1995); <sup>(5)</sup> Calculado de acordo com CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 2. Características químicas dos resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e espécies de plantas espontâneas (PE), usados no experimento 1 e 2; e quantidade de matéria seca e nutrientes adicionados no experimento 2.

	AB	NF	AZ	PE
Celulose, g kg <sup>-1(1)</sup>	252,23 ± 2,29	381,03 ± 3,76	207,54 ± 8,04	110,02 ± 1,81
Lignina, g kg <sup>-1(1)</sup>	111,78 ± 5,19	54,22 ± 1,23	174,62 ± 5,99	334,62 ± 2,01
Biomassa não estrutural, g kg <sup>-1(1)</sup>	504,10 ± 4,97	564,8 ± 3,61	532,4 ± 7,97	542,97 ± 2,16
Relação celulose/lignina	2,26 ± 1,37	7,03 ± 2,24	1,19 ± 0,97	0,33 ± 0,07
Carbono orgânico total, g kg <sup>-1(2)</sup>	430,70 ± 0,37	409,48 ± 0,45	416,42 ± 1,47	389,71 ± 1,07
N total, g kg <sup>-1(2)</sup>	18,08 ± 0,41	27,01 ± 0,52	27,94 ± 0,47	34,18 ± 0,64
Relação lignina/N	6,18 ± 1,21	2,16 ± 0,28	6,25 ± 1,12	10,23 ± 0,90
Relação C/N	23,82 ± 5,48	15,16 ± 1,75	14,90 ± 2,27	11,40 ± 2,21
Ca total, g kg <sup>-1(2)</sup>	1,95 ± 0,07	7,55 ± 0,19	2,62 ± 0,11	4,53 ± 0,01
Mg total, g kg <sup>-1(2)</sup>	1,35 ± 0,03	3,66 ± 0,03	3,04 ± 0,25	2,59 ± 0,01
K total, g kg <sup>-1(2)</sup>	9,32 ± 0,39	18,80 ± 0,09	13,38 ± 0,15	12,16 ± 0,01
P total, g kg <sup>-1(2)</sup>	8,00 ± 0,20	17,66 ± 0,62	12,60 ± 0,11	13,30 ± 0,08
Quantidade adicionada (kg ha <sup>-1</sup> )				
Matéria Seca (MS)	4000,00	4500,00	4000,00	2650,00
Carbono orgânico total	1722,80	1844,10	1665,60	1032,70
N total	72,40	121,50	111,60	90,63
P total	32,00	70,65	50,40	32,33
K total	37,20	84,60	53,60	76,00
Ca total	7,60	33,75	10,40	11,92
Mg total	5,20	16,20	12,00	6,89

<sup>(1)</sup> Segundo metodologia proposta por Aber & Martin (1999). <sup>(2)</sup> De acordo com metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Tabela 3. Resumo da ANOVA sobre os efeitos dos tratamentos, dias após a incubação e interação entre tratamentos e dias após a incubação, das variáveis  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , N mineral e N líquido no solo usado no experimento 1.

	Grau de liberdade	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	N mineral	N líquido
Tratamentos (A)	4	<0,0001 <sup>(1)</sup>	<0,0001	<0,0001	>0,1211 <sup>(2)</sup>
Dias após a incubação (B)	3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0008
Resíduo	60	-	-	-	-
A x B	12	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0114

<sup>(1)</sup> Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>(2)</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

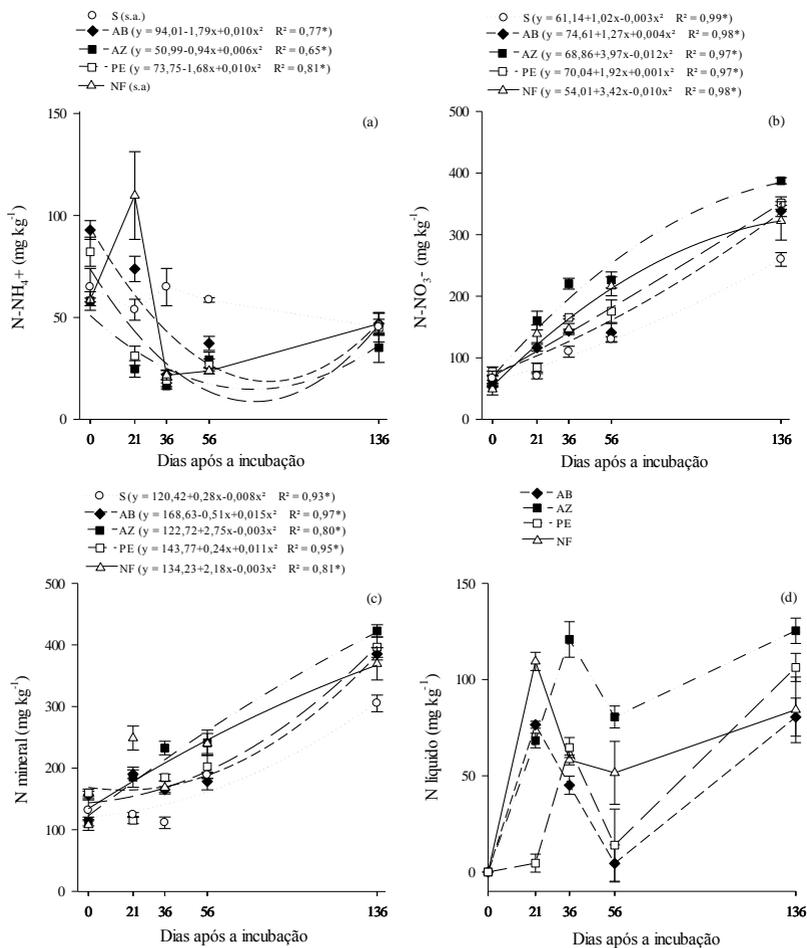


Figura 2. Teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (a), N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (b), N mineral (c) e N líquido (d), no solo (S) sem deposição de resíduos e com deposição de resíduos de aveia-branca (AB), azevém (AZ), nabo-forrageiro (NF) e plantas espontâneas (PE), ao longo de 136 dias de incubação. (\* Significativo a 5% de probabilidade; As barras verticais indicam o erro padrão, s.a = sem ajuste de regressão).

Tabela 4. Parâmetros dos valores ajustados ( $X=X_0e^{-kt}$ ) aos valores de matéria seca (MS) remanescente, carbono orgânico total (COT), lignina (Lig), celulose (Cel), biomassa não estrutural (Bio); o tempo de meia-vida ( $t^{1/2}$ ) e a constante de decomposição (k) de cada compartimento, e valores de  $R^2$  para os resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira.

Parâmetros da equação de decomposição				
	$X_0^{(2)}$	k <sup>(3)</sup>	$t^{1/2(4)}$	$R^2$
	Matéria seca remanescente			
	%	g g <sup>-1</sup>	dias	
AB	95,05 a	0,025 a	27 c	0,93**
NF	87,95 b	0,009 b	69 ab	0,87**
AZ	95,05 a	0,013 b	52 b	0,96**
PE	100,25 a	0,010 b	73 a	0,98**
CV (%)	2,36	10,82	11,06	
	COT remanescente			
AB	99,67 a	0,037 a	18 b	0,94**
NF	99,33 ab	0,035 a	22 b	0,83**
AZ	104,67 a	0,024 ab	28 b	0,89**
PE	92,67 b	0,006 b	112 a	0,87**
CV (%)	2,40	32,02	30,26	
	Celulose remanescente			
AB	98,47 a	0,05a	14 b	0,98**
NF	93,95 a	0,03 b	25 a	0,91**
AZ	95,19 a	0,02 b	28 a	0,95**
PE	98,12 a	0,02 b	31 a	0,83**
CV (%)	2,03	12,17	13,43	
	Lignina remanescente			
AB	99,78 a	0,08a	9 b	0,99**
NF	103,65 a	0,01 c	77 a	0,92**
AZ	99,63 a	0,08 a	9 b	0,98**
PE	98,57 a	0,04 b	18 b	0,98**
CV (%)	3,41	10,19	34,58	
	Biomassa não estrutural remanescente			
AB	90,52 b	0,01 a	68 b	0,88**
NF	90,99 b	0,007 ab	113 ab	0,88**
AZ	105,42 a	0,007 ab	93 ab	0,93**
PE	111,59 a	0,005 b	135 a	0,93**
CV (%)	17,68	19,05	17,77	

\*\* significativo a 5% de probabilidade; <sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo; <sup>(2)</sup> Quantidade inicial; <sup>(3)</sup> Constante de decomposição e <sup>(4)</sup> Tempo de meia vida.

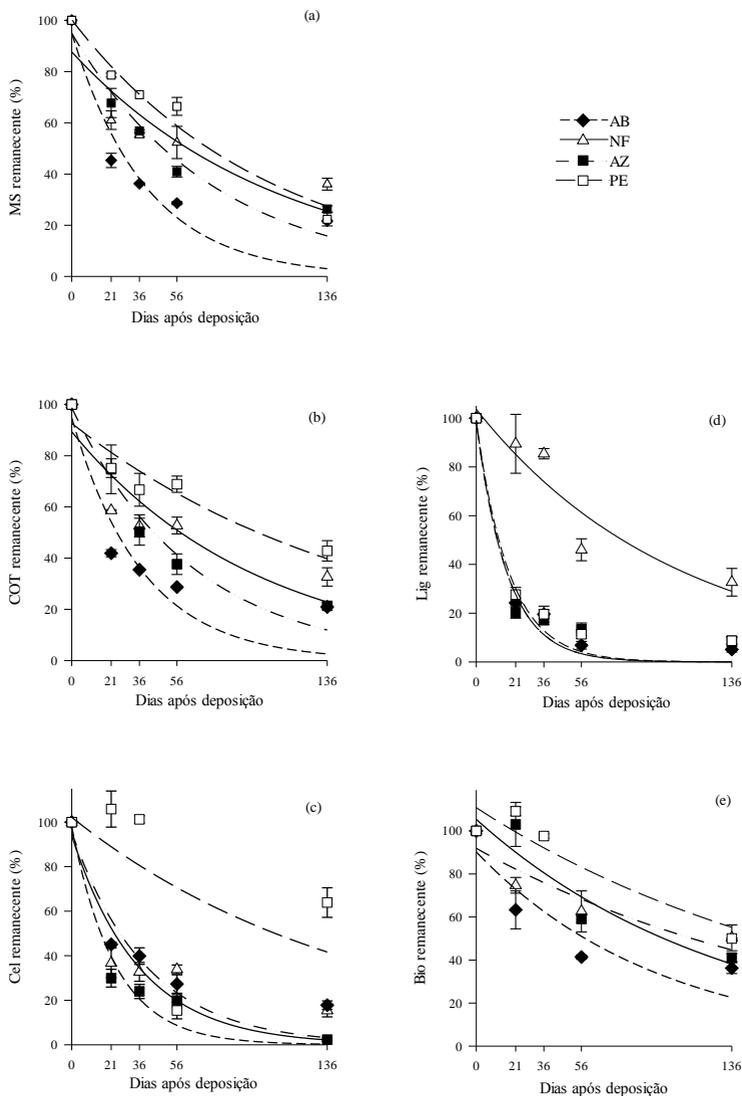


Figura 3. Percentagem remanescente de matéria seca (MS) (a), carbono orgânico (COT) (b), celulose (Cel) (c), lignina (Lig) (d) e biomassa não estrutural (Bio), em resíduos de aveia branca (AB), nabo-forageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira. As barras verticais representam erro padrão.

Tabela 5. Parâmetros dos valores ajustados ( $X=X_0e^{-kt}$ ) aos valores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg); o tempo de meia-vida ( $t^{1/2}$ ) e a constante de decomposição (k) em cada compartimento, e valores de  $R^2$  para os resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira.

Parâmetros da equação de decomposição				
	$X_0^{(2)}$	$k^{(3)}$	$t^{1/2(4)}$	$R^2$
		N remanescente		
	%	g g <sup>-1</sup>	dias	
AB	85,50 a	0,012 ab	58 ab	0,81**
NF	86,50 a	0,011 ab	67 ab	0,83**
AZ	90,35 a	0,014 a	48 b	0,91**
PE	88,25 a	0,008 b	91 a	0,81**
CV (%)	3,96	14,77	21,19	
		P remanescente		
AB	94,67 ab	0,027 a	26 b	0,93**
NF	95,00 ab	0,023 a	30 b	0,95**
AZ	96,67 a	0,041 a	26 b	0,95**
PE	88,67 b	0,006 a	109 a	0,88**
CV (%)	2,44	77,76	24,45	
		K remanescente		
AB	100,00 a	0,064 a	11 a	0,99**
NF	100,00 a	0,089 a	8 a	0,99**
AZ	100,00 a	0,079 a	9 a	0,99**
PE	99,67 a	0,075 a	9 a	0,99**
CV (%)	0,29	15,85	15,95	
		Ca remanescente		
AB	89,31 ab	0,012 a	57 c	0,86**
NF	91,27ab	0,017 a	41 c	0,89**
AZ	100,15 a	0,007 b	100 b	0,87**
PE	90,47	0,002 b	132 a	0,83**
CV (%)	5,13	9,37	7,56	
		Mg remanescente		
AB	98,67 a	0,015 a	49 c	0,96**
NF	102,00 a	0,022 a	31 c	0,92**
AZ	99,00 a	0,008 b	84 b	0,94**
PE	86,46 b	0,01 b	115 a	0,85**
CV (%)	3,10	21,65	9,25	

\*\*significativo a 5% de probabilidade; <sup>(1)</sup> Média seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo; <sup>(2)</sup> Quantidade inicial; <sup>(3)</sup> Constante de decomposição e <sup>(4)</sup> Tempo de meia vida.

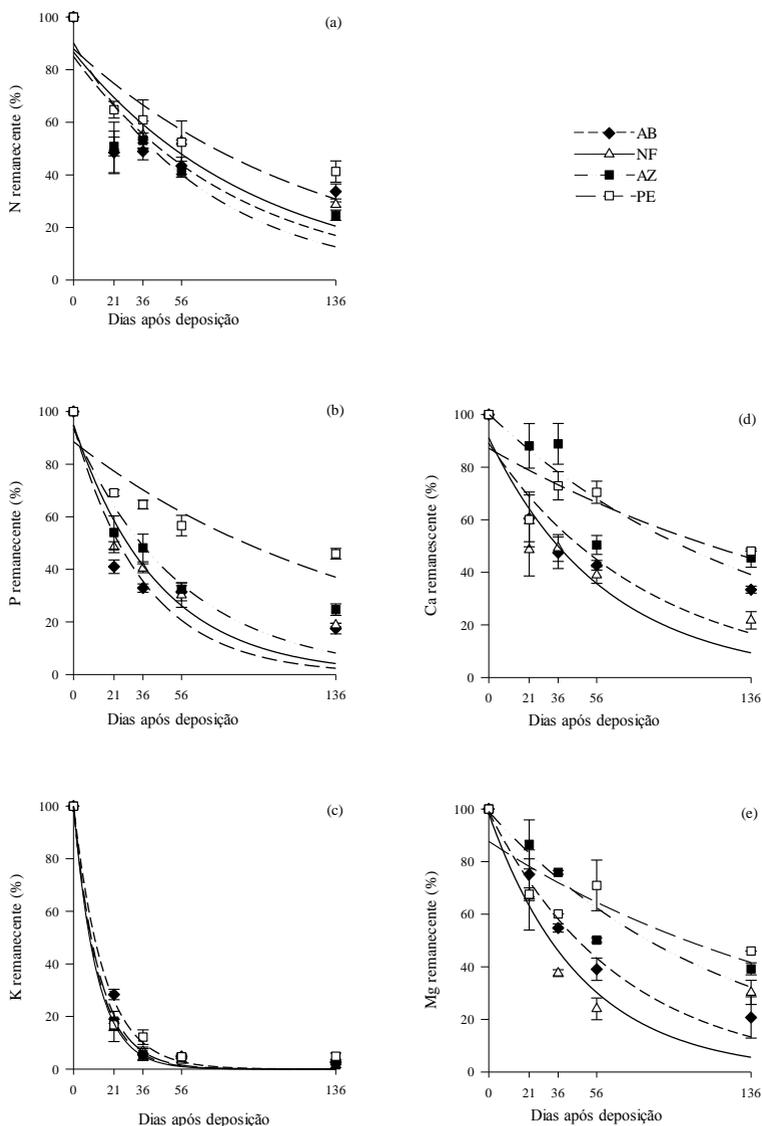


Figura 4. Percentagem remanescente de nitrogênio (N) (a), fósforo (P) (b), potássio (K) (c), cálcio (Ca) (d) e magnésio (Mg) (e), em resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira. As barras verticais representam erro padrão.

Tabela 6. Relação C/N da matéria seca remanescente dos resíduos de aveia branca (AB), nabo-forageiro (NF), azevém (AZ) e plantas espontâneas (PE), depositados na linha de plantio em pomar de pereira.

Tratamentos	Dias após deposição das bolsas de deposição (DAD)				
	0	21	36	56	136
AB	23,82 a	21,38 a	17,40 a	15,92 a	14,99 a
NF	15,16 a	19,96 a	14,54 a	15,52 a	17,43 a
AZ	14,90 a	21,18 a	13,83 a	13,28 a	12,59 a
PE	11,40 a	14,97 a	15,87 a	16,38 a	14,73 a
CV (%)	24,42	21,21	17,74	16,76	30,50

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

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos de nabo forrageiro, em relação àqueles de plantas espontâneas, aveia branca e azevém, mineralizaram N, incrementando, especialmente,  $\text{N-NH}_4^+$  no solo, em épocas próximas à deposição dos resíduos sobre a superfície do solo, o que coincide, aproximadamente, com a brotação e floração da pereira, estágios fenológicos onde acontece a emissão de raízes jovens, com coloração branca e responsáveis pela absorção de água e nutrientes, entre eles, de N. No caso desse  $\text{N-NH}_4^+$  ser absorvido pelas pereiras, se espera incremento do teor de N no interior das plantas, contribuição com o seu crescimento e até produtividade. Porém, o  $\text{N-NO}_3^-$  é a forma mais estável de N no solo e, muito por isso, é a mais absorvida pelas frutíferas. Mas, caso as pereiras não absorvam o  $\text{N-NH}_4^+$  do solo derivado dos resíduos de nabo forrageiro, ele tende a ser nitrificado, incrementando os teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , que poderá ser absorvido pelas pereiras ou plantas que co-habitam os pomares. Mas também poderá ser perdido, especialmente nos solos do Planalto de Santa Catarina, por escoamento superficial, e também, provavelmente em menor quantidade, por volatilização e lixiviação. Para comprovar esta contribuição do N derivado da decomposição de resíduos de nabo forrageiro para a pereira, novos estudos são necessários, preferencialmente aqueles onde os resíduos das plantas de cobertura são marcados com isótopos de  $^{15}\text{N}$  e adicionados sobre o solo do pomar. Com o uso desta técnica será possível acompanhar o destino do N do resíduo na pereira e no solo.

Com relação às espécies de plantas de cobertura usadas no presente estudo, verificou-se que os resíduos de azevém incrementam, especialmente,  $\text{N-NO}_3^-$  no solo, o que se refletiu, por exemplo, no aumento dos teores de N mineral, e de forma mais gradual ao longo do tempo. Com isso, se espera que parte das formas de N derivadas da decomposição dos resíduos de azevém possa ser absorvida pela pereira ao longo dos estágios fenológicos do período vegetativo-produtivo. Porém, alguns estágios fenológicos neste período possuem baixa demanda de N e parte desse N se não absorvido pela pereira, poderá ser perdido ao ambiente, o que não é desejável.

Os resíduos de plantas espontâneas, em comparação aos resíduos de nabo forrageiro, aveia branca e azevém, apresentaram o maior tempo de meia vida, o que aumenta a proteção da superfície do solo ao longo do ciclo das pereiras, demonstrando que a manutenção de plantas espontâneas em pomares, que é uma estratégia de baixo custo,

especialmente, porque não há necessidade de aquisição de semente e aplicação de fertilizantes, pode dissipar a energia cinética da gota da chuva e diminuir a erosão hídrica, o que é desejável em pomares, especialmente, aqueles localizados em relevo ondulado, o que é o caso de vários pomares do Planalto Catarinense. Porém, esses resíduos apresentam menor mineralização de nutrientes ao solo, e caso a opção do fruticultor seja promover maior ciclagem de nutrientes no pomar de pereira, com o potencial de parte dos nutrientes ser absorvida posteriormente pelas pereiras contribuir para a nutrição mineral delas, convém implantar nabo forrageiro, aveia branca e azevém nos pomares. Ademais, os resíduos de aveia branca e azevém por conta da sua constituição bioquímica, também persistem no solo e promovem a sua proteção ao longo do tempo, diferente do que acontece com os resíduos de nabo forrageiro, que persistem por um período muito pequeno.

## 10. REFERÊNCIAS GERAIS

AITA, C & GIACOMINI, S. J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: Manejo de sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. 1º. ed. **Gêneseis**, 2006. p. 215.

AS-RS. **Banana, Pera e Noz**. Acessado em: 20 de outubro de 2016. Disponível em: <[http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=819&cod\\_menu=817&tipo\\_menu=ECONOMIA&cod\\_conteudo=1604](http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1604)>.

AZEVEDO, F. A.; ROSSETTO, M. P.; SCHINOR, E. H.; MARTELLI, I. B.; PACHECO, C.A. Influência do manejo da entrelinha do pomar na produtividade da laranjeira-’Pera’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 134–142, 2012.

BAKER III, T.; LOCKABY, B. G.; CONNER, W. H.; MEIER, C. E.; STANTURF, J. A.; BURKE, M. K. Leaf litter decomposition and nutrient dynamics in four southern forested flood plain communities. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 4, p. 1334–1347, 2001.

BALBINOT, M.; FELDMANN, N.; RHODEN A.; MUHL, F. R. Controle de plantas daninhas da fruticultura através de plantas de cobertura no manejo do solo. **2º Simpósio de Agronomia e Tecnologia em Alimentos**, p. 1–5, 2007.

BALBINOT, M. **Manejo do dolo e componentes do rendimento de pomar de pessegueiro**. Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2011.

BALBINOT-JR, A. A.; MORAES, A.; BACKES, R. L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 473–480, 2007.

BALDI, E.; TOSELLI, M.; MARCOLINI, G.; QUARTIERI, M.; CIRILLO, E.; INNOCENTI, A.; MARANGONI, B. Compost can successfully replace mineral fertilizers in the nutrient management

of commercial peach orchard. **Soil Use and Management**, v. 26, n. 3, p. 346–353, 2010.

BETTONI, J. C.; FELDBERG, N. P.; NAVA, G.; VEIGA, M. da; WILDNER, L. do P. Vegetative, productive and qualitative performance of grapevine “Cabernet Sauvignon” according to the use of winter cover crops. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 538–544, 2016.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L., FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269–1276, 2007.

BONANOMI, G.; INCERTIA, G.; GIANNINO, F.; MINGOIA, A.; LANZOTTIC, V.; MAZZOLENIA, S. Litter quality assessed by solid state <sup>13</sup>C NMR spectroscopy predicts decay rate better than C/N and Lignin/N ratios. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 56, p. 40–48, 2013.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 897–903, 2000.

BRAVO, K.; TOSELLI, M.; BALDI, E.; MARCOLINI, G.; SORRENTI, G.; QUARTIERI, M.; MARANGONI, B. Effect of organic fertilization on carbon assimilation and partitioning in bearing nectarine trees. **Scientia Horticulturae**, v. 137, p. 100–106, 2012.

BRUNETTO, G.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. de; TAGLIAVINI, M. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 90, n. 3, p. 299–308, 2 abr. 2011.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B. de; KAMINSKI, J.; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; FERREIRA, P. A.

A.; MIOTTO, A.; TRIVELINE, P. C. O. Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to “Niagara Rosada” grape nutrition. **Scientia Horticulturae**, v. 169, p. 66–70, 2014.

BURGESS, M. S.; MEHUYS, G. R.; MADRAMOOTOO, C. A. Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, n. 4, p. 1350, 2002.

CABRERA, M. L.; KISSEL, D. E.; VIGIL, M. F. Nitrogen mineralization from organic residues. **Journal of Environment Quality**, v. 34, n. 1, p. 75, 2005.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 4, p. 575–579, 1997.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J. de; FREITAS, D. A. F. de; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

CARRANCA, C.; CARRANCA, C.; VARENNE, A. de; CLEMENTE, J.; SOBREIRO, J. Mineralization of soil residues, microbial abundance and dehydrogenase activity in sandy soil under till and no till. **Management in Agrosystems in Relation to the Water Framework Directive**, p 154, 2005.

CONSTANTIN, J.; BEAUDOIN, N.; LAURENT F.; COHAN, JP.; DUYME, F.; MARY B. Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization. **Plant and Soil**, v. 341, n. 1–2, p. 137–154, 2011.

CORTEZ, J.; EMARD, J.M.; BOTTNER, P.; MONROZIER, L. J. Decomposition of mediterranean leaf litters: a microcosm experiment investigating relationships between decomposition rates and litter quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, n. 4–5, p. 443-452, 1996.

CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10°. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. do V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 161–168, 2005.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. do V.; ANDREOTTI, M. Taxa de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

SÁ, J. C. M. de; CERRIA, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; FILHO, S. P. V.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a brazilianOxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 5, p. 1486, 2001.

EISSENSTAT, D. M. Dinamica di crescita dell'eradicinelle colture da frutto. **ItalusHortus**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2007.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Comunicado técnico 133**, 2013.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina. **Sistema anual da agricultura de Santa Catarina 2015-2016**, 2016.

FAORO, I. D.; ORTH, A. I. A cultura da pereira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 1-2, 2010.

FAOSTAT. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Acesso em: 20 de setembro de 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/servlet/>>.

FERREIRA, P. A. A.; GIROTTI, E.; TRENTIN, G.; MIOTTO, A.; MELO, G. W. DE; CERETTA, C. ALBERTO; J. K.; FRARI,

B. K. D.; MARCHEZAN, C.; SILVA, L. O. S.; FAVERSANI, J. C.; BRUNETTO, G. Biomass decomposition and nutrient release from black oat and hairy vetch residues deposited in a vineyard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1621–1632, 2014.

FEPAGRO. Fundação de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul. Comportamento de cultivares de pereira na região serrana do Rio Grande do Sul. **Boletim n° 9**, p. 1-27, 1999.

FIGLIAREZZA, C.; CERETTA, C. A.; GIACOMINI, S. J.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F. Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1187–1192, 2012.

GOMES, F. R. C.; FACHINELLO, J. C.; MEDEIROS, A. R. M. DE; GIACOBBO, C. L.; SANTOS, I. P. Influência do manejo do solo e da intensidade de raleio de frutas, no crescimento e qualidade de pêssegos, cvs. Cerrito e Chimarrita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 60–63, abr. 2005.

GÓMEZ-MUÑOZ, B.; HATCHB, D. J.; BOLC, R.; GARCÍA-RUIZA, R. Nutrient dynamics during decomposition of the residues from a sown legume or ruderal plant cover in an olive oil orchard. **Agriculture, EcosystemsandEnvironment**, v. 184, p. 115–123, 2014.

HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; NETO, A. L. V.; 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, p. 1549–1555, 2011.

HUANG, J.; WANGA, J.; ZHAO, X.; WU, P.; QI, Z.; LI, H. Effects of permanent ground cover on soil moisture in jujube orchards under sloping ground: A simulation study. **AgriculturalWater Management**, v. 138, p. 68–77, 2014.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Acesso em: 22 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010RgaAdAgsn.asp>>.

LIMA, J. D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R. K.; SOLIMAN, E. P.; MORAES, W. S. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanussativus* L.) e da nabiça (*Raphanusraphanistrum*L.) como adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 60–63, 2007.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SCHAPANSKI, D. E. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 241–247, abr. 2014.

MARTINS, R. P.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C.; SOARES, C. R. F.; 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. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 587–596, ago. 2014.

NETO, C. & CARRANCA, C.; CLEMENTE, J. Senescent leaf decomposition in a Mediterranean pear orchard. **European Journal of Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 34–40, 2009.

NGUYEN, T. T.; MARSCHNER, P. Soil respiration, microbial biomass and nutrient availability in soil after addition of residues with adjusted N and P concentrations. **Pedosphere**, v. 27, n. 1, p. 76–85, 2017.

NUNES, U. R.; JÚNIOR, V. C. A.; SILVA, E. DE B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 943–948, 2006.

OLIVEIRA, B. S.; AMBROSINI, V. G.; TRAPP, T.; SANTOS, M.A. DOS; SETE, P. B.; LOVATO, P.E.; LOSS, A.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; COUTO, R. DA R.; TOSELLI, M.; BRUNETTO, G. Nutrition, productivity and soil chemical properties in an apple orchard under weed management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 104, n. 2, p. 247–258, 2016a.

OLIVEIRA, R. A. de; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L. C.; KÜRTZ, C.; MÜLLER, V.; LOVATO, P.E.; OLIVEIRA, B. S.;

SOUZA, M.; COMIN, J. J. Cover crops effects on soil chemical properties and onion yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1–17, 2016b.

PASA, M. DA S.; FACHINELLO, J. C.; SCHMITZ, J. D.; SOUZA, A. L. K. de; FRANCESCHI, É. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de peras sobre porta-enxertos de marmeleiro e *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 873-880, 2012.

PELIZZA, T. R.; MAFRA, A. L.; AMARANTE, C. V. T. DO; NOHATTO, M. A.; VARGAS, L. Coberturas do solo e crescimento da macieira na implantação de um pomar em sistema orgânico de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 739–748, 2009.

ROSA, J. D.; MAFRA, A. L.; MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MIQUELLUTI, D. JOSÉ; M. A. N.; FERREIRA, E. Z.; OLIVEIRA, O. L. P. Soil physical properties and grape yield influenced by cover crops and management systems. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 37, p. 1352–1360, 2013.

ROSSI, A.; RUFATO, L.; GIACOBBO, C. L.; COSTA, V. B.; VITTI, M. R.; MENDEZ, M. E. G.; FACHINELLO, J. C. Diferentes manejos da cobertura vegetal de aveia preta em pomar no sul do Brasil. **Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 457–463, 2007.

SANTOS, R.; SIQUEIRA, R. DE G.; LIMA, C. T. DE A.; ALMEIDA, A. R.; PEDROSA, A. W.; OLIVEIRA, C. S. Decomposição e liberação de nitrogênio de duas espécies de adubos verdes manejados no período seco em cafezal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 1342–1345, 2009.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; HUSSON, O. Direct-seeded tropical soil systems with permanent soil cover: Learning from Brazil experience, **Biological Approaches to Sustainable Soil Systems**, p. 323–342, 2006.

SETE, P. B.; MELO, G. W. B.; OLIVEIRA, B. S.; FREITAS, R. F.; MAGRO, R. D.; AMBROSINI, V. G.; TRAPP, T.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C., BRUNETTO, G. Perdas de nitrogênio do solo e resposta do pessegueiro à adição de composto orgânico. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 651–657, 2015.

STANFORD, G. & SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, n. 3, p.1-26, 1972.

TAGLIAVINI, M.; TONON, G.; SCANDELLARI, F.; QUIÑONES, A.; PALMIERI, S.; MENARBIN, G.; GIOACCHINI, P.; MASIA, A. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. **Agriculture, Ecosystems&Environment**, v. 118, n. 1–4, p. 191–200, 2007.

TAIZ, L.& ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5°. ed. Porto Alegre: Artmed; 2013.

THORUP-KRISTENSEN, K.; MAGID, J.; JENSEN, L. S. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. **Advances in Agronomy**.v. 79, p. 227–302 2003.

TIAN, G. Effect of soil degradation on leaf decomposition and nutrient release under humid tropical conditions. **Soil Science**, v. 163, p. 897–906, 1998.

TOSTI, G.; BENINCASA, P.; FARNESELLI, M.; TEI, F.; GUIDUCCI, M. Barley–hairy vetch mixture as cover crop for green manuring and the mitigation of N leaching risk. **European Journal of Agronomy**, v. 54, p. 34–39, 2014.

VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; BONORA, E.; TAGLIAVINI, M. Nutrient release during decomposition of leaf litter in a peach (*Prunus persica* L.) orchard. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 87, n. 1, p. 115–125, 2010.

XILOYANNIS, C.; FIORE, A.; MININNI, A. N.; XYLOGIANNIS, E.; MONTANARO, G.; DICHIO, B. Effect of

sustainable production systems on carbon and water footprint in fruit tree orchards. **Acta Horticulturae**, n. 1130, p. 19–24, 2016.

ZALAMENA, J.; CASSOL, P. C.; BRUNETTO, G.; GROHSKOPF, M. A.; MAFRA, M. S. H. Estado nutricional, vigor e produção em videiras cultivadas com plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1190–1200, 2013.

## ANEXO

Tabela 7 - Quantidades de matéria seca, N, P, K, Ca e Mg, em resíduos de aveia branca (AB), nabo-forrageiro (NF), azevém (AZ) e espécies de plantas espontâneas (PE), depositadas na linha de plantio em pomar de pereira.

	Dias após decomposição				
	0	21	36	56	136
	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )				
AB	4000,00 a	3229,17 a	2583,33 a	2041,67 a	1541,67 a
NF	4500,00 a	2187,50 b	1979,17 b	1875,00 a	1291,67 a
AZ	4000,00 a	3104,17 a	2604,17 a	1875,00 a	1208,33 a
PE	2650,00 b	2145,83 b	1937,50 b	1812,50 a	1395,83 a
CV(%)	3,43	11,48	1,36	12,02	12,24
	N (kg ha <sup>-1</sup> )				
AB	132,99 a	62,55 a	63,10 a	56,00 a	43,42 a
NF	95,52 a	48,82 a	53,43 a	51,14 a	27,82 a
AZ	128,74 a	65,07 a	68,00 a	52,77 a	31,60 a
PE	88,38 a	57,67 a	54,36 a	46,67 a	41,53 a
CV(%)	29,02	22,12	20,23	15,30	18,06
	P (kg ha <sup>-1</sup> )				
AB	70,77 ab	22,68 a	17,93 a	18,34 a	10,02 b
NF	77,72 a	45,73 a	43,06 a	39,77 a	34,02 a
AZ	57,68 b	31,20 a	27,81 a	18,74 a	14,25 b
PE	36,38 c	25,09 a	24,52 a	18,88 a	18,34 b
CV(%)	11,08	45,82	54,04	69,81	9,98
	K (kg ha <sup>-1</sup> )				
AB	90,34 a	17,67 a	2,51 a	2,93 a	1,11 a
NF	67,45 b	10,92 ab	4,52 a	1,56 a	1,75 a
AZ	61,03 b	0,83 ab	3,40 a	2,82 a	0,35 a
PE	33,20c	11,16 b	4,03 a	1,55 a	2,97 a
CV(%)	9,01	30,68	49,56	40,71	80,74
	Ca (kg ha <sup>-1</sup> )				
AB	14,61 a	8,42 a	6,60 b	5,94 b	4,65 a
NF	27,24 a	13,15 a	13,33 a	10,54 a	5,88 a
AZ	11,99 a	7,24 a	10,80 ab	8,39 ab	6,32 a
PE	12,35 a	7,43 a	8,35 b	9,35 ab	6,62 a
CV(%)	38,19	37,50 a	17,59	19,11	16,59
	Mg (kg ha <sup>-1</sup> )				
AB	11,92 a	4,12 a	3,33 d	2,53 b	0,90 c
NF	13,03 a	4,22 a	2,35 c	1,50 b	1,89 bc
AZ	7,44 b	5,73 a	4,78 a	3,08 ab	2,54 ab
PE	7,09 b	4,22 a	4,26 b	4,43 a	3,49 a
CV(%)	10,78	18,88	1,98	21,09	20,77

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

