



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

PAULO VICENTE CONTADOR ZACCHEO

**PLANTAS DE COBERTURA EM POMAR CÍTRICO**

---

Londrina  
2015

PAULO VICENTE CONTADOR ZACCHEO

## **PLANTAS DE COBERTURA EM POMAR CÍTRICO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Silvia Vieira Janeiro Neves

Londrina  
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

Z13p Zaccheo, Paulo Vicente Contador.  
Plantas de cobertura em pomar cítrico / Paulo Vicente Contador Zaccheo.  
– Londrina, 2015.  
83 f. : il.

Orientador: Carmen Silvia Vieira Janeiro Neves.  
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina,  
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.  
Inclui bibliografia.

1. Frutas cítricas – Cultivo – Teses. 2. Adubação verde – Teses. 3. Solos – Manejo – Teses. 4. Cultivos de cobertura – Teses. I. Neves, Carmen Silvia Vieira Janeiro. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 634.3

PAULO VICENTE CONTADOR ZACCHEO

## **PLANTAS DE COBERTURA EM POMAR CÍTRICO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Silvia V.  
Janeiro Neves  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Sergio Ruffo Roberto  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane de Conti Medina  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr.<sup>a</sup> Lutécia Beatriz dos Santos Canalli  
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

---

Dr. Clandio Medeiros da Silva  
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

---

Dr.<sup>a</sup> Zuleide Hissano Tazima  
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

---

Dr.<sup>a</sup> Neusa Maria Colauto Stenzel

Londrina, 25 fevereiro 2015

Dedico este trabalho aos meus pais e à Solange, companheira de todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais (Paulo e Regina), à minha irmã (Ana Carolina) e aos meus avós (Vicente, Terezinha, Paulo e Irene) pelo suporte intelectual, emocional e financeiro, pelo apoio incondicional às minhas decisões e pelos ensinamentos sobre honestidade e respeito, que jamais serão esquecidos.

À Solange de Paula Ramos, minha esposa, grande mulher, pelo companheirismo, pelo amor, pelo carinho, pela compreensão e pelo incentivo constante.

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Silvia Vieira Janeiro Neves, pelos conselhos, pelos ensinamentos, pela compreensão e pela confiança durante todos esses anos.

A todos os professores pelos quais passei, desde o ensino fundamental até o doutorado, pela contribuição à minha formação exercendo a profissão mais importante do mundo.

A todos os funcionários da Universidade Estadual de Londrina, de forma especial à Weda Aparecida Westin, pois, sem o trabalho desses profissionais, nada seria possível.

À Família Casaroli e à Cooperativa Cocamar pela disponibilização da área experimental.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade e pelas valorosas contribuições.

A todos os amigos que contribuíram de forma direta e indireta para que eu chegasse até aqui.

À CAPES pela bolsa de estudos durante parte do curso.

Ao IAPAR, de forma especial aos senhores João Paulo Marana, Marcos Valentin F. Martins, José Nivaldo Pola e Neusa Maria Colauto Stenzel pela compreensão e ajuda imprescindível.

E, por fim, aos estagiários Felipe Migotto Barbieri, Giovanni Michelan Arduini, Guilherme Valderrama, Renan Guilherme Vanzo, Renato Bartels Paulo, Vítor Muller Anunciato e Luiz Antonio Barizon Pieroli pela imensa ajuda na realização deste trabalho.

*“O sucesso é uma consequência e não um objetivo”*

Gustave Flaubert

ZACCHEO, Paulo Vicente Contador. **Plantas de cobertura em pomar cítrico**. 2015. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

## RESUMO

O manejo de solo mais empregado na condução de pomares cítricos consiste na manutenção das entrelinhas vegetadas com plantas espontâneas associada a um controle sistemático da vegetação na linha de plantio; porém, outras práticas conservacionistas, como a utilização de plantas de cobertura, podem melhorar o ambiente produtivo de forma a favorecer o desenvolvimento e a produção dos citros. Os objetivos gerais do trabalho foram avaliar o efeito do cultivo intercalar de espécies de plantas de cobertura de inverno em atributos do solo, no desenvolvimento vegetativo e em aspectos produtivos de um pomar cítrico no Norte do Paraná. O experimento foi conduzido em um pomar comercial de laranjeira 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em um Latossolo Vermelho eutroférico localizado em Londrina, no norte do Estado do Paraná (clima subtropical úmido - Cfa). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições e quatro tratamentos: aveia branca (*Avena sativa* L.), tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), cultivados em 2012 e 2013, além de uma testemunha (vegetação espontânea). Cada parcela foi constituída por uma planta cítrica consorciada com as plantas de cobertura em ambos os lados. Foi avaliado o aporte de matéria seca e nutrientes pelas plantas de cobertura, além da influência do cultivo intercalar em atributos do solo, no desenvolvimento vegetativo, na produção e na qualidade dos frutos. As espécies de plantas de cobertura estudadas apresentaram desempenho satisfatório quanto à biomassa produzida. Contudo, o tremoço branco e o nabo forrageiro destacaram-se pelo maior aporte de matéria seca e nutrientes. O manejo com as plantas de cobertura por dois anos foi insuficiente para promover alterações significativas nos atributos químicos do solo. Os atributos físicos também foram pouco influenciados pelas espécies estudadas, com exceção ao tremoço branco, que conferiu menor densidade do solo na camada subsuperficial (0,20-0,40 m de profundidade). De forma geral, as plantas de cobertura não comprometeram a produção e a qualidade dos frutos da laranjeira 'Folha-Murcha', indicando que são compatíveis para o manejo proposto. O nabo forrageiro conferiu maior desenvolvimento radicular à laranjeira 'Folha-Murcha'.

**Palavras-chave:** Adubação verde. Manejo do solo. Prática conservacionista. Cobertura do solo. Citricultura.

ZACCHEO, Paulo Vicente Contador. **Cover crops in citrus orchard**. 2015. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

## ABSTRACT

The most employed soil management for citrus orchards are the maintenance of lines vegetated with weeds associated with a systematic control of vegetation in the crop row. Although this system of soil management has guaranteed some advances in relation to previous methods, other conservative practices, such as using cover crops, may improve the citrus development and production. The aims of this work were to evaluate the effect of intercalary cultivation of winter cover crops species on soil attributes, vegetative development and production of a citrus orchard in the Northern Paraná. The experiment was carried out in a commercial orchard of 'Folha Murcha' orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grafted on Rangpur lime tree (*Citrus limonia* Osbeck) in a euferric red oxisol in Londrina, northern Parana State (humid subtropical climate). The experimental design was completely randomized with six replications and four treatments: oats (*Avena sativa* L.), white lupine (*Lupinus albus* L.) and turnip (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) cultivated from 2012 to 2013, and a control (spontaneous vegetation). Each parcel was composed by one citrus plant associated to the cover crops at both sides. It was analyzed the input of dry matter and nutrients by the cover crops, besides of the influence of the intercropping on soil attributes, vegetal development, production and fruit quality. The studied species of cover crops presented satisfactory performance regarding biomass produced. However, the white lupine and the turnip presented better supply of dry matter and nutrients. The management of cover crops during two years was not enough to promote significant changes in chemical attributes of the soil. The physical attributes were not significantly affected by the studied species, with exception of white lupine that induced a lower soil density in the sub surface layer (0.2 – 0.4 m deep). In general, the cover crops did not compromise the production and quality of orange 'Folha-Murcha' fruits, indicating that they are suitable for the proposed soil management. The turnip conferred better root development to 'Folha-Murcha' Orange.

**Key words:** Green manure. Soil management. Conservation practices. Soil cover. Citrus production.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> – Cultivo de aveia branca ( <i>Avena sativa</i> L.) .....	19
<b>Figura 2.2</b> – Cultivo de tremçoço branco ( <i>Lupinus albus</i> L.) .....	20
<b>Figura 2.3</b> – Cultivo de nabo forrageiro ( <i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i> Metzg.) .....	21
<b>Figura 2.4</b> – Laranjeira Folha-Murcha ( <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck): folhas e frutos .....	23
<b>Figura 2.5</b> – Frutos de laranjeira Folha-Murcha ( <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck).....	23

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> –	Características químicas e granulométricas de um Latossolo Vermelho eutroférico nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina-PR, 2012 .....	50
<b>Tabela 3.2</b> –	Aporte de matéria seca pela parte aérea de três espécies de plantas de cobertura de inverno nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina, PR. 2012 e 2013 .....	52
<b>Tabela 3.3</b> –	Aporte de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), nitrogênio (N), fósforo (P), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) pela parte aérea de três espécies de plantas de cobertura de inverno nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina, PR. 2012 e 2013 .....	54
<b>Tabela 3.4</b> –	Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P) e carbono (C) do solo da entrelinha de um pomar cítrico após o cultivo intercalar de três espécies de plantas de cobertura de inverno por dois anos. Londrina-PR, 2013 .....	56
<b>Tabela 3.5</b> –	Densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo da entrelinha de um pomar cítrico após o cultivo intercalar de três espécies de plantas de cobertura de inverno por dois anos. Londrina-PR, 2013 .....	58
<b>Tabela 4.1</b> –	Características químicas e granulométricas de um Latossolo Vermelho eutroférico nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina-PR, 2012 .....	69
<b>Tabela 4.2</b> –	Número de frutos por planta, produção, volume de copa, incremento do volume de copa e eficiência da produção da laranja 'Folha-Murcha' submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.....	73
<b>Tabela 4.3</b> –	Massa, altura e diâmetro de frutos, rendimento em suco, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), <i>Ratio</i> (SST/ATT) e índice tecnológico (IT) dos frutos de laranja 'Folha Murcha' submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.....	75

<b>Tabela 4.4 –</b>	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de laranja 'Folha Murcha' submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013 .....	76
<b>Tabela 4.5 –</b>	Teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e Zinco (Zn) nas folhas de laranja 'Folha Murcha' submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013 .....	77
<b>Tabela 4.6 –</b>	Número de raízes de limoeiro 'Cravo' sob laranja 'Folha Murcha' a 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m de profundidade e profundidade efetiva das raízes (PE) submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.....	79
<b>Tabela 4.7 –</b>	Número de raízes de limoeiro 'Cravo' sob laranja 'Folha Murcha' a 0-0,3; 0,3-0,6; 0,6-0,9; 0,9-1,2; 1,2-1,5 e 1,5-1,8 m de distância da projeção da copa na entrelinha submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1	HISTÓRICO.....	17
2.2	CITRICULTURA NO PARANÁ.....	21
2.3	PLANTAS DE COBERTURA NA CITRICULTURA .....	24
2.4	PLANTAS DE COBERTURA EM ATRIBUTOS DO SOLO.....	26
2.5	SISTEMAS RADICULARES DAS PLANTAS CÍTRICAS E DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	32
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO A: ATRIBUTOS DO SOLO E APORTE DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM UM POMAR CÍTRICO MANEJADO COM PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO</b> .....	<b>46</b>
3.1	RESUMO .....	46
3.2	ABSTRACT .....	47
3.3	INTRODUÇÃO.....	48
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
3.6	CONCLUSÕES .....	59
	REFERÊNCIAS.....	60
<b>4</b>	<b>ARTIGO B: DESEMPENHO DE LARANJEIRA ‘FOLHA- MURCHA’ APÓS CULTIVO INTERCALAR COM PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO</b> .....	<b>64</b>
4.1	RESUMO .....	64
4.2	ABSTRACT .....	65
4.3	INTRODUÇÃO.....	67
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	69
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	72
4.6	CONCLUSÕES .....	80

REFERÊNCIAS.....	81
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>86</b>
ANEXO A – Precipitação em temperaturas médias máximas e mínimas em Londrina-PR durante a condução do experimento (Janeiro de 2012 a Dezembro de 2013) .....	87

## 1 INTRODUÇÃO

O teor de matéria orgânica em ecossistemas naturais é relativamente estável, pois há um equilíbrio entre as adições e as perdas. Com a introdução da agricultura, a quantidade de matéria orgânica do solo tende a diminuir, pois a adição geralmente é reduzida e as perdas se intensificam. Com o tempo, estabelece-se um novo equilíbrio, geralmente com teores de matéria orgânica inferiores aos do sistema natural (FELLER, 1993). Problemas como a erosão, a compactação e a perda da fertilidade são consequências da diminuição do teor de matéria orgânica no solo e são potencializadas por práticas agrícolas desastrosas do ponto de vista da sustentabilidade.

Com relação à citricultura, o manejo de solo utilizado em décadas passadas nas principais regiões produtoras, consistia na manutenção da entrelinha no limpo pelo emprego de gradagens. Esta prática foi estimulada por trabalhos conduzidos em regiões com períodos de deficiência hídrica acentuada, onde o tratamento com cobertura vegetal permanente das entrelinhas e controle pouco efetivo da vegetação das linhas de plantio provocou diminuição na produção de frutos (PACHECO et al., 1975; VASCONCELLOS; ARAÚJO; BRITTO, 1976). Entretanto, com o passar do tempo, visualizou-se que esta forma de manejo acarretava efeitos negativos no solo (CINTRA et al., 1983; CORÁ; SILVA; MARTINS FILHO, 2005). Dessa forma, passou-se a manter as entrelinhas vegetadas e roçadas, em conjunto com um controle efetivo da vegetação presente na linha de plantio sob a copa dos citros. Tal procedimento foi embasado em estudos posteriores, que demonstraram que esta prática garantia no mínimo resultados equivalentes a outros métodos de manejo (SANTINONI; SILVA; 1995; TERSI; SOUZA; RIGOLIN, 1999; CARVALHO et al., 2002).

Embora esta prática tenha garantido maior sustentabilidade à produção de citros, principalmente pela diminuição da erosão, aumento da infiltração de água e manutenção dos teores de matéria orgânica no solo (AZEVEDO et al., 2012), outras práticas conservacionistas, como o cultivo de plantas de cobertura, podem influenciar diretamente no ganho de produtividade e no aumento da qualidade dos frutos, por meio do incremento de indicadores do solo e consequente melhora do ambiente de produção (RAGOZO; LEONEL; CROCCI, 2006).

As plantas de cobertura ou, como também são conhecidas, adubos verdes, são espécies cultivadas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico. Os principais benefícios provenientes da utilização das plantas de cobertura são: incremento da matéria orgânica do solo, favorecendo assim a estabilização de agregados, a aeração e a disponibilidade de nutrientes; aporte de N ao sistema pela fixação biológica; diminuição da evapotranspiração e da erosão por meio da cobertura produzida; ciclagem de nutrientes; rompimento das camadas compactadas de solo, pelo desenvolvimento do sistema radicular; aumento da atividade de microrganismos benéficos do solo; e, como resultado das modificações gerais no ambiente, melhores condições de desenvolvimento para as culturas economicamente exploradas (CALEGARI, 1995; PERIN et al., 2004; FAGERIA; BALIGAR; BAILEY, 2005).

No caso da compactação, as raízes são particularmente importantes, pois algumas espécies possuem um vigoroso sistema radicular que cresce em profundidade e, depois de decompostas, deixam bioporos que são usados pelas culturas subsequentes ou consorciadas como rota preferencial para o aprofundamento radicular (WILLIAMS; WELL, 2004). Com a maior exploração do solo pelas raízes da cultura de interesse econômico, espera-se que a planta tenha mais acesso à água e nutrientes, proporcionando assim maior desenvolvimento e, conseqüentemente, produção.

Assim, frente aos benefícios da utilização das plantas de cobertura, é necessário identificar espécies com maior capacidade adaptativa às condições das entrelinhas de pomares cítricos e que possuam grande capacidade de aporte de matéria orgânica ao sistema produtivo, de forma a influenciar positivamente os indicadores de solo. Além disso, são escassos os estudos referentes à influência dos canais biológicos deixados pelas raízes das plantas de cobertura no crescimento radicular, desenvolvimento e qualidade da produção das culturas subsequentes ou consorciadas. Geralmente, trabalhos com esse enfoque têm sido conduzidos em vasos (DEXTER, 1991; SILVA; ROSOLEM, 2002) por possibilitarem maior controle das condições ambientais; contudo, trabalhos a campo são importantes para validar os resultados observados nas condições controladas, pois fatores como a heterogeneidade estrutural do solo e o regime hídrico podem alterar o desenvolvimento das plantas.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do cultivo intercalar de aveia branca (*Avena sativa* L.), tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) no desenvolvimento vegetativo, nos aspectos produtivos e nos atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho eutroférico sob pomar cítrico no Norte do Paraná.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 HISTÓRICO

O uso de plantas de cobertura é uma técnica que consiste no plantio de determinadas espécies nativas ou introduzidas, cultivadas em rotação ou consórcio com culturas de interesse econômico. Essas espécies podem ser de ciclo anual, semi-perene ou perene e, portanto, cobrem o terreno por alguns meses ou durante todo o ano. Após seu corte, podem ser incorporadas ou mantidas em cobertura na superfície do solo (ESPINDOLA; ALMEIDA; GUERRA, 2004).

Há relatos dessa prática em diversas civilizações antigas. Gregos e romanos cultivavam a fava (*Vicia faba* L.) e algumas espécies de tremoço (*Lupinus* sp.) 300 anos a.C. com o objetivo de melhorar a fertilidade dos solos e fornecer uma parte dos nutrientes requeridos pelas culturas usadas para a alimentação. Os primeiros colonizadores da América do Norte usavam trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Gaertn.), aveia (*Avena* sp.) e centeio (*Secale cereale* L.) para adicionar matéria orgânica ao solo (FAGERIA, 2007). Na China, Índia e Japão, algumas leguminosas eram reconhecidas como importante fonte de nitrogênio para o arroz irrigado muito antes do advento dos insumos agrícolas desenvolvidos durante a revolução verde (SINGH; KHIND; SINGH, 1991).

No século XVIII e na primeira metade do século XIX, as produtividades agrícolas eram totalmente dependentes dos recursos naturais, sendo as plantas de cobertura constantemente utilizadas para a melhora e conservação dos solos (PIKUL; AASE; COCHRAN, 1997). Esse quadro começou a mudar a partir da década de 1960, devido ao barateamento dos fertilizantes químicos, à adoção de sistemas intensivos de cultivos e à alta demanda de nutrientes por parte das modernas cultivares desenvolvidas (FAGERIA, 2007). Porém, graças às crescentes preocupações com o meio ambiente e pelo uso indiscriminado de fertilizantes químicos, o uso de técnicas de produção mais sustentáveis se tornou definitivamente necessário nos últimos 20 anos (FAGERIA, 2002).

No Brasil, os primeiros trabalhos foram realizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Esses trabalhos pioneiros buscavam determinar quais as melhores espécies leguminosas para produção de massa verde e, concomitantemente, os efeitos da matéria orgânica incorporada ao solo sobre a

produção de culturas economicamente exploradas (MIYASAKA, 1984). Mais recentemente, os estudos sobre o tema priorizavam determinar a economia de insumos proporcionada pelo cultivo dessas espécies, principalmente as leguminosas, e desenvolver sistemas de cultivo em consórcio para maior exploração econômica da área e proteção do solo (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

Atualmente, as espécies mais utilizadas para esse fim são pertencentes às famílias das Poaceae e das Fabaceae, embora outras famílias, como Brassicaceae, possuam importantes representantes. Dentro de cada família, as espécies de ciclo anual dividem-se em plantas de cobertura de verão e de inverno, conforme as suas características ecofisiológicas. Para as condições do Paraná, as espécies adaptadas ao inverno são especialmente importantes pela elevada capacidade de produção de matéria seca em períodos de menor temperatura, radiação solar e disponibilidade de água. Nesse período, as plantas de cobertura apresentam vantagem do aporte de grande quantidade de fitomassa em um período em que a vegetação espontânea presente nas entrelinhas se estabiliza em virtude da baixa temperatura e da menor disponibilidade de água (CALEGARI et al., 1993).

Como espécies de inverno representantes das principais famílias, destacam-se a aveia branca (*Avena sativa* L.), o tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), que têm sido estudados com frequência e encontram-se disseminados entre os técnicos e produtores, principalmente para culturas anuais.

Calegari et al. (1993) descreve essas espécies da seguinte forma:

A aveia branca tem origem asiática e europeia e caracteriza-se por ser uma Poaceae cespitosa, com colmos cilíndricos, eretos e glabros ou pouco pilosos, e raiz fasciculada; possui inflorescência em panícula com glumas aristadas, e o grão é uma cariopse indeiscente encoberto pela lema e páleas. É uma planta anual, normalmente considerada de clima frio; com semeadura recomendada de março a maio em praticamente todo o Paraná, exceto nas regiões sul e centro-sul, em que pode ser semeada até junho. Quando o objetivo é a cobertura do solo ou a adubação verde, o manejo da fitomassa deve ser realizado na fase do grão leitoso, o que geralmente ocorre entre 120 a 140 dias após a semeadura.

**Figura 2.1** – Cultivo de aveia branca (*Avena sativa* L.).



O tremoço branco, como um dos principais representantes das Fabaceae, é uma planta herbácea de crescimento ereto, normalmente apresentam folhas digitadas, folíolos longos e largos; flores brancas ou levemente azuladas; sementes grandes, achatadas, pesando em média, 0,3 a 0,5 g. A primeira floração inicia-se de 50 a 70 dias após a germinação, posteriormente surge a segunda e terceira floradas, momento em que as plantas atingem o estágio final de crescimento. A época ideal de manejo será ao redor de 120 a 140 dias, quando as plantas normalmente atingem a altura de 80 a 150 cm. Ela se adapta em diversas condições climáticas, resistente ao frio e desenvolve em solos de média fertilidade. Possui um sistema radicular pivotante bastante profundo que proporciona melhorias nas condições físicas do solo, além de promover a fixação simbiótica do nitrogênio, através das bactérias dos seus nódulos, podendo fixar até 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e com um importante efeito residual no solo e aumento no rendimento das culturas posteriores ou consorciadas.

**Figura 2.2** – Cultivo de tremçoço branco (*Lupinus albus* L.).



O nabo forrageiro é uma Brassicaceae amplamente utilizada como cobertura; caracteriza-se como uma planta herbácea, ereta, muito ramificada, dotada de pelos ásperos, raiz pivotante profunda, por vezes tuberosa; mede de 100 a 180 cm de altura, reproduzindo-se por sementes; possui folhas alternas, as basais profundamente pinatipartidas, com 12 a 15 cm de comprimento. A floração normalmente tem início com 70 a 80 dias, sendo que a floração plena é atingida aproximadamente aos 120 dias, época em que deve ser manejado. Essa espécie demonstra elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, o que a torna uma planta bastante interessante em sistema de rotação de culturas.

**Figura 2.3** – Cultivo de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.).



## 2.2 CITRICULTURA NO PARANÁ

A citricultura brasileira destaca-se no cenário agrícola nacional e internacional com produção de 19,6 milhões de toneladas de frutos, obtida em, aproximadamente, 800 mil hectares, sendo 90% representados pela laranja (IBGE, 2014). A principal área produtora de citros é o Estado de São Paulo, com 75% do total. Outros estados com produção relevante são: Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro e Goiás (DONADIO; MOURÃO FILHO; MOREIRA, 2005; IBGE 2014).

Prioritariamente, a produção brasileira de suco concentrado congelado é exportada, principalmente para os Estados Unidos e União Européia, além do Japão e outros 45 países. Por outro lado, a exportação de fruta *in natura* ainda é pequena e, somada à fruta comercializada internamente, representam 30% da produção (DONADIO; MOURÃO FILHO; MOREIRA, 2005).

No Paraná, os primeiros pomares comerciais de laranja foram implantados na região Noroeste, no final da década de 1980. Essa implantação foi possibilitada por estudos sobre o manejo do cancro cítrico conduzidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, que embasaram alterações na legislação fitossanitária vigente que restringia a atividade no Estado (AULER et al., 2014). Atualmente, o setor ocupa 28,7 mil hectares, distribuídos, principalmente, nas regiões Noroeste e Norte, em propriedades com tamanho médio de 30 hectares. Em

2013, o estado produziu 976 mil toneladas, que resultaram em um valor bruto de produção de 310 milhões de reais (IBGE, 2014).

Do total de laranja produzida no Paraná, aproximadamente 70% são destinadas ao processamento para produção de suco, enquanto o restante é comercializado no mercado de frutas *in natura*. Além do consumo interno, as frutas frescas abastecem outros estados, como o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul (AULER et al., 2014).

A variedade Folha-Murcha, objeto de estudo neste trabalho, ocupando 22% da área total, é uma das variedades mais plantadas no Paraná. Trata-se de uma variedade originária do Rio de Janeiro, com frutos de ótima qualidade, cuja maturação se dá nos meses de dezembro a março, período em que existe uma forte demanda por laranjas (entressafra), tendo grande interesse para o mercado de fruta fresca. A característica típica desta variedade é apresentar as folhas enroladas, ou retorcidas, o que lhe dá o nome, pois parece estar sentindo a falta de água. Além disso, as flores são típicas das laranjas doces. Um estudo do número de cromossomos da variedade, feito pela contagem em grãos de pólen coletados de botões florais em diferentes estágios, resultou que o número diploide de cromossomos, na variedade, é 18, ou seja, o mesmo que predomina na maioria das espécies e gêneros cítricos. Os frutos são tardios, tendo boa conservação na planta, medindo em média 6,35 cm de altura, 6,48 cm de diâmetro, apresentando forma arredondada, levemente achatada, com ocorrência também de frutos oblongos. A casca é fina, levemente rugosa, de cor laranja, típica das laranjeiras doces. A polpa é fina, com eixo central compacto. O ápice do fruto é côncavo e a base, convexa (STUCHI; DONADIO, 2000).

**Figura 2.4** – Laranjeira Folha-Murcha (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): folhas e frutos.



**Fonte:** Orlando Sampaio Passos

**Figura 2.5** – Frutos de laranjeira Folha-Murcha (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck).



**Fonte:** <http://www.citricolalucato.com.br/p/laranjas.aspx>

### 2.3 PLANTAS DE COBERTURA NA CITRICULTURA

Nas principais regiões produtoras, o manejo de solo empregado na implantação e condução de pomares cítricos vem mudando ao longo do tempo. No caso da implantação, o método mais utilizado era o preparo convencional, no qual se recomendava o revolvimento do solo em área total por meio de operações de aração e gradagem, como o objetivo de incorporar calcário em profundidade e eliminar camadas compactadas do solo. A principal desvantagem deste método é o favorecimento de processos erosivos pela maior exposição do solo provocada pelo revolvimento intenso (CORÁ; SILVA; MARTINS FILHO, 2005; DE NEGRI; STUCHI; BLASCO, 2005; QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2005).

Nas últimas décadas, surgiram outros métodos de implantação de pomares, mais próximos aos conceitos conservacionistas e de economia de energia. Rufino, Muzilli e Pavan (1992) propuseram um tipo de preparo mínimo do solo denominado preparo do solo em faixa, como alternativa ao preparo convencional para implantação de pomares de citros nos solos arenosos da Formação Caiuá, de grande suscetibilidade à erosão, na região Noroeste do Paraná. O predomínio de pastagens nessa região, a presença de solos com baixo teor de alumínio, assim como a ausência de camadas naturais de impedimento, favoreceram a utilização desse método em que o solo é revolvido e o calcário incorporado apenas na faixa de plantio de 2 m de largura, mantendo-se nas entrelinhas a cobertura vegetal original. Posteriormente, Auler et al. (2001, 2008) avaliaram esta forma de preparo em um pomar de laranja 'Pêra' no Noroeste do Paraná e observaram que o preparo em faixa foi, no mínimo, equivalente ao convencional na produção e em atributos químicos do solo.

Mais recentemente, os citricultores desta região também passaram a utilizar no momento da implantação o 'plantio direto', caracterizado pela ausência de revolvimento, em que apenas um sulco profundo realizado na linha de plantio é utilizado como preparo da área, além da dessecação da cobertura vegetal com herbicida e aplicação em superfície de calcário em área total (AULER et al., 2008). Neves et al. (2007) verificaram que a produção e qualidade de frutos, além do desenvolvimento das plantas e das raízes dos pomares submetidos a este método, foram iguais ao preparo convencional. Da mesma forma, Fidalski et al. (2009) não observaram diferenças significativas entre os preparos em faixa, direto e

convencional, ao avaliarem densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo de um pomar cítrico no mesmo tipo de solo após três anos de tratamento.

Com relação à utilização de plantas de cobertura como forma de manejo de solo em pomares instalados, embora aceita como prática enriquecedora para importantes características do sistema produtivo, ainda não é uma técnica amplamente utilizada pelos citricultores. Atualmente, o manejo que vem sendo utilizado consiste na manutenção da entrelinha vegetada por plantas espontâneas, geralmente gramíneas, controladas por roçagens periódicas, principalmente durante o período chuvoso, enquanto as linhas de plantio são mantidas no limpo por meio de herbicidas, visando evitar a competição por água e nutrientes (BREMER NETO et al., 2008).

Também na pesquisa, talvez pela demora na obtenção de resultados significativos na citricultura, poucos trabalhos científicos têm sido realizados com o objetivo de avaliar o papel dessas plantas. De forma geral, as espécies recomendadas como plantas de cobertura para citros dividem-se em plantas de verão, normalmente leguminosas plantadas no início das chuvas e manejadas até o final destas, e as de inverno (leguminosas e gramíneas), plantadas no final das chuvas e manejadas quando em pleno florescimento (SILVA; DONADIO; CARLOS, 1999). A utilização de plantas de cobertura durante o inverno confere a vantagem do aporte de grande quantidade de fitomassa em um período em que a vegetação espontânea presente nas entrelinhas se estabiliza em virtude da baixa temperatura e menor disponibilidade de água (CALEGARI et al., 1993).

Segundo Carvalho et al. (2005), na escolha da espécie a ser plantada, deve-se levar em conta também o porte e o hábito de crescimento, evitando assim que ela provoque sombreamento e competição com a cultura principal. Na semeadura, pode-se optar pelo esquema de plantio intercalado, ou alternar uma rua com espécie de porte alto e outra de porte baixo. Essas opções de plantio possibilitam o trânsito no pomar, caso necessário. Em qualquer situação, as posições deverão ser invertidas no ano seguinte.

Com relação aos efeitos do cultivo de plantas de cobertura no desenvolvimento e na produção das plantas cítricas, nota-se que os resultados obtidos na literatura são, por vezes, conflitantes. Bordin et al. (2008) avaliaram a influência do cultivo intercalar por um ano de guandu e milheto no desenvolvimento

e produção da laranjeira 'Folha-Murcha', em um Latossolo Vermelho distroférico no Norte do Paraná. Os autores observaram que os manejos propostos não afetaram o volume de copa, o número de frutos por planta e a produção.

Da mesma maneira, Ragozo, Leonel e Crocci (2006) verificaram que o manejo com feijão de porco, lab-lab, guandu anão e braquiária por um ciclo não influenciou a produção de laranjeira 'Pêra' em um Neossolo Quartzarênico, no interior de São Paulo. Azevedo et al. (2012), em um clima Cwa de Mogi Mirim SP, avaliaram a influência do cultivo intercalar por dois anos de aveia preta, nabo forrageiro e tremoço branco, na produção e na eficiência de produção da laranjeira 'Pêra'. Os autores também não verificaram diferença significativa para a produção; contudo, para a eficiência de produção, observaram que o tratamento representado pelo tremoço branco superou a testemunha com vegetação espontânea, sem diferir das demais plantas de cobertura.

Por outro lado, o cultivo intercalar por dois anos de guandu em um Neossolo Quartzarênico conferiu maior produção à laranjeira 'Pêra', quando comparado aos tratamentos representados pelo feijão de porco, lab-lab e vegetação espontânea (RAGOZO; LEONEL; TECCHIO, 2014). Da mesma forma, Carvalho et al. (2002) observaram que o cultivo de feijão de porco por seis anos consecutivos aumentou a produtividade e o número de frutos por planta de 'Pêra', em relação à roçagem da vegetação espontânea e a gradagem da entrelinha, em um Latossolo Amarelo álico coeso da Bahia.

#### 2.4 PLANTAS DE COBERTURA EM ATRIBUTOS DO SOLO

Os efeitos benéficos propiciados pelas plantas de cobertura vêm sendo estudados e divulgados. Sabe-se que essas plantas podem influenciar positivamente os solos cultivados nos aspectos químico, físico e biológico (LADHA; WATANABE; SAONO, 1988; SILVA et al., 1998; GANRY et al., 2001; MUELLER; THORUP-KRISTENSEN, 2001; MANDAL et al., 2003; MORAES et al., 2006).

Leguminosas utilizadas para esse fim são capazes de fornecer nitrogênio ao sistema produtivo. Esse incremento de nitrogênio deriva da relação simbiótica envolvendo as leguminosas e as bactérias de gênero *Rhizobium* spp, das parcerias entre plantas e cianobactérias, ou ainda da associação não simbiótica entre bactérias diazotróficas de vida livre com as raízes das plantas (PEOPLES;

CRASWELL, 1992). Essas relações acabam por fixar, principalmente,  $N_2$  atmosférico e o disponibilizam em grandes quantidades para o ambiente de produção (KANMEGNE et al., 1999).

Ladha, Watanabe e Saono (1988) mensuraram o aporte de nitrogênio proveniente de *Sesbania aculeata* e *Crotalaria juncea* em campos comerciais de arroz no continente asiático. Os autores observaram que, em média, essas plantas acumulavam  $2,6 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e, após a incorporação destas, a produtividade do arroz equivalia à quantidade produzida quando do fornecimento de 50 a  $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$  de fertilizantes minerais.

Ramos et al. (2001) estudaram a quantidade de nitrogênio fixada por *Crotalaria juncea*, mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e feijão de porco em um solo argiloso de Cuba e em um solo arenoso no Estado do Rio de Janeiro. Nas duas condições avaliadas, as quantidades de nitrogênio fixadas pela *Crotalaria juncea* ( $65 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente) foram 40% maiores que as fixadas pelas demais espécies.

Mueller e Thorup-Kristensen (2001) avaliaram o potencial de fixação de nitrogênio de ervilhaca peluda (*Vicia villosa*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), trevo de Alexandria (*Trifolium alexandrinum*), trevo encarnado (*Trifolium incarnatum*) e trevo da pérsia (*Trifolium resupinatum*) em um sistema orgânico de rotação de culturas, por dois anos. Com exceção da ervilhaca comum, todas as espécies estudadas contribuíram com mais de  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$ . A ervilhaca peluda foi a espécie que mais fixou nitrogênio atmosférico ( $149 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

A fitomassa produzida por essas plantas também influencia positivamente nas características químicas do solo. Esse material possibilita elevação no teor de matéria orgânica ao longo dos anos, acarretando aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e, conseqüentemente, maior retenção de nutrientes junto às partículas do solo (CIOTTA et al., 2003). Ganry et al. (2001) relatam a importância da adubação verde no manejo da matéria orgânica do solo em regiões semi-áridas africanas. Naquelas condições, com precipitações anuais inferiores a 800 mm, o cultivo intercalar de *Mucuna pruriens* com milho conferiu maior produtividade deste em comparação ao manejo convencional sem consórcio.

Neves e Dechen (2001) quantificaram o teor de matéria orgânica nas entrelinhas de um pomar de tangerineiras 'Ponkan' (*Citrus reticulata* Blanco), após dez anos, com cinco sistemas de manejos de solo. Os manejos avaliados foram:

leguminosa perene indigófera (*Indigofera campestris*); leguminosa perene amendoim rasteiro (*Arachis prostrata*); mucuna cinza (*Mucuna cinereum*) no verão; uma gradagem a disco (em maio-junho, no início do período seco) e roçagem (três a quatro vezes no período de chuvas); capina. Os autores observaram maior incremento de matéria orgânica nos tratamentos correspondentes ao cultivo de amendoim-rasteiro e à utilização do conjunto grade/roçadora. Nesses tratamentos, o aumento no teor de matéria orgânica foi de  $6,1 \text{ g dm}^{-3}$  e  $1,8 \text{ g dm}^{-3}$ , respectivamente, enquanto os tratamentos de indigófera e mucuna cinza mantiveram, aproximadamente, o mesmo teor e a capina teve o teor de matéria orgânica diminuído em relação às condições do início do pomar.

Além do aporte de fitomassa pela parte aérea, a contribuição das raízes no acúmulo de carbono orgânico no solo também é importante, por representar a principal forma de adição de material orgânico em subsuperfície, e devido à menor taxa de decomposição do C radicular, quando comparado ao da parte aérea (BALESDENT; BALABANE, 1996). Rasse et al. (2005), analisando os resultados de vários trabalhos, estimaram que o C originado das raízes permanece no solo 2,4 vezes mais do que o C derivado da parte aérea, por sua maior estabilidade. Bolliger et al. (2006) observaram que o C proveniente das raízes fica mais protegido da atividade microbiológica pela capacidade das raízes de penetrar nos microagregados do solo.

Outro efeito benéfico dessa prática nas características químicas do solo diz respeito à ciclagem de nutrientes. O sistema radicular ramificado e profundo das leguminosas proporciona aumento na eficiência de utilização dos adubos químicos, uma vez que essas raízes trazem às camadas superficiais do solo nutrientes perdidos por lixiviação, principalmente potássio, cálcio, magnésio e nitrato, além de conseguir absorver nutrientes de pouca disponibilidade, como o fósforo e o molibdênio, tornando-os mais disponíveis às culturas subsequentes (SILVA et al., 2002).

Borkert et al. (2003) estimaram as quantidades de nutrientes ciclados por cinco espécies vegetais utilizadas como cobertura do solo em um sistema de rotação de culturas. Após quatro anos, os autores concluíram que todas as espécies avaliadas são eficientes em acumular macro e micronutrientes, destacando-se a aveia preta e a ervilhaca comum no acúmulo de potássio; e mucuna preta, guandu, ervilhaca comum e tremoço comum (*Lupinus albus*) no

acúmulo de nitrogênio. O cálcio, o magnésio e os micronutrientes foram satisfatoriamente acumulados por todas as espécies avaliadas.

Silva et al. (2002) avaliaram a ciclagem de nutrientes proporcionada pelo cultivo intercalar de *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, guandu, mucuna preta, mucuna anã, lab-lab e feijão-de-porco com pomar de laranjeira 'Pêra' durante quatro anos. Os autores concluíram que todas as espécies avaliadas promoveram ciclagem e incorporação de quantidades significativas de nutrientes ao solo, destacando-se N, K, Ca e P; concluíram ainda que esse processo possibilitaria substituir ou reduzir uma parcela dos adubos químicos.

Quanto aos atributos físicos do solo, entre as principais vantagens do aporte de fitomassa ao solo pelas plantas de cobertura está a diminuição da densidade do solo e melhora de outros atributos, tais como: estabilidade de agregados, porosidade, taxa de infiltração de água e retenção de umidade (DE-POLLI et al., 1996).

A adoção de sistemas de manejo, que mantenham a proteção do solo através do contínuo aporte de resíduos orgânicos, é fundamental para a manutenção de boa estrutura. Sistemas usualmente denominados "convencionais", que preconizam um intenso revolvimento do solo, apresentam índices de agregação geralmente reduzidos (SILVA; CURI; BLANCANEUX, 2000; WENDLING et al., 2005).

Silva et al. (1998) avaliaram a estabilidade e a resistência de agregados de um Latossolo Vermelho em diferentes sistemas de sucessão milho-plantas de cobertura, nas condições do cerrado brasileiro. As plantas de cobertura cultivadas na entressafra foram: *Crotalaria juncea*, guandu, mucuna preta, braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e feijão de porco. Os resultados observados apontaram para a braquiária como a cobertura que proporcionou maior agregação do solo estudado.

Marrero et al. (2009) avaliaram o efeito do cultivo consorciado entre *Teramnus labialis* e laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) nas propriedades físicas de um solo argiloso em Cuba. Após quatro anos de consórcio, os autores observaram que a leguminosa estudada incrementou algumas características do solo, tais como: teor de água, volume específico total de poros e porcentagem de agregados estáveis.

A ocorrência de camadas compactadas promovidas pelo uso intenso de implementos agrícolas reduz a infiltração de água no solo. Contudo, esse efeito

negativo pode ser atenuado através do cultivo de plantas de cobertura que apresentem sistema radicular bem desenvolvido que possa promover o rompimento dessas camadas (FOLONI; LIMA; BÜLL, 2006; ROSOLEM; FOLONI; TIRITAN, 2002).

Carvalho et al. (2009) avaliaram as contribuições de *Crotalaria juncea*, guandu, mucuna preta e sorgo (*Sorghum bicolor*) à estrutura de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado com feijão e milho em um sistema orgânico de produção. Após quatro anos de rotação, os autores concluíram que a utilização desses adubos verdes contribuiu para a melhora estrutural do solo, reduzindo os riscos de compactação e erosão.

Mandal et al. (2003), em um solo argiloso em clima subtropical semi-árido com verão quente e seco e inverno frio, na Índia, avaliaram o efeito da rotação entre três espécies de plantas de cobertura com as culturas do arroz e do trigo nas propriedades físicas do solo. Os tratamentos representados pelas espécies *Sesbania rostrata*, *Sesbania aculeata* e feijão mungo (*Vigna radiata*) proporcionaram redução na densidade do solo após três anos, quando comparados ao tratamento sem plantas de cobertura. Na camada 0-0,15 m de profundidade, a redução na densidade do solo variou entre 0,03 e 0,07 Mg m<sup>-3</sup> e, na camada entre 0,15-0,30 m, a redução variou entre 0,05 e 0,09 Mg m<sup>-3</sup>.

Hernani et al. (1995) sugerem ser a matéria orgânica capaz de influenciar de forma positiva a retenção de nutrientes de plantas e diminuir as perdas por lixiviação; mas, segundo os autores, o efeito mais importante da decomposição de restos vegetais é a melhoria da estrutura do solo, que, conseqüentemente, melhora a relação água/ar, além de permitir aumentos da infiltração de água, da retenção de água no solo e desenvolvimento mais adequado das raízes. Além disso, a melhoria na estrutura proporciona maior controle da erosão hídrica.

A presença de material orgânico fornecido pelas plantas de cobertura também favorece a atividade dos organismos do solo, já que seus resíduos servem como fonte de energia e nutrientes. Além disso, a manutenção da cobertura vegetal permite reduzir as oscilações térmicas e de umidade, criando condições que favorecem o desenvolvimento desses organismos (ESPINDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997). Em trabalhos sobre o tema observou-se, ainda, que a prática da adubação verde favorece outras características biológicas do solo,

aumentando a população de fungos micorrízicos nativos e inibindo a ação nociva de nematóides (ESPINDOLA et al., 1998; MORAES et al., 2006).

A utilização de práticas que favoreçam o desenvolvimento de microrganismos de solo é importante devido aos processos desencadeados a partir de suas atividades metabólicas. Os microrganismos de solo são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e mineralização dos nutrientes, participando dessa forma do processo de ciclagem de nutrientes (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2011).

Balota e Auler (2011) avaliaram o efeito de diferentes sistemas de preparo de solo e cultivos intercalares de coberturas permanentes na atividade microbiana do solo de um pomar cítrico. Os autores concluíram que os tratamentos correspondentes às coberturas vegetais melhoraram alguns parâmetros da atividade microbiana, como o teor de N e P na biomassa microbiana. Observações semelhantes foram feitas por Dinesh et al. (2009), ao avaliarem o cultivo intercalar de três espécies de leguminosas com coqueiros na Índia.

Cunha et al. (2011), ao avaliarem a influência do cultivo de *Crotalaria juncea*, guandu, mucuna preta e sorgo nos atributos biológicos de um Latossolo Vermelho distrófico, verificaram aumento da atividade metabólica dos microrganismos em comparação ao pousio.

A infiltração de água também é favorecida em solos cobertos por massa vegetal. Derpsch et al. (1991) avaliaram a infiltração de água em um solo submetido à precipitação de  $60 \text{ mm h}^{-1}$ . Quando a taxa de cobertura era de 100%, o solo apresentava infiltração de água total; enquanto que, na parcela sem cobertura, apenas um quarto da água precipitada infiltrava, sendo o restante perdido por escoamento superficial.

Outro importante parâmetro influenciado pela presença de cobertura vegetal é a temperatura do solo. A quantidade e o tipo de cobertura vegetal interagem profundamente com as propriedades térmicas do solo, determinando níveis de umidade e matéria orgânica e influenciando nas oscilações de temperatura, principalmente nos horizontes superficiais, onde as amplitudes de variação são mais intensas pela incidência direta da radiação solar (PREVEDELLO apud ELTZ; ROVEDDER, 2005). Eltz e Rovedder (2005) observaram em seus ensaios que o tremeço-branco e a aveia-preta foram eficientes na amenização das variações de temperatura, quando comparados ao tratamento sem cobertura.

Derpsch, Sidiras e Heinzmann (1985), ao avaliarem os efeitos residuais do tremço-branco, evilhaca-peluda, chicharo (*Lathyrus sativus*), centeio, aveia-preta, trigo (*Triticum aestivum*), nabo-forrageiro, colza (*Brassica napus*), girassol (*Helianthus annuus*) e solo nu (testemunha) no teor de água e na temperatura do solo, observaram menor temperatura nas parcelas cobertas com aveia preta e maior nas parcelas correspondentes ao solo descoberto.

## 2.5 SISTEMAS RADICULARES DAS PLANTAS CÍTRICAS E DAS PLANTAS DE COBERTURA

A importância do estudo do sistema radicular das espécies vegetais utilizadas na agricultura, abordando sua distribuição, extensão e atividade, é incontestável e fundamental para o entendimento científico da produção agrícola. O enraizamento varia com as espécies e cultivares; a idade da planta; as características químicas e físicas do solo; os tratos culturais; e as condições fitossanitárias. O conhecimento da quantidade, da qualidade e da distribuição das raízes é útil na produção agrícola por fornecer informações sobre localização de adubos, espaçamento, culturas intercalares, manejo do solo e irrigação (FRACARO; PEREIRA, 2004).

Vasconcelos e Garcia (2005) relatam que o desenvolvimento do sistema radicular tem influência direta sobre algumas características da planta, tais como: resistência à seca; eficiência na absorção dos nutrientes do solo; tolerância ao ataque de pragas; capacidade de germinação e/ou brotação; porte (ereto ou decumbente); e tolerância à movimentação de máquinas. Entretanto, segundo os autores, não é a quantidade de raízes o fator determinante destas vantagens, mas a sua distribuição no perfil do solo ao longo das estações do ano. Uma quantidade muito grande de raízes nas camadas superficiais pode significar um gasto excessivo de metabólitos sintetizados na parte aérea e translocados para as raízes, além de maior risco de estresse hídrico em períodos de veranico em áreas não irrigadas.

De forma geral, o sistema radicular das plantas cítricas é formado por dois tipos de raízes. O primeiro é caracterizado por uma rede de numerosas raízes laterais mais grossas dispostas na camada superficial do solo, as quais constituem uma estrutura que dá suporte para um emaranhado de raízes finas ou radicelas, que crescem em todas as direções e são mais concentradas próximas da superfície. O segundo tipo é composto por um conjunto de raízes laterais menores e

de radículas associadas com raízes originadas do centro da base do tronco, onde também está inserida a raiz pivotante que, por sofrer corte durante o processo de formação da muda no viveiro e no transplante para o campo, perde a sua força e vigor dando origem, normalmente, a várias raízes de menor diâmetro orientadas verticalmente que podem penetrar à subsuperfície (SCHNEIDER, 1968; CASTLE, 1978; BEVINGTON; CASTLE, 1982).

O crescimento de raízes de citros é um processo fisiológico, que envolve fatores ambientais e mecanismos endógenos das plantas. Temperaturas abaixo de 13 °C ou acima de 36 °C induzem à paralisação do crescimento radicular. Sabe-se também da ocorrência de alternância entre os fluxos de crescimento do sistema radicular com os fluxos de crescimento de brotos, mostrando que esses eventos não são independentes (BEVINGTON; CASTLE, 1982; CASTLE, 1978). Outros fatores, como o porta-enxerto, a variedade copa ou, ainda, a combinação copa/porta-enxerto, podem influenciar a distribuição das raízes das plantas cítricas (ZACCHEO et al., 2012). Esse conjunto de fatores associado às características químicas, físicas e biológicas do solo determinam o crescimento e a distribuição do sistema radicular. Com relação à profundidade efetiva das raízes de citros, considerando os resultados observados em trabalhos conduzidos em diferentes condições edafoclimáticas, percebe-se que, de forma geral, 80% das raízes situam-se entre 0,36 m e 0,60 m de profundidade (ZACCHEO et al., 2012; SOUZA et al., 2008; CARVALHO et al., 1999).

Com relação às raízes das plantas de cobertura, sabe-se que elas exercem importante papel na manutenção e melhora de características inerentes à estrutura dos solos. O desenvolvimento radicular dessas plantas pode proporcionar rompimento mais uniforme da camada compactada, além de contribuir para a melhoria do estado de agregação do solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997). Silva e Rosolem (2001) avaliaram o efeito da compactação sub-superficial no desenvolvimento radicular de seis espécies de plantas de cobertura. Trabalhando em vasos com solo de textura arenosa, os autores verificaram que densidade do solo de até 1,6 Mg m<sup>-3</sup> à profundidade de 0,15 m não restringiu o crescimento de raízes de aveia preta, guandu, milheto (*Pennisetum glaucum*), mucuna preta, sorgo e tremoço azul (*Lupinus angustifolius*).

Reinert et al. (2008) avaliaram a qualidade física de um Argissolo Vermelho cultivado no sistema de plantio direto após o cultivo de plantas de

cobertura, e identificaram no campo qual é o limite crítico de densidade do solo para essas plantas. Foi observado que o crescimento normal das plantas de cobertura ocorre até o limite de densidade do solo de  $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$ . Entre a faixa de  $1,75$  e  $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$ , ocorreu restrição, com deformações na morfologia das raízes e, acima de  $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$ , essas deformações foram mais visíveis, com engrossamento radicular, desvios no crescimento vertical e concentração das raízes na camada mais superficial. Os autores concluíram que todas as espécies avaliadas - *Crotalaria juncea*, guandu-anão, feijão de porco e mucuna cinza - podem ser utilizadas em solos com densidade de até  $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$ . Acima disso, pode ser necessária a mobilização do solo com escarificador ou subsolador, dependendo da localização da camada compactada.

O enraizamento em maiores profundidades apresentado por algumas espécies de leguminosas contribui diretamente na ciclagem de nutrientes, retirando esses elementos das camadas mais profundas e, posteriormente, os disponibilizando nas camadas superficiais (ALVARENGA et al., 1995). Estudos pioneiros realizados por Inforzato (1947) avaliaram a distribuição do sistema radicular do guandu. O autor observou que essa leguminosa forneceu ao solo  $6.185 \text{ kg ha}^{-1}$  de raízes, sendo 90,67% delas nos primeiros 0,30 m de profundidade. A profundidade máxima alcançada pelo seu sistema radicular foi de 2,95 m.

Plantas de cobertura com sistema radicular vigoroso melhoram a estrutura dos solos pelo aporte de matéria orgânica observado após o final do ciclo da espécie e, indiretamente, pelos canais deixados no solo após a deterioração das raízes. Williams e Weil (2004) avaliaram a capacidade dos sistemas radiculares de algumas espécies de adubos verdes em amenizar a compactação do solo e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento das culturas subsequentes. Foi observado maior desenvolvimento da cultura da soja nos tratamentos correspondentes ao nabo forrageiro e centeio, quando comparados à testemunha (sem plantas de cobertura). Esse favorecimento foi atribuído às melhorias das condições físicas do solo propiciadas pelo aparecimento dos bioporos, que, de acordo com Ringrose-Voase (1991), são poros oriundos de atividades biológicas (fauna e flora). Estes poros biológicos diminuem a resistência à penetração das raízes das plantas cultivadas em consórcio, por meio da criação de rotas preferenciais de crescimento.

Resultados semelhantes foram relatados por Silva e Rosolem (2002), que observaram que o cultivo anterior com aveia-preta, guandu e milho

favoreceu o crescimento radicular da soja abaixo de camadas do solo com densidades de 1,12, 1,36 e 1,60 Mg m<sup>-3</sup> à 0,15 m de profundidade e favoreceu também a produção de matéria seca da parte aérea. Nesse trabalho, os autores observaram que, após o cultivo dos adubos verdes, as raízes da soja conseguiram romper uma camada com densidade do solo de 1,60 Mg m<sup>-3</sup>. A partir desses dados, os autores inferiram que o cultivo dessas espécies de adubos verdes pode promover a descompactação do solo, por meio dos canais deixados pelas suas raízes após a decomposição.

Hairiah e Noordwijk (1989) atribuíram o bom desempenho, tanto das raízes, quanto do acúmulo de matéria seca da parte aérea do milho, ao rápido e vigoroso crescimento das raízes de algumas plantas de cobertura pré-cultivadas. Nas condições da Indonésia, os autores avaliaram o efeito do pré-cultivo da *Mucuna pruriens*, *Crotalaria juncea*, *Calopogonium mucunoides* e *Centrosema pubescense* e compararam os resultados com os dados observados na sucessão milho-milho. Após 13 semanas, o acúmulo de matéria seca pela parte aérea do milho foi maior nos tratamentos correspondentes ao pré-cultivo com plantas de cobertura, destacando-se a *Mucuna pruriens*. Maior distribuição do sistema radicular do milho também foi observada nos tratamentos com plantas de cobertura em comparação com a sucessão milho-milho, sendo a *Crotalaria juncea* a espécie que mais favoreceu esse parâmetro.

Bordin et al. (2008) avaliaram, em um pomar cítrico com histórico de compactação, a influência da escarificação no crescimento de plantas de cobertura, no desempenho das árvores e nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distroférico. As coberturas do solo estudadas foram: vegetação espontânea, guandu e milheto. Fitomassa da parte aérea e crescimento radicular dessas plantas de cobertura foram algumas das variáveis quantificadas. Foi observado que a fitomassa da parte aérea do guandu e do milheto aumentaram com a escarificação do solo e que o crescimento do sistema radicular do milheto foi maior do que o do guandu no manejo escarificado e igual ao deste no manejo não-escarificado.

Rosolem, Foloni e Tiritan (2002), trabalhando em vasos, avaliaram o desenvolvimento radicular e o acúmulo de nutrientes promovidos por algumas plantas utilizadas na adubação verde. Os adubos verdes estudados foram: *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, girassol, milheto e sorgo forrageiro. O maior acúmulo de nutrientes foi observado no girassol e no milheto. De modo geral, o

crescimento radicular decresceu com o aumento da densidade do solo, sendo a *Crotalaria spectabilis* menos afetada em relação às outras.

Foloni, Lima e Büll (2006), utilizando metodologia semelhante, avaliaram os crescimentos aéreo e radicular de soja e de cinco espécies utilizadas como plantas de cobertura de verão (guandu, guandu anão, mucuna-preta, lab lab e *Crotalaria juncea*). Apesar de alterar a distribuição do sistema radicular ao longo do perfil do solo, o impedimento físico em subsuperfície (densidade de solo de 1,6 Mg m<sup>-3</sup>) não diminuiu a produção de raízes da soja e dos adubos verdes. A mucuna-preta foi a leguminosa com melhor desempenho para o atributo avaliado, enquanto a soja mostrou-se a mais sensível à compactação do solo, apresentando menor produção de raízes.

Também em vasos, Müller, Ceccon e Rosolem (2001) avaliaram a influência da compactação subsuperficial do solo no desenvolvimento do sistema radicular de algumas plantas de cobertura. As densidades de solo testadas variaram de 1,31 a 1,70 Mg m<sup>-3</sup> e o solo utilizado era proveniente da camada superficial (0 – 0,20 m) de um Latossolo Vermelho-Escuro álico de textura média. Os autores concluíram que a compactação em subsuperfície prejudicou o crescimento radicular de ervilhaca, nabo forrageiro, tremoço branco, aveia preta e aveia branca, concentrando as raízes perto da superfície do solo. O mesmo foi concluído no trabalho de Gonçalves et al. (2006) para amaranto (*Amaranthus* sp.), milheto ADR 500, capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e kenaf (*Hibiscus cannabinus*), utilizando mesma metodologia, com densidades de solo variando entre 1,18 e 1,60 Mg m<sup>-3</sup>.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, fev. 1995.
- AULER, P. A. M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M. A.; JACOMINO, A. P. Preparo do solo em faixa sobre área de pastagem e manejo das entrelinhas na formação da laranja pêra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: SBCS, 2001. p. 292.
- AULER, P. A. M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M. A.; NEVES, C. S. V. J. Produção de laranja 'pêra' em sistemas de preparo do solo e manejo nas entrelinhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 363-374, 2008.
- AULER, P. A. M.; LEITE JUNIOR, R. P.; TAZIMA, Z. H.; ANDRADE, P. F. S. A Citricultura no Paraná. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 99, p. 17-20, 2014.
- AZEVEDO, F. A.; ROSSETTO, M. P.; SCHINOR, E. H.; MARTELLI, I. B.; PACHECO, C. A. Influência do manejo da entrelinha do pomar na produtividade da laranjeira 'pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 134-142, mar. 2012.
- BALESDENT, J.; BALABANE, M. Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 28, n. 9, p. 1261-1263, 1996.
- BALOTA, E. L.; AULER, P. A. M. Soil carbon and nitrogen mineralization under different tillage systems and permanent groundcover cultivation between orange trees. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 637-648, 2011.
- BEVINGTON, K. B.; CASTLE, W. S. Development of the root system of young 'Valencia' orange trees on rough lemon and Carrizo citrange rootstocks. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Building, v. 95, p. 33-37, 1982.
- BOLLIGER, A.; MAGID, J.; AMADO, T. J. C.; SKORA NETO, F.; RIBEIRO, M. F. S.; CALEGARI, A.; RALISCH, R.; NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian "zero-till revolution": a review of landmark research and farmers' practice. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 91, p. 47-110, 2006.
- BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; FRANCIO FILHO, P.; PRETI, E. A.; CARDOSO, C. Crescimento de milheto e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1409-1418, jul./ago. 2008.
- BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

BREMER NETO, H.; VICTORIA FILHO, R.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; MENEZES, G. M.; CANALI, E. Estado nutricional e produção de laranjeira-‘pêra’ em função da vegetação intercalar e cobertura morta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 29-35, 2008.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. (Circular, 80).

CALEGARI, A.; ALCANTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: As-pta Agroecologia, 1993. p. 205-327.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997.

CARVALHO, G. D.; NASCIMENTO, J. B.; CUNHA, E. Q.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Contribuição da adubação verde e do sistema de manejo à estrutura de um solo sob cultivo de feijoeiro comum e de milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 947-951, 2009.

CARVALHO, J. E. B.; NEVES, C. S. V. J.; MENEGUCCI, J. L. P.; SILVA. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. p. 449-482.

CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. S.; CALDAS, R. C.; ANTAS, P. E. U. T.; ARAÚJO, A. N. A.; LOPES, L. C.; SANTOS, R. C.; LOPES, N. C. M.; SOUZA, A. L. V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da laranja: ‘pêra’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 82-85, 2002.

CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. S.; JORGE, L. A. C.; RAMOS, W. F.; COSTA NETO, A. O.; ARAÚJO, A. M. A.; LOPES, L. C.; JESUS, M. S. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja ‘pêra’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 140-145, 1999.

CASTLE, W. S. Citrus root systems: their structure, function, growth and relationship to tree performance. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, Sidney, 1978. **Proceedings...** Sidney: International Society of Citriculture, 1978. p. 62-69.

CINTRA, F. L. D.; COELHO, Y. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P.; PASSOS, O. S. Caracterização física do solo submetido a práticas de manejo em pomar de laranja baianinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 173-179, 1983.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, dez. 2003.

CORÁ, J. E.; SILVA, G. O.; MARTINS FILHO, M. V. Manejo do solo sob citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J.; NEGRI, J. D. (Ed.). **Citros**. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, 2005. p. 347-368.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II: atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 603-611, 2011.

DE NEGRI, J. D.; STUCHI, E. S; BLASCO, E. E. A. Planejamento e implantação do pomar cítrico. In: MATTOS JUNIOR, D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2005. p. 410 - 427.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; FRANCO, A. A. Adubação verde: parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p. 225-242.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. (Circular, 73).

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Ed. GTZ, 1991.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

DEXTER, A. R. Amelioration of soil by natural processes. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 87-100, 1991.

DINESH, R.; CHAUDHURI, S. G.; SHEEJA, T. E.; SHIVA, K. N. Soil microbial activity and biomass is stimulated by leguminous cover crops. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 172, p. 288-296, 2009.

DONADIO, L. C.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; MOREIRA, C. S. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.) **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2005. p. 1-18.

ELTZ, F. L. F; ROVEDDER, A. P. M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 193-200, abr. / jun, 2005.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R.; SOUZA, F. A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, mar. 1998.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. (Documentos, 174).

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. (Documentos, 42).

FAGERIA, N. K. Green manuring in crop production. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 30, p. 691–719, 2007.

\_\_\_\_\_. Soil quality vs environmental-based agricultural management practices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, p. 2011-2020, 2002.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; BAILEY, B. A. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 36, p. 2733 – 2757, 2005.

FELLER, C. Organic inputs, soil organic matter and functional soil organic compartments in low-activity clay soils in tropical zones. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.) **Soil organic matter and sustainability of tropical agriculture**. Chichester: Willey-Sayce, 1993. p. 77-88.

FIDALSKI, J.; BARBOSA, G. M. C.; AULER, P. A. M.; PAVAN, M. A.; BERALDO, J. M. G. Qualidade física do solo sob sistemas de preparo e cobertura morta em pomar de laranja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 76-83, 2009.

FOLONI, J. S. S., LIMA, S. L.; BÜLL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 49-57, jan./fev. 2006.

FRACARO, A. A.; PEREIRA, F. M. Distribuição do sistema radicular da goiabeira 'rica' produzida a partir de estaquia herbácea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 183-185, abr. 2004.

GANRY, F.; FELLER, C.; HARMAND, J.; GUIBERT, H. Management of soil organic matter in semiarid Africa for annual cropping systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 61, p. 105-118, 2001.

GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 67-75, jan./abr. 2006.

HAIRIAH, K.; NOORDWIJK, M. Root distribution of leguminous cover crops in the humid tropics and effects on a subsequent maize crop. **Cuander Heide Journal**, p. 157-163, 1989.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995.

INFORZATO, R. Nota sobre o sistema radicular do guandu, *Cajanus cajan* (L.) MILLSP, e sua importância na adubação verde. **Bragantia**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 125-127, 1947.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**: banco de dados agregados. Disponível em <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 13 jun. 2014.

KANMEGNE, J.; DUGUMA, B.; HENROT, J.; ISIRIMAH, N. O. Soil fertility enhancement by planted tree-fallow species in the humid lowlands of Cameroon. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 46, p. 239–249, 1999.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant and Soil**, The Hague, v. 338, p. 467-481, 2011.

LADHA, J. K.; WATANABE I.; SAONO S. Nitrogen fixation by leguminous green manure and practices for its enhancement in tropical lowland rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Green manure in rice farming**. Manila, 1988. p. 165-183.

MANDAL, U. K.; SINGH, G.; VICTOR, U. S.; SHARMA, K. L. Green manuring: its effect on soil properties and crop growth under rice and wheat cropping system. **European Journal of Agronomy**, Building, v. 19, p. 225-237, 2003.

MARRERO, D. F.; DELGADO, L. E. P.; IAÑEZ, N. C.; CALERO, C. M.; RODRÍGUEZ, M. L.; PÉREZ, L. R.; RODRÍGUEZ, L. C. Cubierta vegetal con *teramnus labialis* em plantaciones cítrícolas: efectos sobre algunas propiedades físicas del suelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, sup. 1, p. 1073-1082, 2009.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde. Leguminosas viáveis e suas características. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, 1., Campinas, 1984. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.

MORAES, S. R. G.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A.; FONTANETTI, A.; CARVALHO, G. J.; MAXIMINIANO, C. Influência de leguminosas no controle de fitonematóides no cultivo orgânico de alface americana e de repolho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 188-191, mar./abr. 2006.

MUELLER T.; THORUP-KRISTENSEN, K. N. Fixation of selected green manure plants in an organic crop rotation. **Biological Agriculture and Horticulture**, Oxon, v. 18, n. 4, p. 345-363, 2001.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 531-538, 2001.

NEVES, C. S. V. J.; DECHEN, A. R. Sistemas de manejo de solo em pomar de tangerina 'ponkan' sobre limão 'cravo' em latossolo roxo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 1, p. 167-184, 2001.

NEVES, C. S. V. J.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; YAMASHITA, F.; TORMEM, V. Producción y desarrollo de las plantas y características físicas y químicas del suelo en un huerto de cítricos plantado con dos sistemas de labranza en un oxisol brasileño. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA TROPICAL Y SUBTROPICAL, 2., 2007, Habana. **Memorias...** Habana: IIFT, 2007. 1 CD-ROM.

PACHECO, E. B.; SILVA, T. C. A.; SANTOS, H. L.; FELDMANN, R. O.; TEIXEIRA, S. L. Efeito do manejo de um latossolo vermelho-amarelo, fase cerrado, sobre o crescimento e produção da laranjeira (*Citrus sinensis* Osbeck cv. 'baianinha'). **Experimentiae**, Viçosa, v. 19, n. 10, p. 211-238, 1975.

PEOPLES, M. B.; CRASWELL, E. T. Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, The Hague, v. 141, p. 13-39, 1992.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PIKUL JUNIOR, J. L.; AASE, J. K.; COCHRAN, V. L. Lentil green manure as fallow replacement in the semiarid northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 867-874, 1997.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. p. 484-507.

RAGOZO, C. R. A.; LEONEL, S.; CROCCI, A. J. Adubação verde em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 69-72, abr. 2006.

RAGOZO, C. R. A.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Nutritional balance and yield for green manure orange trees. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 616-621, 2014.

RAMOS, M. G.; VILLATORO, M. A. A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using <sup>15</sup>N-isotope techniques. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 91, n. 2-3, p. 105 - 115, 2001.

RASSE, D. P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M. F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. **Plant and Soil**, The Hague, v. 269, n. 1 - 2, p. 341 - 356, 2005.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, set./out. 2008.

RINGROSE-VOASE, A. J. Micromorphology of soil structure: description, quantification, application. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 29, n. 6, p. 777- 813, 1991.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 109-115, 2002.

RUFINO, R.L.; MUZILLI, O.; PAVAN, M.A. Manejo do solo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Citricultura no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1992. p. 53-90. (Circular, 72).

SANTINONI, L. A.; SILVA, N. R. Crecimiento, producción y maduración del mandarino común bajo diferentes prácticas de manejo de suelo. **Horticultura Argentina**, Mendoza, v. 14, p. 5 - 11, 1995.

SCHNEIDER, H. The anatomy of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (Ed.). **The citrus industry: anatomy, physiology, genetics, and reproduction**. Berkeley: University of California, 1968. p. 1 - 85.

SILVA, J. A. A.; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde em citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. (Boletim Citrícola, 9).

SILVA, J. A. A.; VITTI, G. C.; STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira 'pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 225-230, abr. 2002.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J. M. de; MARQUES, J. J. G. de S.; CARVALHO, A. M. de. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 97-103, jan. 1998.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, dez. 2000.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura vegetal decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 253-260, 2001.

\_\_\_\_\_. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2002.

SINGH, Y.; KHIND, C. S.; SINGH, B. Efficient management of leguminous green manures in wetland rice. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 45, p. 135-189, 1991.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; PAIVA, A. Q.; RODRIGUES, A. C. V.; RIBEIRO, L. S. Distribuição do sistema radicular de citros em uma toposseqüência de solos de tabuleiro costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 503-513, 2008.

STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; SCHOLZ, M. B. S.; GOMES, J. C. Comportamento da laranjeira 'folha murcha' em sete porta-enxertos no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 408-411, 2005.

STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Laranjeira folha murcha**. Jaboticabal: Funep, 2000.

TERSI, F. E. A.; SOUZA, E. C. A.; RIGOLIN, A. T. Efeito de métodos de manejo de plantas daninhas em crescimento, produtividade, qualidade do suco e estado nutricional de um pomar cítrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 20, p. 120-133, 1999.

VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C. Cana-de-açúcar: ambientes de produção. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 110, jun. 2005. Encarte técnico.

VASCONCELLOS, H. O.; ARAÚJO, C. M.; BRITTO, D. P. P. S. Manejo do solo em pomar de laranja pêra (*citrus sinensis*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 11, p. 43 - 48, 1976.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um latossolo vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, maio 2005.

WILLIAMS, S. M.; WEIL, R. R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 68, Jul./Aug. 2004.

ZACCHEO, P. V. C.; NEVES, C. S. V. J.; STENZEL, N. M. C.; OKUMURA, R. S. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos sob laranjeira 'folha murcha' em clima subtropical. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 921-930, 2012.

### 3 ARTIGO A: ATRIBUTOS DO SOLO E APORTE DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM UM POMAR CÍTRICO MANEJADO COM PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

#### 3.1 RESUMO

A utilização de plantas de cobertura pode proporcionar melhorias aos atributos do solo por meio do aporte de matéria seca e da ciclagem de nutrientes. A identificação de espécies com maior capacidade de adaptação às condições de pomares cítricos é importante para potencializar esses benefícios. Os objetivos do trabalho foram avaliar o aporte de matéria seca e de nutrientes pelas plantas de cobertura de inverno, além de estudar a influência dessas plantas em atributos químicos e físicos do solo das entrelinhas de um pomar cítrico no Norte do Paraná. O experimento foi conduzido em um pomar comercial de laranja 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) localizado em Londrina-PR. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram três espécies de plantas de cobertura de inverno, cultivadas por dois anos consecutivos, além de uma testemunha (vegetação espontânea). As espécies estudadas, semeadas no início dos meses de abril de 2012 e 2013, foram: aveia branca (*Avena sativa* L.), tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.). Ao final de cada ciclo de cultivo das plantas de cobertura, foram avaliados os aportes de matéria seca e de nutrientes e a influência dos tratamentos em atributos químicos e físicos do solo da entrelinha do pomar. Os dados foram submetidos à análise de variância complementada pelo teste Duncan a 5% de significância. As espécies de plantas de cobertura estudadas podem ser utilizadas no manejo de solo de pomar cítrico; contudo, por se destacarem no aporte de matéria seca e nutrientes, o tremoço branco e o nabo forrageiro são mais recomendados. O cultivo intercalar de aveia branca, tremoço branco e nabo forrageiro por dois anos não altera os atributos químicos do solo das entrelinhas de um pomar cítrico. Por outro lado, o cultivo de tremoço branco altera os atributos

físicos, pela diminuição da densidade do solo na camada de 0,20 – 0,40 m de profundidade.

**Palavras-chave:** adubação verde, manejo de solo, prática conservacionista, citricultura.

### 3.2 ABSTRACT

The use of cover crops can promote improvements in soil attributes by the supply of dry matter and nutrients cycling. Identifying cover crops species with greater adaptability to citrus orchards conditions is important to strength these benefits. The aims of this work were to evaluate the supply of dry matter and nutrients by cover crops and their influence on chemical and physical attributes of the soil at inter-rows of a citrus orchard in the North Paraná. The study was carried on a commercial orchard of 'Folha Murcha' orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grafted on a 'Cravo' lemon (*Citrus limonia* Osbeck) located at Londrina-PR. The experimental design was randomized with four treatments and six repetitions. The treatments were three species of winter cover crops cultivated during two consecutive years. Control plants were weeds. The species were seeded at April 2012 and April 2013, and were: oat (*Avena sativa* L.), white lupine (*Lupinus albus* L.) e turnip (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.). At the end of the cycle of cultivation, it was analyzed the supply of dry matter and nutrients, and the influence of the treatments in the chemical and physical attributes of the soil at inter-rows. Data were submitted to Analysis of Variance and post hoc Duncan tests with a 5% significance level. All studied species can be employed in the soil management of citrus orchard. However, the better supply of dry matter and nutrients was achieved by the white lupine and turnip, suggesting they were more suitable for this purpose. Intercropped cultivation of oats, white lupine and turnip during two years did not alter the chemical attributes of the inter-row soil in the citrus orchard. On the other hand, the intercalar cultivation of white lupine altered the physical attributes decreasing the soil density at 0.2 – 0.4m deep soil.

**Key words:** green manure, soil management, conservation practices, citrus production.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A manutenção da cobertura vegetal nas entrelinhas de pomares cítricos consolidou-se como prática de manejo predominante nas principais regiões produtoras. De forma geral, a cobertura tem sido composta pela vegetação espontânea do local, que é conduzida de forma controlada por cortes periódicos com implementos próprios, deixando-se sobre o solo a matéria seca resultante da operação (BREMER NETO et al., 2008).

Em comparação ao modelo anterior de manejo do solo empregado nos pomares, no qual se utilizava gradagens e herbicidas pré-emergentes para o controle da vegetação nas entrelinhas, a adoção da atual prática beneficiou o sistema de produção, principalmente pela diminuição da erosão, aumento da infiltração de água e manutenção dos teores de matéria orgânica no solo (AZEVEDO et al., 2012).

Contudo, embora a manutenção da entrelinha vegetada tenha garantido maior sustentabilidade na produção de citros, outras práticas conservacionistas, como o cultivo de plantas de cobertura, podem influenciar diretamente no ganho de produtividade e no aumento da qualidade dos frutos por meio do incremento de indicadores do solo e consequente melhora do ambiente de produção (RAGOZO; LEONEL; CROCCI, 2006).

As principais vantagens da utilização das plantas de cobertura estão relacionadas à capacidade dessas espécies de produzir grande quantidade de matéria seca em pouco tempo. A partir deste aporte de material orgânico, ocorre um processo gradual de melhoria em atributos do solo, decorrentes, principalmente, do aumento do teor de matéria orgânica e da disponibilidade de nutrientes (FAGERIA; BALIGAR; BAILEY, 2005). Parte importante deste processo se dá pelo desenvolvimento do sistema radicular dessas plantas, que resulta no rompimento de camadas compactadas de solo, na ciclagem de nutrientes lixiviados e no aumento do estoque de carbono em subsuperfície (HARTWIG; AMMON, 2002).

Em pomares cítricos, as espécies de plantas de cobertura utilizadas dividem-se em plantas de verão, semeadas no início das chuvas e manejadas até o final destas, e as de inverno, semeadas no final das chuvas e manejadas quando em pleno florescimento (SILVA et al., 1999). Para as condições do Paraná, as espécies adaptadas ao inverno são especialmente importantes pela elevada capacidade de produção de matéria seca em períodos de menor temperatura, radiação solar e disponibilidade de água.

Dessa maneira, é importante a identificação das espécies de plantas de cobertura que têm maior capacidade adaptativa às condições das entrelinhas de pomares cítricos e que contribuam para a melhora do ambiente produtivo. Os objetivos do trabalho foram avaliar o aporte de matéria seca e de nutrientes pelas plantas de cobertura de inverno, além de estudar a influência dessas plantas em atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho eutroférico nas entrelinhas de um pomar cítrico.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas entrelinhas de um pomar comercial de laranja 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), localizado em Londrina, no norte do Estado do Paraná (latitude 23°30' S, longitude 51°15' W, e altitude média de 612 m). O clima da região, segundo classificação de Wilhelm Köppen, é subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual de 1.500 mm, temperatura média anual de 22 °C, evapotranspiração anual de 1.350 mm, umidade relativa anual média de 75% e insolação média de 7,14 h dia<sup>-1</sup> (IAPAR, 2014). O solo é classificado, de acordo com Embrapa (2013), como Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa. As características químicas e granulométricas do solo do local, quando da instalação do experimento, estão descritas na Tabela 3.1.

O pomar foi implantado em 2008, com espaçamento de 7,0 x 3,5 m, conduzido sem irrigação e manejado conforme as recomendações técnicas para o cultivo de citros na região (IAPAR, 1992). Antes da instalação do experimento, as entrelinhas eram mantidas vegetadas com plantas espontâneas, compostas

principalmente por gramíneas, controladas periodicamente por roçagem mecânica tratorizada.

**Tabela 3.1** - Características químicas e granulométricas de um Latossolo Vermelho eutroférico nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina-PR, 2012.

Características	Profundidade (m)			
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
C (g dm <sup>-3</sup> )	21,27	20,68	16,67	13,09
pH CaCl <sub>2</sub>	4,90	4,80	4,90	4,90
P (mg dm <sup>-3</sup> )	4,10	2,70	2,00	2,40
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,68	7,75	7,20	6,20
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,03	0,08	0,04	0,02
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,01	0,68	0,41	0,50
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,72	5,52	5,87	5,30
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,22	1,93	1,85	1,68
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	15,63	15,88	15,33	13,68
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,95	8,13	8,13	7,48
V (%)	57,26	51,19	53,03	54,67
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	647,2	687,2	655,7	645,9
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	274,4	254,4	261,1	276,4
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	78,4	58,4	83,2	77,7

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram três espécies de plantas de cobertura de inverno cultivadas por dois anos consecutivos, além de uma testemunha (vegetação espontânea). As espécies estudadas, semeadas no início dos meses de abril de 2012 e 2013, foram: aveia branca (*Avena sativa* L.), tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), provenientes do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Antes da semeadura das plantas de cobertura, a vegetação espontânea foi dessecada por herbicida não seletivo Glifosato na dose de 6 L ha<sup>-1</sup> e a área foi preparada com uma operação de grade niveladora de 28 discos recortados de 20" à profundidade de trabalho de 0,05 m. A semeadura foi realizada a lanço, segundo a recomendação de Derpsch e Calegari (1992): 70, 100 e 15 kg ha<sup>-1</sup>, para aveia branca, tremoço branco e nabo forrageiro, respectivamente. As sementes depositadas na superfície do solo foram cobertas manualmente com enxada, à profundidade de 0,03 m.

Cada parcela foi constituída por uma planta cítrica consorciada com as plantas de cobertura em ambos os lados, com dimensões de 4,0 x 3,5 m para

cada lado da planta, totalizando 28 m<sup>2</sup> de área cultivada por parcela. As plantas de cobertura foram manejadas com roçadeira, quando atingiram o pleno florescimento, aos 110 dias após a semeadura para a aveia branca e aos 120 dias após a semeadura para o tremoço branco e para o nabo forrageiro, mantendo-se a cobertura produzida sobre a entrelinha do pomar.

A seguir, foram avaliados os aportes de matéria seca e de nutrientes proporcionados pela parte aérea das plantas de cobertura. Para isso, foi delimitado, aleatoriamente, um quadro de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela, sendo a fitomassa presente nessa área coletada e levada à estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C até peso constante. Após a secagem, esse material foi pesado em balança digital, com precisão de 0,005 g, para determinação da massa seca. A partir dos dados obtidos, foram calculados os valores de aporte de matéria seca (Mg ha<sup>-1</sup>) para cada ano de cultivo.

A partir dos tecidos vegetais provenientes da parte aérea das plantas de cobertura, foram determinados os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), nitrogênio (N), fósforo (P), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), de acordo com a metodologia da Embrapa (2009). Calculou-se a quantidade de nutrientes aportada ao sistema a partir dos teores obtidos nos tecidos vegetais e do montante de massa seca produzida, sendo os dados expressos em kg ha<sup>-1</sup> para os macronutrientes e g ha<sup>-1</sup> para os micronutrientes.

Em dezembro de 2013, decorridos cinco meses do manejo das coberturas no segundo ano de cultivo, foi avaliada a influência dos tratamentos em atributos químicos e físicos do solo da entrelinha do pomar. Para os atributos químicos, foram coletadas amostras com trado tipo holandês, aleatoriamente, em um local por repetição, a 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade. A partir das amostras, foram determinados os teores de Ca, Mg, K, P e C, seguindo metodologia da Embrapa (2009). Para a avaliação dos atributos físicos, foram coletadas, aleatoriamente, em um local por repetição, amostras de solo indeformadas por meio de anéis volumétricos com 0,05 m de diâmetro e 0,051 m de altura, a 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade. Foram determinados densidade do solo, pelo método do anel volumétrico, e macro e microporosidades e porosidade total do solo, por mesa de tensão, conforme metodologia da Embrapa (1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância complementada pelo teste Duncan a 5% de significância.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano de cultivo das plantas de cobertura (2012) não houve diferença significativa entre as espécies para o aporte de matéria seca da parte aérea, com valores variando de 4,275 a 5,388 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3.2). No segundo ano de cultivo, o tremoço branco aportou maior quantidade de matéria seca (4,465 Mg ha<sup>-1</sup>) em comparação à aveia branca (3,296 Mg ha<sup>-1</sup>), sem, contudo, diferir do nabo forrageiro (4,079 Mg ha<sup>-1</sup>). Essas médias estão dentro do considerado adequado por Calegari et al. (1993) e Miyasaka (1984), que observaram valores entre 2,5 a 7; 2 a 5 e 2 a 9 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para aveia branca, tremoço branco e nabo forrageiro, em trabalhos conduzidos no Paraná.

**Tabela 3.2** - Aporte de matéria seca pela parte aérea de três espécies de plantas de cobertura de inverno nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina, PR. 2012 e 2013.

Tratamentos	Ano	
	2012	2013
	-----Mg ha <sup>-1</sup> -----	
Aveia	4,275 a*	3,296 b
Tremoço	4,843 a	4,465 a
Nabo	5,388 a	4,079 ab
CV (%)	20,5	20,0

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Rufato et al. (2007), ao avaliarem o comportamento de plantas de cobertura de inverno nas entrelinhas de um pomar de pessegueiro no Rio Grande do Sul, observaram valores inferiores de aporte de matéria seca em relação ao observado no presente estudo. Naquelas condições, as espécies estudadas produziram, em média, 3 Mg ha<sup>-1</sup>, incluindo a aveia, o tremoço e o nabo forrageiro.

Os autores concluíram que todas as espécies testadas obtiveram resultados satisfatórios quanto à capacidade de cobertura do solo para aquelas condições.

Em outros trabalhos, também foram encontrados resultados divergentes ao observado no presente estudo para o aporte de matéria seca pela parte aérea. Assmann et al. (2009), em um Latossolo Vermelho distroférico no Sudoeste do Paraná, avaliando o desempenho da aveia branca em sistema pastoril, Barradas et al. (2001), trabalhando com espécies de tremoço no Rio de Janeiro, e Lima et al. (2007), estudando o comportamento do nabo forrageiro em clima tropical úmido, obtiveram valores superiores de produção de matéria seca. Nesses trabalhos, a aveia branca acumulou aproximadamente  $5 \text{ Mg ha}^{-1}$ , o tremoço branco contribuiu com  $6,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  e o nabo forrageiro aportou  $5,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  de matéria seca pela parte aérea.

Os diferentes resultados observados entre os trabalhos para o aporte de matéria seca da parte aérea, mesmo tratando-se de avaliações com as mesmas espécies, evidenciam que as condições edafoclimáticas regionais e o sistema de cultivo no qual as plantas de cobertura são inseridas estão diretamente relacionados com o seu desempenho agrônomo.

Para o aporte de nutrientes pela parte aérea, de forma geral, nos dois anos de cultivo, o tremoço branco destacou-se por apresentar maior aporte de N, Fe e Mn; enquanto o nabo forrageiro contribuiu com maiores quantidades de Ca, Mg e K (Tabela 3.3). A aveia branca, com exceção do aporte de Cu, foi superada pelos demais tratamentos, em todos os nutrientes avaliados.

**Tabela 3.3** - Aporte de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), nitrogênio (N), fósforo (P), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) pela parte aérea de três espécies de plantas de cobertura de inverno nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina, PR. 2012 e 2013.

Tratam.	kg ha <sup>-1</sup>					g ha <sup>-1</sup>			
	Ca	Mg	K	N	P	Cu	Fe	Mn	Zn
2012									
Aveia	34,2 b*	8,3 b	83,6 b	86,4 b	18,5 b	1030,5 a	700,4 c	396,8 c	102,6 b
Tremoço	39,7 ab	8,9 b	202,6 a	119,2 a	30,2 a	421,4 b	3117,4 a	1640,5 a	353,6 a
Nabo	54,9 a	14,1 a	164,3 a	53,4 c	38,2 a	167,1 c	2037,4 b	1056,7 b	264,1 a
CV (%)	11,7	11,6	4,6	10,4	11,4	9,5	3,1	3,4	4,3
2013									
Aveia	22,9 b	5,2 b	119,3 b	75,8 b	14,6 b	794,4 a	539,9 c	305,9 c	79,1 c
Tremoço	25,9 b	5,0 b	98,0 b	138,4 a	28,2 a	388,5 b	2874,3 a	1512,5 a	326,0 a
Nabo	41,4 a	9,9 a	164,2 a	85,7 b	30,1 a	126,5 c	1542,3 b	800,0 b	199,9 b
CV (%)	9,2	10,4	3,9	9,1	8,8	8,6	2,6	2,9	3,7

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna, em cada ano de avaliação, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. Tratam.: Tratamentos. Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Com relação ao aporte de P, nos dois anos avaliados, o tremoço branco e o nabo forrageiro foram superiores à aveia branca, sem, contudo, diferir entre si (Tabela 3.3). O mesmo foi observado para o aporte de Zn no primeiro ano de cultivo. Quanto ao Cu, o aporte da aveia branca foi maior que o do tremoço branco, que, por sua vez, superou o nabo forrageiro nos dois anos de cultivo.

Em 2012, o tremoço branco contribui ao sistema produtivo com 119,2 kg ha<sup>-1</sup> de N; enquanto que, no ano seguinte, aportou 138,4 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3.3). Estes resultados já eram esperados por se tratar de uma fabaceae, capaz de fixar N<sub>2</sub> atmosférico em simbiose com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* (PERIN et al., 2004). Como o N é demandado em grande quantidade pelas plantas, esta forma de obtenção confere às fabaceas uma vantagem competitiva relacionada à economia de insumos, uma vez que, aproximadamente, 2/3 do N total presente em sua composição é proveniente da fixação biológica (IGUE, 1984).

Valores superiores aos aqui verificados foram observados por Barradas et al. (2001), ao quantificarem o acúmulo de N pela parte aérea de tremoço branco, em um estudo com mais onze plantas de cobertura de inverno no Rio de Janeiro. Naquelas condições, após 119 dias da semeadura, o tremoço branco acumulou 236,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, superando os demais tratamentos. Esta superioridade

se deve, principalmente, ao maior aporte de matéria seca verificado naquelas condições, em comparação ao obtido neste trabalho.

Para Ca, Mg e K, o nabo forrageiro aportou 54,9; 14,1 e 164,3 kg ha<sup>-1</sup> no primeiro ano de cultivo, e 41,4; 9,9 e 164,2 kg ha<sup>-1</sup> no segundo ano, respectivamente (Tabela 3.3). Esta capacidade em reciclar nutrientes também foi observada por Calegari (1990) ao estudar o desempenho de diferentes plantas de cobertura de inverno no sudoeste do Paraná. Naquelas condições, o nabo forrageiro destacou-se em relação às demais espécies por apresentar altos teores de P, K, Ca e Mg.

Lima et al. (2007) observaram valores superiores de aporte de Ca, Mg, K e N pela parte aérea do nabo forrageiro, ao estudarem o comportamento desta espécie no Vale do Ribeira-SP. Considerando a quantidade de matéria seca produzida e os teores de nutrientes determinados, os autores estimaram um aporte de 77,8; 57,5; 172,1 e 139,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Aita et al. (2001) avaliaram o potencial da ervilhaca comum, ervilha forrageira, chícharo, tremoço azul e aveia preta no fornecimento de N ao sistema produtivo do milho, em um Argissolo Vermelho distrófico arênico em Santa Maria-RS. Os valores observados variaram de 113,7 kg ha<sup>-1</sup> para o tremoço azul até 41,7 kg ha<sup>-1</sup> para a aveia preta. Para os autores, o maior teor de N, característico das fabaceas, aliado à maior produção de matéria seca pela parte aérea, conferiram ao tremoço azul a superioridade nesta variável, sendo o mesmo verificado no presente trabalho com o tremoço branco.

Não houve efeito significativo dos tratamentos nos teores de Ca, Mg, K, P e C no solo das entrelinhas do pomar, após o cultivo das plantas de cobertura de inverno por dois anos consecutivos (Tabela 3.4). De forma geral, os valores obtidos enquadram-se na classe baixa de teores de nutrientes (< 4 cmolc dm<sup>-3</sup> para o Mg, < 1,5 cmolc dm<sup>-3</sup> para o K e < 12 mg dm<sup>-3</sup> para o P), segundo o Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros (1994).

Considerando que os teores iniciais de nutrientes observados quando da instalação do experimento também são considerados baixos (Tabela 3.1) e a ausência de diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3.4), o tempo de cultivo das plantas de cobertura pode ter sido insuficiente para influenciar estes atributos ou os nutrientes aportados ao solo foram em quantidade insuficiente para alterar sua fertilidade. As alterações em propriedades químicas do solo promovidas

pela utilização das plantas de cobertura são bastante variáveis, dependendo de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, as condições edafoclimáticas locais e, principalmente, do tempo de cultivo (TESTA; TEIXEIRA; MIELNICZUCK, 1992).

Alcântara et al. (2000), em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico na região sul de Minas Gerais, por outro lado, conseguiram observar efeito benéfico do cultivo de guandu e *Crotalaria juncea* em atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após um ciclo de cultivo, sendo verificados incrementos significativos nos teores de Ca, Mg e K. Os autores atribuem esses resultados à maior capacidade dessas fabáceas em retornar cátions ao solo por meio da biomassa produzida em comparação ao tratamento testemunha, composto por *Brachiara decumbens*.

**Tabela 3.4** – Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P) e carbono (C) do solo da entrelinha de um pomar cítrico após o cultivo intercalar de três espécies de plantas de cobertura de inverno por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Tratamentos	Ca	Mg	K	P	C
	cmolc dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>
Profundidade					
0-0,05 m					
Aveia	6,89 <sup>ns</sup>	2,56 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	5,37 <sup>ns</sup>	24,34 <sup>ns</sup>
Tremoço	5,68	2,39	1,18	4,29	24,34
Nabo	6,00	2,11	1,30	4,38	23,43
Testemunha	6,02	2,37	0,99	3,30	23,43
CV (%)	18,1	38,8	23,8	34,2	16,4
0,05-0,10 m					
Aveia	6,44 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>	22,37 <sup>ns</sup>
Tremoço	5,14	2,10	0,85	3,12	19,65
Nabo	5,74	1,65	1,09	3,20	20,86
Testemunha	5,55	2,06	0,64	2,12	20,56
CV (%)	18,6	56,6	28,3	49,3	15,8
0,10-0,20 m					
Aveia	5,84 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	17,84 <sup>ns</sup>
Tremoço	5,11	1,79	0,73	2,57	18,59
Nabo	5,47	1,81	0,82	1,96	18,44
Testemunha	5,18	1,67	0,46	2,04	18,29
CV (%)	14,9	26,5	43,4	47,2	12,7
0,20-0,40 m					
Aveia	6,17 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	19,20 <sup>ns</sup>
Tremoço	5,29	1,68	0,61	2,17	17,53
Nabo	5,94	1,97	0,63	1,53	17,84
Testemunha	4,85	1,47	0,27	1,51	17,38
CV (%)	14,6	25,7	61,5	54,6	14,1

ns = diferença não significativa pelo teste Duncan a 5% de significância. Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Em estudo conduzido no semiárido do Nordeste, Faria, Soares e Leão (2004), após seis anos de cultivo intercalar de *Crotalaria juncea* e feijão de porco com videira, avaliaram a influência das plantas de cobertura nas características químicas do solo e na produtividade da cultura. Os autores concluíram que os tratamentos promoveram melhoria no solo, aumentando os teores de C-orgânico e do Ca trocável na camada superficial, sem, contudo, resultar em aumento de produtividade da videira.

Com relação aos atributos físicos do solo, a 0-0,10 m e 0,10-0,20 m de profundidade, não houve diferença significativa entre os tratamentos para densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total (Tabela 3.5). Contudo, na camada de 0,20-0,40 m, o tratamento correspondente ao tremoço branco apresentou menor densidade de solo em comparação ao nabo forrageiro e à testemunha, não diferindo da aveia branca. Essa diferença verificada em profundidade pode ser explicada pelo desenvolvimento das raízes pivotantes e secundárias do tremoço branco, que, possivelmente, tiveram maior capacidade de exploração do solo nesta camada.

**Tabela 3.5** – Densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo da entrelinha de um pomar cítrico após o cultivo intercalar de três espécies de plantas de cobertura de inverno por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Tratamentos	Densidade	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total
	-----Mg m <sup>-3</sup> -----	-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----		
Profundidade				
0-0,10 m				
Aveia	1,21 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
Tremoço	1,18	0,09	0,42	0,50
Nabo	1,14	0,13	0,42	0,55
Testemunha	1,21	0,10	0,44	0,54
CV (%)	3,2	19,7	6,6	4,5
0,10-0,20 m				
Aveia	1,18 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
Tremoço	1,18	0,12	0,42	0,53
Nabo	1,21	0,11	0,41	0,52
Testemunha	1,20	0,10	0,44	0,55
CV (%)	3,9	20,1	6,1	3,8
0,20-0,40 m				
Aveia	1,15 ab*	0,12 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
Tremoço	1,12 b	0,12	0,42	0,55
Nabo	1,21 a	0,11	0,42	0,53
Testemunha	1,23 a	0,10	0,44	0,54
CV (%)	3,1	14,4	4,3	4,9

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada profundidade, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. ns = diferença não significativa. Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

De forma geral, os valores de densidade do solo observados no presente trabalho (Tabela 3.5) estão adequados e abaixo do considerado limitante para o desenvolvimento radicular (1,40 Mg m<sup>-3</sup>) em solos argilosos (LLANILLO et al., 2006). Por outro lado, com o passar do tempo, o solo de pomares que são submetidos a intenso manejo com máquinas tende a apresentar depreciação da estrutura, com elevação da densidade e diminuição da macroporosidade (SOARES; ESPINDOLA; FOLONI, 2005), sendo raiz pivotante importante para superar essas restrições.

Almeida et al. (2008) avaliaram o efeito da rotação entre espécies de plantas de cobertura, soja e milho, por três anos nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho de Cerrado. As espécies estudadas foram a mucuna preta, o milheto, a *Crotalaria juncea* e o guandu, que foram comparadas a um tratamento testemunha de pousio. Os autores também não verificaram diferenças entre os

tratamentos para densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total.

Bordin et al. (2008) avaliaram o efeito da escarificação e do cultivo de guandu e milho nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distroférico no Norte do Paraná. Após um ciclo das plantas de cobertura, também não foram observadas respostas das coberturas na densidade, na macroporosidade e na resistência do solo à penetração. Os autores concluíram que somente o emprego do escarificador foi capaz de influenciar positivamente os indicadores do solo no intervalo de tempo avaliado.

Porém, Marrero et al. (2009), ao avaliarem em um pomar de laranja 'Valência', em Cuba, a influência do cultivo intercalar de *Teramnus labialis*, da manutenção de cobertura natural (vegetação espontânea) e da entrelinha no limpo em atributos físicos do solo, verificaram, entre outros benefícios, aumento na porosidade total. Melhorias em atributos físicos do solo também foram observadas em trabalhos com outras fruteiras. Oliveira e Merwin (2001), ao avaliarem diferentes manejos por oito anos em um pomar de macieira, nos Estados Unidos, verificaram que a cobertura vegetal proporcionou diminuição da densidade do solo e aumento da porosidade. O mesmo foi observado por Carvalho et al. (2004) ao estudarem o efeito do cultivo intercalar de *Crotalaria juncea* e feijão caupi com o mamoeiro 'Tainung 1' por dois anos, em um Latossolo Amarelo álico coeso da Bahia.

Da mesma forma que os atributos químicos, os resultados conflitantes encontrados na literatura para os atributos físicos podem ser creditados ao tempo de manejo no qual as áreas avaliadas foram submetidas, uma vez que os efeitos benéficos na qualidade do solo, advindos da utilização das plantas de cobertura, são perceptíveis em longo prazo (TESTA; TEIXEIRA; MIELNICZUCK, 1992).

### 3.6 CONCLUSÕES

As espécies de plantas de cobertura estudadas podem ser recomendadas no manejo de solo de pomares cítricos; contudo, por se destacarem

no aporte de matéria seca e nutrientes, o tremoço branco e o nabo forrageiro são mais recomendados.

O cultivo intercalar de aveia branca, tremoço branco e nabo forrageiro por dois anos não altera os atributos químicos do solo das entrelinhas de pomar cítrico. Por outro lado, o cultivo de tremoço branco altera os atributos físicos, pela diminuição da densidade do solo a 0,20 – 0,40 m de profundidade.

## REFERÊNCIAS

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DAROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 157-165, 2001.
- ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1227-1237, 2008.
- ASSMANN, J. M.; BRAIDA, J. A.; CASSOL, L. C.; MAGIERO, E. C.; MANTELI, C.; GRIZ, E. Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2408-2416, 2009.
- AZEVEDO, F. A.; ROSSETTO, M. P.; SCHINOR, E. H.; MARTELLI, I. B.; PACHECO, C. A. Influência do manejo da entrelinha do pomar na produtividade da laranjeira 'pera'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 134 - 142, 2012.
- BARRADAS, C. A. A.; FREIRE, L. R.; ALMEIDA, D. L. DE; DE-POLLI, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1461-1468, 2001.
- BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; FRANCO FILHO, P.; PRETI, E. A.; CARDOSO, C. Crescimento de milheto e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1409-1418, 2008.
- BREMER NETO, H.; VICTORIA FILHO, R.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; MENEZES, G. M.; CANALI, E. Estado nutricional e produção de laranjeira-'pera' em função da

vegetação intercalar e cobertura morta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 29-35, 2008.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. IAPAR, Londrina, 1990. (Boletim Técnico, 35).

CALEGARI, A.; ALCANTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: As-pta Agroecologia, 1993. p. 205-327.

CARVALHO, J. E. B. de; LOPES, L. C.; ARAÚJO, A. M. A.; SOUZA, L. S. S.; CALDAS, R. C.; DALTRO JUNIOR, C. A.; CARVALHO, L. L.; OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS, R. C. Leguminosas e seus efeitos sobre propriedades físicas do solo e produtividade do mamoeiro 'tainung 1'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 335-338, 2004.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina, IAPAR, 1992. (Circular, 73).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 2. ed. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2013.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; BAILEY, B. A. Role of Cover Crops in improving soil and row crop productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 36, p. 2733 – 2757, 2005.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 641-648, 2004.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. **Recomendações para adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo**. 3. ed. Cordeirópolis: Laranja, 1994.

HARTWIG, N. L.; AMMON, H. U. Cover crops and living mulches. **Weed Science**, Washington, v. 50, p. 688 – 699. 2002.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **A citricultura no Paraná**. Londrina, 1992. (Circular, 72).

\_\_\_\_\_. Agrometeorologia. **Cartas climáticas**. Disponível em: <[www.iapar.br/](http://www.iapar.br/)>. Acesso em: 20 mar. 2014.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984, p. 232-67.

- LIMA, J. D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R. K.; SOLIMAN, E. P.; MORAES, W. S. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 60-63, 2007.
- LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 205-220, 2006.
- MARRERO, D. F.; DELGADO, L. E. P.; IAÑEZ, N. C.; CALERO, C. M.; RODRÍGUEZ, M. L.; PÉREZ, L. R.; RODRÍGUEZ, L. C. Cubierta vegetal con *teramnus labialis* em plantaciones cítricas: efectos sobre algunas propiedades físicas del suelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, sup. 1, p. 1073-1082, 2009.
- MIYASAKA, S. Histórico do estudo de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, 1., 1983, Rio de Janeiro: Adubação verde no Brasil. **Trabalhos apresentados...** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.
- OLIVEIRA, M. T.; MERWIN, I. Soil physical conditions in a New York orchard after eight years under different groundcover management systems. **Plant and Soil**, The Hague, v. 234, p. 233-237, 2001.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.
- RAGOZO, C. R. A.; LEONEL, S.; CROCCI, A. J. Adubação verde em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 69-72, 2006.
- RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; KRETZSCHMAR, A. A.; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Coberturas vegetais no desenvolvimento vegetativo de plantas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 107-109, 2007.
- SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- SILVA, J. A. A.; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde em citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. (Boletim Citrícola, 9).
- SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; FOLONI, L. L. Alteração física e morfológica em solos cultivados com citros e cana-de-açúcar, sob sistema tradicional de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 353-359, 2005.
- TESTA, U. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUCK, J. Características químicas de um Podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, p. 107-114, 1992.

## 4 ARTIGO B: DESEMPENHO DE LARANJEIRA 'FOLHA-MURCHA' APÓS CULTIVO INTERCALAR COM PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

### 4.1 RESUMO

A utilização de plantas de cobertura pode alterar o ambiente produtivo de modo a favorecer o desenvolvimento, a produção e a qualidade dos frutos em pomares cítricos. Contudo, se mal manejadas, essas espécies podem competir por água e nutrientes. Dessa forma, é importante a identificação de plantas de cobertura com maior capacidade de adaptação nas entrelinhas de pomares. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do cultivo intercalar de plantas de cobertura de inverno no desenvolvimento vegetativo, na nutrição, na produção e na qualidade dos frutos de laranjeira 'Folha-Murcha' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) no Norte do Paraná. O experimento foi conduzido em um pomar comercial com plantas enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram três espécies de plantas de cobertura de inverno cultivadas por dois anos consecutivos, além de uma testemunha (vegetação espontânea). As espécies estudadas, semeadas no início dos meses de abril de 2012 e 2013, foram: aveia branca (*Avena sativa* L.), tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.). Em dezembro de 2013, transcorridos cinco meses do manejo das coberturas no último ano de cultivo, avaliou-se a influência dos tratamentos no desenvolvimento vegetativo, na produção e na qualidade dos frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de significância. Os dados expressos em porcentagem passaram por

transformação angular ( $\arcsin \sqrt{\frac{x}{100}}$ ), enquanto os dados obtidos por contagem foram transformados por  $\sqrt{x+1}$ . As três espécies de plantas de cobertura estudadas podem ser utilizadas no manejo de solo de pomares de laranjeira 'Folha-Murcha', pois não alteram aspectos de produção e qualidade dos frutos. O cultivo de nabo forrageiro favorece o desenvolvimento radicular da laranjeira 'Folha-Murcha'.

**Palavras-chave:** citros, adubação verde, manejo do solo, prática conservacionista.

#### 4.2 ABSTRACT

The cultivation of cover crops can alter the productive environment in order to improve the development, production and quality of fruits in citrus orchard. However, if cover crops were not efficiently managed they may compete for water and nutrients. In this regard, it is important to identify the cover crops with greater adaptability in the inter-row lines of orchards. The aims of this work were to evaluate the effects of inter-row cultivation of winter cover crops in the development, production and quality of fruit from 'Folha-Murcha' orange in the North Paraná. The experiment was carried on a commercial orchard of 'Folha-Murcha' orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grafted on a 'Cravo' lemon (*Citrus limonia* Osbeck), located in North Paraná. The treatments were three species of cover crops cultivated during two consecutive years, and control vegetation (weeds). The studied species were seeded in the beginning of April 2012 and April 2013: oat (*Avena sativa* L.), white lupine (*Lupinus albus* L.) and turnip (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.). In December 2013, after five months of the last cover crops management, it was analyzed the influence of treatments on development, production and quality of fruits. Data was submitted to Analyses of Variance and Tukey's test with 5% significance level. Data expressed by percentages passed by angular transformation ( $\arcsin \sqrt{\frac{x}{100}}$ ), whereas data sampled by counting were transformed by  $\sqrt{x+1}$ . All cover crops can be used for soil management in orange 'Folha-Murcha' orchards because they did not alter production and quality of fruits. The turnip favored the root development of Orange 'Folha-Murcha' trees.

**Key words:** citrus, green manure, soil management, conservation practices.

### 4.3 INTRODUÇÃO

A citricultura tem posição de destaque no setor agrícola brasileiro, com números expressivos, que lhe conferem grande importância econômica e social. Segundo o IBGE (2014), a atividade ocupa, atualmente, no Brasil, 800 mil hectares e produz cerca de 19,6 milhões de toneladas de frutos, sendo 90% desse total representado pela laranja. No Paraná, o cultivo de laranja concentra-se em 28,7 mil hectares, distribuídos, principalmente, nas regiões Noroeste e Norte. Em 2013, o estado produziu 976 mil toneladas, que resultaram em um valor bruto de produção de 310 milhões de reais (IBGE 2014).

As variedades mais plantadas no Paraná são Pêra, Folha-Murcha e Valência, com produção destinada à elaboração de suco concentrado congelado e para consumo *in natura* (AULER et al., 2014). A 'Folha Murcha' é uma seleção da 'Valência', originária do Estado do Rio de Janeiro, e caracterizada pelo enrolamento permanente das folhas, maturação tardia dos frutos, porte mediano da copa e resistência ao cancro cítrico (STUCHI; DONADIO, 2000).

Atualmente, o manejo de solo mais utilizado em pomares cítricos consiste na manutenção das entrelinhas vegetadas associada a um controle sistemático das plantas daninhas com herbicidas na linha de plantio. A cobertura mantida nas entrelinhas é composta, basicamente, por plantas espontâneas, que são conduzidas por meio de cortes periódicos com implementos próprios, deixando-se sobre o solo a matéria seca resultante da operação (BREMER NETO et al., 2008).

Embora esta prática tenha garantido avanços do ponto de vista conservacionista, quando comparada a um modelo anterior de manejo, caracterizado pela manutenção do solo das entrelinhas no limpo, outras ações como o cultivo intercalar de plantas de cobertura podem incrementar atributos químicos, físicos e biológicos do solo e, conseqüentemente, influenciar no desenvolvimento, na produção das plantas cítricas e na qualidade dos frutos (RAGOZO; LEONEL; CROCCI, 2006). Esta melhoria do ambiente produtivo está relacionada à capacidade dessas espécies em aumentar o teor de matéria orgânica do solo e a disponibilidade de nutrientes (FAGERIA; BALIGAR; BAILEY, 2005). Além disso, por meio do desenvolvimento de suas raízes, são capazes de romper camadas compactadas e favorecer a expansão do sistema radicular da laranjeira pelos bioporos criados no

solo ao término do ciclo de cultivo (HARTWIG; AMMON, 2002; WILLIAMS; WEIL, 2004).

Se, por um lado, o cultivo intercalar de plantas de cobertura pode melhorar o ambiente de produção, por outro pode prejudicar o desenvolvimento da laranjeira e afetar negativamente a produção, se mal empregado. A cobertura produzida pode alterar o balanço entre mineralização e imobilização de N do solo, reduzindo sua disponibilidade e exigindo adubações complementares (BREMER NETO et al., 2008). Somado a isso, pode ocorrer competição por água e nutrientes, se o cultivo for realizado em períodos críticos ou com exagerada densidade de plantas (ANJOS et al., 2006; KOLLER, 1994). Segundo Zhou et al. (2009), a interação de sistemas de cultivo consorciados pode ter um caráter facilitador ou competidor, sendo que ambos atuam simultaneamente. Se a competição for maior que a facilitação, a interação torna-se desvantajosa, ao passo que, se ocorrer o inverso, o consórcio será vantajoso.

Dessa forma, é importante a identificação das espécies de plantas de cobertura com maior capacidade adaptativa às condições das entrelinhas de laranjeiras. Para as condições do Paraná, as espécies adaptadas ao inverno são especialmente importantes pela necessidade de produção de matéria seca em períodos de menores temperaturas, radiação solar e disponibilidade de água. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do cultivo intercalar de plantas de cobertura de inverno no desenvolvimento vegetativo, nutrição, produção e qualidade dos frutos de laranjeira 'Folha-Murcha' em Londrina, Norte do Paraná.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas entrelinhas de um pomar comercial de laranjeira 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) localizado em Londrina no Norte do Estado do Paraná (latitude 23°30' S, longitude 51°15' W, e altitude média de 612 m). O clima da região, segundo classificação de Wilhelm Köppen, é subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual de 1.500 mm, temperatura média anual de 22 °C, evapotranspiração anual de 1.350 mm, umidade relativa anual média de 75% e

insolação média de 7,14 h dia<sup>-1</sup> (IAPAR, 2014). O solo é classificado, de acordo com Embrapa (2013), como Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa. As características químicas e granulométricas do solo do local, quando da instalação do experimento, estão descritas na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Características químicas e granulométricas de um Latossolo Vermelho eutroférico nas entrelinhas de um pomar cítrico. Londrina-PR, 2012.

Características	Profundidade (m)			
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
C (g dm <sup>-3</sup> )	21,27	20,68	16,67	13,09
pH CaCl <sub>2</sub>	4,90	4,80	4,90	4,90
P (mg dm <sup>-3</sup> )	4,10	2,70	2,00	2,40
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,68	7,75	7,20	6,20
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,03	0,08	0,04	0,02
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,01	0,68	0,41	0,50
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,72	5,52	5,87	5,30
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,22	1,93	1,85	1,68
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	15,63	15,88	15,33	13,68
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,95	8,13	8,13	7,48
V (%)	57,26	51,19	53,03	54,67
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	647,2	687,2	655,7	645,9
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	274,4	254,4	261,1	276,4
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	78,4	58,4	83,2	77,7

O pomar foi implantado em 2008, com espaçamento de 7,0 x 3,5 m, conduzido sem irrigação e manejado conforme as recomendações técnicas para o cultivo de citros na região (IAPAR, 1992). Antes da instalação do experimento, as entrelinhas eram mantidas vegetadas com plantas espontâneas, compostas principalmente por gramíneas, e controladas periodicamente por roçagem mecânica tratorizada.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram três espécies de plantas de cobertura de inverno por dois anos consecutivos, além de uma testemunha (vegetação espontânea). As espécies estudadas, semeadas no início dos meses de abril de 2012 e 2013, foram: aveia branca (*Avena sativa* L.), tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), cujas sementes foram provenientes do Instituto Agronômico do Paraná

(IAPAR). Antes da semeadura das plantas de cobertura, a vegetação espontânea foi dessecada por herbicida não seletivo Glifosato na dose de 6 L ha<sup>-1</sup> e a área foi preparada com uma operação de grade niveladora de 28 discos recortados de 20" à profundidade de trabalho de 0,05 m. A semeadura foi realizada a lanço segundo a recomendação de Derpsch e Calegari (1992): 70, 100 e 15 kg ha<sup>-1</sup>, para aveia branca, tremoço branco e nabo forrageiro, respectivamente. As sementes depositadas na superfície do solo foram cobertas manualmente com enxada à profundidade de 0,03 m.

Cada parcela foi constituída por uma planta cítrica consorciada com as plantas de cobertura em ambos os lados, com dimensões de 4,0 x 3,5 m para cada lado da planta, totalizando 28 m<sup>2</sup> de área cultivada por parcela. As plantas de cobertura foram manejadas com roçadeira quando atingiram o pleno florescimento, aos 110 dias após a semeadura para a aveia branca e aos 120 dias após a semeadura para o tremoço branco e para o nabo forrageiro, mantendo-se a cobertura produzida sobre a entrelinha do pomar.

Em dezembro de 2013, transcorridos cinco meses do manejo das coberturas no último ano de cultivo, avaliou-se a influência dos tratamentos no desenvolvimento vegetativo, na produção e na qualidade dos frutos da laranja 'Folha-Murcha'.

O desenvolvimento vegetativo foi avaliado pela determinação do volume de copa, incremento do volume de copa, distribuição do sistema radicular e dos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

O volume de copa foi obtido com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo a altura tomada desde o solo até o topo da planta, e o diâmetro medido nos sentidos paralelo e perpendicular à linha de plantio, calculando-se a média. A partir destes dados, calculou-se o volume pela equação proposta por Mendel (1956):  $V = 2/3 \pi R^2 H$ , em que V é o volume (m<sup>3</sup>), R o raio da copa (m) e H, a altura da planta (m). A partir da diferença entre o volume de copa observado ao final e no início do experimento, determinou-se o incremento do volume de copa durante a condução do ensaio, com dados expressos em m<sup>3</sup>.

Para a avaliação da distribuição do sistema radicular da laranja 'Folha-Murcha', foi utilizado o método do perfil (BÖHM, 1979). Foi aberta uma trincheira por repetição com 1,8 m de comprimento por 1,0 m de largura e 0,6 m de

profundidade, alocada entre a projeção média da copa da laranjeira e o centro da entrelinha. As raízes foram expostas com a utilização de escarificador manual, em forma de rolo, com pregos sem cabeça (JORGE et al., 1996). Uma moldura de 1,8 x 0,60 m, dividida por fios de náilon em quadros de 0,10 x 0,10 m, foi afixada ao perfil, onde foi contado o número de raízes em cada quadro. Avaliou-se a distribuição do sistema radicular por meio da quantidade de raízes presentes a cada 0,10 m de profundidade e a cada 0,30 m de distância da projeção da copa. Determinou-se também a profundidade efetiva das raízes, que corresponde à profundidade onde se concentram 80% das raízes avaliadas (KLAR, 1991).

Para a determinação dos teores foliares de nutrientes, foram coletadas, de forma aleatória, 20 folhas por planta, provenientes de ramos frutíferos do ciclo da primavera de 2013 (MALAVOLTA et al., 1998). As amostras foram levadas ao laboratório para processamento e análise, com os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn obtidos segundo metodologia da Embrapa (2009).

A produção foi avaliada por meio da determinação da massa de frutos e da contagem do número de frutos por planta. A massa de frutos foi obtida a partir da coleta aleatória de 20 frutos por planta, com posterior pesagem em balança digital com precisão de 20 g. A partir dos valores observados e da contagem do número de frutos, estimou-se a produção, com dados expressos em massa de frutos por planta ( $\text{kg planta}^{-1}$ ). Além disso, foi determinada a eficiência de produção da laranjeira 'Folha-Murcha' pela razão entre a massa de frutos e o volume de copa, com os valores expressos em  $\text{kg m}^{-3}$ .

Para a avaliação da qualidade dos frutos, foram coletados, de forma aleatória, 20 frutos da parte externa das plantas, à altura de 1,0 a 2,0 m do solo, que foram utilizados para a determinação das variáveis: massa do fruto (g), rendimento de suco (%), teor de sólidos solúveis totais – SST ( $^{\circ}$  Brix), acidez total titulável – ATT (%), *ratio*, índice tecnológico - IT ( $\text{kg SST caixa}^{-1}$ ) e tamanho dos frutos (mm).

A massa do fruto foi determinada por meio de balança digital com precisão de 20 g. O tamanho dos frutos foi avaliado por meio da determinação do diâmetro lateral na região mediana do fruto e altura, utilizando-se paquímetro digital com precisão de 0,1 mm. O rendimento de suco foi calculado a partir da relação  $(\text{MS}/\text{MF}) \times 100$ , em que MS = massa do suco (g) e MF = massa do fruto (g). O teor de SST foi determinado por refratômetro digital com compensação automática de temperatura; enquanto que a ATT foi obtida por titulação com NaOH a  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ,

expressa em porcentagem de ácido cítrico (AOAC, 1990). A partir da relação do SST e da ATT foi calculado o *ratio*. O índice tecnológico foi calculado pela equação: (rendimento de suco x SST x 40,8)/10.000 (CAVALCANTE et al., 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de significância. Os dados expressos em porcentagem passaram por

transformação angular (arco seno  $\sqrt{\frac{X}{100}}$ ), enquanto os dados obtidos por contagem foram transformados por  $\sqrt{X+1}$ .

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para número de frutos, produção, volume de copa e incremento do volume de copa (Tabela 4.2). Porém, o cultivo intercalar com nabo forrageiro induziu maior eficiência de produção (6,4 kg m<sup>-3</sup>) da ‘Folha-Murcha’ em comparação à aveia branca (5,0 kg m<sup>-3</sup>), sem diferir do tremoço branco (5,2 kg m<sup>-3</sup>) e da testemunha (5,3 kg m<sup>-3</sup>).

Os dados de produção, que variaram de 90,3 a 99,6 kg planta<sup>-1</sup>, e os de volume de copa, que ficaram entre 15,1 e 19,3 m<sup>3</sup> (Tabela 4.2), estão dentro da faixa esperada para a ‘Folha-Murcha’ sobre limoeiro ‘Cravo’ em início de fase de produção nas condições do Norte do Paraná (STENZEL et al., 2005). Estes resultados indicam que, embora o cultivo intercalar das plantas de cobertura não tenha contribuído para o aumento de produção, também não afetaram negativamente esta variável. A mesma observação pode ser feita para os resultados de número de frutos, volume de copa e incremento do volume de copa, que variaram de 357, 2 a 435,2 frutos por planta, 15,1 a 19,3 m<sup>-3</sup> e 4,1 a 6,4 m<sup>-3</sup>, respectivamente. Outros trabalhos realizados no Norte e Noroeste do Paraná também mostraram que a utilização de plantas de cobertura em pomares cítricos não comprometeu as variáveis de produção (NEVES et al., 1998; AULER et al., 2008). De acordo com Neves e Dechen (2001), isso ocorre porque, desde que não exista limitação por água, não há prejuízo à produção de citros por plantas de cobertura.

Azevedo et al. (2012), nas condições de Mogi Mirim SP, avaliaram a influência do cultivo intercalar por dois anos de aveia preta, nabo forrageiro e tremoço branco na produção e na eficiência de produção da laranjeira 'Pêra'. Os autores também não verificaram diferença significativa para a produção; contudo, para a eficiência de produção, observaram que o tratamento representado pelo tremoço branco superou a testemunha com vegetação espontânea, sem diferir das demais plantas de cobertura. Bordin et al. (2008) constataram, nas mesmas condições do presente trabalho, que o cultivo intercalar de guandu e milho por um ciclo não afetou o volume de copa, o número de frutos por planta e a produção da laranjeira 'Folha-Murcha'. Da mesma forma, Ragozo, Leonel e Crocci (2006) não observaram efeito do cultivo por dois anos de feijão de porco, lab-lab e guandu anão na produção de laranjeira 'Pêra' em Botucatu-SP.

**Tabela 4.2** – Número de frutos por planta, produção, volume de copa, incremento do volume de copa e eficiência da produção da laranjeira 'Folha-Murcha' submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Tratamentos	Número de frutos <sup>1</sup>	Produção	Volume de copa	Incremento do volume de copa	Eficiência da produção
		kg planta <sup>-1</sup>	-----m <sup>3</sup> -----	-----	kg m <sup>-3</sup>
Aveia	392,7 <sup>ns</sup>	94,9 <sup>ns</sup>	19,1 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>ns</sup>	5,0 b*
Tremoço	393,3	99,6	19,3	6,4	5,2 ab
Nabo	435,2	96,2	15,1	4,1	6,4 a
Testemunha	357,2	90,3	16,9	6,4	5,3 ab
CV (%)	10,5	11,4	18,7	36,4	15,5

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ns = diferença não significativa. <sup>1</sup>Dados transformados por  $\sqrt{x+1}$ . Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Por outro lado, o cultivo de feijão de porco por seis anos consecutivos aumentou a produtividade e o número de frutos por planta de laranjeira 'Pêra' em relação à roçagem da vegetação espontânea e à gradagem da entrelinha em um Latossolo Amarelo álico coeso da Bahia (CARVALHO et al., 2002). Influência positiva de plantas de cobertura na produção também foi verificada por Ragozo, Leonel e Tecchio (2014) ao estudarem o efeito do cultivo intercalar entre três espécies e a laranjeira 'Pêra'. Nas condições de Botucatu-SP, os autores observaram que a consorciação por dois anos com guandu anão conferiu maior

produção à laranjeira em comparação aos tratamentos representados pelo feijão de porco, lab-lab e vegetação espontânea.

Além do desempenho específico de cada espécie, os resultados conflitantes podem ser explicados pelas diferentes condições edafoclimáticas nas quais os trabalhos foram conduzidos, pela idade das plantas cítricas no momento da consorciação e pelo tempo de cultivo das plantas de cobertura. Com relação a este último fator, acredita-se que, com o decorrer dos anos, a utilização de plantas de cobertura de forma sistemática possa incrementar a produção (RAGOZO; LEONEL; CROCCI, 2006).

Com relação à qualidade dos frutos, não houve diferença significativa para a massa, altura e diâmetro, sendo que os valores observados variaram de 232,8 a 252,2 g, 76,5 a 79,4 e 75,4 a 78,5 mm, respectivamente (Tabela 4.3). Bordin et al. (2008), Ragozo, Leonel e Crocci (2006) e Neves et al. (1998) também não verificaram efeito do manejo com plantas de cobertura na massa dos frutos das laranjeiras 'Folha-Murcha' e 'Pêra' e da tangerineira 'Poncã', respectivamente. Entretanto, Carvalho et al. (2002), em um Latossolo Amarelo álico coeso da Bahia, concluíram que o cultivo intercalar de feijão de porco por dois anos conferiu maior massa aos frutos da laranjeira 'Pêra', quando comparado ao manejo com grade nas entrelinhas, sendo o resultado creditado à melhoria geral da estrutura do solo, que possibilitou melhor condição de desenvolvimento às raízes da laranjeira.

Para o rendimento de suco, as plantas consorciadas com o tremoço branco (61,8%) foram superiores às plantas consorciadas com a aveia branca (55,5%), sem diferir dos tratamentos correspondentes ao nabo forrageiro (61,0%) e a testemunha (60,8 %) (Tabela 4.3). De forma geral, esses resultados estão acima do esperado para a 'Folha-Murcha' sobre limoeiro 'Cravo' na região (STENZEL et al., 2005). Diferentemente do presente estudo, Neves et al. (1998) não observaram influência do manejo com leguminosas perenes e anuais no rendimento de suco da tangerineira 'Poncã', nas mesmas condições deste trabalho.

Com relação ao teor de SST, ATT e *ratio*, não houve diferença significativa entre os tratamentos, enquanto que para o IT, o tremoço branco e a testemunha foram superiores à aveia branca, sem, contudo, diferir do nabo forrageiro (Tabela 4.3). Os valores de SST variaram de 7,5 a 8,0 ° Brix, sendo considerados baixos em relação ao potencial da "Folha-Murcha" sobre limoeiro

‘Cravo’ para a região (10,5 ° Brix) (STENZEL et al., 2005). Isto pode ser explicado pela época da coleta dos dados, que ocorreu em dezembro, início do período de colheita da ‘Folha-Murcha’ (STUCHI; DONADIO, 2000). Os dados de ATT observados encontram-se dentro do esperado (0,79 %), enquanto os de *ratio* e de IT, em função dos valores de SST, estão ligeiramente abaixo (13,5 e 2,3 kg, respectivamente) (STENZEL et al., 2005). Possivelmente, a ausência de efeito dos tratamentos sobre as características químicas dos frutos deve-se ao fato de que as alterações provocadas no solo sejam um fator secundário para estes atributos, enquanto que as condições climáticas é que exercem uma influência mais profunda (REUTHER, 1973).

**Tabela 4.3** – Massa, altura e diâmetro dos frutos, rendimento em suco, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), *Ratio* (SST/ATT) e índice tecnológico (IT) dos frutos de laranjeira ‘Folha Murcha’ submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Tratam.	Massa do fruto	Altura	Diâmetro	Rendimento em suco <sup>1</sup>	SST	ATT <sup>1</sup>	<i>Ratio</i>	IT
	g	-----mm-----		%	° Brix	%		kg
Aveia	252,2 <sup>ns</sup>	79,4 <sup>ns</sup>	78,5 <sup>ns</sup>	55,5 b*	7,5 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	9,8 <sup>ns</sup>	1,7 b
Tremoço	232,8	76,8	75,4	61,8 a	8,0	0,77	10,5	2,0 a
Nabo	242,9	77,2	76,7	61,0 ab	7,7	0,78	9,9	1,9 ab
Testemunha	240,7	76,5	75,9	60,8 ab	7,9	0,80	10,1	2,0 a
CV (%)	7,4	2,8	2,8	4,3	5,0	4,9	9,4	7,2

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ns = diferença não significativa. <sup>1</sup>Dados transformados por transformação angular ( $\arcsin \sqrt{X/100}$ ). Tratam.: Tratamentos. Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Para os teores de nutrientes nas folhas da ‘Folha-Murcha’, não houve diferença significativa entre os tratamentos para N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, e Zn (Tabelas 4.4 e 4.5). Entretanto, para o B, a aveia branca conferiu maior teor foliar em relação à testemunha. Para o Fe, os teores verificados na aveia branca e na testemunha foram superiores ao nabo forrageiro, e, para o Mn, o tratamento testemunha também apresentou maior teor em relação ao nabo forrageiro. Outros trabalhos já verificaram a influência positiva das plantas de cobertura na concentração foliar de micronutrientes em laranjeiras (VON OSTERROHT, 2002;

RAGOZO; LEONEL; TECCHIO, 2014), fato creditado à capacidade de extração e mobilização desses nutrientes das camadas subsuperficiais do solo.

De acordo com o Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros (1994), entre os teores de macronutrientes observados, os valores de N e Ca enquadram-se dentro da faixa considerada baixa ( $< 23$  e  $< 35$  g kg<sup>-1</sup>), os teores de P e K são considerados excessivos ( $> 2$  e  $> 20$  g kg<sup>-1</sup>) e os de Mg e S adequados (2,5 a 4,0 e 2 a 3 g kg<sup>-1</sup>) (Tabela 4.4). Embora esses resultados indiquem um relativo desequilíbrio, a ausência de efeito dos tratamentos demonstra que essa situação pode estar relacionada, de maneira geral, ao manejo da fertilidade do solo do pomar até o momento da instalação do experimento e que as plantas absorveram quantidades equivalentes de nutrientes, independente da ação das plantas de cobertura. Com relação aos teores de micronutrientes, os valores de B, Mn e Zn são considerados adequados (36 a 100, 35 a 50 e 35 a 50 mg kg<sup>-1</sup>), enquanto os de Cu e Fe excessivos ( $> 15$  e  $> 150$  mg kg<sup>-1</sup>) (Tabela 4.5), provavelmente pela aplicação de defensivos cúpricos para a prevenção do cancro cítrico e pela riqueza natural do solo, respectivamente.

**Tabela 4.4** – Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de laranja 'Folha Murcha' submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
Aveia	20,0 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	21,0 <sup>ns</sup>	32,7 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>
Tremoço	20,2	2,1	19,9	34,6	3,5	2,7
Nabo	19,9	2,1	22,1	32,3	3,4	2,7
Testemunha	20,5	2,5	20,4	33,5	3,7	2,8
CV (%)	5,4	7,6	7,2	8,1	6,5	4,9

ns = diferença não significativa pelo teste Tukey a 5% de significância. Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Bremer Neto et al. (2008), ao estudarem o efeito da cobertura com gramíneas e leguminosas perenes, por dois anos, no estado nutricional de laranja 'Pêra' em São Paulo, também não observaram efeito dos tratamentos nas concentrações foliares de nutrientes. Da mesma forma, Neves et al. (1998), nas mesmas condições do presente estudo, não verificaram diferença significativa nos teores foliares de nutrientes na tangerineira 'Poncã' submetida a cinco manejos de

solos por dez anos, sendo três dos manejos representados pelo cultivo intercalar de leguminosas perenes ou anuais. Por outro lado, Fidalski e Stenzel (2006), em trabalho conduzido em um Argissolo Vermelho distrófico de textura arenosa, observaram acréscimo nos teores foliares de N em laranjeira 'Folha-Murcha' sobre o limoeiro 'Cravo', proporcionado pelo manejo das entrelinhas com *Arachis pintoi* em relação ao manejo com a grama-batatais. Os diferentes resultados demonstram que o tipo de solo, entre outros fatores, pode exercer influência no estado nutricional das plantas cítricas. Os efeitos do cultivo de plantas de cobertura em solos com maior teor de matéria orgânica e maior capacidade de troca de cátions tendem a ser menos pronunciados em comparação a solos de menor fertilidade, onde os resultados das alterações do ambiente produtivo são mais perceptíveis.

**Tabela 4.5** - Teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e Zinco (Zn) nas folhas de laranjeira 'Folha Murcha' submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>				
Aveia	58,3 a*	30,8 <sup>ns</sup>	230,9 a	38,3 ab	53,5 <sup>ns</sup>
Tremoço	51,1 ab	21,8	175,0 ab	36,7 ab	49,8
Nabo	54,9 ab	21,4	161,8 b	32,6 b	46,0
Testemunha	47,6 b	18,5	227,8 a	44,7 a	49,5
CV (%)	8,6	41,8	15,7	10,9	11,1

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ns = diferença não significativa. Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Com relação à quantidade de raízes do limoeiro 'Cravo' sob laranjeira 'Folha-Murcha', não houve diferença significativa entre os tratamentos até 0,2 m de profundidade (Tabela 4.6). Contudo, nas demais camadas e no total das profundidades, o nabo forrageiro se destacou ao proporcionar maior desenvolvimento das raízes da laranjeira em comparação à testemunha. Essa superioridade também foi verificada em relação à aveia branca e ao tremoço branco a 0,4-0,5 m e à aveia branca a 0,5-0,6 m de profundidade. Carvalho et al. (1999) também verificaram efeito do cultivo de planta de cobertura no sistema radicular de limoeiro 'Cravo' sob laranjeira 'Pêra' na Bahia. Os autores observaram que o consórcio com feijão de porco aumentou a distribuição das raízes do citros no perfil

do solo, de forma a favorecer a absorção de água e nutrientes. Porém, Bremer Neto et al. (2008), ao estudarem o efeito da cobertura com gramíneas e leguminosas perenes, por dois anos, na distribuição de raízes da laranjeira 'Pêra' sobre limoeiro 'Cravo' em São Paulo, concluíram que os manejos propostos não afetaram esta variável. Segundo os autores, o tempo de consorciação pode ter sido insuficiente para alterações significativas.

Neves et al. (1998) estudaram o efeito de cinco manejos de solo no sistema radicular de limoeiro 'Cravo' sob tangerineira 'Poncãn', nas mesmas condições do presente trabalho. Os manejos empregados, foram: o cultivo intercalar de *Indigofera campestris* Benth. (leguminosa perene), *Arachis prostrata* Bong. Ex Benth. (leguminosa perene) e mucuna cinza (*Stizoiobium pruriens*), além do uso alternado de uma gradagem a disco (no início do período seco) e de roçadeira (três a quatro vezes no período de chuvas), e capina manual. Após nove anos, verificou-se que a quantidade total de raízes não foi influenciada pelos manejos. Entretanto, a cobertura com *Arachis prostrata* induziu o adensamento e o aprofundamento do sistema radicular dos citros. Os autores sugeriram que pode ter havido um crescimento compensatório das raízes do limoeiro em resposta a uma eventual restrição horizontal provocada pelo intenso enraizamento do *Arachis prostrata*.

**Tabela 4.6** – Número de raízes de limoeiro 'Cravo' sob laranjeira 'Folha Murcha' a 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m de profundidade e profundidade efetiva das raízes (PE) submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Profundidade (m)	Tratamentos <sup>1</sup>				CV (%)
	Aveia	Tremoço	Nabo	Testemunha	
	-----nº de raízes-----				
0-0,1	101,3 <sup>ns</sup>	91,8	119,8	71,8	15,1
0,1-0,2	57,8 <sup>ns</sup>	54,0	70,0	48,3	11,8
0,2-0,3	50,0 ab*	38,0 ab	55,3 a	34,8 b	9,3
0,3-0,4	38,3 ab	32,3 ab	45,0 a	30,3 b	9,2
0,4-0,5	30,3 b	26,0 b	42,0 a	24,8 b	7,7
0,5-0,6	23,8 b	24,8 ab	36,3 a	19,0 b	9,7
Total	301,3 ab	266,8 ab	368,3 a	228,8 b	9,5
PE (m)	0,38 <sup>ns</sup>	0,40	0,41	0,39	4,6

\*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% significância. ns = diferença não significativa. <sup>1</sup>Dados transformados por  $\sqrt{X+1}$ . Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

Para a profundidade efetiva das raízes, não houve diferença significativa entre os tratamentos, com dados variando de 0,38 a 0,41 m (Tabela 4.6). Estes resultados estão próximos do encontrado por Zaccheo et al. (2012), que estudaram a distribuição do sistema radicular de porta-enxertos sob ‘Folha-Murcha’ em um Argissolo Vermelho distrófico no Noroeste do Paraná. Naquelas condições, a profundidade efetiva das raízes da mesma combinação de copa/porta-enxerto foi de 0,36 m no sentido da entrelinha. A ausência de efeito dos tratamentos sugere que o cultivo de nabo forrageiro, embora tenha favorecido o desenvolvimento das raízes da ‘Folha-Murcha’ nas camadas mais profundas, não influenciou de forma geral no aprofundamento radicular da laranjeira. Esse aprofundamento é importante e pode ser decisivo para a produção de frutos em uma situação de estresse hídrico, pois, nessas condições, essa característica permite a exploração de maior volume do solo, justamente nas camadas onde ainda possa existir água disponível (MAZZA et al., 1994).

Na distribuição horizontal das raízes da ‘Folha-Murcha’ até a entrelinha, o nabo forrageiro também se destacou ao conferir maior desenvolvimento radicular à laranjeira em relação à testemunha, nas quatro camadas situadas entre 0,6 e 1,8 m de distância da projeção da copa (Tabela 4.7). Essa superioridade também foi observada a 0,9-1,2 m e a 1,2-1,5 m de distância em relação ao tremoço branco, embora não tenha havido efeito dos tratamentos a 0-0,3 m e a 0,3-0,6 m de distância.

**Tabela 4.7** - Número de raízes de limoeiro ‘Cravo’ sob laranjeira ‘Folha Murcha’ a 0-0,3; 0,3-0,6; 0,6-0,9; 0,9-1,2; 1,2-1,5 e 1,5-1,8 m de distância da projeção da copa na entrelinha submetida a quatro sistemas de manejo de solo por dois anos. Londrina-PR, 2013.

Distância (m)	Tratamentos <sup>1</sup>				CV (%)
	Aveia	Tremoço	Nabo	Testemunha	
	-----nº de raízes-----				
0-0,3	71,8 <sup>ns</sup>	74,3	79,8	74,8	12,2
0,3-0,6	55,3 <sup>ns</sup>	54,3	65,3	45,0	12,3
0,6-0,9	52,0 ab*	42,8 ab	64,3 a	39,0 b	10,6
0,9-1,2	46,0 ab	34,3 bc	60,8 a	28,0 c	9,8
1,2-1,5	44,0 ab	32,0 bc	54,8 a	23,8 c	11,0
1,5-1,8	32,3 ab	29,0 ab	43,8 a	18,3 b	12,6

\*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ns = diferença não significativa. <sup>1</sup>Dados transformados por  $\sqrt{X+1}$ . Aveia: Aveia branca. Tremoço: Tremoço branco. Nabo: Nabo forrageiro.

De forma geral, os resultados demonstram que o cultivo de nabo forrageiro foi o manejo que mais favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular do limoeiro 'Cravo' sob laranjeira 'Folha-Mucha' (Tabelas 4.6 e 4.7). Isto se deve, possivelmente, à maior capacidade de formação de bioporos no solo por meio do crescimento vigoroso de suas raízes. Embora esses poros representem pequeno volume em relação à quantidade total, são altamente funcionais e reduzem a resistência do solo à penetração (GENRO JÚNIOR et al., 2004), criando rotas preferenciais para o crescimento radicular das culturas cultivadas em consórcio (WILLIAMS; WEIL, 2004).

#### 4.6 CONCLUSÕES

As espécies de plantas de cobertura estudadas podem ser recomendadas no manejo de solo de pomares de laranjeira 'Folha-Murcha' por não alterarem aspectos de produção e qualidade dos frutos.

O cultivo de nabo forrageiro favorece o desenvolvimento radicular da laranjeira 'Folha-Murcha'.

#### REFERÊNCIAS

ANJOS, J. L.; BARRETO, A. C.; SOBRAL, L. F.; SILVA, L. M. S. **Adubação verde e produtividade de citros em Sergipe**, Aracaju: Embrapa, 2006. (Comunicado Técnico, 59).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th ed. Arlington, 1990. v. 1. p. 685-1213.

AULER, P. A. M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M. A.; NEVES, C. S. V. J. Produção de laranja 'Pêra' em sistema de preparo de solo e manejo de entrelinhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 363-374, 2008.

AULER, P. A. M.; LEITE JUNIOR, R. P.; TAZIMA, Z. H.; ANDRADE, P. F. S. A Citricultura no Paraná. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 99, p. 17-20, 2014.

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

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1979.

BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; FRANCO FILHO, P.; PRETI, E. A.; CARDOSO, C. Crescimento de milheto e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1409-1418, 2008.

BREMER NETO, H.; VICTORIA FILHO, R.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; MENEZES, G. M.; CANALI, E. Estado nutricional e produção de laranjeira-'pera' em função da vegetação intercalar e cobertura morta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 29-35, 2008.

CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. S.; CALDAS, R. C.; ANTAS, P. E. U. T.; ARAÚJO, A. N. A.; LOPES, L. C.; SANTOS, R. C.; LOPES, N. C. M.; SOUZA, A. L. V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da laranja: 'pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 82 – 85, 2002.

CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. S.; JORGE, L. A. C.; RAMOS, W. F.; COSTA NETO, A O. C.; ARAÚJO, A. M. A.; LOPES, L. C.; JESUS, M. S. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja 'pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 140-145, 1999.

CAVALCANTE, I. H. L.; MARTINS, A. B. G.; STUCHI, E. S.; CAMPOS, M. C. C. Fruit maturation as a parameter for selection of sweet orange cultivars in Brazil. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 7, n. 3 - 4, p. 316 - 319, 2009.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. (Circular, 73).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa - SPI, 2013.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; BAILEY, B. A. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 36, p. 2733–2757, 2005.

FIDALSKI, J.; STENZEL, N. M. C. Nutrição e produção da laranjeira “folha murcha” em porta - enxertos e plantas de cobertura permanente na entrelinha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 807-813, 2006.

GENRO JÚNIOR, S.A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 477-484, 2004.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS.

**Recomendações para adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo**. 3. ed. Cordeirópolis: Laranja, 1994.

HARTWIG, N. L.; AMMON, H. U. Cover crops and living mulches. **Weed Science**, Washington, v. 50, p. 688–699. 2002.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **A citricultura no Paraná**. Londrina, 1992. (Circular, 72).

\_\_\_\_\_. Agrometeorologia. **Cartas climáticas**. Disponível em: <[www.iapar.br/](http://www.iapar.br/)>. Acesso em: 20 mar. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. Banco de Dados Agregados. Disponível em <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 13 de jun. 2014.

JORGE, L. A. C.; RALISCH, R.; ABI SAAB, O. J. G.; MEDINA, C. C.; GUIMARÃES, M. F.; NEVES, C. S. V. J.; CRESTANA, S.; CINTRA, F. L. D.; BASSOI, L. H.; FERNANDES, S. B. V. Aquisição de imagens de raízes. In: JORGE, L. A. C. **Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do Siarcs®**. 1996. p. 2-28. (Circular Técnica, 1).

KLAR, A. E. **Irrigação**: frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991.

KOLLER, O. C. **Citricultura**: laranja, limão e tangerina. Porto Alegre: Rigel, 1994.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1998.

MAZZA, J. A.; VITTI, G. C.; PEREIRA, H. S.; MENEZES, G. M.; TAGLIARINI, C. H. Influência da compactação no desenvolvimento do sistema radicular de citros: sugestão de método qualitativo de avaliação e recomendação de manejos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 15, n. 2, p. 251-262, 1994.

MENDEL, K. Rootstock-scion relationships in shamouti trees on light soil. **Ktavim**, Rehovot, v. 6, p. 35-60, 1956.

NEVES, C. S. V. J., DECHEN, A. R. Sistemas de manejo de solo em pomar de tangerina poncã sobre limão cravo em latossolo roxo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, p. 167 - 184, 2001.

NEVES, C. S. V. J.; DECHEN, A. R.; FELLER, C.; ABI SAAB, O. J.; PIEDADE, S. M. D. Efeito do manejo do solo no sistema radicular de tangerineira 'poncã' enxertada sobre limoeiro 'cravo' em latossolo roxo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n. 2, p. 246-253, 1998.

NEVES, C. S. V. J.; DECHEN, A. R.; FELLER, C.; GONZALES, M. G. N. Influência de sistemas de manejo de solo em pomar de tangerina - 'poncã' sobre limão-'cravo' em latossolo roxo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n. 3, p. 367-374, 1998.

RAGOZO, C. R. A.; LEONEL, S.; CROCCI, A. J. Adubação verde em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 69-72, 2006.

RAGOZO, C. R. A.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Nutritional balance and yield for green manure orange trees. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 616-621, 2014.

REUTHER, W. **The citrus industry**: climate and citrus behavior. Riverside: University of California, 1973. v. 3. Cap. 9, p. 280-337.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; GONZALEZ, M. G. N.; SCHOLZ, M. B. S.; GOMES, J. C. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos da laranjeira 'folha murcha' sobre seis porta - enxertos no Norte do Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1281-1286, 2005.

STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; SCHOLZ, M. B. S.; GOMES, J. C. Comportamento da laranjeira 'folha murcha' em sete porta - enxertos no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 408 – 411, 2005.

STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Laranjeira folha murcha**. Jaboticabal: Funep, 2000.

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 14, p. 9-11, 2002.

WILLIAMS, S. M.; WEIL, R. R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 68, p. 1403 – 1409, 2004.

ZACCHEO, P. V. C.; NEVES, C. S. V. J.; STENZEL, N. M. C.; OKUMURA, R. S. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos sob laranjeira 'folha murcha' em clima subtropical. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 921-930, 2012.

ZHOU, W. J.; ZHANG, Y. Z.; WANG, K. R.; LI, H. S.; HAO, Y. J. LIU, X. Plant phosphorus uptake in a soybean-citrus intercropping system in the red soil Hilly region of South China. **Pedosphere**, Beijing, v. 19, n. 2, p. 244-250, 2009.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

As espécies de plantas de cobertura estudadas apresentaram desempenho satisfatório e podem ser cultivadas nas entrelinhas do pomar de laranjeira 'Folha-Murcha' no Norte do Paraná. Contudo, o tremoço branco e o nabo forrageiro destacaram-se pelo maior aporte de matéria seca e nutrientes.

O manejo com as plantas de cobertura por dois anos foi insuficiente para promover alterações significativas nos atributos químicos do solo. Os atributos físicos também foram pouco influenciados pelas espécies estudadas, com exceção ao tremoço branco que conferiu menor densidade do solo na camada subsuperficial (0,20-0,40 m de profundidade).

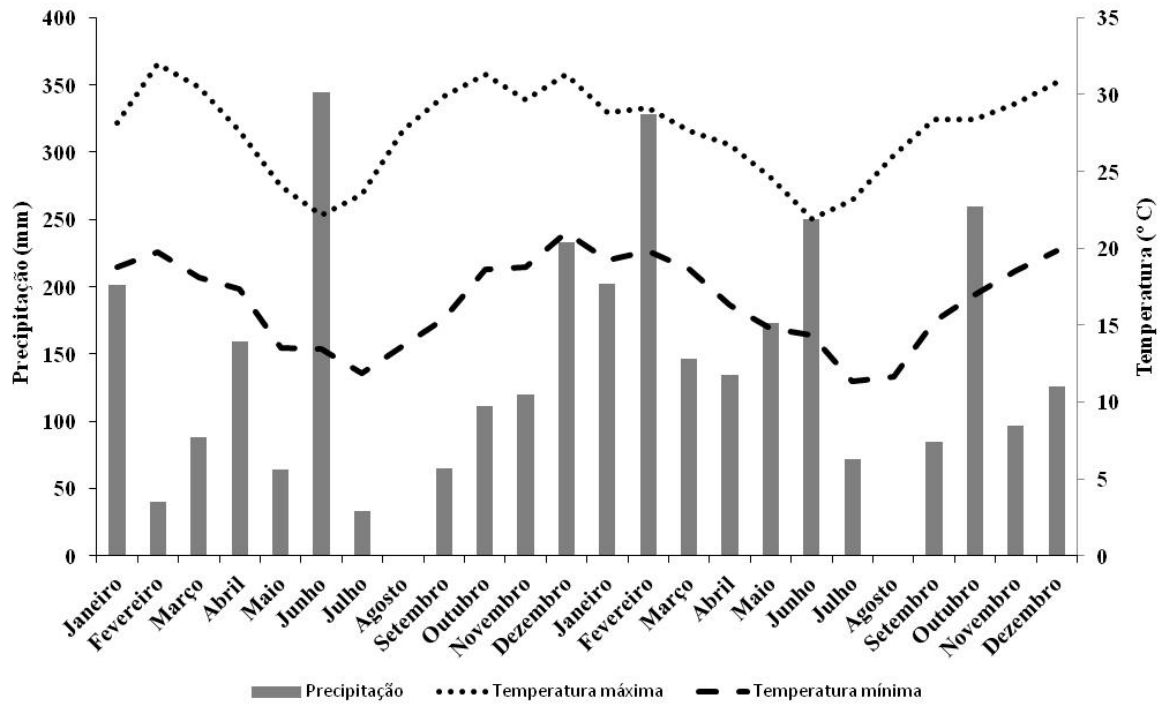
De forma geral, as plantas de cobertura não comprometeram a produção e a qualidade dos frutos da laranjeira 'Folha-Murcha', indicando que são compatíveis para o manejo proposto.

O nabo forrageiro conferiu maior desenvolvimento radicular à laranjeira 'Folha-Murcha'.

**ANEXO**

## ANEXO A

Precipitação em temperaturas médias máximas e mínimas em Londrina-PR durante a condução do experimento (Janeiro de 2012 a Dezembro de 2013).



Fonte: Instituto Agronômico do Paraná.