

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

**Bruno Salvador Oliveira**

**FONTES DE NITROGÊNIO E MANEJO DE PLANTAS  
ESPONTÂNEAS EM POMAR DE MACIEIRA**

**Florianópolis  
2015**



BRUNO SALVADOR OLIVEIRA

**FONTES DE NITROGÊNIO E MANEJO DE PLANTAS  
ESPONTÂNEAS EM POMAR DE MACIEIRA**

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: Prof. Dr. Arcangelo Loss

FLORIANÓPOLIS

2015

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

Oliveira, Bruno Salvador  
Resposta das macieiras [dissertação] / Bruno Salvador Oliveira;  
orientador, Gustavo Brunetto. - Florianópolis, SC, 2015.  
73 p.: grafs., tabs.

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

Inclui referências

1. Adubação nitrogenada. 2. N mineral. 3. Produção de frutos  
4. Contaminação. 5. Malus domestica I. Brunetto, Gustavo. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-  
Graduação em Agroecossistemas. III. Título.

CDU

**“ FONTES DE NITROGÊNIO E MANEJO DE PLANTAS ESPONTÂNEAS EM POMAR DE MACIEIRA ”**

*Por*

**BRUNO SALVADOR OLIVEIRA**

Dissertação julgada adequada, em 20 de fevereiro de 2015, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.

---

Prof. Dr. Ademir Antônio Cazella  
Coordenador do PGA

---

Prof. Dr. Gustavo Brunetto  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Maria

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Gustavo Brunetto  
Presidente  
(CCR-UFSC)

---

Prof. Dr. Paulo Emilio Lovato  
Membro  
(CCA-UFSC)

---

Dr. Cledimar Rogério Lourenzi  
Membro  
(CCA-UFSC)

---

Dr<sup>a</sup>. Marlise Nara Ciot  
Membro  
(Epagri)

Florianópolis, fevereiro de 2015.



## DEDICO

A meus pais, Sálvio e Suzi e a  
minha esposa Regiane, pelo amor, de-  
dicação e companheirismo.



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sálvio e Suzi pela excelente educação, conselhos, apoio, contribuição financeira e, por tudo, que me proporcionaram de forma incondicional para que eu pudesse concretizar mais essa etapa da minha vida.

Ao meu irmão Hugo, pela amizade e cumplicidade em grande parte da minha vida.

Aos meus tios, Inacio, Francisca, Sônia, Flávio e Janaina que sempre estiveram comigo.

Aos meus avôs, Floripa, Salvato, Maria de Lurdes e José, pela história de vida e por muitos ensinamentos repassados.

Ao Prof. Gustavo Brunetto pela orientação, amizade, incentivo, ensinamentos, conselhos, exemplo de dedicação ao ensino superior e, sobretudo, pela confiança depositada em mim na realização dos experimentos, nas análises de laboratório, bem como nas demais atividades da minha dissertação.

Aos meus co-orientadores, Profs. Jucinei José Comin e Arcangelo Loss pela amizade e valiosa colaboração na realização dos experimentos.

Ao Prof. Carlos Alberto Ceretta, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por viabilizar os lisímetros usados nos Estudos 1 e 2 da presente Dissertação.

Ao Pesq. Dr. George Wellington Bastos de Melo, da Embrapa Uva e Vinho, pela disponibilidade da ureia peletizada usada no Estudo 1.

Ao Departamento de Engenharia Rural (ENR) da UFSC, pela disponibilidade do Laboratório de Água, Solo e Tecidos Vegetais.

A UFSC, pela estrutura e disponibilidade de veículos que viabilizaram viagens aos experimentos.

Aos meus colegas de Laboratório e da Pós-Graduação, pela amizade e aprendizado que conquistamos juntos.

Ao Claudiomar Salvador e José Flávio Salvador, pela disponibilidade dos pomares para a instalação dos experimentos.

Aos membros da banca avaliadora, Profs. Paulo Emilio Lovato e Cledimar Rogério Lourensi, bem como a Pesq. Marlise Nara Ciotta, pela disponibilidade e contribuições.

À minha esposa Regiane Niehues Pesenti, que compartilhou comigo momentos de reflexão e questionamento. Por todo carinho nos momentos de desânimo e força permanente que me encorajaram em

todo esse processo e, acima de tudo, pelos momentos felizes que tenho ao seu lado em cada dia que passa.

Ao Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas pela estrutura e à secretária Marlene Silveira, pela sua dedicação, competência e ajuda ao longo de todo o Mestrado.

À CAPES pela bolsa de Mestrado.

Finalmente, à todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização do presente trabalho.

## RESUMO

O Estado de Santa Catarina (SC) é o segundo maior produtor de maçãs do Brasil. Normalmente, o nitrogênio (N) é fornecido às macieiras na forma de ureia. Porém, outras fontes de N, como a ureia peletizada e a cama sobreposta de suínos podem liberar o nutriente mais lentamente no solo, potencializando a absorção pelas plantas, o que pode melhorar o estado nutricional e até afetar positivamente a produção, bem como reduzir a perda de N por lixiviação. Além disso, nos pomares de SC, as plantas espontâneas são dessecadas ou roçadas na linha de plantio, para diminuir a competição por água e nutrientes com as macieiras. Porém, é possível que em pomares adultos em produção não aconteça essa competição, não afetando negativamente o estado nutricional e produção das macieiras. Assim, pode não ser necessária nem a roçada ou dessecamento das plantas espontâneas. O crescimento das plantas espontâneas nos pomares pode diminuir a lixiviação de N e melhorar os atributos químicos do solo. O trabalho objetivou (a) avaliar o teor de N total em folhas, a produção e o fluxo de N no solo e na solução, em pomar de macieira com a aplicação de distintas fontes de N, (b) avaliar o estado nutricional, a produtividade de maçã, o fluxo de N no solo e na solução lixiviada, e os atributos químicos do solo, em pomar de macieiras com diferentes manejos de plantas espontâneas. O Estudo 1 foi intitulado produção e N no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. O experimento foi instalado em Urubici (SC). As macieiras foram submetidas à aplicação de 33 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia, ureia peletizada e cama sobreposta de suínos; havendo ainda um tratamento sem aplicação de N. O Estudo 2 foi intitulado nutrição, produtividade e atributos químicos do solo, em pomar de macieira sob manejo de plantas espontâneas. O experimento foi implantado em um pomar em Urubici (SC). Os tratamentos foram manejos de plantas espontâneas: sem manejo das plantas espontâneas (SM), dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio (DL), roçada das plantas espontâneas na linha de plantio (RL) e roçada das plantas espontâneas na linha e entrelinha de plantio (RLE). No Estudo 1 e 2 foram avaliados os teores de nutrientes nas folhas e mensurado o diâmetro do caule e a produção de frutos. Foram coletadas amostras de solo e de solução, e analisados os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ao longo de duas safras no Estudo 1 e três safras no Estudo 2. Além disso, no Estudo 2 foram abertas trincheiras e coletado nas camadas de 0-0,025, 0,025-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20 e 0,20-0,4 m, após 24 meses da instalação do experimento. No Estudo 1 a aplicação de cama sobreposta de su-

ínos, ureia e ureia peletizada em macieiras aumentou a produção de frutos na segunda safra avaliada, mas o teor de N total nas folhas não foi afetado. A aplicação de fontes de N no solo afetou o fluxo de formas do nutriente no solo e na solução ao longo do ciclo da macieira, com pequenos incrementos em períodos próximos às aplicações das diferentes fontes de N ao solo. No Estudo 2 observou-se que os diferentes manejos das plantas espontâneas não afetaram a produtividade, o crescimento das macieiras e pouco alteraram o teor de nutrientes nas folhas e nas camadas de solo. Assim, as plantas espontâneas nas linhas de plantio e entrelinhas não necessitam ser manejadas nem com roçadas ou uso de herbicidas, para evitar a competição por água e nutrientes com as macieiras. Os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e, por consequência, de N mineral tenderam a ser observados na solução lixiviada no solo com dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio, o que pode potencializar a contaminação de águas sub-superficiais.

**Palavras-chaves:** *Malus domestica*, plantas de cobertura do solo, produção de maçã, nitrogênio, atributos químicos do solo.

## ABSTRACT

The state of Santa Catarina (SC) is the second largest producer of apples in Brazil. Typically, nitrogen (N) is supplied to the apple trees in urea form. However, other N sources such as pelletized urea and pig deep litter can slowly release the nutrient in the soil, enhancing the absorption from the apple tree, which can improve the nutritional status and even affect positively the production and reduce the loss of N leaching. In addition, the SC orchards, the spontaneous plants are discarded or desiccation on row to reduce competition for water and nutrients to plants. However, it is possible that in adults orchards in production might not happen this competition, not adversely affecting the nutritional status and production of apple trees. So it may not be necessary mowing or desiccation of weeds. The growth of weeds in orchards can reduce the leaching of N and better soil chemical attributes. Two studies were conducted. The study aimed to (a) evaluate the total N content in leaves, the production and the nitrogen flow in the soil and solution in apple orchard with the application of different sources of N, (b) evaluate the nutritional status, apple productivity, N flow in soil and leach solution, and soil chemical properties in apple orchard with different management of weeds. Study 1 corresponded: Production and nitrogen in soil and solution in apple orchard submitted to the application of nutrient sources. The experiment was in Urubici (SC). The apple trees were subjected to application of  $33 \text{ kg N ha}^{-1}$  as urea form, pelletized urea and pig deep litter; there was a treatment without application of N. Study 2 was titled: Nutrition, productivity and soil chemical attributes in apple orchard under management of weeds. The experiment was installed in an orchard in Urubici (SC). The treatments were different management of weeds: without management of weeds, desiccation of weeds in the rows, mowing of weeds in the row and mowing of weeds in the row and interrows. The study 1 and 2 was evaluated the levels of nutrients in the leaves and measured the diameter of the stem and fruit production. Soil and solution were collected and analyzed the content of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  and  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  over two seasons in Study 1 and three harvests in Study 2. In addition, in Study 2 were open trenches and collected in layers 0-0.025, 0.025-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15, 0.15-0.20 e 0,20-0,4 m after 24 months of the experiment installation. The results obtained in Study 1 show that the pig deep litter application, urea and pelletized urea on apples tree increased fruit production in the second season, but the total N content in leaves was not affected. The N sources in the soil affected the flow of the nutrient in the soil and solution over apple cycle, with small

increments in near periods of the application of different nitrogen sources in the soil. The Study 2 showed that the different managements of weeds did not affect productivity, growth of apple tree and little changed the nutrient content in leaves and soil layers. Therefore, weeds in the rows and interrow need not be managed either with mowing or use of herbicides, to avoid competition for nutrients and water to the apple trees. The highest levels of nitrate and, therefore, mineral C tended to be observed in the leach solution when the desiccation of the weeds in the row, which can enhance the subsurface contamination of water.

**Keywords:** *Malus domestica*, cover crops, apple production, nitrogen, soil chemical properties.

## LISTA DE FIGURAS

ESTUDO 1. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes.....	25
Figura 1. Teor de $N-NH_4^+$ (a) e $N-NO_3^-$ (b) no solo coletado da camada de 0-20 cm; $N-NH_4^+$ (c), $N-NO_3^-$ (d) no solo da camada de 20-40 cm. Concentração de $N-NH_4^+$ (g), $N-NO_3^-$ (h) na solução do solo extraída a 20 cm de profundidade, em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de N. SA= sem adubação nitrogenada; U= ureia; UP= ureia peletizada; CS= cama sobreposta de suínos.....	32
ESTUDO 2. Nutrição, produtividade e atributos químicos do solo em pomar de macieira sob manejo de plantas espontâneas.....	37
Figura 1. Médias de precipitação (mm) e temperatura ( $^{\circ}C$ ) do ar na área experimental.....	49
Figura 2. Teores de $N-NH_4^+$ (a), $N-NO_3^-$ (b) e N-mineral (c) na camada de 0,0-0,20 m, em um pomar de macieira submetido à diferentes manejos de plantas espontâneas. (SM) sem manejo de plantas espontâneas; (DL) dessecamento na linha das plantas espontâneas; (RL) roçadas na linha das plantas espontâneas e (RLE) roçadas na linha e na entrelinha das plantas espontâneas.....	51
Figura 3. Concentração de $N-NH_4^+$ (a), $N-NO_3^-$ (b) e N-mineral (c) na solução do solo coletada a 0,20 m de profundidade, em um pomar de macieira submetido à diferentes manejos de plantas espontâneas. (SM) sem manejo de plantas espontâneas; (DL) dessecamento na linha de plantas espontâneas; (RL) roçada na linha de plantas espontâneas .....	54



## LISTA DE TABELAS

ESTUDO 1. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes.....	25
Tabela 1. Teor total de N na folha, diâmetro de caule e frutos, e número e produção de frutos em macieiras submetidas à aplicação de fontes de N.....	30
ESTUDO 2. Nutrição, produtividade e atributos químicos do solo em pomar de macieira sob manejo de plantas espontâneas.....	37
Tabela 1. Teor total de N, P e K em folhas, diâmetro de caule, número e diâmetro de frutos, e produtividade de frutos em macieiras submetidas a diferentes manejos de plantas espontâneas.....	46
Tabela 2. Valores de pH em água, teor de carbono orgânico total (COT), fósforo (P) disponível, potássio (K) trocável, cálcio (Ca) trocável e magnésio (Mg) trocável, em camadas de um solo Cambissolo Húmico na linha de plantio, depois de 28 meses da implantação de manejos de plantas espontâneas em um pomar de macieira.....	57



## LISTA DE SÍMBOLOS

cm – Centímetros  
P – Fósforo  
N – Nitrogênio  
K – Potássio  
N-NH<sub>3</sub> – Amônia  
N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - Amônio  
N-NO<sub>3</sub> – Nitrato  
KCl – Cloreto de potássio  
Mg ha<sup>-1</sup> – Megagrama por hectare  
kg ha<sup>-1</sup> – Quilograma(s) por hectare  
g kg<sup>-1</sup> – grama(s) por quilograma(s)  
% – percentagem  
kg – Quilograma(s)  
ha – Hectare  
cmolckg<sup>-1</sup> – Centimol de carga por quilograma  
mol L<sup>-1</sup> – Mol por litro  
°C – Grau(s) Celsius  
mm – Milímetro(s)  
L ha<sup>-1</sup> – Litro(s) por hectare  
m – Metro(s)  
m<sup>2</sup> – Metro(s) quadrado(s)  
Ca – Cálcio  
Mg – Magnésio  
Al – Alumínio



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	23
2. ESTUDO I. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes.....	25
2.1 INTRODUÇÃO.....	26
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
2.3.1 Teor de N nas folhas e produção de frutos.....	29
2.3.2 Fluxo de N no solo.....	33
2.3.3 Formas de N na solução do solo.....	34
2.4 CONCLUSÕES.....	35
2.5 REFERÊNCIAS.....	35
3. ESTUDO II. Nutrição das plantas, produtividade e atributos químicos do solo em pomar de macieira sob manejo de plantas espontâneas.....	37
3.1 INTRODUÇÃO.....	39
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.3.1 Teores de nutrientes nas folhas, variáveis de crescimento e produtividade.....	45
3.3.2 Formas de N no solo.....	47
3.3.3 Formas de N na solução do solo.....	53
3.3.4 Atributos Químicos do Solo.....	56
3.4 CONCLUSÕES.....	60
3.5 REFERÊNCIAS.....	61
4. DISCUSSÃO GERAL.....	69
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
REFERÊNCIAS GERAIS.....	75



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O estado de Santa Catarina (SC) possui, aproximadamente, 20 mil hectares cultivados com macieiras (*Malus domestica*) e uma produtividade média de 35 toneladas por hectare, o que lhe confere a segunda colocação entre os estados produtores da fruta do Brasil. O cultivo da fruta em SC começou na década de 60 na região do alto vale do Rio do Peixe, especialmente no município de Fraiburgo (SC), onde foram implantados os primeiros pomares comerciais. Até a década de 70, as principais cultivares plantadas no estado foram a Red Delicious e Golden Delicious, especialmente, em regiões de 1000 m de altitude. No entanto, as condições edafoclimáticas fizeram com que as frutas destas duas cultivares fossem secas, com aspectos de farinha e, por consequência, de baixa qualidade comercial. Assim, surgiram outras duas cultivares mais precoces, a Gala e a Fuji, que se adaptaram as condições edafoclimáticas de SC e produzem frutos de boa aceitação pelo mercado consumidor.

Atualmente, o cultivo de macieira ainda se destaca na região do município de Fraiburgo e em municípios da região do Planalto Serrano de SC, especialmente, em São Joaquim e Urubici. Na região do município de Fraiburgo, que engloba todo o vale do Rio do Peixe, os solos são profundos e com baixos ou médios teores de matéria orgânica. Por outro lado, na região do Planalto Serrano os solos são pouco profundos e pedregosos, o que limita o crescimento de raízes; e possuem médio ou alto teor de matéria orgânica, o que hipoteticamente lhes confere boa disponibilidade de nitrogênio (N) às plantas, como a macieira. Isso nem sempre ocorre, pois ao longo da maioria dos meses do ano a temperatura do solo é baixa, o que diminui a mineralização da matéria orgânica do solo. Por isso, normalmente os pomicultores fornecem anualmente ureia como fonte de N as macieiras. Parte do N da ureia pode ser perdido por volatilização, mas especialmente, por lixiviação, o que pode diminuir o aproveitamento do nutriente pela macieira, se refletindo em impacto negativo no estado nutricional, crescimento e produtividade das plantas. Assim, torna-se necessário o uso de fontes de N menos solúveis, como ureia revestida com polímeros ou adubos orgânicos, que podem liberar de

forma mais gradual o nutriente para o solo, aumentando o sincronismo com a demanda do nutriente pela macieira.

Além disso, na maioria dos pomares de SC as espécies de plantas espontâneas nas linhas de plantio das macieiras são dessecadas ao longo do ciclo para facilitar práticas de manejo, como a colheita manual das macieiras, aumentar a aeração do pomar e diminuir a competição por água e nutrientes. Na entrelinha de plantio da macieira, as plantas espontâneas em geral são roçadas, e os resíduos das plantas são depositadas na superfície do solo. Mas, se acredita que a manutenção da parte aérea das plantas espontâneas ou mesmo somente a roçada sejam práticas adequadas, porque, por exemplo, podem manter a superfície do solo protegida, o que minimiza o impacto da gota da chuva e a transferência de solução na superfície do solo e a lixiviação de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), promovem a ciclagem de nutrientes no pomar e melhoram os atributos químicos do solo. Isso tudo somado pode se refletir positivamente no estado nutricional das plantas, em parâmetros de crescimento e até na produtividade.

O presente trabalho objetivou (a) avaliar o teor de N total em folhas, a produção e o fluxo de N no solo e na solução, em pomar de macieira com a aplicação de distintas fontes de N, (b) avaliar o estado nutricional, a produtividade de maçã, o fluxo de N no solo e na solução lixiviada, e os atributos químicos do solo, em pomar de macieiras com diferentes manejos de plantas espontâneas.

## 2. ESTUDO I. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes<sup>1</sup>

---

### Resumo

A aplicação de fontes de nitrogênio (N) em pomar de macieira pode incrementar o teor do nutriente no solo ao longo do ciclo, afetar o estado nutricional da planta e a produção de maçãs, parte do N pode ser perdido por lixiviação. O trabalho objetivou avaliar o teor de N total em folhas, a produção e o fluxo de N no solo e na solução do solo em um pomar de macieira com a aplicação de distintas fontes de N, em um experimento em Urubici (SC). Os tratamentos foram ureia (U), ureia peletizada (UP) ou cama sobreposta de suínos (CS), além de um tratamento sem adubação (SA). Nas safras 2011/2012 e 2012/2013 foram analisados teores de N em folhas completas e mensurados o crescimento das plantas e a produção de frutos. Foram coletadas amostras de solo e de solução, e analisado os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  ao longo da segunda safra. Aplicações de U, UP ou CS aumentaram o rendimento da macieira no segundo ano, sem haver diferenças no teor de N foliar entre tratamentos em qualquer período. A aplicação de N afetou o fluxo de formas do nutriente no solo e na solução ao longo do ciclo da cultura, com pequenos incrementos nos teores do solo e da solução em períodos próximos à aplicação das diferentes fontes de N.

**Palavras-chave:** adubação, nitrogênio mineral no solo, *Malus domestica*.

### Abstract

The application nitrogen (N), from different sources, in apple orchard can increase soil N content, affecting the plant's nutritional status and yield but part of the N can be lost by leaching. With the aim of assessing plant nutritional status and yield, and N flow in the soil and solution an experiment was carried out in in an apple orchard in Southern Brazil, applying different N source. Selected plants received the following treatments: application of urea, pelletized urea or pig deep litter, besides a control without fertilization. In the 2011/2012 and 2012/2013 crop seasons, N contents in whole leaves were analyzed and plant growth and

fruit yield parameters were measured. Soil and soil solution samples were collected and the  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  and mineral N contents were analyzed during the second crop season. Application of pig deep litter, urea and pelletized urea increased apple yield in the second crop season, with no differences among treatments in leaf total N content at any time period. The application of N to the soil affected the flow of nutrient forms in the soil and in the solution throughout the apple crop cycle, with small increases in soil and in solution contents in periods near the application of the different N sources to the soil.

**Key Words:** Fertilization, mineral nitrogen, *Malus domestica*.

## 2.1. INTRODUÇÃO

Santa Catarina (SC) possui a maior área cultivada com macieira (*Malus domestica*) do Brasil, com mais de 20 mil hectares. No estado, a produção concentra-se nas regiões do Alto Vale do Rio do Peixe e também no Planalto Serrano. Os solos, em geral, tem textura argilosa, com alto ou médio teor de matéria orgânica (MO), o que sugere boa disponibilidade de N e, por consequência, teores normais ( $20$  a  $25 \text{ g kg}^{-1}$ ) de N total nas folhas das macieiras, que a partir do quarto ano de idade, pode ser usado juntamente com a produtividade e crescimento de ramos do ano, no estabelecimento da necessidade e dose do nutriente (CQFS-RS/SC, 2004). Porém, como a mineralização da MO pode ser lenta em razão da baixa temperatura do solo ao longo da maioria dos meses (DAVIDSON & JANSSENS, 2006) e as raízes das macieiras podem explorar um pequeno volume de solo, porque parte deles são pouco profundos, provavelmente torna-se necessária a aplicação de fontes de N para suprir a demanda do nutriente pela macieira.

A aplicação de N, especialmente na forma de ureia, em pomares de macieira na região Sul do Brasil nem sempre incrementa o teor de N no interior da planta, o que pode ser diagnosticado pelo teor do nutriente na folha e pela produção de frutos (NAVA et al., 2007; SOUZA et al., 2013). Isso pode ser explicado em parte, pela pequena quantidade de N derivado da ureia aproveitada pela macieira (TAGLIAVINI et al., 2007), possivelmente porque a ureia normalmente tem sido aplicada na superfície do solo na projeção da copa das plantas e sem incorporação (CQFS-RS/SC, 2004). Assim distribuído, o N e especialmente via ureia, parte do N pode ser volatilizado na forma de  $\text{N-NH}_3$ , mas também lixiviado na forma de  $\text{N-NO}_3^-$ . Isso pode acontecer porque o  $\text{N-NO}_3^-$ , por

formar complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície de partículas reativas do solo, permanece na solução do solo (EARTH et al., 2007). Entretanto, a quantidade de N lixiviada é dependente, especialmente, da quantidade do N aplicado, teor no solo, do tipo de solo e do volume de precipitação (LORENSINI et al., 2012).

Como estratégia para minimizar a transferência de  $\text{N-NO}_3^-$ , via lixiviação no solo, e aumentar a sua quantidade aproveitada pelas plantas, têm sido utilizados resíduos orgânicos com liberação mais lenta de N, como composto orgânico e fertilizantes nitrogenados minerais revestidos, como a ureia peletizada (LORENSINI et al., 2012). A cama sobreposta de suínos é derivada de baias onde as fezes e a urina dos animais são depositadas sobre maravalha. A ureia peletizada é protegida com polímeros que criam uma barreira física ao redor do grânulo do fertilizante, a fim de diminuir a velocidade de liberação do N (MORGAN et al., 2009). A possibilidade de liberação mais lenta de N pode fazer com que maior quantidade do nutriente seja absorvida pela planta e isso pode se refletir positivamente no teor de N em folhas, aumentando o conteúdo de clorofila, que pode se refletir em aumento da taxa fotossintética (LI et al., 2013) e até na produção de frutos (NAVA et al., 2007; MILIC' et al., 2012). O trabalho objetivou avaliar o teor de N total em folhas, a produção de maçãs e o fluxo de N no solo e na solução, em pomar de macieira com a aplicação de distintas fontes de N.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um pomar comercial de macieira implantado em 2008, localizado no município de Urubici (SC), região do Planalto Serrano (Longitude 49°35'30"W, Latitude 28°0'5"S, altitude de 1000 m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cfb. O solo do pomar foi classificado como Cambissolo Húmico e antes da implantação do experimento apresentava, na camada de 0-20 cm, as seguintes características: argila 400 g kg<sup>-1</sup>; matéria orgânica 46 g kg<sup>-1</sup>; pH em água (1:1) 5,8; Al trocável 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca trocável 8,45 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg trocável 3,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (ambos extraídos por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P disponível 32,1 mg dm<sup>-3</sup> e K disponível 243 mg dm<sup>-3</sup> (ambos extraídos por Mehlich 1).

O pomar possuía duas variedades comerciais de maçãs, Gala e Fuji, com 70 e 30% das plantas, respectivamente. A cultivar Fuji foi utilizada como polinizadora, e para o experimento foram selecionadas somente as plantas da cultivar Gala. O pomar foi conduzido em sistema de

plantio com líder central e as plantas foram enxertadas sobre o porta-enxerto Marubakaido, com filtro de 20 cm de M9, sendo a densidade de 1482 plantas hectare<sup>-1</sup> (4,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas). Em outubro de 2011, foram selecionadas 80 plantas, em um delineamento experimental blocos ao acaso com quatro repetições e foram marcadas cinco plantas por repetição, sendo avaliadas as três plantas centrais. Os tratamentos foram testemunha sem adubação nitrogenada (SA), adubação com ureia (U), adubação com ureia peletizada (UP) e adubação com cama sobreposta de suínos (CS). A U possuía 44% de N e a UP 43% de N total, enquanto a CS possuía composição média de 1,3% de N total, 63% de matéria seca, 40% de carbono, relação C/N de 30,76 e 2,8% de P total e 2,9% de K total. Foram aplicados 33 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, via U, UP e CS, que é a quantidade média, em geral, utilizada pelos produtores de macieira da região do presente trabalho, de acordo com a recomendação da CQFS-RS/SC (2004), para teor de N na folha completa de 20 a 25 g kg<sup>-1</sup>, produtividade maior ou igual a 50 Mg ha<sup>-1</sup> e comprimento dos ramos do ano menor que 10 cm para a cultivar Gala. A dose foi aplicada de modo parcelado, sendo 16,5 kg de N ha<sup>-1</sup> em outubro de 2011 e 2012, e o restante em junho de 2011 e 2012 (CQFS-RS/SC, 2004). Além disso, nos tratamentos U e UP foi aplicado P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, equivalente a quantidade aplicada no tratamento com CS. A aplicação da U, UP e CS foi na superfície do solo, sem incorporação e na projeção da copa das plantas. As plantas daninhas na linha de plantio foram dessecadas ao longo do ciclo das plantas com herbicida a base de glifosato de potássio.

Em fevereiro de 2012 e 2013, foi mensurado o diâmetro do caule a 30 cm acima do ponto de enxertia das plantas, usando um paquímetro digital. Também foi contabilizado o número de frutos por planta e posteriormente foram coletados 20 frutos por planta, pesados e determinado o seu diâmetro com paquímetro digital. Nas duas safras, no intervalo entre o dia 15 de janeiro e 15 de fevereiro (CQFS-RS/SC, 2004) foram coletadas, em todo o perímetro da copa da planta, 20 folhas (folha+limbo) que foram lavadas com água destilada, secas em estufa com ar forçado a 65°C, moídas e submetidas à análise de N total (TEDESCO et al., 1995).

Foram feitas coletas de solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro, 10 de outubro, 15 de novembro, 20 de dezembro de 2012 e em 22 de janeiro de 2013. O solo coletado foi imediatamente acondicionado em sacos plásticos e colocado em caixa de poliestireno com gelo. Em uma parte do solo foram determinados os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (TEDESCO et al., 1995). O

N na forma de  $\text{N-NO}_2^-$ , nas amostras de solo foi desprezado porque em testes preliminares os teores foram muito baixos.

Em maio de 2012, foram instalados lisímetros de tubo de PVC soldável de  $\frac{1}{2}$ " com cápsula porosa em cerâmica de  $\frac{3}{4}$ ", em três repetições nos tratamentos SA, U e CS. A instalação dos lisímetros e a coleta da solução foi realizada seguindo procedimento detalhado por Lorensini et al. (2012). A coleta da solução foi realizada em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro, 10 de outubro, 20 de dezembro de 2012 e 22 de janeiro de 2013. Após a coleta, as amostras de solução foram armazenadas em potes plásticos com capacidade de 100 mL e mantidas em caixa de isopor com gelo. Na solução foram determinados os teores de  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$  (TEDESCO et al., 1995).

Os resultados de parâmetros de crescimento, teor total de N nas folhas e produção foram submetidos à análise de variância e, quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de comparação de médias Tukey ( $\alpha= 5\%$ ). A análise de regressão das formas de N no solo e na solução lixiviada ao longo do tempo de avaliação, por causa da falta de "independência" entre as observações, inviabiliza uma análise de regressão polinomial. Além disso, especificamente, para as formas de N lixiviadas, a impossibilidade de se controlar experimentalmente algumas variáveis, como o volume e o intervalo das precipitações, implicam na não satisfação de todos os pressupostos da análise de variância. Por isso, optou-se por apresentar as médias dos resultados obtidos com seus respectivos desvios padrões (LORENSINI et al., 2012).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Teor de N nas folhas e produção de frutos

Na primeira safra avaliada, não houve diferença entre os tratamentos em nenhum dos parâmetros avaliados. O fato de não ter havido diferença no teor total de N nas folhas nas duas safras (Tabela 1) confirma o que sugere a recomendação para a macieira para SC e RS (CQFS-RS/SC, 2004), pois a recomendação informa que a análise foliar "pode" indicar a disponibilidade de N e sua absorção pelas plantas, ou seja, não há afirmativa quanto a isso. O diâmetro de caule e de frutos, bem como produção por planta e hectare na safra de 2011/2012 também não foram alterados com a aplicação das fontes de N. A falta de resposta das macieiras à aplicação de fontes de N no primeiro ano de avaliação pode estar relacionado ao histórico de aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo do pomar nos anos que antecederam ao experimento, on-

de antes da implantação do pomar foram cultivados plantas anuais, como milho e beterraba e anteriormente a essas culturas havia um pomar antigo, o qual foi cortado em 2004. Além disso, especialmente, a mineralização da fração lábil da MO, que também pode incrementar as formas de N mineral na solução do solo, suprimindo parte da demanda do nutriente pelas macieiras (HARTLEY & INESON, 2008). A decomposição e liberação de N de resíduos orgânicos depositados sobre a superfície do solo, como folhas senescentes, ramos podados e resíduos de plantas que coabitam os pomares também podem ter disponibilizado N em quantidade suficiente para que não houvesse resposta à adubação (WORKOSKI & GLENN, 2012).

**Tabela 1-** Teor total de nutrientes nas folhas completas, número, massa e diâmetro de frutos, e produção, em macieiras submetidas à aplicação de diferentes fontes de N.

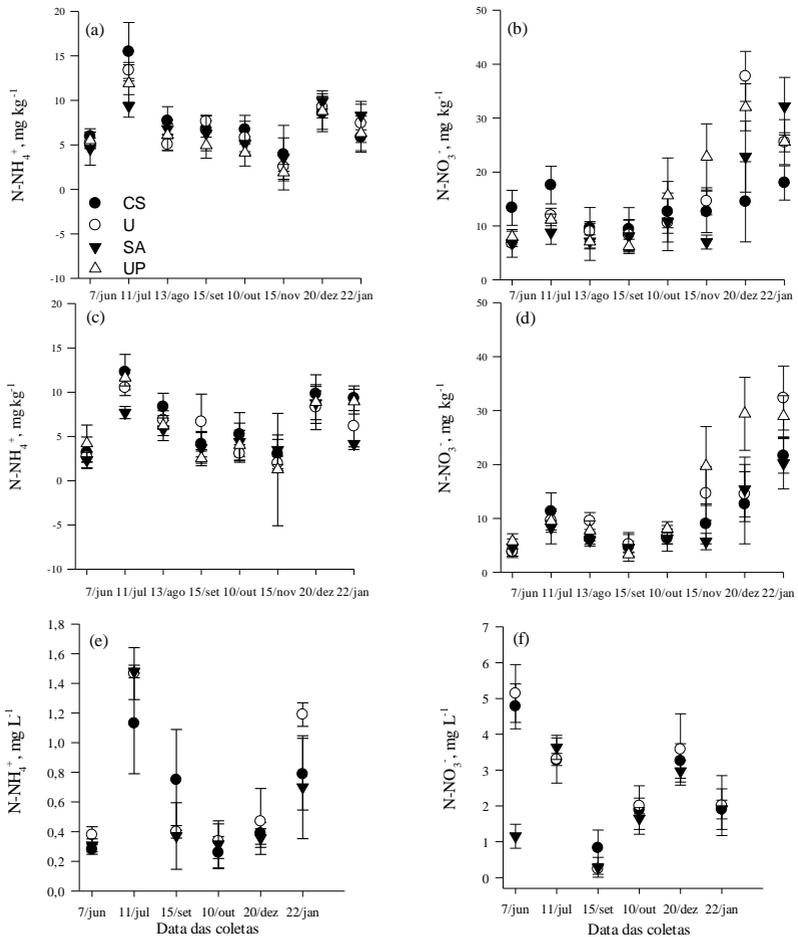
Fontes	Teor total de N na folha	Diâmetro		Número de frutos planta <sup>-1</sup>	Produção de frutos	
		Caule	Fruto		kg planta <sup>-1</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>
-----Safr 2011/2012-----						
SA	24,5 <sup>ns</sup>	37,0 <sup>ns</sup>	64 <sup>ns</sup>	98 <sup>ns</sup>	11,2 <sup>ns</sup>	16,6 <sup>ns</sup>
U	25,6	40,7	63	112	12,4	18,38
UP	25,5	40,2	65	99	11,7	17,34
CS	25,9	39,2	65	101	12,1	17,93
CV %	6,70	5,40	2,80	12,60	5,71	5,71
-----Safr 2012/2013-----						
SA	28,4 <sup>ns</sup>	48,1 <sup>ns</sup>	62 <sup>ns</sup>	189 b <sup>(1)</sup>	19,59 b	29,04 b
U	28,6	47,9	61	257 a	27,46 a	40,70 a
UP	28,5	48,9	61	247 a	24,42 a	36,20 a
CS	28,4	45,8	60	233 a	27,00 a	40,02 a
CV %	6,42	6,66	1,75	8,43	7,63	7,63

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha=5\%$ ). ns = não significativo a 5% de erro. SA= sem adubação nitrogenada; U= ureia; UP= ureia peletizada; CS= cama sobreposta de suínos.

Na safra 2012/2013, o número de frutos por planta foi, em média, 30% maior nas plantas com a aplicação de N, independente da fonte e

isso se refletiu no significativo aumento médio de 34% tanto na produção de frutos por planta e hectare. A maior produção de frutos na safra de 2012/2013 pode ter ocorrido pelo fato de que na safra de 2011/2012 as macieiras possivelmente absorveram e acumularam N derivado da U, UP e CS, especialmente em órgãos como raízes e ramos, mas também pela maior disponibilidade de N, por causa da aplicação das fontes de N no início da brotação em outubro de 2012. Esta possibilidade encontra respaldo no fato de que houve o incremento de  $N-NO_3^-$  no solo, (Figura 1b, 1d). Com isso, pode ter acontecido o incremento de formas de N no interior da planta, sem que tenha sido diagnosticado pela análise do teor total do nutriente na folha completa. Isso porque, as coletas das folhas foram realizadas no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro (CQFS-RS/SC, 2004), o que pode ter coincidido com a diminuição das formas de N mineral no solo e na planta indicando que este período de coleta talvez não seja o mais adequado para quantificar a absorção de N pela macieira.

A análise de variância mostrou que houve interação significativa entre fonte e safra para o número de frutos e produção ( $F < 0,0117$  e  $0,0040$ , respectivamente). Essa interação era esperada porque o pomar possuía em 2013 cinco anos e, por isso, é relativamente jovem e, por consequência, as plantas anualmente apresentam um maior crescimento e número de gemas produtivas. No entanto, esse aumento foi mais marcante para os tratamentos com fontes de N, mostrando que houve uma resposta significativa à aplicação de N, independentemente da fonte (Tabela 1). O N acumulado na planta pode ter contribuído para estimular a diferenciação de um maior número de gemas produtivas na safra de 2011/2012 (NAVA et al., 2007), no incremento do número de frutos e a produção na safra posterior, 2012/2013. Nas macieiras cultivadas no solo SA, as gemas produtivas foram diferenciadas em menor número, predominando a diferenciação de gemas vegetativas, o que pode justificar o menor número de frutos e produção, comparativamente às macieiras que receberam aplicação de U, UP ou CS (NAVA et al., 2007).



**Figura 1-** Teor de  $\text{N-NH}_4^+$  (a) e  $\text{N-NO}_3^-$  (b) no solo coletado da camada de 0-20 cm;  $\text{N-NH}_4^+$  (c),  $\text{N-NO}_3^-$  (d) no solo da camada de 20-40 cm. Concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  (g),  $\text{N-NO}_3^-$  (h) na solução do solo extraída a 20 cm de profundidade, em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de N. SA= sem adubação nitrogenada; U= ureia; UP= ureia peletizada; CS= cama sobreposta de suínos.

### 2.3.2 Fluxo de N no solo

Os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  na camada de 0-20 cm não diferiram entre o solo SA e submetido à adição de U, UP e CS, no período de 7 junho de 2012 até 22 de janeiro de 2013, com exceção de 11 de julho de 2012 (Figura 1a). Nesta data de coleta, comparativamente as demais, o teor de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo com a adição de CS foi maior, mas também se observou que o teor de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo com a adição de U foi menor que no solo com CS. Este, porém, foi maior que o observado no solo com a aplicação de UP, que foi igual ao solo SA. Na camada de 20-40 cm, observou-se que os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo com a adição de U, UP e CS, e SA foram similares em todas as épocas de coleta de solo, com exceção também da coleta de solo realizada em 11 de julho, quando os maiores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram encontrados no solo com a adição de CS, U e UP, o que coincide em parte com os resultados obtidos na camada de 0-20 cm (Figura 1d). Na camada de 0-20 e 20-40 cm do solo com a adição de CS, U e UP, e SA, os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  aumentaram em 20 de dezembro de 2012 e 22 de janeiro de 2013, comparativamente e, especialmente, ao teor de  $\text{N-NH}_4^+$  observado no período de 13 de agosto a 15 de novembro (Figura 1a, 1d).

Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na camada de 0-20 cm do solo com a aplicação de CS foi maior que o observado no solo SA e com a adição de U e UP, nas coletas realizadas em 7 de junho e 11 de julho de 2012 (Figura 1b). Em 15 de novembro, o maior teor de  $\text{N-NO}_3^-$  foi observado no solo com a adição de UP e em 22 de janeiro de 2013 com a aplicação de U. Na camada de 0-20 e 20-40 cm os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  a partir de 15 de novembro tenderam a aumentar no solo de todos os tratamentos (Figura 1b, 1d), acompanhando os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  (Figura 1a, 1c).

Os maiores teores, especialmente, de  $\text{N-NO}_3^-$  na camada de 0-20 cm do solo com a adição de CS em 7 e 11 de julho, pode ser atribuído às aplicações de CS realizadas em outubro de 2011 e junho de 2012. A CS manteve pequena área de contato com o solo, o que somada a sua alta relação C/N (AITA & GIACOMINI, 2008), retardou a mineralização pelos microrganismos do solo, incrementando mais lentamente as formas de N no solo (MELO et al., 2012), comparativamente às outras duas fontes de N, a U e UP. A liberação de N nestas formas de N para o solo acontece mais rapidamente, em geral logo após sua aplicação no solo (LORENSINI et al., 2012). Isso foi observado em 15 de novembro e 20 de dezembro, quando ocorreu o maior aumento de  $\text{N-NO}_3^-$  na camada de 0-20 cm do solo, nas parcelas que haviam recebido U e UP. Essa diferença pode justificar em parte o aumento da safra 2011/2012, em relação

a safra 2012/2013, de 129 a 149% no número de frutos nas parcelas com adubação, em comparação ao aumento de 92% observado nas parcelas SA (Tabela 1).

O aumento do teor de  $\text{N-NH}_4^+$ , mas especialmente de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo das camadas de 0-20 e 20-40 cm em 15 de novembro e 20 de dezembro, com a adição de CS, U e UP, e SA pode ser atribuído, ao aumento da temperatura do solo. Esta estimula a mineralização pelos microrganismos da fração mais lábil da MO do solo e, também, de resíduos depositados na superfície do solo, em especial, aqueles com baixa relação C/N, como as folhas senescentes de macieiras (HARTLEY & INESON, 2008). Isso aumentaria a mineralização do N, comparativamente a meses com temperatura do solo mais baixas, como julho, agosto, setembro e mesmo outubro. A maior disponibilidade de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  nas camadas de 0-20 e 20-40 cm do solo SA, mas também com adição de fontes de U e UP, como observado em 15 de novembro e 20 de dezembro são desejáveis, por coincidir aproximadamente com os estádios fenológicos de floração e enchimento das gemas, períodos de emissão de raízes mais finas e, por consequência, mais ativas, que absorvem maiores quantidades de água e nutrientes, entre eles de N.

### 2.3.3 Fluxo de N na solução do solo

As concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  na solução do solo coletada na camada de 0-20 cm foram similares no solo SA e com a adição de U e CS, no período de 7 de junho de 2012 a 22 de janeiro de 2013 (Figura 1e). As concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  na solução, foram menores que as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  (Figura 1f), o que pode ser atribuído à rápida transformação do  $\text{N-NH}_4^+$  em  $\text{N-NO}_2^-$  e, posteriormente, em  $\text{N-NO}_3^-$  (CANTARELLA et al., 2007), o que é coerente com os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  no solo (Figura 1a, 1b). Por outro lado, as maiores concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na solução coletada em 7 de junho foi no solo com a adição de U e CS (Figura 1f). Para a CS, esse comportamento pode ser explicado pelo maior teor de  $\text{N-NO}_3^-$  na camada de 0-20 cm (Figura 1b), mas, nas demais datas de coleta da solução os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram similares entre os solos SA e com a adição de CS e U.

As concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na solução coletada no solo SA e com a adição de U e CS foram menores em 15 de setembro de 2012, comparativamente às demais épocas de avaliação (Figura 1f). Isso pode ser atribuído em parte a elevada precipitação no mês de setembro (dados não apresentados) que provocou maior lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  e, conse-

quentemente, diminuição nas concentrações de  $N-NO_3^-$  no período. Por outro lado, a partir de 10 de outubro houve aumento da concentração de  $N-NO_3^-$  na solução nos solos SA e com a adição de CS e U (Figura 1f), o que pode ser explicado pelo incremento das formas de N no solo, reforçando o indicativo que o aumento da temperatura do solo (dados não apresentados), aumenta a disponibilidade de N para as macieiras, mas pode potencializar a sua lixiviação na forma de  $N-NO_3^-$ .

## 2.4 CONCLUSÕES

A aplicação de cama sobreposta de suínos, ureia e ureia peletizada em macieiras aumentou a produção de frutos na segunda safra avaliada, mas o teor de N total nas folhas não foi afetado em nenhuma das safras. A aplicação de fontes de N no solo afetou o fluxo de formas do nutriente no solo e na solução ao longo do ciclo da macieira, com pequenos incrementos em períodos próximos às aplicações das diferentes fontes de N ao solo.

## 2.5 REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Nitrate no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 195-205, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500031>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- CANTARELLA, H. et al. Fertilidade do solo: Nitrogênio, 2 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.375- 470.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: SBCS Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.
- DAVIDSON, E.A.; JANSSENS, I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, v.440, p.165-173, 2006.
- ERHART, E. et al. Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization. *Journal Plant Nutrition Soil Science*, v.170, p.608-614, 2007.
- HARTLEY, I.P.; INESON, P. Substrate quality and the temperature sensitivity of soil organic matter decomposition chemistry. *Soil Biology and Biochemistry*, v.40, p. 1567-1574, 2008.

- LI, SHENG-XIU.; WANG ZHAO-HUI.; STEWART B.A. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate. *Advances in Agronomy*, v.118, p. 205-397, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00005-0>>. Acesso em: 08 de Mai de 2014.
- LORENSINI, F. et al. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, v.42, p.1173-1179, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000038>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- MELO, G.W.B. et al. Resposta das videiras a diferentes modos de distribuição de composto orgânico no solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.34, p.493-503, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000200023>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- MILIC', B. et al. Nitrogen fertilization and chemical thinning with 6-benzyladenine affect fruit set and quality of golden delicious apples. *Scientia Horticulturae*, v.140, p. 81-86, 2012.
- MORGAN, K.T.; SINCLAIR, T.R. Release mechanisms for solw- and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. *Hortechonology*, v.19, p.10-12, 2009.
- NAVA, G. et al. Adubação de crescimento de macieira cv. Catarina sobre porta-enxerto marubakaido em São Joaquim-SC. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v.29, p.359-363, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000200033>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- SOUZA, F. et al. Qualidade de maçãs 'fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, p.305-315, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000100035>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- TAGLIAVINI, M. et al. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves(*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.118, p.191-200, 2007.
- TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.
- TWORKOSKI, T.J.; GLENN M.D. Weed Suppression by Grasses for Orchard Floor Management. *Weed Technology*, v. 26, p.559-565, 2012.

### 3. ESTUDO II. Nutrição das plantas, produtividade e atributos químicos do solo em pomar de macieira sob manejo de plantas espontâneas

---

#### Resumo

O manejo de plantas espontâneas nas linhas e entrelinhas de pomares de macieiras pode afetar o estado nutricional, o rendimento das macieiras, assim como, o fluxo de nitrogênio (N) no solo e na solução e outros atributos químicos do solo. O trabalho objetivou avaliar o estado nutricional, o rendimento de maçã, o fluxo de N no solo e na solução lixiviada e os atributos químicos do solo, com diferentes manejos de plantas espontâneas. O experimento foi conduzido em um pomar de macieira implantado em 2008. Em outubro de 2011, foram selecionadas 80 plantas e implantados os tratamentos: Sem manejo das plantas espontâneas (SM), dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio (DL), roçada das plantas espontâneas na linha de plantio (RL) e roçadas das plantas espontâneas na linha e entrelinha de plantio (RLE). Nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 foram mensurados o diâmetro do caule, o número de frutos por planta, o rendimento e coletadas folhas, que foram preparadas e analisados os teores de N, P e K. Nas safras 2012/2013 e 2013/2014 foram coletadas amostras de solo das camadas de 0,0-0,20 m e analisados o  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ . Em maio de 2012 foram instalados lisímetros com cápsula porosa nos tratamentos SM, DL e RLE; e na solução coletada a 0,20 m foram determinados os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ . Em setembro de 2013, 24 meses depois da instalação do experimento foram coletadas amostras estratificadas de solo nas camadas de 0,0-0,025, 0,025-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20 e 0,20-0,40 m em quatro repetições de todos os tratamentos. O solo foi preparado e analisados o carbono orgânico total (COT), pH em água, P disponível e os teores trocáveis de K, Ca e Mg. Os diferentes manejos de plantas espontâneas não afetaram o rendimento, o crescimento das macieiras e pouco alteraram os teores de nutrientes nas folhas e nas camadas de solo. Assim, as plantas espontâneas nas linhas de plantio e entrelinhas, não necessitam ser manejadas nem com roçadas ou uso de herbi-

cidas, para evitar competição por água e nutrientes com as macieiras. Os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e, por consequência, de N mineral tenderam a ser observados na solução lixiviada no solo com DL, o que pode potencializar a contaminação de águas subsuperficiais.

**Palavras-chaves:** *Malus domestica*; estado nutricional; fluxo de nitrogênio.

### Abstract

The management of weeds on rows and interrows of orchards can affect the nutritional status of apple trees, productivity, nitrogen flow (N) and other soil chemical properties. The study aimed to evaluate the nutritional status, apple productivity, the N flow in soil and leach solution and soil chemical properties in apple orchard with different management of weeds. The experiment was conducted in an apple orchard deployed in 2008. In October 2011 were selected 80 plants and implemented treatments: No management of weed (NM), desiccation of weeds on row (DR), mowing of weeds in the row (MR) and mowed the weeds in the row and interrow (MI). The crop season 2011/2012, 2012/2013 and 2013/2014 were measured stem diameter, number of fruits per plant, productivity and collected leaves, which were prepared and analyzed the content of N, P and K. The crop season in 2012 / 2013 and 2013/2014 soil samples were collected from layers of 0.0 - 0.20 m and analyzed the  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ . In May 2012 were installed lysimeters in treatments SM, DL and RLE; and the solution collected at 0.20 m were analyzed the  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ . In September 2013, 24 months after the beginning of the experiment, stratified samples were collected of soil in layers of 0.0-0.025, 0.025-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15, 0.15-0.20 and 0.20-0.40 m in four repetitions and all treatments. The soil was prepared and analyzed the total organic carbon (TOC), pH, available P and exchangeable contents of K, Ca and Mg. The different management of weeds did not affect productivity, the growth of apple trees and little altered the nutrient content in leaves and soil layers. So the weeds in rows and interrows not need to be managed with mowing neither herbicide, to avoid competition for water and nutrients with the apple trees. The highest contents of  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  and, consequently, mineral N tended to be observed in the

leach solution in the soil DL, which can enhance the contamination of subsurface water.

**Key words:** *Malus domestica*; nutritional status; nitrogen flow.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A produção de frutíferas de clima temperado, entre elas, a macieira (*Malus domestica*) no Brasil está concentrada na região Sul, principalmente, nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC). Em Santa Catarina são cultivados aproximadamente, 20 mil hectares com macieiras, com produção total de 620 mil toneladas, o que representa 45% da produção nacional (IBGE, 2013). O cultivo da macieira se concentra nos municípios do Alto Vale do Rio do Peixe, especialmente, Fraiburgo, e na região do Planalto Serrano, destacando-se os municípios de São Joaquim, Bom Retiro e Urubici. Os solos predominantes dos pomares, a exemplo daqueles do Planalto Serrano, são os Cambissolos e os Neossolos Litólicos, sendo localizados em condições de relevo ondulado a forte ondulado. Estes solos são pedregosos e pouco profundos; possuem textura variando de média a argilosa, assim como teores de matéria orgânica de médio a altos (Uberti, 2005; Dalla Rosa et al., 2009; Nava, 2010).

Na maioria dos pomares do Sul do Brasil, as espécies de plantas espontâneas, tais como o trevo-branco (*Trifolium repens*), o trevo-vermelho (*Trifolium pratenses*), a grama-forquilha (*Paspalum notatum*) e a língua de vaca (*Chaptalia nutans*) são dessecadas na linha de plantio ao longo do ciclo da frutífera. As espécies de plantas espontâneas nas entrelinhas de plantio, em geral são roçadas, sendo os seus resíduos vegetais depositados na superfície do solo da própria entrelinha e, algumas vezes, na linha de plantio. O controle das plantas espontâneas nos pomares é realizado para diminuir a competição por água e nutrientes, das plantas espontâneas com as macieiras (Dalla Rosa et al., 2009; Celette et al., 2009; Nava, 2010; Atucha et al., 2011; Brunetto et al., 2014). Entretanto, caso aconteça a competição, ela possa ser diagnosticada pelo menor teor de nutrientes nas folhas e nos frutos; através de parâmetros de crescimento, entre eles, o diâmetro do caule das plantas e até mesmo pela produtividade (Pelizza et al., 2009; Nava, 2010; Atucha et al., 2011).

A competição entre as plantas espontâneas e a macieira pode ocorrer de forma mais intensa em pomares com macieiras jovens, que possuem plantas com raízes menos desenvolvidas e mais próximas da

superfície do solo, assim explorando um menor volume de solo (Nava et al., 2010). Já em pomares com macieiras adultas em produção isso pode não ser observado, porque as plantas possuem sistema radicular mais desenvolvido e profundo, explorando um maior volume de solo e, por consequência, maior será a probabilidade de absorção de água e nutrientes (Espanhol et al., 2007). Além disso, macieiras adultas possuem maior reserva de carboidratos e nutrientes, especialmente, em órgãos perenes como raízes, ramos do ano e, em menor quantidade, no caule (Nava et al., 2010). Assim, as plantas espontâneas poderiam ser mantidas, com ou sem roçadas nas linhas e/ou entrelinhas de plantio, especialmente, nos pomares com macieiras adultas, evitando custos com o uso de herbicidas e diminuindo a probabilidade de contaminação do solo e águas (Andersen et al., 2013).

A manutenção de plantas espontâneas nos pomares, principalmente as localizadas na linha de plantio, também pode diminuir as formas de N mineral no solo e, por consequência, na solução lixiviada, especialmente, de  $\text{N-NO}_3^-$ , que forma complexo de esfera externa com os grupos funcionais das partículas reativas do solo e, por isso, acompanha o fluxo descendente da água no perfil do solo (Ventura et al., 2008). Isso porque, as plantas espontâneas ao longo do ciclo podem absorver as formas de N do solo, incorporando-as na fitomassa, que quando depositada e em decomposição sobre a superfície do solo, libera o N em uma região com a presença de raízes brancas, finas e jovens, que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes em macieiras (Eissenstat, 2007; Scandellari et al., 2007; Atucha et al., 2011; Ventura et al., 2014; Brunetto et al., 2014). Assim, o N derivado da decomposição dos resíduos de plantas espontâneas poderá contribuir para a nutrição da macieira (Tagliavini et al., 2007; Scandellari et al., 2007). Com isso, por exemplo, se espera que os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na solução do solo permaneçam próximos aos padrões das agências reguladoras (Brasil, 2004).

Com a presença de plantas espontâneas ou a deposição de seus resíduos roçados sobre a superfície do solo pode favorecer a manutenção e/ou o incremento dos teores de carbono orgânico total (COT) (Guo et al., 2005; Franchini et al., 2007), especialmente, em relação ao solo onde as plantas espontâneas são dessecadas. Mas também, ao longo da decomposição dos resíduos da parte aérea ou mesmo de raízes senescentes no interior do solo, tem-se a liberação de nutrientes para o solo (Scandellari et al 2007; Ventura et al., 2014). Parte desses nutrientes poderão ser absorvidos pelas macieiras, proporcionando o acúmulo no interior da planta, o que pode ser diagnosticado pela análise foliar (Tagliavini et al., 2007). Além disso, ao longo da decomposição dos resíduos

vegetais tem-se o aumento da produção de ácidos orgânicos aniônicos, que podem adsorver  $H^+$  e  $Al^{+3}$  ou caso aconteça a descarboxilação de ânions orgânicos, também pode ocorrer a protonação de íons  $H^+$  e, dessa forma, causa o incremento do valor de pH do solo (Franchini et al., 2007; Pavinato & Rosolem, 2008; Rodrigues et al., 2013), por exemplo, em comparação ao solo com dessecamento das plantas espontâneas.

Em pomares localizados em regiões de clima subtropical, como na região Sul do Brasil, são escassos os estudos que avaliam a interferência de sistemas de manejo de plantas espontâneas em pomares de macieiras. Por isso, o presente trabalho objetivou avaliar o estado nutricional, a produtividade de maçã, o fluxo de N no solo e na solução lixiviada, e os atributos químicos do solo, em pomar de macieiras com diferentes manejos de plantas espontâneas.

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um pomar de macieira implantado em 2008, localizado no município de Urubici, região do Planalto Serrano, estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil ( $28^{\circ}02'47.5''S$   $49^{\circ}26'26.6''W$ , altitude de 1000 m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cfb, com a precipitação média anual variando de 1.360 a 1.600  $mm\ ano^{-1}$ . A temperatura média máxima varia de  $19,4$  a  $22,3^{\circ}C$  e a mínima de  $9,2$  a  $10,8^{\circ}C$ . Os valores de horas de frio abaixo ou iguais a  $7,2^{\circ}C$  variam de 642 a 847 horas acumuladas por ano. O solo foi classificado como Cambissolo Húmico (Embrapa, 2013) e possuía, antes da instalação do experimento, na camada de 0,0-0,20 m, os seguintes atributos: textura média, com  $475\ g\ kg^{-1}$  de areia,  $294\ g\ kg^{-1}$  de silte e  $231\ g\ kg^{-1}$  de argila; matéria orgânica  $46\ g\ kg^{-1}$ ; pH em água (1:1) 5,8; Al trocável  $0,0\ cmol_c\ dm^{-3}$ , Ca trocável  $8,45\ cmol_c\ dm^{-3}$  e Mg trocável  $3,15\ cmol_c\ dm^{-3}$  (ambos extraídos por KCl  $1\ mol\ L^{-1}$ ); P disponível  $32,1\ mg\ dm^{-3}$  e K disponível  $243\ mg\ dm^{-3}$  (ambos extraídos por Mehlich-1), CTCefetiva  $12,22\ cmol_c\ dm^{-3}$ , CTCpH7  $16,38\ cmol_c\ dm^{-3}$  e saturação por bases 74,6%.

O pomar possuía duas variedades comerciais, Gala e Fuji, com 70% e 30% das plantas, respectivamente. A cultivar Fuji foi utilizada como polinizadora, e para o experimento foram selecionadas somente as plantas da cultivar Gala. O pomar foi conduzido em sistema de plantio com líder central e as plantas foram enxertadas sobre o porta-enxerto Marubakaido, com filtro de 20 cm de M9, sendo a densidade de 1482 plantas  $hectare^{-1}$  (4,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas). Em outubro de 2011, foram selecionadas 80 plantas, em um delineamento experi-

mental blocos ao acaso com quatro repetições. Cinco plantas foram marcadas por repetição, sendo as três plantas centrais avaliadas. Foram implantados os tratamentos: sem manejo das plantas espontâneas (SM); dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio das macieiras (DL); roçada das plantas espontâneas na linha de plantio das macieiras (RL) e roçada das plantas espontâneas na linha e entrelinha de plantio das macieiras (RLE).

As roçadas e a aplicação de herbicidas foram realizadas quando as plantas normalmente possuíam 30 cm de altura, sendo realizadas, aproximadamente, oito aplicações de herbicida não residual com o ingrediente ativo glifosato de K e doze roçadas durante a condução do experimento. As roçadas das plantas foram realizadas, aproximadamente, a 10 cm da superfície do solo, usando roçadora manual costal. Em cada dessecamento utilizou-se uma dosagem de 50 ml do produto para cada 20 L de água com um volume de calda de, aproximadamente, 300 L ha<sup>-1</sup>. No pomar predominavam as plantas espontâneas trevo-branco (*Trifolium repens*), trevo-vermelho (*Trifolium pratenses*), grama-forquilha (*Paspalum notatum*) e língua de vaca (*Chaptalia nutans*). Anualmente, foram aplicados na superfície do solo sobre a projeção da copa das macieiras 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 200 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. A fonte de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi o superfosfato triplo e de K<sub>2</sub>O o cloreto de K.

Nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 foi mensurado o diâmetro do caule das macieiras a 30 cm acima do ponto de enxertia das plantas, usando um paquímetro digital. Além disso, contou-se o número de frutos por planta e, posteriormente, coletaram-se 20 frutos por planta, sendo pesados e determinado o diâmetro, usando o paquímetro digital. Nas três safras, no intervalo entre 15 de janeiro e 15 de fevereiro foram coletadas, em todo o perímetro da copa das plantas, 20 folhas (limbo + pecíolo) conforme a recomendação da CQFS-RS/SC (2004). As folhas foram lavadas com água destilada, secas em estufa com circulação de ar forçado a 65°C até matéria seca (MS) constante, moídas e reservadas. Determinaram-se os teores totais de N, P e K no tecido, seguindo os procedimentos descritos por Tedesco et al. (1995). Para isso, foram pesados 0,200 g de MS e adicionado em tubo de digestão (25 x 250 mm). Em seguida, adicionou-se 1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 0,7 g de mistura de digestão (90,9% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 9,1% CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O). As amostras foram aquecidas em bloco digestor com elevação gradual da temperatura até 350°C, permanecendo a essa temperatura por 1 h após a completa digestão das amostras. Após a digestão, foi ajustado o volume das amostras para 50 mL utilizando-se água destilada. Dez mililitros do extrato ácido foram retirados para a determinação de N total, sendo adi-

cionados 10 ml de NaOH 10 mol L<sup>-1</sup> e efetuada a destilação da amostra em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl. Após a destilação, o extrato coletado ( $\pm 35$  ml) em 5 mL de ácido bórico foi titulado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 mol L<sup>-1</sup>, o que permitiu a quantificação do teor de N total em cada amostra. No restante do extrato obtido da digestão do tecido das folhas foram determinados os teores totais de P em espectrofotômetro, com absorvância de 660 nm, e K em fotômetro de chama (Tedesco et al., 1995).

Nas safras 2012/2013 e 2013/2014, em 07/06, 11/07, 13/08, 15/09, 10/10, 15/11, 20/12 de 2012; e 22/01, 05/05, 08/06, 12/07, 12/08, 04/09, 10/10, 11/11, 20/12 de 2013 e 12/01 de 2014, foram coletadas amostras de solo na camada de 0,0-0,20 m com auxílio de um trado tipo rosca. O solo foi acondicionado em sacos plásticos e imediatamente armazenado em caixa de poliestireno com gelo. As amostras de solo foram divididas em duas partes. A primeira parte do solo foi submetida à análise de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Para isso, cinco gramas de solo foram acondicionadas em frascos tipo snap-cap com capacidade de 90 ml e adicionado 50 ml de uma solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. As amostras foram agitadas durante 30 minutos com posterior decantação por 30 minutos. Em seguida, 20 mL do sobrenadante foram adicionados em tubos de digestão, juntamente com 0,7 g de MgO e destilado em destilador de arraste a vapor semi-micro Kjeldahl. Após a destilação, o extrato coletado ( $\pm 35$  ml) em 5 mL de ácido bórico foi titulado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0025 mol L<sup>-1</sup> e determinado os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Na mesma amostra destilada com MgO, foi adicionado 0,7 g de liga devarda e submetido novamente à destilação, seguindo o mesmo procedimento descrito para a análise de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Com a titulação do destilado foram determinados os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A segunda parte do solo foi submetida à análise da umidade gravimétrica, em que, 40 g de solo foi seco em estufa a 105°C até peso constante. Com a diferença do peso úmido e seco, determinou-se a umidade do solo para correção dos valores obtidos em mg kg<sup>-1</sup> de solo seco (Tedesco et al., 1995).

Em maio de 2012 foram instalados lisímetros com cápsula porosa em três tratamentos: SM, DL e RL. Os lisímetros foram instalados a 0,20 m de profundidade em três unidades experimentais de cada um dos tratamentos. Para a instalação dos lisímetros, fez-se uma perfuração no solo com o auxílio de um trado holandês até a profundidade de 0,20 m e, logo depois, foram acondicionados os lisímetros. Para a fixação dos lisímetros, parte do solo retirado na perfuração foi devolvido, tomando-se o cuidado para adicionar o solo correspondente a cada profundidade.

Além disso, após a fixação dos lisímetros foi adicionado nos 0,05 m superficiais um material expansivo (vermiculita), para evitar o fluxo preferencial da água no perfil do solo.

As coletas de solução lixiviada foram realizadas em 07/06, 11/07, 13/08, 15/09, 10/10 e 20/12 de 2012; e 22/01, 05/05, 08/06, 12/07, 12/08, 04/09, 10/10, 11/11, 20/12 de 2013 e 12/01 de 2014 foi aplicado vácuo nos lisímetros (25 kgf), usando uma bomba manual. O vácuo foi mantido por, aproximadamente, 24 horas. A solução foi retirada no interior dos lisímetros com o auxílio de uma seringa acoplada a uma mangueira. Em seguida, as amostras de solução foram armazenadas em frascos de snap-cap com capacidade de 90 ml e mantidas em caixa de poliestireno com gelo. Posteriormente, na solução coletada em cada repetição foram analisados os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ , conforme descrito em Tedesco et al. (1995).

Em setembro de 2013, 24 meses depois da instalação do experimento, foram abertas trincheiras de 40 x 40 x 40 cm na linha de plantio das macieiras e coletadas amostras de solo nas camadas de 0,0-0,025, 0,025-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20 e 0,20-0,40 m nas quatro repetições dos tratamentos SM, DL, RL e RLE. Após a coleta, o solo foi seco ao ar, moído e passado em peneira com malha de 2 mm. Em seguida, parte do solo foi submetido à análise de COT, através do método Walkley-Black (Tedesco et al., 1995). Além disso, o solo foi submetido a análise de pH em água, usando a suspensão solo:água na proporção 1:1 v/v, após 30 minutos de equilíbrio e realizado a leitura em um pHmetro de bancada (Tedesco et al., 1995). Os teores de Ca e Mg trocáveis foram extraídos usando a solução de KCL  $1 \text{ mol L}^{-1}$  e determinados em espectrofotômetro de absorção atômica (EEA) (modelo GBC 932 AA) (Tedesco et al., 1995). Os teores de P e K disponível e trocável foram extraídos usando a solução de Mehlich<sup>-1</sup> e determinado em espectrofotômetro e fotômetro de chama, respectivamente (Tedesco et al., 1995).

O diâmetro do caule e dos frutos, teores totais de N, P e K nas folhas, produtividade e atributos químicos do solo foram submetidos à análise de variância e, quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ). Os resultados de N no solo e na solução lixiviada ao longo do tempo de avaliação, por causa da falta de “independência” entre as observações, inviabiliza uma análise de regressão polinomial. Além disso, especificamente, para as formas de N lixiviadas, a impossibilidade de se controlar experimentalmente algumas variáveis ambientais, tais como o volume e o intervalo das precipitações, implicam na não satisfação de todos os pressupostos da análise de

variância. Por isso, se optou por apresentar as médias dos resultados obtidos com seus respectivos desvios padrões.

### **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.3.1 Teores de nutrientes nas folhas, variáveis de crescimento e produtividade**

Nas safras 2011/2012 e 2012/2013, os teores totais de N, P, K nas folhas, e nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014, o diâmetro do caule e dos frutos, o número de frutos por planta e a produtividade de frutos não diferiram estatisticamente entre os manejos das plantas espontâneas no pomar de macieira (Tabela 1). Na safra 2013/2014, o maior teor de N nas folhas foi observado nas macieiras com roçadas na linha (RL), diferindo dos demais manejos de plantas espontâneas. Os maiores teores de P nas folhas foram verificados nas macieiras com dessecamento na linha de plantio (DL) e roçada na linha de plantio (RL), comparativamente, ao teor de P das folhas das macieiras cultivadas no solo sem manejo (SM) e com roçada na linha e entrelinha (RLE). O K também não apresentou diferenças entre os tratamentos para a safra 2013/2014.

**Tabela 1.** Teor total de N, P e K em folhas, diâmetro de caule, número e diâmetro de frutos, e produtividade de frutos em macieiras submetidas à diferentes manejos de plantas espontâneas.

Tratamentos	Teor total nas folhas			Diâmetro		Número de frutos planta <sup>-1</sup>	Produtividade de frutos	
	N	P	K	Caule	Fruto		(kg planta <sup>-1</sup> )	(Mg ha <sup>-1</sup> )
	(g kg <sup>-1</sup> )			(mm)				
Safrá 2011/2012								
SM	26,3a <sup>(1)</sup>	1,7a	10,9a	49,9a	62a	86a	9,6a	14,3a
DL	25,5a	1,8a	11,6a	50,6a	62a	98a	11,6a	17,2a
RL	26,8a	2,0a	12,3a	43,4a	61a	82a	9,3a	13,8a
RLE	27,9a	2,1a	11,6a	43,5a	61a	91a	10,1a	15a
CV (%)	6,7	10,1	7,6	6,2	3	10	12,5	12,5
Safrá 2012/2013								
SM	29,7a	1,36a	8,0a	51,7a	59,1a	191a	19,5a	28,9a
DL	29,2a	1,39a	9,33a	51a	60,2a	203a	20,9a	31,04a
RL	27,9a	1,49a	7,66a	44,7a	60,4a	240a	24,0a	35,7a
RLE	32,6a	1,12a	6,12a	45,2a	59,7a	240a	23,2a	34,5a
CV (%)	11,9	21,5	20,7	6,55	1,7	13,4	13,1	13,1
Safrá 2013/2014								
SM	18,2b	0,8b	10,4a	52,2a	59,6a	179a	18,2a	27,0a
DL	18,9b	1,4a	10,7a	53,9a	61,2a	190a	19,7a	29,1a
RL	20,8a	1,4a	10,8a	51,4a	60,2a	226a	22,8a	33,9a
RLE	18,3b	1,1b	10,7a	52,3a	60,8a	229a	22,5a	33,3a
CV (%)	4,4	9,6	8,9	5,7	2,5	13,4	12,4	12,4

SM= sem manejo das plantas espontâneas; DL= dessecamento na linha das plantas espontâneas; RL= roçada na linha das plantas espontâneas e RLE= roçada na linha e na entrelinha das plantas espontâneas <sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O maior teor de N nas folhas das macieiras cultivadas no solo com RL pode ser decorrente da fixação biológica de N atmosférico pelas plantas espontâneas, no caso das leguminosas, trevo-branco e trevo-vermelho. Além disso, as plantas de outras famílias, tais como a grama-forquilha (poácea) e língua de vaca (asterácea), juntamente com as leguminosas, absorvem N e também o P, bem como outros nutrientes, de camadas

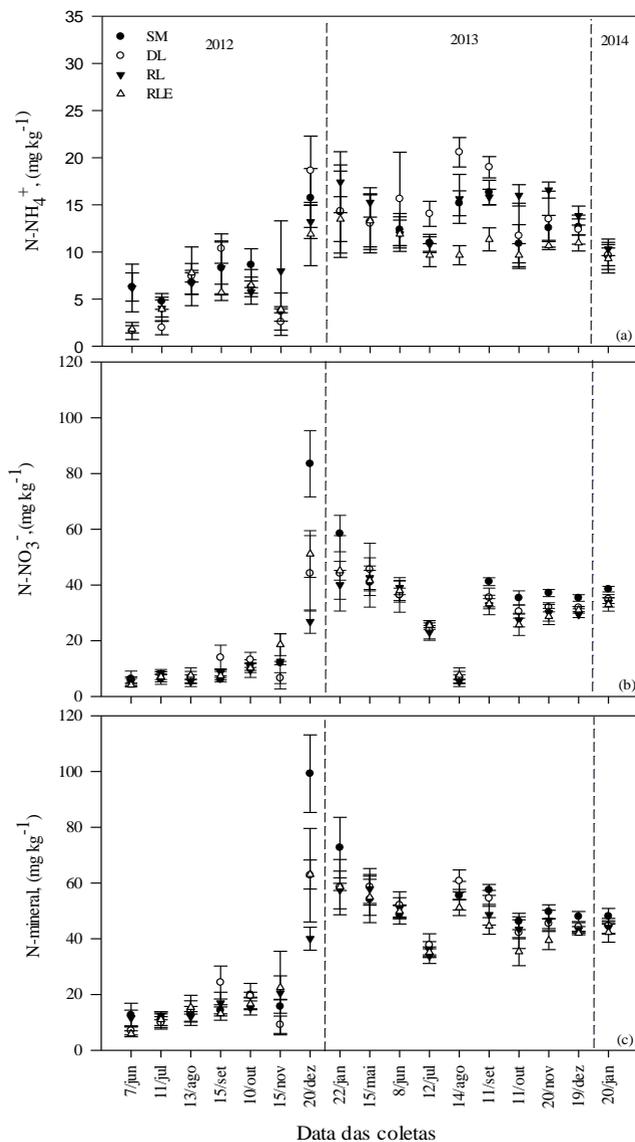
mais profundas do solo, incrementando o teor desses nutrientes na fitomassa (Azevedo et al., 2012). Com as roçadas das plantas espontâneas ou o dessecamento com herbicida, a parte aérea das plantas é depositada sobre o solo e, junto com as raízes senescentes, são decompostas, liberando nutrientes, como o N e o P, que podem ser absorvidos pelas raízes das macieiras (Eissenstat, 2007) e acumular na parte aérea das plantas, o N, especialmente, na forma de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  (Cantarella, 2007) e o P na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (Novais et al., 2007). Por outro lado, por exemplo, os menores teores de N e P nas folhas das macieiras cultivadas no solo SM e com RLE podem ser atribuídos à competição por água e nutrientes das espécies de plantas espontâneas com a macieira. Com isso, as plantas espontâneas absorvem nutrientes, incorporam na fitomassa e diminuem a disponibilidade no solo, especialmente, quando as plantas não foram manejadas. Assim, tem-se menor disponibilidade, absorção, transporte e acúmulo interno de nutrientes nas macieiras (Atucha et al., 2011; Nava & Ciotta, 2012).

Na safra 2012/2013, a produtividade de frutos de maçã foi maior que a observada na 2011/2012 (Tabela 1). Comparando-se as safras, nas macieiras cultivadas no solo SM se observou aumento de 102%; no solo manejado com DL de 81%; no solo com RL de 158% e no solo com RLE de 130%. No entanto, mesmo com aumentos distintos de produtividade entre as safras, não se observou diferença em relação a produtividade entre os tratamentos. O aumento de produtividade ao longo dos anos pode ser atribuído ao incremento do número de gemas produtivas e sua diferenciação (Nava, 2010), o que se refletiu em 245% e 230% a mais de número de frutos por planta nas safras 2012/13 e 2013/14 em comparação à safra 2011/12. Mas, na safra 2013/2014, a média de produtividade dos tratamentos foi 5,5% menor que a observada na safra de 2012/2013. Isso aconteceu porque, em outubro de 2013, na brotação e florescimento das macieiras ocorreram duas geadas, que causaram a queda de parte das flores, se refletindo em decréscimo de produtividade nas macieiras em todos os tratamentos.

### 3.3.2 FORMAS DE N NO SOLO

Os teores de  $\text{N-NH}_4^+$ , na coleta de 7 de junho de 2012, foram maiores nos tratamentos SM e RL, sendo diferentes do tratamento RLE, que apresentou os menores teores de  $\text{N-NH}_4^+$ . Porém, todos os manejos de plantas espontâneas não diferiram estatisticamente do manejo com plantas espontâneas DL (Figura 2a). Nas coletas realizadas em 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro, 10 de outubro e 15 de novembro de

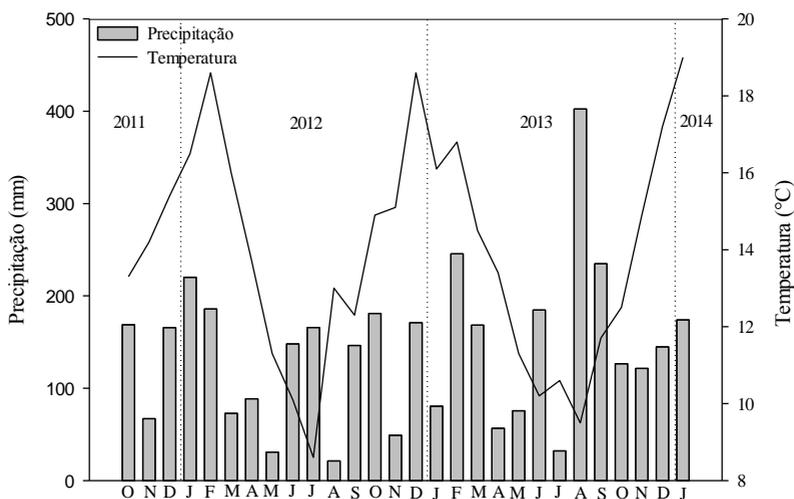
2012, os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Figura 2a). Na coleta realizada em 20 de dezembro de 2012, os maiores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram observados nos tratamentos com DL e SM. Nas coletas realizadas em 22 de janeiro, 15 de maio e 8 de junho de 2013 não houve diferença nos teores de  $\text{N-NH}_4^+$  entre os tratamentos. Nas coletas realizadas em 12 de julho, 14 de agosto e 11 de setembro de 2013, os maiores e menores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram observados no solo com DL e RLE, respectivamente. Nas coletas realizadas em 11 de outubro e 20 de novembro de 2013, os maiores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram observados no solo com plantas espontâneas RL, comparativamente, aos teores de  $\text{N-NH}_4^+$  verificados no solo com RLE e SM. Nas coletas efetuadas em 19 de dezembro de 2013 e 20 de janeiro de 2014 não houve diferença entre os tratamentos quanto aos teores de  $\text{N-NH}_4^+$ .



**Figura 2.** Teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (a), N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (b) e N-mineral (c) na camada de 0,0-0,20 m, em um pomar de macieira submetido à diferentes manejos de plantas espontâneas. (SM) sem manejo de plantas espontâneas; (DL) dessecamento na linha das

plantas espontâneas; (RL) roçadas na linha das plantas espontâneas e (RLE) roçadas na linha e na entrelinha das plantas espontâneas.

Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , em geral, foram mais elevados em relação aos teores de  $\text{N-NH}_4^+$ , o que é decorrente da rápida transformação do  $\text{N-NH}_4^+$  em  $\text{N-NO}_2^-$  e, posteriormente,  $\text{N-NO}_3^-$  (Wu et al., 2014). A nitrificação normalmente é realizada por microrganismos autotróficos ou heterotróficos, mas em solos mais ácidos a nitrificação tende a ser realizada predominantemente por microrganismos heterotróficos (Changhui et al., 2014). O teor de  $\text{N-NO}_3^-$  nas três primeiras coletas (7 de junho, 11 de julho e 13 de agosto de 2012) não diferiram estatisticamente entre os diferentes manejos das plantas espontâneas (Figura 2b), provavelmente por causa das baixas temperaturas do ar (Figura 1) e, por consequência, do solo. Com o aumento da temperatura do solo se espera incremento na taxa de mineralização do N orgânico no solo, uma vez que a mineralização segue uma cinética de primeira ordem (Stanford & Smith, 1972). Por outro lado, com o decréscimo da temperatura do ar e do solo tem-se menor taxa de mineralização do N orgânico (Zhang et al., 2006; Benbi et al., 2014), por consequência, ocorre a diminuição dos teores das formas de N mineral no solo, como o  $\text{N-NO}_3^-$  (Cantarella, 2007). Na coleta realizada em 15 de setembro de 2012, os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram observados no tratamento com plantas espontâneas DL, comparativamente, aos teores verificados no tratamento com RLE. Entretanto, na coleta realizada em 15 de novembro de 2012, verificou-se padrão contrário, com maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no tratamento com RLE comparativamente ao tratamento DL (Figura 2b). Estes maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no tratamento com RLE em 15 de novembro de 2012, em relação à coleta anterior, bem como ao teor observado no tratamento com DL, provavelmente, deve-se às maiores temperaturas do ar (Figura 1) e, por consequência, do solo, o que estimula à atividade da população microbiana do solo, conseqüentemente, a mineralização dos resíduos vegetais, incrementando os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  (Cantarella, 2007).



**Figura 1.** Médias de precipitação (mm) e temperatura (°C) do ar na área experimental.

Na coleta em 20 de dezembro, o maior teor de  $\text{N-NO}_3^-$  foi observado no solo SM, comparativamente, aos demais manejos das plantas espontâneas (Figura 2b). Isso aconteceu porque, nesta data o trevo branco predominava entre as espécies espontâneas, e como é uma leguminosa, possui alta capacidade de fixação de  $\text{N}_2$  atmosférico, por causa da associação simbiótica com bactérias do gênero *Rizobium* (Schuster et al., 2013). Com a senescência e a decomposição da parte aérea e das raízes, parte do N contido na fitomassa pode ter sido liberado para o solo, justificando o incremento de  $\text{N-NO}_3^-$  (Arevalo et al., 2005). Na coleta realizada em 22 de janeiro de 2013, os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  também foram observados no solo SM que diferiu do solo com plantas espontâneas RL. Nas coletas realizadas em 8 de junho, 12 de julho e 14 de agosto de 2013, o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  diminuiu em relação às coletas realizadas em dezembro de 2012 e janeiro de 2013, em todos os manejos de plantas espontâneas (Figura 2b). Isso pode ser atribuído ao decréscimo da temperatura do ar (Figura 1) e, por consequência, do solo (Zhang et al., 2006; Benbi et al., 2014). Convém ressaltar que na coleta de solo em 14 de agosto de 2013 foram observados os menores teores de  $\text{N-NO}_3^-$ . Isso

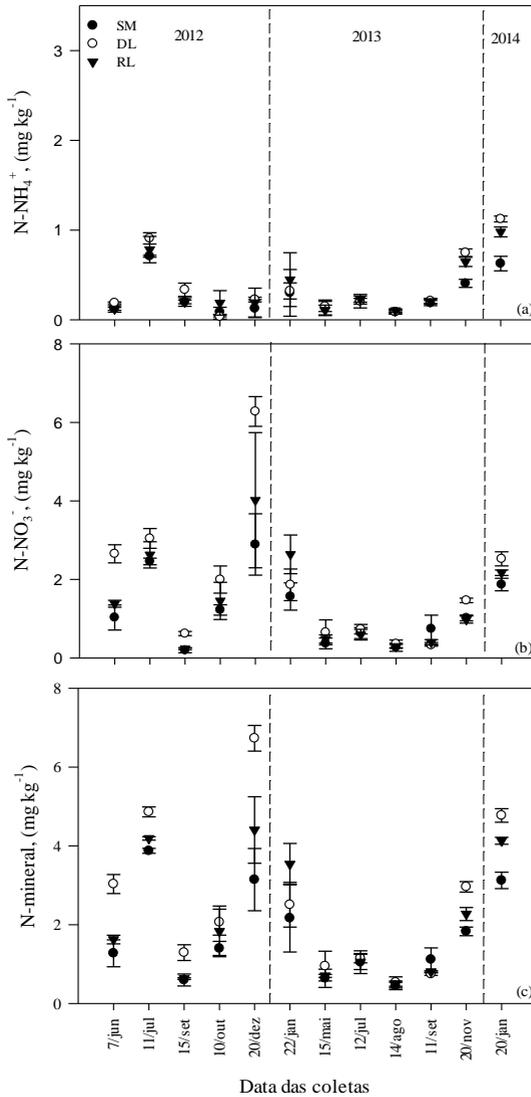
pode ter sido causado pelos maiores volumes de precipitações que promoveram um acumulado ao longo do mês de, aproximadamente, 400 mm (Figura 1), que pode ter estimulado o escoamento superficial e a lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  no perfil do solo para camadas mais profundas. A partir da coleta realizada em 11 de setembro de 2013, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no tratamento SM das espontâneas foram maiores do que os observados nos demais tratamentos (Figura 2b). Esse fato pode ter acontecido porque a partir desta data as macieiras apresentaram maior crescimento vegetativo, favorecendo o sombreamento das espontâneas e, por consequência, diminuindo a incidência de raios solares sobre as espécies de plantas espontâneas, especialmente, aquelas localizadas nas linhas de plantio. Isso pode ter estimulado a senescência das plantas espontâneas. Assim, os resíduos vegetais em contato com a superfície do solo são decompostos gradativamente ao longo dos demais meses, possivelmente, pela menor área de contato do material orgânico com o solo, o que retarda a atividade da população microbiana do solo e possibilita o incremento dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  (Tagliavini et al., 2007; Atucha et al., 2011).

Os teores de N-mineral no solo apresentaram o mesmo padrão dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , porque os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  são geralmente mais elevados do que os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  (Figura 2b, 2a). Os teores de N-mineral nas coletas realizadas em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto e 10 de outubro de 2012 não diferiram estatisticamente entre os manejos das plantas espontâneas (Figura 2c). Na coleta realizada em 15 de setembro de 2012 o maior teor de N-mineral foi verificado no tratamento com plantas espontâneas DL, diferindo do tratamento com RL e RLE, mas não diferiu do tratamento SM. Nas coletas realizadas em 10 de outubro e 15 de novembro de 2012, os teores de N-mineral não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Figura 2c). Na coleta realizada em 20 de dezembro de 2012, houve um pico dos teores de N-mineral, que pode ser explicado, em parte, pelo aumento da temperatura do ar no mês de dezembro de 2012 (Figura 1) e, por consequência, do solo (Zhang et al., 2006; Benbi et al., 2014), favorecendo a mineralização do N orgânico no solo de todos os tratamentos, especialmente, no solo SM, onde observaram os maiores teores de N-mineral. Isso ocorreu porque, provavelmente, a quantidade de MS da parte aérea depositada e em decomposição das espécies de plantas espontâneas, tais como o trevo branco foi maior (dados não apresentados), em relação aos demais manejos, justificando o incremento dos teores de N-mineral e, também, os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  nessa mesma época de coleta, comparativamente às coletas anteriores. A partir da coleta de 22 de janeiro de 2013

até 12 de julho de 2013, os teores de N-mineral não diferiram entre os manejos de plantas de espontânea, porém observa-se uma diminuição dos teores de N-mineral em todos os tratamentos, o que pode ser atribuído em parte ao decréscimo da temperatura do ar (Figura 1) e, por consequência, do solo (Zhang et al., 2006; Benbi et al., 2014). Na coleta realizada em 14 de agosto de 2013, o maior teor de N-mineral foi observado no tratamento com plantas espontâneas DL, diferindo do manejo com RLE. Mas, não diferiu estatisticamente dos manejos com RL ou SM das plantas espontâneas. A dessecação (DL) das plantas espontâneas pode ter estimulado o aumento na temperatura do solo, por causa da maior incidência de raios solares, em relação aos demais sistemas de manejo (Christoffoleti et al., 2007). Isso pode ter estimulado a mineralização de N orgânico no solo, por exemplo, justificando os maiores teores de N-mineral (Figura 2c) e também os maiores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  (Figura 2a). Nas coletas realizadas em 11 de setembro, 11 de outubro, 20 de novembro, 19 de dezembro de 2013 e 20 de janeiro de 2014, o tratamento SM das plantas espontâneas apresentou os maiores teores de N-mineral, corroborando com os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$ .

### 3.3.3 Formas de N na solução do solo

As concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  não diferiram estatisticamente entre os manejos de plantas espontâneas nas coletas realizadas de junho de 2012 até setembro de 2013 (Figura 3a). Isso pode ser atribuído aos baixos teores da forma de  $\text{N-NH}_4^+$  na solução do solo, que não ultrapassou  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  em todas as coletas (Figura 3a). As baixas concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  na solução do solo podem ser atribuídas a rápida transformação do  $\text{N-NH}_4^+$  em  $\text{N-NO}_2^-$  e, posteriormente, em  $\text{N-NO}_3^-$  (Wu et al., 2014). No entanto, para as coletas realizadas em 20 de novembro de 2013 e 20 de janeiro de 2014, as maiores concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  foram observadas na solução do solo com DL em relação aos demais tratamentos. Isso provavelmente ocorreu por causa da mineralização do N orgânico do solo, provocada pelo aumento da temperatura do ar (Figura 1) e, por consequência, do solo (Zhang et al., 2006; Benbi et al., 2014). No tratamento SM das plantas espontâneas, sempre há plantas sobre a superfície do solo. Com isso, a temperatura do solo tende a ser mais lenta e, por consequência, diminui a mineralização da matéria orgânica, acarretando em menores teores de  $\text{N-NH}_4^+$  (Benbi et al., 2014; Leon et al., 2015).



**Figura 3.** Concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  (a),  $\text{N-NO}_3^-$  (b) e N-mineral (c) na solução do solo coletada a 0,20 m de profundidade, em um pomar de macieira submetido à diferentes manejos de plantas espontâneas. (SM) sem manejo de plantas espontâneas; (DL) dessecamento na linha de plantas espontâneas; (RL) roçada na linha de plantas espontâneas.

As maiores concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na coleta em 7 de junho foram observadas no solo com plantas espontâneas DL, comparativamente aos demais tratamentos (Figura 3b). Na coleta realizada em 11 de julho, as maiores concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  também foram observadas no tratamento com DL das plantas espontâneas, diferindo estatisticamente do tratamento SM, mas não diferindo do tratamento com plantas espontâneas RL. Na coleta em 15 de setembro, as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  diminuíram em todos os tratamentos, apresentando valores próximos a zero. Nesta coleta, as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  também foram maiores no tratamento com plantas espontâneas DL, comparativamente aos demais manejos de plantas espontâneas. Nas coletas de 10 de outubro e 20 de dezembro de 2012, as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  aumentaram em todos os tratamentos, sendo as maiores concentrações observadas no tratamento com DL e as menores no SM (Figura 3b). Na coleta de 20 de dezembro de 2012, observaram-se as maiores concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  no tratamento DL ( $6,8 \text{ mg L}^{-1}$ ), porém, esta concentração é inferior à concentração máxima permitida para o uso de águas subterrâneas, que é de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  para o consumo humano (Brasil, 2004).

Nas coletas realizadas em 22 de janeiro, 15 de maio, 12 de julho, 14 de agosto e 11 de setembro de 2013, as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Figura 3b). Entretanto, para as coletas efetuadas em 20 de novembro de 2013 e 20 de janeiro de 2014, as maiores concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na solução do solo foram observadas no tratamento com DL. Esse fato provavelmente ocorreu por causa da maior mineralização da matéria orgânica do solo, devido a maior temperatura (Figura 1), pois a dessecação das espontâneas associada às maiores temperaturas favoreceu uma maior taxa de decomposição dos resíduos vegetais e, assim, houve maior liberação de  $\text{N-NO}_3^-$  para a solução do solo (Leon et al., 2015). Além disso, o manejo das plantas espontâneas com DL apresentou maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na solução do solo em sete das 12 coletas realizadas no experimento (Figura 3b). Isso aconteceu provavelmente por causa da maior disponibilidade da forma de N no solo, o que potencializa a sua lixiviação (Ventura et al., 2008; Brunetto et al., 2011). Isso ocorre porque, o  $\text{N-NO}_3^-$  forma um complexo de esfera externa com grupos funcionais de superfície de partículas reativas do solo (Yu, 1997) e, assim, permanece em maior concentração na solução do solo.

Os teores de N-mineral apresentaram o mesmo padrão dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , sendo, de maneira geral, verificados maiores concentra-

ções de  $\text{N-NO}_3^-$  no tratamento com DL em comparação aos tratamentos SM e RL (Figura 3c). Quando há presença de plantas espontâneas na superfície do solo pode ocorrer menores perdas de N no sistema de cultivo pela ciclagem mais lenta de elementos, principalmente na forma de  $\text{N-NO}_3^-$ . O manejo com roçadas frequentes das plantas espontâneas tende a absorver e acumular maior quantidade de N em suas raízes, para o rebrote da sua parte aérea após o corte; com isso, ocorre decréscimo da lixiviação de nutrientes no solo, que é dependente da adsorção e da quantidade do elemento na solução do solo (Celette et al., 2009; Janssens et al., 2010; Brunetto et al., 2011; Lorensini et al., 2012). Assim, ocorre a diminuição da transferência de  $\text{N-NO}_3^-$  para o perfil do solo. Isso foi observado no presente trabalho, pois nos tratamentos com RL ou SM das plantas espontâneas, verificaram-se as menores concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  na solução lixiviada (Figura 3b), que acabou se refletindo diretamente na menor concentração de N-mineral na solução (Figura 3c).

### 3.3.4 Atributos químicos do solo

Na camada de 0,0-0,025 m, os maiores valores de pH em água foram observados nos tratamentos com DL, RL e RLE. Mas, na camada de 0,025-0,05 m, os maiores valores de pH em água foram observados somente nos tratamentos RL e RLE. Nas demais camadas, os valores de pH em água não diferiram entre os tratamentos (Tabela 2). Os maiores valores de pH em água nas camadas mais superficiais do solo com manejos de plantas espontâneas, como RL, RLE e DL, podem ser atribuídos à decomposição dos resíduos vegetais pela população microbiana, liberando compostos orgânicos aniônicos que complexam  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  (Franchini et al., 2007) ou, também por causa da descarboxilação de ânions orgânicos, que promove a protonação de íons  $\text{H}^+$  (Franchini et al., 2001). Além disso, nos tratamentos com roçadas, tais como RL e RLE, com a remoção da parte aérea das plantas espontâneas, ocorre a metabolização e translocação de carboidratos das raízes para a parte aérea, que serão utilizados para a reposição da folhagem e do aparato fotossintético. Isso permitirá à planta continuar o seu crescimento e emitir raízes jovens, estimulando a senescência daquelas com maior idade, que serão decompostas, também contribuindo para a produtividade de ácidos orgânicos aniônicos ao longo do perfil do solo (Franchini et al., 2001, 2007).

**Tabela 2.** Valores de pH em água, teor de carbono orgânico total (COT), fósforo (P) disponível, potássio (K) trocável, cálcio (Ca) trocável e magnésio (Mg) trocável, em camadas de um solo Cambissolo Húmico na linha de plantio, depois de 28 meses da implantação de manejos de plantas espontâneas em um pomar de macieira.

	Camada (m)	SM	DL	RL	RLE	CV (%)
pH em H <sub>2</sub> O (1:1)	0-0,025	5,5dB <sup>(1)</sup>	6,2cA	6,7abA	6,7aA	3,54
	0,025-0,05	5,6cdB	6,3cAB	6,6abA	6,6aA	5,09
	0,05-0,10	6,0bcdA	6,4bcA	6,7abA	6,6aA	6,03
	0,10-0,15	6,5abA	6,6abA	6,8aA	6,6aA	5,39
	0,15-0,20	6,7aA	6,6aA	6,8aA	6,6aA	4,56
	0,20-0,40	6,3abcA	6,7aA	6,5bA	6,4aA	2,99
	CV (%)	4,51	1,67	2,22	2,28	
COT (g kg <sup>-1</sup> )	0-0,025	81,3 aA	64,9 aA	68,61aA	77,5aA	10,59
	0,025-0,05	67,2bA	56,2 aA	54,8bA	54,9bA	11,92
	0,05-0,10	24,2cA	21,3bA	19,2cA	19,4cdA	15,13
	0,10-0,15	22,8cA	20,6bA	20,6cA	22,1cdA	5,58
	0,15-0,20	23,2cA	23,6bA	21,8cA	23,3cA	6,04
	0,20-0,40	18,1cA	15,0bA	15,1cA	16,9dA	15,88
	CV (%)	13,25	12,07	13,0	7,38	
P disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	0-0,025	20,1aA	13,9aB	17,1aB	16,0aB	9,69
	0,025-0,05	12,4bA	14,4aA	15,9abA	11,0bA	15,9
	0,05-0,10	10,6bA	14,4aA	13,4abA	10,2bA	18,78
	0,10-0,15	9,8bA	16,0aA	14,4abA	11,1bA	23,07
	0,15-0,20	10,65bA	14,3aA	12,4bA	10,6bA	10,34
	0,20-0,40	3,9cA	4,6bA	6,1cA	7,7cA	32,98
	CV (%)	12,61	9,7	14,19	9,32	
K trocável (mg kg <sup>-1</sup> )	0-0,025	455,4aC	745,6aA	543,9aBC	666,1aAB	9,58
	0,025-0,05	390,1aA	483,4bA	452,9aA	525,3bA	17,75
	0,05-0,10	337,9abA	318,5cA	273,5bA	373,2cA	14,79
	0,10-0,15	247,4bcA	184,3dA	266,9bA	225,2dA	18,55
	0,15-0,20	194,7cdA	134,5dA	197,1bcA	165,4deA	20,87
	0,20-0,40	87,8dA	104,2dA	80,7cA	122,5eA	25,32
	CV (%)	19,04	15,8	16,88	12,25	
Ca trocável (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0-0,025	8,3abA	7,1bA	7,7bcA	7,5bA	11,28
	0,025-0,05	7,6abA	8,0abA	8,0abcA	8,0abA	8,81
	0,05-0,10	9,0aA	8,4aA	8,4abA	8,6abA	6,73
	0,10-0,15	8,8aA	9,0aA	8,4abA	8,7aA	5,65
	0,15-0,20	8,5abA	8,9aA	9,0aA	8,4abA	8,75
	0,20-0,40	6,4bA	8,0abA	7,1cA	8,1abA	14,68
	CV (%)	12,26	6,51	5,68	6,18	
Mg trocável (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0-0,025	2,5abA	2,4bA	3,2aA	2,8aA	18,75
	0,025-0,05	2,3bA	2,5bA	3,3aA	2,7aA	23,0
	0,05-0,10	3,2abA	3,1aA	4,3aA	3,7aA	13,9
	0,10-0,15	3,5abA	3,5aA	3,4aA	3,1aA	11,64
	0,15-0,20	3,7aA	3,4aA	3,4aA	3,6aA	15,05
	0,20-0,40	3,3abA	3,6aA	3,1aA	3,4aA	14,7
	CV (%)	17,81	8,49	9,74	15,14	

SM= sem manejo das plantas espontâneas; DL= dessecamento na linha das plantas espontâneas; RL= roçada na linha das plantas espontâneas e RLE= roçada na linha e na entrelinha das plantas espontâneas. <sup>(1)</sup> Médias segui-

das pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Entre as camadas, para os tratamentos com roçadas (RL e RLE) não foram verificadas diferenças em profundidade. Porém, nos tratamentos SM e com DL das plantas espontâneas, os menores valores de pH em água foram observados nas camadas superficiais do solo (Tabela 2). Provavelmente a roçada, associada as temperaturas amenas e boas precipitações ao longo do ano (Figura 1), favoreceram o rebrote das plantas, estimulando o sistema radicular a absorver mais água e nutrientes, assim como a atividade microbiana, que teve maior contato com os resíduos vegetais roçados. Assim tem-se maior produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular nos tratamentos RL e RLE, homogeneizando os valores de pH até os 0,40 m de profundidade (Pavinato & Rosolem, 2008). A ausência de manejo (roçadas) no SM diminui o contato dos resíduos vegetais com os microorganismos, assim como as temperaturas mais amenas o ano todo (Figura 1) pode ter diminuído a atividade microbiana do solo. No tratamento DL, a dessecação, além de matar as plantas (sistema radicular), interfere na atividade microbiana, ambos diminuindo a produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular (Pavinato & Rosolem, 2008). Assim, nos tratamentos RL e RLE, o manejo das plantas espontâneas com roçadas pode ter favorecido a lavagem direta dos resíduos vegetais e a produção de exsudados radiculares e microbianos, que segundo Franchini et al. (2003) se constituem em fontes de ácidos orgânicos de baixo peso molecular. Nos tratamentos SM e DL, comparado com RL e RLE, têm-se menor produção desses ácidos, assim o pH é menor na superfície do solo.

Os maiores teores de COT, em todos os tratamentos, foram observados nas camadas mais superficiais do solo, especialmente em 0,0-0,025 m (Tabela 2). Isso aconteceu porque o solo ao longo dos anos com cultivo das macieiras não foi revolvido (sem aração e gradagem), o que retarda a oxidação da matéria orgânica do solo (Ramos et al., 2010, 2011; Montes-Borrego et al., 2013). Além disso, têm-se as condições climáticas (precipitações constantes e temperaturas amenas ao longo do ano) (Figura 1) que favorecem o desenvolvimento das plantas espontâneas (parte aérea e sistema radicular) e torna mais lenta a atividade microbiana. Dessa forma, tem-se constantemente aporte de resíduos vegetais que se acumulam na camada superficial do solo, culminando nos maiores teores de COT na camada superficial em comparação às camadas mais profundas.

É desejável a manutenção dos teores de C orgânico do solo de pomares ou, quando possível, o incremento do seu teor. Isso promove melhoria

da porosidade e da estrutura do solo, o que aumenta a infiltração e o armazenamento de água (Nair & Ngouajio, 2012). Essa prática também aumenta a capacidade de troca de cátions, minimizando as transferências de nutrientes para profundidades não exploradas pelas raízes, diminuindo perdas e aumentando a sua disponibilidade às plantas (Sofo et al., 2005; Steenwerth & Belina, 2008). Por outro lado, os teores de COT não diferiram dentro da mesma camada, até 0,40 m, entre os manejos de plantas espontâneas. Isso pode ser decorrente do curto tempo de avaliação do experimento (dois anos) para se verificar diferenças nos teores de COT. Além disso, tem-se o efeito da FBN sobre o COT em todos os tratamentos, pois as plantas espontâneas são leguminosas, e incrementos de N favorecem o acúmulo de COT, pois não ocorre aumento de COT no solo se a quantidade de N for limitante a produtividade biológica (Urquiaga et al., 2005).

Os maiores teores de P disponível foram observados na camada de 0,0-0,025 m para o tratamento SM. Para as demais camadas não foram verificadas diferenças entre os tratamentos. Entre as camadas, em todos os tratamentos se observaram diminuição dos teores de P disponível em profundidade (Tabela 2). Os maiores teores de P disponível no tratamento SM na camada de 0,0-0,025 m pode ser decorrente do teor de COT foi proporcionalmente maior em relação aos demais manejos de plantas espontâneas, porque ao longo de todo o ciclo da macieira se observou a maior produção de matéria seca (dados não apresentados), o que promoveu maior acúmulo de nutrientes, entre eles, P na fitomassa. Com a senescência da parte aérea, seguida de decomposição pela população microbiana, parte do P contido na fitomassa foi liberado para a camada mais superficial do solo (Noack et al., 2014), sendo diagnosticado pela análise do solo. Por outro lado, nos tratamentos com RL e DL das plantas espontâneas, os teores de P no perfil do solo foram similares, sendo os menores teores observados na camada de 0,20-0,40 m. Isso pode ser atribuído, por exemplo, no tratamento com RL, às roçadas frequentes da parte aérea das plantas, que promovem novo crescimento da folhagem e emissão de raízes jovens, que exploraram camadas mais profundas do solo e absorveram nutrientes, os quais foram incorporados na fitomassa e/ou raízes (Ramos et al, 2011; Noack et al., 2014). Com a senescência natural das raízes das plantas espontâneas no tratamento com RL ou mesmo por causa da senescência das raízes no tratamento com DL, provocada pela aplicação do herbicida, o P contido na fitomassa foi liberado para o solo do perfil ao longo da decomposição. O P no tecido vegetal é encontrado no vacúolo da célula, especialmente, na forma de P inorgânico e monoésteres, que são formas solúveis em água (Giacomini

et al., 2003; Noack et al., 2014) e, por isso, pode ser facilmente lixiviado dos resíduos vegetais. O restante do P nos resíduos vegetais permanece em formas não solúveis em água, como diésteres (ácidos nucleícos, fosfolipídios e fosfoproteínas), que são liberadas para solo depois da atuação da população microbiana (Ramos et al., 2010; Ramos et al., 2011; Noack et al., 2014).

Em todos os manejos das plantas espontâneas, os maiores teores de K trocável foram observados, especialmente, nas camadas mais superficiais do solo (Tabela 2), o que pode ser explicado pelo não revolvimento do solo ao longo dos anos de cultivo da macieira, mas também à deposição dos resíduos da parte aérea das plantas espontâneas, além de folhas senescentes e ramos da poda das macieiras (Tagliavini et al., 2007). O K é rapidamente liberado ao solo, porque é um cátion que não está associado a nenhum componente estrutural no tecido vegetal (Brunetto et al., 2005; Rosolem, et al., 2005; Boer et al., 2008), portanto, é encontrado na forma solúvel em resíduos vegetais (Zalamena et al., 2013). Parte do K liberado pode ter sido adsorvido aos grupos funcionais de partículas orgânicas na superfície do solo, uma vez que, os maiores teores de COT foram observados na camada mais superficial do solo, 0,0-0,025 m (Tabela 2). Por outro lado, os teores de K trocável na maioria das camadas (exceção à 0,0-0,025 m de profundidade) não diferiram estatisticamente entre os manejos de espécies espontâneas, o que concorda com os resultados dos teores de Ca e Mg trocáveis (Tabela 2), que apresentaram teores similares também ao longo do perfil do solo em todos os manejos.

### 3.4 CONCLUSÕES

- 3.1. 1. Os diferentes manejos das plantas espontâneas não afetaram a produtividade, o crescimento das macieiras e pouco alteraram o teor de nutrientes nas folhas e nas camadas de solo. Assim, as plantas espontâneas nas linhas de plantio e entrelinhas, não necessitam ser manejadas nem com roçadas ou uso de herbicidas, para evitar a competição por água e nutrientes com as macieiras.
- 3.2. 2. Os maiores teores de nitrato e, por consequência, de N mineral tenderam a ser observados na solução lixiviada no solo com dessecação das plantas espontâneas na linha de plantio, o que pode potencializar a contaminação de águas subsuperficiais.

### 3.5 Referências

Andersen L, Kühn BF, Bertelsen M, Bruus M, Larsen SE, Strandberg M (2013) Alternatives to herbicides in an apple orchard, effects on yield, earthworms and plant diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 172:1-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.004>

Arevalo CBM, Drew AP, Volk TA (2005) The effect of common Dutch white clover (*Trifolium repens* L.), as a green manure, on biomass production, allometric growth and foliar nitrogen of two willow clones. *Biomass and Bioenergy* 29:22-31. doi:10.1016/j.biombioe.2005.02.003.

Atucha A, Merwin IA, Brown MG (2011) Long-term Effects of Four Groundcover Management Systems in an Apple Orchard. *HortScience* 46:1176–1183.

Azevedo FA, Rossetto MP, Schinor EH, Martelli IB, Pacheco CA (2012) Influência do manejo da entrelinha do pomar na produtividade da laranja - 'pera'. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34:134-142.

Benbi DK, Boparai AK, Brar K (2014) Decomposition of particulate organic matter is more sensitive to temperature than the mineral associated organic matter. *Soil Biology & Biochemistry* 70:183-192. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.032>

Boer CA, Assis RL, Silva GP, Braz AJBP, Barroso AL, Cargnelutti Filho A, Pires FR (2008) Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32:843-851.

BRASIL (2004) Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação em vigilância sanitária. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água. Disponível em: <http://dtr2004.saude.gov.br/dab/saudebucal/legislação/>

Brunetto G, Ceretta CA, Melo GWB Kaminski J, Trentin G, Girotto E, Ferreira PAA, Miotto A, Trivelin PCO (2014) Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to 'Niagara Rosada' grape nutrition. *Scientia Horticulturae* 169:66–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.02.019>

Brunetto G, Gatiboni LC, Santos DR, Saggin A, Kaminski J (2005) Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um argissolo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29:565-571. doi: 10.1590/S0100-06832005000400009

Brunetto G, Ventura M, Scandellari, F, Ceretta CA, Kaminski J, Melo GWB, Tagliavini M (2011) Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and White clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosyst.*90:299–308.

Cantarella H, Novais RF, Alvarez VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB & Neves JCL (2007) Nitrogênio. In Novais RF, Alvarez VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti, RB & Neves JCL. (Eds.). *Fertilidade do Solo* 2 ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.375- 470

Celette F, Findeling A, Gary C (2009) Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *European Journal Agronomy* 30:41-51. doi: 10.1016/j.eja.2008.07.003

Changhui W, Dannenmann M, Meier R, Butterbach-Bahl K (2014) Inhibitory and side effects of acetylene (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) and sodium chlorate (NaClO<sub>3</sub>) on gross nitrification, gross ammonification and soil-atmosphere exchange of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> in acidic to neutral montane grassland soil. *European Journal of Soil Biology* 65:7-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.08.006>

Christoffoleti PJ, Carvalho SJP, López-Ovejero RF, Nicolai M, Hidalgo E, Silva JE (2007) Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: Implications on weed biology and management. *Crop Protection* 26:383–389. doi:10.1016/j.cropro.2005.06.013.

Comissão de química e fertilidade do solo RS/ SC (2004) Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, Porto Alegre.

Dalla Rosa J, Mafra AL, Nohatto MA, Ferreira EZ, Oliveira OLP, Miquelluti J, Cassol PC, Medeiros JC (2009) Atributos químicos do solo e produtividade de videiras alterados pelo manejo de coberturas verdes na Serra Gaúcha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33:179-187. doi: 06832009000100019

Eissenstat DM, Bauerle TL, Comas LH, Neilsen D, Neilsen GH, Lakso AN, Smart DR (2007) Seasonal Patterns of Root Growth in Relation to Shoot Phenology in Grape and Apple. *Acta Horticulturae* 721:21-26.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (2013) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 374p.

Espanhol GL, Albuquerque JA, Mafra AL, Nuernberg N J, Nava G (2007) Propriedades químicas e físicas do solo modificadas pelo controle de ervas e adubação orgânica em macieira. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 6:83-94.

Franchini JC, Miyazawa M, Pavan MA, Malavolta E (1999) Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 34:2267-2276

Franchini JC, Borkert CM, Ferreira MM, Gaudêncio CA (2000) Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 24:459-467

Franchini JC, Crispino CC, Souza RA, Torres E, Hungria M (2007) Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil Tillage Res* 92:18-29. doi: 10.1016/j.still.2005.12.010

Franchini JC, Meda AR, Cassiolato ME, Miyazawa M, Pavan MA (2001) Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. *Sci Agric* 58:357-360. doi: 10.1590/S0103-90162001000200020

Giacomini SJ, Aita C, Vendruscolo ERO, Cubilla M, Nicoloso RS, Fries MR (2003) Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27:325-334. doi: 10.1590/S0100-06832003000200012

Guo LB, Halliday MJ, Siakimotu SJM, Gifford RM (2005) Fine root production and litter input: Its effect on soil carbon. *Plant and Soil* 272:1-10. doi:10.1007/s11104-004-3611-z

IBGE (2013) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, v.26, n.1,83 p. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201301.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301.pdf) >. Acesso em: 23-abril-2014.

Janssens IA, Dieleman W, Luysaert S, Subke JA, Reichstein M, Ceulemans R, Ciais P, Dolman AJ, Grace J & Matteucci G (2010) Reduction of forest soil respiration in response to nitrogen deposition. *Nature Geoscience* 3:315-322.

Leon A, Kohyama K, Takata Y, Yagi K, Umemiya Y, Ohkura T, Obara H (2015) Change in soil carbon in response to organic amendments in orchards and tea gardens in Japan. *Geoderma* 237:168-175. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.001>.

Lorensini F, Ceretta CA, Girotto E, Cerini JB, Lourezi CR, Conti L, Trindade MM, Melo GWB, Brunetto G (2012) Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*. 42:1173-1179.

Mafra MSH, Cassol PC, Miquelluti DJ, Ernani PR, Gatiboni LC, Ferreira EZ, Barros M, Zalamena J, Grohskopf M (2011) Atributos químicos do solo e estado nutricional de videira Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) na Serra Catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 10:44-53.

Montes-Borrego M, Navas-Córtes JA, Landa BB (2013) Linking microbial functional diversity of olive rhizosphere soil to management systems in commercial orchards in southern Spain. *Agriculture Ecosystems Environment* 181:169-178. doi: 10.1016/j.agee.2013.09.021

Nair A, Ngouajio M (2012) Soil microbial biomass, functional microbial diversity, and nematode community structure as affected by cover crops and compost in an organic vegetable production system. *Applied Soil Ecology* 58:45-55. doi:10.1016/j.apsoil.2012.03.008

Nava G, Ciotta MN. (2012) Viabilidade do uso do SPAD no diagnóstico do estado de nitrogênio na macieira ‘Fuji’. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 12:13-20.

Nava Gilberto (2010) Produção e crescimento da macieira ‘fuji’ em resposta à adubação orgânica e manejo de plantas espontâneas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32:1231-1237.

Nava G, Dechen AR, Basso C, Nachtigall GR, Katsurayama JM. (2010) Composição mineral de folhas e vigor da macieira ‘Fuji’ em resposta a nitrogênio e potássio. *Agropecuária Catarinense*, 23:77-83.

Noack SR, McBeath TM, McLaughlin MJ, Smernik RJ, Amstrong RD (2014) Management of crop residues affects the transfer of phosphorus to plant and soil pools: Results from a dual-labelling experiment. *Soil Biology & Biochemistry* 71: 31-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.022>

Novais RF, Alvarez VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti, RB & Neves JCL (2007) (Eds.). *Fertilidade do Solo* 2 ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 470

Pavinato OS, Rosolem CA (2008) Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32:911-920.

Pelizza TR, Mafra AL, Amarante CVT, Nohatto MA, Vargas L (2009) Coberturas do solo e crescimento da macieira na implanta-

ção de um pomar em sistema orgânico de produção. *Revista Brasileira de Fruticultura* 21:739-748.

Ramos ME, Benítez E, García PA, Robles AB (2010) Cover crops under different managements vs. Frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. *Appl Soil Tillage* 44:6-14. doi: 10.1016/j.apsoil.2009.08.005

Ramos ME, Robles AB, Sánchez-Navarro A, González-Rebollar JL (2011) Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. *Soil Tillage Res* 112:85-91. doi: 10.1016/j.still.2010.11.007.

Rodrigues MA, Correia CM, Claro AM, Ferreira IQ, Barbosa JC, Moutinho-Pereira JM, Bacelar EA, Fernandes-Silva A, Arrobas M (2013) Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legume cover crop residues. *Scientia Horticulturae* 158:45-51. doi: 10.1016/j.scienta.2013.04.035

Rosolem CA, Calonego JC, Foloni JSS (2005) Potassium leaching from millet straw as affected by rainfall and potassium rates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1063:1074-36.

Scandellari F, Tonon G, Thalheimer M, Ceccon C, Gioacchini P, Aber JD, Tagliavini M (2007) Assessing nitrogen fluxes from roots to soil associated to rhizodeposition by apple (*Malus domestica*) trees. *Trees*. 21:499–505. DOI 10.1007/s00468-007-0141-3

Schuster MZ, Szymczak LS, Lustosa SBC, Moraes APA, Francisco R (2013) Interference of weeds in the establishment of white clover as forage crop. *Ciência Rural* 43: 2148-2153

Sofa A, Nuzzo V, Palese AM, Xiloyannis C, Celano G, Zukowskyj P, Dichio B (2005) Net CO<sub>2</sub> storage in Mediterranean olive and peach orchards. *Scientia Horticulturae* 107:17-24. doi: 10.1016/j.scienta.2005.06.001

Stanford G & Smith S (1972) Nitrogen Mineralization Potentials of Soils. *Soil Science Society American Journal*, 36:465-472.

Steenwerth KL, Belina KM (2008) Cover crops and cultivation: Impacts on soil N dynamics, nitrous oxide efflux, and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology* 40:370-380. doi: 10.1016/j.apsoil.2008.06.004

Stüpp JJ, Rosa EFF, Amarante CVT, Mafra AL, Steffens CA (2013) Nutrição, sanidade, rendimento e qualidade de frutos em macieiras ‘Catarina’ conduzidas sob manejo integrado e orgânico. *Revista Brasileira de Fruticultura* 35: 634-641.

Tagliavini M, Tonon G, Scandellari F, Quiñones A, Palmieri S, Menarbin G, Giocchini P, Masia A (2007) Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in orchard. *Agriculture Ecosystems Environment* 118:191-200. doi: 10.1016/j.agee.2006.05.018

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani C, Bohnen H, Volkweiss SJ (1995) Análise de solo, plantas e outros materiais. UFRGS/FA/DS, Porto Alegre.

Ventura M, Scandellari F, Ventura F, Guzzon B, Pisa PR, Tagliavini M (2008) Nitrogen balance and losses through drainage waters in an agricultural watershed of the Po Valley (Italy). *Europ. Journal Agronomy* 29: 108–115

Ventura M, Zhang C, Baldi E, Fornasier F, Sorrenti G, Panzacchi P, Tonon G (2014) Effect of biochar addition on soil respiration partitioning and root dynamics in an apple orchard. *European Journal of Soil Science* 65:186–195 doi: 10.1111/ejss.12095

Urquiaga S, Jantalia CP, Zotarelli L, Alves BJR, Boddey RM (2005) Manejo de sistemas agrícolas para o sequestro de carbono no solo. In: Aquino AM, Assis RL (Org.). *Conhecimentos e técnicas avançadas para o estudo dos processos da biota no sistema solo-planta*. Brasília: Embrapa. p.257-273.

Wu J, Yan G, Zhou G, Xu T (2014) Model predictive control of biological nitrogen removal via partial nitrification at low carbon/nitrogen (C/N) ratio. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 30:1899–1906.

YU TR (1997) Chemistry of variable charge soils. NewYork: Oxford University Press, 505 p.

Zalamena J, Cassol PC, Brunetto G, Panisson J, Marcon Filho JM, Schlemper C (2013) Produtividade e composição de uva e de vinho de videiras consorciadas com plantas de cobertura. Pesquisa agropecuária brasileira 48:182-189, doi: 10.1590/S0100-204X2013000200008

Zhang, Xu-hui., Li, Lian-qing., Pan, Gen-xing, (2006) Topsoil organic carbon mineralization and CO<sub>2</sub> evolution of three paddy soils from south China and the temperature dependence. Journal of Environmental Sciences 19:319-326.

#### 4. DISCUSSÃO GERAL

O presente trabalho foi composto por dois Estudos. O Estudo 1 foi intitulado de: Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. O Estudo 2 compreendeu: Nutrição, produtividade e atributos químicos do solo em pomar de macieira sob manejo de plantas espontâneas

O Estudo 1 foi realizado porque o N nas tradicionais regiões produtoras de maçã no Sul do Brasil normalmente é aplicado nos pomares ao longo do ciclo das plantas. Algumas vezes a dose é definida com base nos critérios técnicos estabelecidos para a cultura, por exemplo, aqueles preconizados pela CQFS-RS/SC (2004). O N aplicado, por exemplo, algumas vezes pode promover impacto no crescimento vegetativo das macieiras, na produtividade, na composição dos frutos e até no armazenamento deles. Porém, nem sempre se verifica efeito da aplicação de N, usando a ureia como fonte, sobre parâmetros das plantas de macieira (Souza, et al., 2013). Isso pode ser atribuído em parte, a rápida liberação do N da ureia, o que aumenta o potencial de transferência no ambiente, diminuindo a absorção do nutriente pelas macieiras. Com isso, torna-se necessário a avaliação da interferência de outras fontes de N, que possam liberar mais lentamente o N para as macieiras, o que pode aumentar o sincronismo com as plantas, reduzindo as transferências, melhorando o estado nutricional e aumentando a produtividade.

No Estudo 1, as diferentes fontes de N para a macieira ureia (UC), ureia peletizada (UP) e cama sobreposta de suínos (CS) praticamente não afetaram parâmetros de crescimento e o estado nutricional das macieiras. Isso pode ter acontecido por causa das reservas internas de N, especialmente, localizadas nos órgãos perenes (Hartley & Ineson, 2008; Souza et al., 2013). Além disso, o solo dos pomares nesta região apresentam de médio a altos teores de matéria orgânica, o que pode fornecer quantidade suficiente de N para as macieiras, especialmente para as plantas que não receberam adubação nitrogenada. No entanto, recomenda-se a realização de experimentos de longa duração nesses pomares, para avaliar mais detalhadamente as reservas internas de N na planta

e a capacidade do solo em disponibilizar nitrogênio mineral para a solução do solo.

Mesmo que a aplicação de fontes de N não afetaram os teores de nitrogênio nas folhas e o diâmetro do caule nas duas safras avaliadas, as plantas de macieiras quando submetidas à aplicação de fontes de N, aumentaram o número de frutos por planta na segunda safra avaliada o que, conseqüentemente, aumentou produtividade por área. Esse fato mostra que a aplicação de N nos pomares de macieira na região do planalto de SC responde em maior produção quando aplicado N, seguindo as recomendações da CQFS- RS/SC (2004). Novos estudos devem ser realizados, pois apesar dos resultados apresentados serem relevantes para a produção de frutas no estado, sabe-se que cada região corresponde de uma forma diferente, até mesmo uso de diferentes variedades da fruta e cada porta enxerto tem sua peculiaridade na questão de adubação e manejo dos fertilizantes.

No Estudo 1 também foram avaliados os teores de formas de N no solo e na solução. As aplicações de UC, UP e CS pouco alteraram os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  no solo coletado nas camadas de 0-20 e 20-40cm ao longo de oito coletas, durante duas safras. Nas primeiras coletas de solo após 20 dias após a aplicação das fontes de N, o solo com CS apresentou os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , mostrando que a fonte de N apresenta uma liberação mais lenta do N, o que pode melhorar a absorção pela planta e diminuir perdas por lixiviação. Porém, outros estudos devem ser realizados para confirmar que a CS apresenta uma liberação mais contínua de N quando comparados com as demais fontes de N avaliadas. Os teores de N mineral avaliados da solução do solo pouco se alteraram com a aplicação das diferentes fontes de N, como observado no solo coletado nas camadas de 0-20 e 20-40cm. No entanto, outros estudos devem ser realizados para avaliar a transferência de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  para a solução do solo, principalmente em períodos logo após a aplicação dos fertilizantes, isso não foi realizado no presente estudo, e que pode mostrar que as fontes de N solúveis apresentam um pico de liberação logo após a aplicação, e que poderiam ser perdas facilmente nos sistemas de cultivo.

Contudo, a CS mostrou ser uma fonte de N de grande potencial para a cultura da macieira, pois apresenta uma liberação mais lenta, o que diminui efeitos de contaminação de águas e potencializa a planta em absorver N por um período mais longo, o que pode melhorar o estado nutricional das plantas de macieiras. Novos estudos devem ser realizados e a disponibilidade do fertilizante para cada região deve ser levada em consideração, na hora de recomendar a utilização do mesmo.

No Estudo 2, nutrição, produtividade e atributos químicos do solo em pomar de macieira sob manejo de plantas espontâneas, diferentemente do Estudo 1, os solos, sem manejo das plantas espontâneas (SM), com dessecamento na linha de plantio (DL), com roçadas na linha de plantio (RL) e com roçadas na linha e entrelinha de plantio (RLE) das plantas espontâneas alteraram, em parte, os teores de N e P nas folhas, porém somente na terceira safra avaliada. Apesar de alterar os teores de nutrientes nas folhas das macieiras, não foi observada interferência sobre os componentes de produção e rendimento de maçã. Isso provavelmente aconteceu porque as plantas espontâneas manejadas nos pomares, pouco compete com a macieira por água e nutrientes, isso porque provavelmente o sistema radicular das macieiras exploram um grande volume de solo, absorvendo nutrientes e água em quantidades suficientes para seu crescimento e para produção de frutos. Assim, práticas de manejos, como roçadas ou dessecamento podem ser dispensadas durante o ciclo produtivo, pois não interferem na produção de frutos. Além disso, a manutenção dessas plantas na superfície do solo diminui o risco de erosão nos pomares e aumenta a ciclagem de nutrientes, o que pode ser favorável para a macieira (Tagliavini et al., 2007).

Os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  no solo coletado na camada de 0-20cm apresentaram variações durante 17 coletas, realizadas ao longo 3 safras, porém essa variação foi mais associada as condições climáticas, temperatura e precipitação, do que aos diferentes manejos de plantas espontâneas. Convém, porém, destacar que o solo sem manejo de plantas espontâneas (SM) tendeu a apresentar as maiores concentrações de N mineral na maioria das coletas. Isso pode ter acontecido, especialmente, por causa da quantidade de fitomassa produzida pelas plantas. Com a senescência de parte das plantas, devido a época do ano ou até mesmo de geadas que ocorrem normalmente na região, a fitomassa entra em decomposição e libera-se nutrientes para o solo em determinados períodos, o que pode ter promovido o incremento de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  no solo

(SM). No entanto, na maioria das coletas realizadas os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  no solo foram semelhantes para todos os tratamentos.

Os teores na solução do solo de, especialmente de  $\text{N-NO}_3^-$  na solução do solo, foram maiores no solo com DL na maioria das coletas realizadas. Isso pode ser atribuído, em especial, a ausência de plantas espontâneas para absorverem nutrientes da solução do solo. Entretanto, mesmo com os maiores teores  $\text{N-NO}_3^-$  na solução do solo observados no solo com DL, em nenhuma das coletas foram observados teores de  $\text{N-NO}_3^-$  maiores que o permitido atualmente pela legislação, que é de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  (Portaria nº 518, de 25 de março de 2004).

Os manejos de plantas espontâneas pouco alteraram os valores de pH e teores de COT, P, K, Ca e Mg. Isso pode ter acontecido porque as avaliações foram realizadas em amostras de solo coletadas 24 meses após a instalação do experimento. É muito provável que caso o experimento continue sendo realizados, resultados distintos aos observados sejam observados.

Apesar de alguns resultados mostrarem que o pomar de macieiras sem manejo das plantas espontâneas (SM) em parte seja o melhor, para a produção de frutas e para diminuição do uso de herbicidas e de contaminação de águas por causa da lixiviação do  $\text{N-NO}_3^-$ , outros estudos devem ser realizados para que essa hipótese possa ser passada para agricultores da região. Pois, a grande pluviosidade e temperaturas elevadas durante o dia e grande concentração de plantas espontâneas na linha de plantio, podem provocar um aumento de inóculo de doenças, principalmente da Sarna da macieira (*Veturia inaequalis*). Esse fungo apresenta esporos de resistência, que vão para o solo, assim quanto maior a vegetação espontânea, mais difícil fica o controle da doença. Por isso, novos estudos devem ser realizados para avaliar o manejo de plantas espontâneas nos pomares de macieira, envolvendo os mais diversos parâmetros que podem interferir na produção da fruta.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 - No Estudo 1, a aplicação de fontes de N (ureia, ureia peletizada e cama sobreposta de suínos), em macieiras cultivadas em um solo Cambissolo Húmico, em Urubici (SC), Planalto Catarinense, não alterou o teor de N nas folhas das plantas, o diâmetro do caule e dos frutos, porém alterou a produção de frutos na segunda safra avaliada. O aumento de produtividade do pomar avaliado quando submetido à aplicação de N, independente da fonte utilizada é um indicativo da absorção do N aplicado. Quando aplicado N através das fontes, as macieiras absorveram mais o nutriente, o que pode ter provocado maior diferenciação das gemas, o que aumentou a produção na segunda safra. Os teores de N mineral no solo e na solução do solo foram similares nas diferentes fontes de N. Assim, as fontes de N para as macieiras comportaram-se, no geral de modo semelhante sobre o impacto nos parâmetros de planta e sobre as formas de N no solo.

2 - No Estudo 2, os diferentes manejos de plantas espontâneas (sem manejo, dessecamento na linha de plantio, roçada na linha de plantio e roçada na linha e entrelinha de plantio), afetaram pouco o teor de nutrientes nas folhas de macieiras, os teores de N no solo e na solução, bem como demais nutrientes no solo. O dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio, que é a prática de manejo normalmente usada pelos pomicultores, aumentou o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  lixiviado na maioria das coletas realizadas. Quando possível, as plantas espontâneas devem ser mantidas no pomar sem manejo ou, se necessário, por exemplo, para facilitar práticas de manejo, como a colheita, elas devem ser roçadas, porque, a produção e o estado nutricional das macieiras não será afetado negativamente, as perdas de formas de N, por exemplo, por lixiviação serão menores e a tendência, ao longo do tempo, é acontecer melhoria dos atributos químicos do solo.



## Referências Gerais

BRASIL (2004) Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação em vigilância sanitária. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água. Disponível em: <<http://dtr2004.saude.gov.br/dab/saudebucal/legislacao/>>

Comissão de química e fertilidade do solo RS/ SC (2004) Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, Porto Alegre.

Hartley IP, Ineson P (2008) Substrate quality and the temperature sensitivity of soil organic matter decomposition chemistry. *Soil Biology and Biochemistry*, v.40, p. 1567-1574

Souza F, Argenta LC, Nava G, Ernani PR, Vidal C, Amarante T (2013) Qualidade de maçãs ‘fuji’ influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, p.305-315, 2013.

Tagliavini M, Tonon G, Scandellari F, Quiñones A, Palmieri S, Menarbin G, Giocchini P, Masia A (2007) Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in orchard. *Agriculture Ecosystems Environment* 118:191-200. doi: 10.1016/j.agee.2006.05.018