



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Botucatu



**FCA**  
Faculdade de Ciências Agrônomicas  
UNESP | BOTUCATU

**RAFAEL DO VAL MÜLLER**

**MANEJO DE SOLO E CULTURAS EM ÁREAS DE RENOVAÇÃO DE CANAVIAL  
NO OESTE PAULISTA**

Botucatu  
2017



**RAFAEL DO VAL MÜLLER**

**MANEJO DE SOLO E CULTURAS EM ÁREAS DE RENOVAÇÃO DE CANAVIAL  
NO OESTE PAULISTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia/Agricultura

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

**Co-orientador:** Dr. Gustavo Pavan Mateus

Botucatu  
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Müller, Rafael do Val, 1988-

M958m Manejo do solo e das culturas em áreas de renovação de canavial no oeste paulista / Rafael do Val Müller.

- Botucatu : [s.n.], 2017

140 p. : fots. color., grafs. color., ils. color. tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2017

Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol

Coorientador: Gustavo Pavan Mateus

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Cultivo. 2. Soja. 3. Rotação de cultivos. 4. Solos - Teor de nitrogênio. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Mateus, Gustavo Pavan. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MANEJO DE SOLO E CULTURAS EM ÁREAS DE RENOVAÇÃO DE CANAVIAL NO OESTE PAULISTA

**AUTOR: RAFAEL DO VAL MULLER**

**ORIENTADOR: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL**

**COORIENTADOR: GUSTAVO PAVAN MATEUS**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS  
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios



Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO  
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. DENIZART BOLONHEZI  
APTA Centro Leste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Botucatu, 01 de fevereiro de 2017



Dedido aos meus pais, “JOSÉ LUIZ MÜLLER e WÂNIA RIBEIRO DO VAL MÜLLER”, que me deram a oportunidade de obter mais esta conquista, pelo amor, carinho, confiança, ensinamentos e paciência que sempre me foi dado.

A DEUS, por todas as horas de companhia, pela oportunidade, proteção, saúde e por ter sempre me iluminado.

À minha Irmã MARIANA DO VAL MÜLLER, Meus Avôs JOSÉ RIBEIRO DO VAL (in memorian), ANTÔNIA NEVES DO VAL (in memorian), EDUARDO MÜLLER (in memorian), ANGELINA PEREZ MÜLLER (in memorian), a meus Tios, Tias e Primos, os quais tenho maior amor, carinho e respeito.





## **AGRADECIMENTOS**

Ao nosso grandioso DEUS, pela oportunidade de mais esta conquista, pela oportunidade, força, saúde, familiares e amigos.

À Universidade Estadual Paulista Campus de Botucatu pelo ensino e pelas condições de aprendizado oferecidas durante o período da Pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol e ao pesquisador científico Gustavo Pavan Mateus, pela orientação, apoio, confiança, amizade e paciência, durante esses anos, sem os quais este trabalho não se concretizaria.

Aos Professores Ciro Antônio Rosolem, Leonardo Theodoro Bull, Dirceu Maximino Fernandes, Marcelo de Almeida Silva, Maria Helena Moraes, João Domingos Rodrigues e aos demais docentes pela ajuda, ensinamentos, oportunidades e amizade durante estes anos.

Aos meus amigos Gustavo Antônio Xavier Gerlach, Jorge Martinelli Martelo, Antônio Carmeis Filho, Ariani Garcia, Marcelo Denadai e todos os amigos que me acompanharam durante estes anos da Pós-graduação.

A todos os funcionários da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, em especial ao pesquisador científico Denizart Bolonhezi, Humberto Sampaio Araújo, e aos funcionários do polo regional extremo oeste e centro leste, no qual tenho muita amizade e que sempre me ajudaram na condução dos experimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Mestrado e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 2012/50673-9.

Assim agradeço a todos os amigos, familiares, funcionários da UNESP e da APTA pela amizade que me concederam e pela ajuda durante todo o período da Pós-graduação.



## RESUMO

O oeste paulista é caracterizado por solos de textura arenosa, alta demanda evapotranspirativa e períodos de déficit hídrico durante a estação chuvosa. Além disso, nas reformas dos canaviais, é comum ocorrer preparo convencional do solo que aliado a prática de pousio no período chuvoso pode proporcionar problemas com erosão do solo, além de baixa produtividade e longevidade do canavial. O presente trabalho foi desenvolvido no Pólo Regional do Extremo Oeste, em Andradina-SP, com o objetivo de avaliar o efeito da sucessão de culturas combinado com diferentes sistemas de manejo do solo. O experimento foi instalado em esquema fatorial 3X6, consistindo nos tratamentos preparo do solo (convencional, preparo reduzido e plantio direto) e 6 espécies utilizadas em sucessão, sendo uma associação de *Crotalaria juncea* L. e *Dolichos lablab* L.; amendoim, soja, milho, sorgo sacarino e pousio. Antes de implantar as culturas, realizou a dessecação da cana com glifosate, na dose de 2160 g ha<sup>-1</sup> 60 dias após o corte. Foram analisados os sistemas radiculares das culturas de sucessão, pousio e cana de açúcar, componentes de produtividade e produtividade das culturas comerciais e cana, biomassa seca da parte aérea, teores foliares de nutrientes, teor de nutrientes no solo e resistência mecânica do solo a penetração. Não houve efeito do manejo do solo sobre o sistema radicular das culturas em rotação. O preparo de solo e a rotação de culturas não influenciaram os teores de nitrogênio no solo nas culturas em sucessão e na cana de açúcar. Como resultado observou a baixa produtividade das culturas de sucessão devido ao déficit hídrico na fase de crescimento vegetativo e reprodutivo. O preparo do solo e as culturas não influenciaram o teor de N no solo. O preparo e as culturas influenciaram nos atributos químicos do solo. O tratamento soja produziu 34400 kg ha<sup>-1</sup> de cana a mais em comparação aos adubos verdes. O plantio direto mostrou-se mais viável para o cultivo da cana de açúcar.

**Palavras-chave:** Rotação de culturas. Cultivo mínimo. Nitrogênio no solo. *Glycine max*. Cana de açúcar.



# SOIL TILLAGE AND CROP ROTATION IN RENEW AREAS OF SUGARCANE IN THE WEST OF SÃO PAULO STATE.

(Mestrando Em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas

Universidade Estadual Paulista

Author: Rafael do Val Müller

Adviser: Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Co-adviser: Dr. Gustavo Pavan Mateus

## ABSTRACT

The west of São Paulo is characterized by sandy soils, high evapotranspirative demand and periods of water deficit during the rainy season. In addition, in the sugarcane renew, conventional tillage is common, which, together with the rainy season, can lead to problems with soil erosion, as well as low productivity and longevity of the cane field. This work was developed at the “Polo Regional do Extremo Oeste” in Andradina, SP, Brazil, with the objective of evaluating the effect of crop succession combined with different soil management systems. The experiment was installed in a 3X6 factorial, consisting of soil tillage treatments (conventional, low-tillage and no-tillage) and 5 species used in succession, being an association of *Crotalaria juncea* L. and *Dolichos lablab* L.; peanuts, soybeans, corn, sorghum, and fallow. Before planting the crops, the sugar cane was eliminated with glyphosate at the dose of 2160 g ha<sup>-1</sup> 60 days after cutting. The root systems of crop rotation, fallow and sugarcane crops; yield and yield components of crop rotation and sugarcane crops; dry shoot biomass, nutrient leaf content, soil nutrient content and soil penetration resistance were analyzed. There was no effect of soil management on the root system of rotating crops. Soil tillage and crop rotation did not influence soil nitrogen contents in succession crops and in sugarcane. As a result, it observed the low productivity of succession cultures due to the water deficit in the vegetative and reproductive growth phase. Soil tillage and cropping did not influence soil N content. The tillage and the crop rotation influenced the chemical attributes of the soil. Soybeans cultivation produced 34400 kg ha<sup>-1</sup> more sugarcane compared to green manures. No-till proved to be more feasible for growing sugarcane.

**Key Words:** Crop rotation. Low tillage. Soil nitrogen. *Glycine max.* Sugarcane.



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Atributos químicos do solo (Valores de pH, M.O., H+Al, V%, m% e Macronutrientes) da área antes da instalação do experimento.....	42
<b>Tabela 2-</b> Atributos químicos do solo (Teores de Micronutrientes) da área antes da instalação do experimento.....	42
<b>Tabela 3-</b> Características granulométricas do solo da área antes da instalação do experimento.....	44
<b>Tabela 4-</b> Conteúdo de macronutrientes na palhada de cana-de-açúcar em razão do preparo do solo, espécies vegetais e tempo do manejo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	61
<b>Tabela 5-</b> Biomassa seca da parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), no florescimento das culturas, em razão do preparo do solo e espécies vegetais em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	63
<b>Tabela 6-</b> Teores de macronutrientes de espécies vegetais utilizadas em rotação, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	65
<b>Tabela 7-</b> Estande final de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos de amendoim, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	67
<b>Tabela 8-</b> Produção de vagens, grãos e índice de rendimento de grãos de amendoim, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	67
<b>Tabela 9-</b> Produção de massa de matéria seca de Crotalária, Labelabe e total, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	69
<b>Tabela 10-</b> Altura de planta, altura da inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	71

<b>Tabela 11-</b> Estande final de plantas, número de espigas, índice de espigas, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	71
<b>Tabela 12-</b> Altura de planta e altura da inserção da 1 <sup>o</sup> vagem da soja, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14 .....	73
<b>Tabela 13-</b> Estande final de plantas, número de vagens, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	73
<b>Tabela 14-</b> Produção de massa de matéria verde e seca, estande final de plantas e teor de Brix do caldo de sorgo sacarino, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	75
<b>Tabela 15-</b> Produção de massa de matéria seca de raiz (g m <sup>-3</sup> ) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	77
<b>Tabela 16-</b> Comprimento radicular (km m <sup>-3</sup> ) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	77
<b>Tabela 17-</b> Diâmetro médio ponderado radicular (cm) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	78
<b>Tabela 18-</b> Superfície radicular (m <sup>2</sup> m <sup>-3</sup> ) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	78
<b>Tabela 19-</b> Volume de raiz (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.....	79



**Tabela 20-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 0 a 10 cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15..... 81

**Tabela 21-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 10 a 20cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15..... 82

**Tabela 22-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 20 a 40cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15..... 83

**Tabela 23-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 40 a 60cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15..... 85

**Tabela 24-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 60 a 80cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15..... 85

**Tabela 25-** Teores de nitrogênio total do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em área de renovação de canavial, em diferentes épocas. Andradina, SP, safra 2013/14..... 87

**Tabela 26-** Teores de nitrogênio total do solo sob cultivo de cana-de-açúcar, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão a renovação de canavial, em diferentes épocas. Andradina, SP, safra 2014/15..... 90

**Tabela 27-** Valores de pH do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015..... 97

<b>Tabela 28-</b> Teores de matéria orgânica do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	97
<b>Tabela 29-</b> Teores de fósforo do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	98
<b>Tabela 30-</b> Valores de acidez potencial (H+Al) do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	98
<b>Tabela 31-</b> Teores de cálcio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	99
<b>Tabela 32-</b> Teores de magnésio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	99
<b>Tabela 33-</b> Teores de potássio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	100
<b>Tabela 34-</b> Teores de enxofre do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	100
<b>Tabela 35-</b> Valores de soma de bases do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	101
<b>Tabela 36-</b> Valores de capacidade de troca catiônica do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	101

<b>Tabela 37-</b> Valores de saturação por bases do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	102
<b>Tabela 38-</b> Valores de saturação por alumínio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	102
<b>Tabela 39-</b> Teores de Ferro do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	103
<b>Tabela 40-</b> Teores de Cobre do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	103
<b>Tabela 41-</b> Teores de Manganês do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	104
<b>Tabela 42-</b> Teores de Zinco do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	104
<b>Tabela 43-</b> Teores de Boro do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015.....	105
<b>Tabela 44-</b> Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes profundidades sob diferentes sistemas de manejo do solo um dia após o preparo, Andradina, SP, safra 2013/2014.....	111
<b>Tabela 45-</b> Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes profundidades sob diferentes sistemas de manejo do solo no florescimento das culturas, Andradina, SP, safra 2013/2014.....	112

<b>Tabela 46-</b> Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes profundidades sob diferentes sistemas de manejo do solo na fase de crescimento da cana, Andradina, SP, 2015.....	113
<b>Tabela 47-</b> Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes culturas sob diferentes sistemas de manejo do solo no florescimento das culturas, Andradina, SP, safra 2013/2014.....	114
<b>Tabela 48-</b> Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes culturas sob diferentes sistemas de manejo do solo na fase de crescimento da cana, Andradina, SP, 2015.....	115
<b>Tabela 49-</b> Diagnose foliar de macronutrientes da cana-de-açúcar ‘RB86-7515’, em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15.....	117
<b>Tabela 50-</b> Diagnose foliar de micronutrientes da cana-de-açúcar ‘RB86-7515’, em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15.....	118
<b>Tabela 51-</b> Produção de massa de matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar aos 180 DAP, em razão do preparo do solo e espécies vegetais em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15.....	118
<b>Tabela 52-</b> Perfilhos aos 60 e 180 DAP, número de colmos por metro, altura de plantas, número de gemas por colmo e toneladas de colmo por hectare (TCH) da cana-de-açúcar ‘RB86-7515’, em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15.....	122
<b>Tabela 53-</b> Parâmetros tecnológicos medidos aos 14 meses após o plantio da cana-de-açúcar ‘RB86-7515’, em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15.....	123

## SUMÁRIO

	Página
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2 OBJETIVO</b> .....	23
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	25
3.1 Rotação De Culturas Em Cana De Açúcar .....	25
3.2 Preparo Do Solo Em Reforma De Canavial.....	29
3.3 Palha Da Cana De Açúcar E Suas Características.....	33
3.4 Sistema De Plantio Direto (SPD) E Seus Efeitos Nas Culturas.....	36
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	41
4.1 Localização Do Trabalho De Pesquisa E Característica Do Local .....	41
4.2 Delineamento Experimental E Tratamento Utilizado .....	44
4.3 Instalação E Condução Dos Experimentos .....	44
4.3.1 Instalação Do Tratamento Soja .....	45
4.3.2 Instalação Do Tratamento Milho .....	47
4.3.3 Instalação Do Tratamento Adubos Verdes .....	49
4.3.4 Pousio.....	50
4.3.5 Instalação Tratamento Amendoim.....	50
4.3.6 Instalação Tratamento Sorgo Sacarino.....	51
4.3.7 Cultura Da Cana De Açúcar.....	53
4.4 Alteração Dos Atributos Químicos Do Solo.....	54
4.5 Resistência Mecânica Do Solo À Penetração (RMSP) .....	54
4.6 Análise Do Sistema Radicular.....	55
4.7 Análise Estatística.....	56
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	57
5.1 Decomposição De Palhada De Cana De Açúcar.....	57
5.2 Produção De Matéria Seca Da Parte Aérea E Diagnose Foliar Das Culturas De Rotação, Adubos Verdes E Pousio.....	62
5.3 Produtividades Das Culturas De Rotação E Pousio.....	65
5.3.1 Amendoim.....	65
5.3.2 Adubos Verdes.....	68
5.3.3 Milho.....	69
5.3.4 Soja.....	72
5.3.5 Sorgo Sacarino .....	73
5.4 Análise Das Raízes Das Culturas De Rotação E Pousio.....	75
5.5 Análise Das Raízes Da Cana De Açúcar.....	79
5.6 Teor De Nitrogênio Total Do Solo.....	85
5.7 Atributos Químicos Do Solo.....	91
5.8 Resistência Mecânica Do Solo À Penetração (RMSP) .....	105
5.9 Cultura Da Cana .....	116
5.9.1 Diagnose Foliar.....	116
5.9.2 Características Agrônomicas E Produção De Colmos De Cana De Açúcar .....	118

5.9.3 Analise Tecnológica.....	122
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>124</b>
<b>7 BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>125</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é uma cultura de grande destaque no cenário do agronegócio brasileiro, ocupando em área de cultivo a quarta posição, perdendo apenas para pastagens, soja e milho. A região Centro-Sul são cultivados atualmente 9,4 milhões de hectares, sendo que mais de 60% desta área cultivada concentra no Estado de São Paulo, tornando o maior produtor nacional de cana de açúcar (CANASAT, 2016), sendo que essa consolidação somente foi possível graças a expansão da cultura no oeste paulista nas últimas décadas.

O oeste paulista é caracterizado, com raras exceções, pelo relevo levemente ondulado. A grande maioria dos solos cultivados são de textura arenosa, profundos e sem restrições de cultivo. As características químicas marcantes são a baixa fertilidade natural e acidez moderada a alta. O clima da região é tropical, caracterizado por verões quentes e úmidos e inverno seco, sendo comum a ocorrência de longos períodos de estiagem mesmo em épocas de chuva. Ressalva ainda que a grande demanda evapotranspirativa aliada à baixa capacidade de retenção de água no solo promovem a restrição do desenvolvimento da cana de açúcar, assim a produtividade média dos canaviais são inferiores as observadas em regiões tradicionais de cultivo.

Tradicionalmente a pecuária extensiva, caracterizada por pastagens degradadas e baixa taxa de lotação, era a principal atividade econômica dessa região. A grande disponibilidade de terras ociosas e, conseqüentemente de menor custo de aquisição e arrendamento, atraiu a atenção de indústrias que atuavam no setor e a cana de açúcar passou a ocupar essas áreas. Além das pastagens, o cultivo de alguns cereais, principalmente milho, era realizado por alguns agricultores dessa região; a possibilidade de maiores ganhos e mitigação de riscos promoveram a formação de parcerias entre as usinas e agricultores, formando uma estrutura de fornecedores de cana de açúcar e expandindo essa lavoura em áreas de cereais.

A baixa produtividade e longevidade são características presentes nas lavouras de cana do oeste paulista, sendo que nessa região as reformas dos canaviais costumam ser mais frequentes e, por se tratar de uma operação onerosa, aumenta os custos de produção e, por conseqüência, reduz a margem de lucro.

No ato da reforma do canavial é muito comum ocorrer operações motomecanizadas para o preparo do solo, principalmente com uso de grades e arados. Essa técnica, muito preconizada quando ocorria despalha a fogo, era

utilizada no intuito de eliminar camadas compactadas e plantas daninhas, além de incorporar corretivos. Vale ressaltar também que essas operações ocorrem em períodos de maior precipitação, deixando o solo mais susceptível ao processo erosivo.

O sistema plantio direto (SPD) é considerado como o maior projeto ambiental dos trópicos em termos de extensão. O SPD foi conceituado por Muzilli (1985) como sendo o ato de semear ou plantar em solo não revolvido, de forma que os órgãos propagação são colocados em covas ou sulcos, garantindo cobertura e contato dos mesmos com o solo, sendo que a visão do sistema mais integrado foi citada por Sá (1998), incluindo práticas de rotação de culturas e adubos verdes.

A adoção do SPD no Brasil ocorreu primeiro em áreas de cultivo de grãos e ao longo do tempo os resultados práticos são consolidados a nível de produtor, como melhoria das qualidades físicas e químicas do solo, redução da demanda evapotranspirativa, redução dos conjuntos motomecanizados, aumento na janela de semeadura, redução no custo e produção e aumento de produtividade. No setor sucroenergético as primeiras pesquisas começam a surgir, sendo que a prática do preparo reduzido, operação onde pelo menos 50% permanecem na superfície (ASAE, 1997), é mais comumente utilizada nas áreas produtoras. O advento da colheita mecanizada sem despalha a fogo demanda maior quantidade de operações motomecanizadas em preparo convencional, o que onera a produção da cana de açúcar. Dessa forma a expansão da canavieira somente será possível com a adoção de práticas conservacionistas e a rotação de culturas visando essencialmente a redução nos custos de produção, aumento de produtividade e diversificação da renda.



## **2 OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da sucessão de culturas combinado com diferentes sistemas de manejo do solo sobre a produtividade do canavial e alterações em dos atributos químicos e físicos do solo, em áreas de renovação de canavial.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Rotação De Culturas Em Cana De Açúcar

Rotação de culturas é definida como sendo o cultivo alternado de diferentes espécies vegetais, em uma mesma gleba, sendo que ocorre o planejamento prévio das culturas de diferentes famílias, incluindo a prática da adubação verde (MASCARENHAS et al., 1994a). As diferentes espécies vegetais possuem capacidade distintas de ciclagem de nutrientes (GARCIA et al., 2008) e de desenvolver em condições de solo mais compactados (CHEN & WEIL, 2011); dessa forma a prática da rotação proporciona melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo, refletindo em maiores produtividades. Além desses benefícios, a rotação de culturas auxilia no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, melhora a eficiência no uso da água, otimiza o uso de máquinas na propriedade, promove diversificação e conseqüentemente reduz os riscos da atividade agrícola (DERPSCH et al., 1991).

Por ser um conceito mais amplo, onde as decisões não são baseadas somente considerando fatores econômicos, a prática da rotação de culturas dificilmente é adotada na íntegra pelos produtores, sendo mais comumente observado o cultivo sucessivo de espécies distintas. Baquero et al. (2012) compararam as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho eutroférico sob condição de mata nativa e cultivado com cana de açúcar em experimento de longa duração e concluíram que as práticas de manejo da cana de açúcar promoviam alterações físicas do solo como aumento da resistência mecânica a penetração, densidade do solo e redução da macroporosidade em comparação à floresta nativa. Em um outro ensaio de longa duração, Maia & Ribeiro (2004) avaliaram as características químicas de um Argissolo Amarelo fragipânico, sob condições do nordeste brasileiro, cultivado por 30 anos com cultivo contínuo de cana de açúcar e por 2 anos com condições de vegetação nativa. Concluíram que o cultivo contínuo de cana de açúcar proporcionou reduções significativas de cálcio, magnésio, saturação por bases, capacidade de troca catiônica e matéria orgânica. Convém salientar que em ambos os experimentos conduzidos foram adotados práticas como adubação orgânica e adubos verdes, porém não foram suficientes para retornar as características físicas e químicas desses solos originais em condições de mata nativa.

Os estudos para analisarem os efeitos de leguminosas sobre a cultura da cana de açúcar não são recentes, sendo que no Estado de São Paulo, um dos primeiros

trabalhos publicados foi de Cardoso (1956), o qual já buscava os possíveis benefícios que algumas espécies de adubos verdes proporcionariam ao cultivo de cana de açúcar; a *Crotalaria juncea* foi a espécie que mais influenciou no aumento de produtividade da cana. Souza (1957) também relata a viabilidade da adubação verde, como opção de rotação, no ato da reforma do canavial, como sendo uma técnica viável de se aplicar na prática. Por outro lado, Wutke & Alvarez (1968) não verificaram respostas da cana de açúcar cultivada após rotação com *Crotalaria juncea*, sendo que em algumas situações de solo sem correção de acidez, o cultivo desse adubo verde influenciou significativamente de forma negativa na produtividade da cana de açúcar.

As diferenças de resposta da cana de açúcar cultivada após adubos verdes são relatadas também em publicações mais recentes devido a quantidade de fatores envolvidos na utilização deste. Ayala et al. (2003) obtiveram, para as condições de Cuba, variações de 14 a 84% no rendimento da cana de açúcar utilizando diferentes espécies de leguminosas em rotação. Ambrosano et al. (2013) avaliaram o rendimento de 5 cortes utilizando diferentes leguminosas em rotação. As parcelas plantadas em rotação com *crotalaria juncea* produziram 20 t ha<sup>-1</sup> a mais na média dos cortes em comparação ao pousio.

A nutrição adequada da cana de açúcar resulta em boas produtividades do canavial. Nesse sentido, algumas pesquisas apontam que a capacidade de fixação biológica do nitrogênio pelas leguminosas podem substituir total ou parcialmente o uso desse elemento mineral (ALBUQUERQUE; ARAÚJO FILHO; MARINHO, 1980; AMBROSANO et al., 2005; AMBROSANO et al., 2011). Visando elucidar a contribuição da *crotalaria juncea* na adubação de cana de açúcar, Ambrosano et al. (2005) trabalharam com técnicas isotópicas de <sup>15</sup>N, tendo como fonte sulfato de amônio, *crotalaria juncea* e associação de *crotalaria juncea* + sulfato de amônio. Embora não tenham relatado diferenças entre as fontes no momento da colheita, esses pesquisadores concluíram que aos 8 meses após o plantio da cana a maior percentagem de N provinha do adubo verde. Além disso, a associação de *crotalaria juncea* + sulfato de amônio promoveu maior absorção de Ca e K na cana de açúcar, o que resultou em maiores produtividades. Tenelli (2016) estudou o efeito da adubação verde na quantidade de N do solo e concluiu que a prática da adubação verde aumentava o teor de N do solo, independente da sua classe textural.

No que concerne a biologia do solo, a prática da rotação de culturas é muito estudada na cultura da cana de açúcar, tendo como principal objetivo avaliar seus efeitos na população de patógenos dessa cultura, sendo o maior destaque a capacidade de controle de algumas espécies de nematoides que são altamente prejudiciais a cana de açúcar. Por se tratar de uma interação complexa os resultados nem sempre são observados nas pesquisas publicadas (NOVARETTI et al., 1977), sendo que em alguns casos o cultivo de *Crotalaria juncea* L. promoveu incremento da população de nematoides da espécie *Pratylenchus zaei* (ROSA; MOURA; PEDROSA, 2003; DINARDO MIRANDA & GIL, 2005), sendo essa a principal espécie praga da cultura. Outras pesquisas apontam para redução da população de nematoides, inclusive a de *Pratylenchus zaei*, quando a rotação de culturas é adotada por um período de tempo maior, uso de outras espécies de plantas leguminosas, sendo elas adubos verdes ou espécies com interesse comercial (AGUILLERA; MATSUOKA; IDO, 1984; AGUILLERA et al., 1988; MOURA, 1991;; MOURA et al., 2010; AMBROSANO et al., 2011). Para as condições australianas Parkhurst et al. (2005) relatam que entre 1970 e 1990 a produtividade da cana de açúcar não aumentou mesmo com a introdução de novas variedades com maior potencial produtivo. Esse fenômeno foi associado ao monocultivo da cana de açúcar, sendo denominado “yield decline”. Sendo assim, esses autores delimitaram um experimento de longa duração com uso de leguminosas, gramínea forrageira, pousio e cultivo contínuo, como testemunha, por 4,5 anos, combinados com fungicidas e nematicidas. Como resultado obtiveram: menor resposta da cana de açúcar aos fungicidas e nematicidas cultivada após leguminosas (13%) e gramínea forrageira (10%) quando comparado ao monocultivo (47%); produtividade de 26 t ha<sup>-1</sup> superior ao monocultivo quando se utiliza leguminosas ou gramínea forrageira e menor crescimento radicular no monocultivo devido a ação de patógenos, resultando em menor produtividade. Convém salientar que para as condições do Rio de Janeiro, Duarte Júnior & Coelho (2008) obtiveram produtividade de cana de açúcar 37 % superior utilizando adubo verde e SPD em comparação à área que permaneceu em pousio com vegetação espontânea e preparo convencional.

Por se tratar de uma cultura de ciclo longo é comum a ocorrência de períodos de menor disponibilidade hídrica que pode comprometer o desenvolvimento da cana de açúcar. Alleoni & Beuclair (1995) avaliaram o efeito da rotação com amendoim e milho sobre a variedade SP 70-1143, em Neossolo Quartzarênico em Piracicaba.

Como resultado tem que o cultivo de cana em rotação com amendoim o conteúdo de água no solo foi de 10 a 50% superior em comparação a rotação com milho, sendo que a causa provável consiste no aumento do teor de matéria em profundidade. Bolonhezi (2007) afirma que o cultivo de amendoim na palhada de cana de açúcar proporcionou maior massa de matéria seca de raiz, devido a maior disponibilidade hídrica em sistema conservacionista. Alleoni & Beuclair (1995) concluíram que 70% do ciclo da cana ocorreu déficit hídrico, sendo seu efeito deletério menos acentuado nas áreas rotacionadas com amendoim, resultando em produtividade 32% da cana no primeiro corte comparado ao cultivo da cana após milho.

Um outro benefício da rotação cana-amendoim consiste na redução dos custos de controle de plantas daninhas na cultura subsequente (CHRISTOFFOLETI; GODOY; FILHO, 1995); o controle direto ocorre com uso de alguns herbicidas pré emergentes que possuem registro de uso para ambas as culturas, podendo em algumas situações o herbicida ser utilizado no controle de plantas daninhas do amendoim e seu efeito perdurar até o plantio da cana de açúcar. O controle pode ocorrer também de forma indireta, pois ao se manter o cultivo no limpo até a colheita do amendoim, não há necessidade de controle de plantas daninhas infestantes, mitigando os custos operacionais do preparo ou plantio. Convém mencionar que algumas espécies utilizadas em rotação de culturas com a cana de açúcar possuem efeito supressor em algumas plantas daninhas (SOARES et al., 2012).

A busca por maiores produtividades é fundamental em qualquer atividade agropecuária. Nesse sentido a prática da rotação de culturas consiste em uma tecnologia onde os custos são baixos ou nulos, porém com resultados muito favoráveis. Na cultura da cana de açúcar alguns trabalhos publicados comprovam ganhos de produtividade quando se adota rotação. Entre eles destaca um trabalho de Mascarenhas et al. (1994a) onde analisaram a variedade de cana NA 56-79 cultivada em um Latossolo Vermelho distroférrico em situação de sucessão de culturas e rotação de culturas. Para isso os autores utilizaram duas opções de adubos verdes (crotalaria juncea e mucuna preta), uma leguminosa comercial (soja), pousio mais aplicação de 40Kg ha<sup>-1</sup> de N e a testemunha consistia de pousio sem aplicação de N. Na pesquisa de sucessão, a média de 3 anos de pesquisa, a produtividade da cana foi significativamente maior nas áreas onde se havia cultivado adubos verdes em comparação as áreas onde havia cultivado soja e pousio mais 40Kg ha<sup>-1</sup> de N. Para o ensaio com rotação, os ganhos de produtividade foram de

39% nas parcelas onde cultivou crotalária juncea por 2 anos, 33% nas parcelas rotacionadas com mucuna por 2 anos e nas parcelas de soja seguida por mucuna, 27% nas parcelas rotacionadas com mucuna seguida por soja, 26% com cultivo de soja por 2 anos e 20% no pousio por 2 anos com 40Kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio da cana em relação a testemunha (pousio sem N).

Para as condições edafoclimáticas de Piracicaba, Ambrosano et al. (2011) pesquisaram a variedade IAC 87-3396 cultivada em sistema convencional e rotacionado com soja (IAC-17), amendoim ereto (Tatu), amendoim rasteiro (IAC-Caiapó), crotalária juncea, soja, mucuna preta, feijão mungo (M146) e girassol (IAC-Uruguai). Os melhores resultados obtidos foram com o uso do girassol e amendoim, que produziram no primeiro corte, respectivamente, 46 e 22% a mais comparando com a testemunha (pousio). Todavia em condição onde não ocorreu a incorporação dos resíduos vegetais, a mesma variedade de cana (IAC 87-3396) plantada nas condições de Piracicaba, rotacionada com amendoim (IAC-Caiapó e Tatu), além de crotalária juncea e mucuna preta, produziu 20 t ha<sup>-1</sup> a mais em relação ao pousio, na média de 5 cortes, nas parcelas cultivadas com crotalária juncea, sendo esse o tratamento mais produtivo (AMBROSANO et al., 2011). Esses autores citam que a causa provável consiste na maior disponibilidade de N e K quando plantada após cultivo de crotalária. É fato que a maior disponibilidade de nutrientes contribui com maior produtividade do canavial. Nesse sentido o uso de lavouras comerciais em rotação com cana de açúcar pode contribuir para melhor nutrição da cana com aproveitamento dos resíduos de fertilizantes. Assim, Mascarenhas et al. (1994b) avaliaram em um estudo paralelo a capacidade da variedade de cana NA 56-79 de aproveitar os resíduos dos fertilizantes aplicados na cultura da soja e concluíram que a cana não aproveitava eficientemente os resíduos da adubação da soja quando esta era adubada com doses inferiores de 126 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Além de propiciar incrementos de produtividade no próximo ciclo de exploração canavieira, é de fundamental importância que o cultivo das espécies utilizadas na rotação tenha produtividade média semelhante ou preferencialmente superior aquelas observadas normalmente na região de cultivo. Dessa forma pesquisas são conduzidas de forma a orientar os produtores quais variedades se adaptam melhor nesse ambiente de produção. Bolonhezi (2007) não observa diferenças significativas de produtividade de amendoim IAC-Caiapó, para as condições de Pindorama, quando utiliza sistemas conservacionistas na reforma do canavial. Entretanto os

2700Kg ha<sup>-1</sup> de vagens produzidas é considerada baixa. Finoto et al. (2015) avaliaram o desempenho de genótipos de soja em reforma de canavial utilizando SPD, para as condições de Pindorama e relatam que houve diferenças significativas de produtividade entre os genótipos testados e concluem que a maioria dos materiais testados apresentaram produtividade inferiores a 2000Kg ha<sup>-1</sup>, a qual pode ser considerada muito baixa. Todavia Borges et al. (2013) trabalharam com ensaio de genótipos em reforma de canavial, utilizando SPD e obtiveram como resultado produtividade média das variedades acima de 3400Kg ha<sup>-1</sup>, superior à média nacional de produtividade que foi de 2900Kg ha<sup>-1</sup> na safra em questão. Convém mencionar que esse experimento foi conduzido no noroeste paulista sob solos com condições químicas e físicas desfavoráveis ao desenvolvimento da soja.

Dessa forma, a escolha da espécie utilizada em rotação deve também analisar os aspectos econômicos. O uso de espécies com interesse comercial em rotação costuma apresentar-se vantajoso, tendo em vista que a margem líquida da cultura rotacionada soma a margem líquida da cana e em alguns casos, a receita oriunda da rotação pode custear a implantação de um novo ciclo de cana (MASCARENHAS et al., 1994a; LIMA et al., 2007; AMBROSANO et al., 2010; SACHS et al., 2015). Destaca que é possível ocorrer margens negativas com uso de culturas comerciais e, dessa forma, rotacionar com adubos verdes gera margem de lucro maior no sistema (AMBROSANO et al., 2011).

### **3.2 Preparo Do Solo Em Reforma De Canavial**

A cultura da cana de açúcar é caracterizada pelo excesso de tráfego de máquinas pesadas; é comum ocorrer em algumas épocas o tráfego em condições de alta umidade do solo, o que causa a sua degradação física, reduzindo a macroporosidade e aumentando a sua densidade. Ao fim de um ciclo produtivo ocorrerá a implantação de um novo, sendo que nesse momento é comum no setor o uso de operações motomecanizadas no intuito de retificar a degradação física ocorrida, eliminar a soqueira, controlar doenças, pragas e plantas daninhas, além de incorporar corretivos. A escolha das operações e a sua intensidade dependem do tipo de solo em questão, além do grau de compactação, distribuição da umidade do perfil, da distribuição de umidade no perfil, da disponibilidade de equipamentos e até mesmo da tradição regional (STOLF, 1985; BARBIERI; ALLEONI; DOZELLI, 1997; BELINASSO, 1997; TORRES & VILLEGAS, 1998).

A presença da compactação foi e ainda é a principal justificativa para a realização do preparo do solo. Pesquisas conduzidas na África do Sul e USA demonstram ganhos de produtividade na ordem de 19 a 40 % sob condição de compactação (TROUSE & HUMBERT, 1959; RICAUD, 1977). Braunack, Arvidsson e Hakansson (2006) citam diversos trabalhos onde o tráfego de máquinas na colheita pode ocasionar perdas de produtividade de até 40%. Bellinaso (1997) analisou a resposta de diferentes operações motomecanizadas e constatou que em presença de camada compactada o uso de aração ou subsolagem, proporcionavam incrementos de produtividade na ordem de 9% ( $144 \text{ t ha}^{-1}$ ) e 8% ( $143 \text{ t ha}^{-1}$ ), respectivamente, em comparação ao uso de grade ( $132 \text{ t ha}^{-1}$ ). Para as condições de Nova Canaã Paulista, Lima (2012) trabalhou em um Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/média com três tipos de preparo (grade pesada, arado de aivecas e escarificador) com plantio de cana da variedade RB 92-5345 em área anteriormente ocupada com pastagem. Para essas condições não houve diferença de produtividade na cana planta e na primeira soca. Camilloti et al. (2005) trabalharam com LATOSSOLO Vermelho distrófico típico no intuito de avaliar o efeito do preparo do solo na variedade RB 85-5536 no quarto corte. Os tratamentos consistiam de conjuntos de operações, sendo esses: GP+S (duas gradagens pesadas+subsolagem+nivelamento); S (herbicida+subsolagem); CM (herbicida) e AA (herbicida+arado de aivecas). Concluíram que não houve diferenças significativas no perfilhamento dessa variedade e tampouco na sua produtividade.

Algumas pesquisas sugerem ganhos de produtividade com uso do preparo do solo. Arruda (2013) relata produtividade superior com preparo do solo, na ordem de  $7 \text{ t ha}^{-1}$  em comparação ao SPD. Para as condições de cerrado, Silva Júnior et al. (2013) avaliaram em um Latossolo Vermelho distrófico textura média o desempenho da variedade de cana SP 81-3250 em três tipos de preparo convencional, um cultivo mínimo e plantio direto sendo: PCI (duas grades aradoras+subsolagem+nivelamento); PCII (dessecação+grade aradora+grade intermediária+aração+nivelamento); PCIII (duas grades aradoras+nivelamento); S (subsolagem 45cm) e SD (dessecação). Como resultado obtiveram maior produtividade na cana planta utilizando o PCI ( $150,19 \text{ t ha}^{-1}$ ) e menor no SD ( $145,05 \text{ t ha}^{-1}$ ); para cana soca o melhor rendimento ocorreu em PCII ( $86,42 \text{ t ha}^{-1}$ ), sendo esse tratamento  $20 \text{ t ha}^{-1}$  mais produtivo que SD. Esses autores concluíram que o fato de o SD apresentar maior densidade na camada de 0,21-0,40m resultou em



menor produtividade nesse sistema. Moraes et al. (2016) avaliaram o desempenho da variedade IAC 87-3396 em um Latossolo Vermelho-Amarelo também em condições de cerrado. Os tratamentos consistiam em: T1 (dessecação+calcário+arado de aivecas+grade leve); T2 (calcário+subsolador+grade leve); T3 (dessecação+calcário+sulcação direta); T4 (dessecação+calcário+subsolador+sulcação); T5 (destruidor de soqueiras+calcário+subsolador) e T6 (destruidor de soqueira+calcário+arado+grade leve). As maiores produtividades foram obtidas no T1 e T6, todavia os autores concluem que o SPD (T3) é mais vantajoso, tendo em vista que a produtividade não difere dos tratamentos onde ocorreu o preparo (T1, T2, T4, T5 e T6) e seu custo de implantação ser menor.

Ao contrário de outras culturas, é comum a formação da camada compactada do solo ocorrer em camadas mais profundas, devido as características de mecanização dessa lavoura. Moberly (1972) avaliou para as condições da África do Sul o efeito do preparo profundo na produtividade e concluiu seu uso deveria ficar restrito às áreas com problemas graves de acidez e compactação em subsuperfície, uma vez que não gerava ganhos de produtividade e por se tratar de uma operação mais onerosa que o preparo convencional. Várias pesquisas foram conduzidas na África do Sul avaliando o efeito do preparo profundo na cana de açúcar no final da década de 60, não sendo relatados ganhos de produtividade nesse sistema (STOLF, 1985). Convém salientar que no preparo profundo há uma demanda energética muito grande, principalmente quando ocorre a mobilização de toda área, o que torna sua prática inviável sob o ponto de vista econômico. Entretanto pesquisas mais recentes apontam ganho de produtividade em algumas situações com o uso do preparo profundo (SAULO et al., 2015), porém a área mobilizada restringe a linha de plantio, em uma condição de preparo reduzido, o que resulta em menor gasto energético por área e mitiga os custos com preparo do solo, quando comparado ao preparo profundo onde ocorre mobilização de toda área.

A definição de preparo reduzido relaciona-se com a quantidade de resíduos vegetais que permanecem na superfície após a operação motomecanizada, sendo que nessa condição deve permanecer ao menos 50% da quantidade de resíduos original (ASAE, 1997). Essa condição é obtida com uso de implementos do tipo arados subsoladores ou escarificadores, providos de disco de corte de palha e rolo destorroador. Com o advento da colheita mecanizada sem despalha a fogo, o

sistema de preparo reduzido passou a ser uma opção interessante, principalmente por apresentar vantagens como redução na população de plantas daninhas, menor quantidade de implementos, maior disponibilidade de máquinas, redução nos custos de preparo e da renovação do canavial, além de mitigar problemas com erosão (MUTTON, 1983; STOLF, 1985; CASAGRANDE, 1988; CONDE & DONZELLI, 1997; TORRES & VILLEGAS, 1988; PEREIRA & VELINI, 2003). Embora a prática da subsolagem seja eficaz na eliminação de camadas compactadas, redução na RP e aumento da macroporosidade do solo (BANGITA & RAO, 2012), alguns trabalhos recentes apontam para menor produtividade nesse sistema, inclusive em comparação ao SPD (CARVALHO et al., 2014; MORAES et al., 2016).

Para implantar o SPD nas reformas dos canaviais é necessário que a destruição da soqueira antiga ocorra com uso de moléculas químicas. Nos inícios dos trabalhos, devido ao alto custo dessas moléculas, principalmente o glifosate, o SPD apresentava economicamente inviável, sendo que em algumas situações, a utilização de tratores de baixa potência em solos arenosos, o custo dessa operação era de 34% do custo da destruição química (STOLF, 1985). Tentando elucidar melhor o efeito da destruição química de soqueira, pesquisas realizadas pelo Planalsucar em 5 localidades diferentes no Estado de São Paulo, tiveram como resultado ganho de produtividade da cana (TCH) em uma localidade, sendo que nas outras 4 não houveram diferenças significativas (COLETI; FREITAS; KASHIWAKURA, 1981). Mutton (1983) conclui que para condições de solo argiloso, o TCH foi significativamente maior no SPD, sendo que em condições de solo muito argiloso o ganho de produtividade em relação ao preparo reduzido foi de até 18% (BARBIERI; ALLEONI; DOZELLI, 1997), além de mitigar os custos de reforma do canavial e aumentar a margem de lucro (MUTTON, 1983; BARBIERI; ALLEONI; DOZELLI, 1997). Resultados semelhantes foram obtidos em pesquisas mais recentes, onde mesmo em condições de presença de camada compactada, o preparo de solo não resultou em aumentos significativos de produtividade, sendo que em alguns casos o SPD apresentou maior TCH e viabilidade econômica (CAMILOTTI et al., 2005; TAVARES; LIMA; ZONTA, 2010; CARVALHO et al., 2011; MORAES et al., 2016). A adoção do SPD é viável a nível de produtor e usina, sendo relatados casos onde a adoção do sistema em palha de soja promoveu ganhos no número de corte e de TCH (CARDOSO et al., 2005).

A redução da margem de lucro da atividade canavieira aliada ao aumento de custos do preparo do solo ao se incorporar a quantidade de resíduos torna a adoção do SPD uma prática necessária para a permanência do fornecedor e da agroindústria na atividade. Para a cultura da cana de açúcar são necessárias mais pesquisas de forma a compreender melhor esse novo ambiente de produção. A compactação do solo é um entrave ao setor, pois ainda existe dúvidas do comportamento da cana de açúcar, seja pela sua longevidade ou TCH. Nesse sentido convém ressaltar que as novas variedades disponibilizadas no mercado apresentam capacidades distintas de explorar solos compactados. Em condições de vaso, Fagundes, Silva e Bonfim-Silva (2014) trabalharam com três variedades de cana (RB 86-7515; RB 93-1011 e RB 00-2504) e cinco níveis de densidade do solo (1,0;1,2;1,4;1,6 e 1,8 Mg m<sup>-3</sup>) em um Latossolo Vermelho textura franco-arenosa e concluíram que a variedade RB 93-1011 apresentava maior capacidade de desenvolver em solos compactados. Carvalho et al. (2011) observaram maior densidade (1,55 Mg m<sup>-3</sup>) na camada de 0,21-0,40m, maior RP (6,0MPa) na camada de 0,11-0,20m e menor porosidade total (41,50%) na camada de 0,21-0,40m de um Latossolo Vermelho distrófico textura média cultivado com cana de açúcar em SPD. Todavia esses autores relatam que mesmo com características físicas mais desfavoráveis no SPD, não houve diferença significativa de TCH no primeiro corte da variedade SP 81-3250. Vale destacar que algumas espécies vegetais utilizadas em rotação possuem a capacidade de desenvolver seu sistema radicular mesmo em condições de camadas compactadas e que após a morte e decomposição desse sistema radicular permanecem os canais, chamados de bioporos, que facilitam a exploração radicular de plantas mais sensíveis a compactação (SILVA & ROSOLEM, 2001). Duarte Júnior & Coelho (2008) concluem que a adoção do SPD e rotação na reforma com adubos verdes, para as condições de Campos dos Goytacazes, propiciou TCH de 135,863 t ha<sup>-1</sup>, sendo 37% mais produtivo em comparação ao plantio convencional com vegetação espontânea.

### **3.3 Palha Da Cana De Açúcar E Suas Características**

Com o advento da colheita mecanizada de cana de açúcar sem despalha a fogo foi possível a permanência de resíduos na superfície do solo. Conhecido como palhiço, esse material é composto por folhas secas, folhas verdes, ponteiro e estilhaços de colmos. A quantidade de resíduo remanescente é dependente da

variedade, idade da planta (número de cortes), o local, tratamentos culturais e qualidade da colheita; dessa forma é comum observar diferença acentuada na produção de matéria seca de palhço na literatura, podendo variar entre 6 e 22,8 t ha<sup>-1</sup> (PAGE; GLANVILLE; TRUONG, 1986), de 7,5 a 11,9 t ha<sup>-1</sup> (FURLANI NETO et al., 1989), entre 11 e 13 t ha<sup>-1</sup> (BUZOLIN, 1997), e em alguns casos até 33 t ha<sup>-1</sup> (RIPOLI & RIPOLI, 2004). A presença da palha é fundamental para a prática da agricultura conservacionista. Em solos tropicais, caracterizados pelos baixos teores de matéria orgânica e óxidos de ferro e alumínio, a baixa fertilidade natural limita o potencial produtivo e aumenta os custos de produção. A manutenção do palhço na lavoura permite o aumento da matéria orgânica do solo, tendo em vista que os resíduos gerados, 10-20 t ha<sup>-1</sup> (VITTI et al., 2008; TRIVELLIN et al., 2013) é maior que a taxa de mineralização nestas condições.

A relação C:N maior reduz a taxa de degradação do material orgânico e promove maior imobilização do nutriente, podendo ocasionar deficiências na cultura implantada. A persistência da palha e a imobilização de nutrientes dependem do tipo de manejo adotado (CRUSCIOL et al., 2005; ROSOLEM et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2008; COSTA et al., 2012; FERRARI NETO et al., 2012). Essa grande quantidade de material que permanece depositado no solo pode formar camadas de até 10 cm de espessura, além de ser extremamente recalcitrante. Trabalhando com a variedade SP 79-1011 Oliveira et al. (1999) avaliaram as características do palhço após 12 meses e verificaram que a relação C:N reduziu de 97 para 68 %. Dessa forma é comum observar em áreas colhidas sem despalha a fogo a permanência do palhço, em quantidades razoáveis, até a próxima colheita (BUZOLIN, 1997).

Para a adoção do SPD é necessário a presença de resíduos na superfície do solo e a sua permanência até a colheita, onde novamente há depósito de material na superfície, o que promove o equilíbrio do sistema. Nas condições brasileiras a persistência da palha ao longo do ciclo não é facilmente observada devido as características do clima e solo, sendo que nesse cenário, a cana de açúcar é uma das poucas culturas onde é possível obter essa situação. O manejo da palha consiste no maior desafio para a adoção de sistemas conservacionistas (FRYE & LINDWALL, 1986). Esses autores relataram também as dificuldades relacionadas ao aspecto econômico e rotação de culturas. Convém salientar que nessa época o preparo do solo visando o controle de plantas daninhas era menos oneroso que o controle químico. A primeira vantagem relatada por pesquisas mais recentes e

ratificadas nas áreas produtoras consistia na redução do custo de controle de plantas daninhas, tendo em vista que a grande quantidade de palhiço depositada reduzia a capacidade de germinação das plantas daninhas, seja pela redução da radiação solar, temperatura do solo ou por substâncias alelopáticas liberadas pelo palhiço. No primeiro momento foram observadas drásticas reduções são observadas em populações de gramíneas, principalmente na população de *Panicum maximum* (SILVA JUNIOR et al., 2016). Todavia espécies como *Euphorbia heterophylla* (amendoim bravo) e *Ipomoea* spp., devido a sua capacidade de emergir mesmo com camada de palha espessa, têm aumentado nas áreas de colheita de cana crua; outro motivo apontado relaciona que essa quantidade de palhiço que permanece na colheita de cana sem despalha a fogo adsorve a molécula química dos herbicidas pré-emergentes, reduzindo sua eficácia de controle (VELINI & PITELLI, 2004; DURIGAN; TIMOSSI; LEITE, 2004).

O palhiço depositado na superfície do solo promove alterações no ambiente de produção da cana de açúcar. Oliveira et al. (2001) relatam diferenças médias de 7°C, nos 9cm superficiais, quando na presença do palhiço. Visando compreender melhor o efeito da deposição do palhiço Graham, Haynes e Meyer (2002) avaliaram cana de açúcar em experimento de longa duração na África do Sul com colheita de cana queimada e sem queima dos resíduos, com aplicação de fertilizantes e sem aplicação de fertilizantes e concluíram que a manutenção de palha na superfície do solo promove a acidificação do solo agrícola. Todavia esses mesmos autores citam que a formação de ácidos orgânicos oriundos da decomposição do palhiço da cana poderiam contribuir com a complexação do alumínio, promovendo assim aumento do índice pH. Pierre & Banwart (1973) destacaram a alta capacidade do palhiço em neutralizar solos ácidos devido ao excesso de bases que este apresenta. Fioretto et al. (2008) concluíram que a deposição do palhiço em superfície promovia aumento significativo no índice pH, sendo essa diferença mais pronunciada à medida que aumentava a quantidade de palhiço.

Outro destaque da presença do palhiço em superfície consiste no fornecimento de nutrientes minerais, principalmente o N Wood (1991) relata perdas de até 95% do N quando ocorre despalha a fogo. Vallis et al. (1996) utilizaram de modelos matemáticos e encontraram diferenças de 130 Kg ha<sup>-1</sup> de N disponibilizados a cana de açúcar, sendo o melhor tratamento ocorria com a presença do palhiço. O palhiço apresenta em sua composição cerca de 0,3 a 0,5% de N, o que pode contribuir com

10% da necessidade deste nutriente pela cultura, porém essa contribuição é negligenciada devido ao tempo de imobilização microbiana (NG KEE KWONG et al., 1987). Visando elucidar melhor a contribuição da palha da cana de açúcar na nutrição desta cultura, Trivellin et al. (2013) trabalharam com técnicas isotópicas de  $^{15}\text{N}$  utilizando a variedade SP 81-3250. Como resultado encontraram o equilíbrio de  $40 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no fornecimento de N pela mineralização do palhiço. Convém mencionar que esses mesmos autores avaliaram a quantidade de nutrientes acumulada nas folhas secas e ponteiros da cana de açúcar, sendo que para as condições de primeira soca, os macronutrientes secundários (Ca; Mg e S) concentravam mais nas folhas secas enquanto que os macronutrientes primários (N;  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) possuíam maior concentração nos ponteiros.

Souza et al. (2005a) mencionam que a permanência do palhiço na entrelinha da cana de açúcar proporcionam ganhos nos aspectos físicos e químicos do solo, resultando assim em aumento de  $19 \text{ t ha}^{-1}$  na produtividade de colmos quando opta pelo sistema de colheita mecanizada e com manutenção do palhiço, comparado ao manejo da palha com queima. Em um estudo paralelo Souza et al (2005b) concluem que a colheita da cana sem despalha a fogo aliada ao cultivo da cana de açúcar na entrelinha promovem melhorias nos aspectos tecnológicos da cana de açúcar. Para as condições do nordeste brasileiro, ensaio de longa duração, comparando cana queimada com cana crua, concluiu que em 16 anos a manutenção dos resíduos proporcionou aumento de 25% na produção de colmos, em decorrência da maior disponibilidade de água no solo, todavia não detectaram diferenças no estoque de carbono no solo (RESENDE et al., 2006).

### **3.4 Sistema Plantio Direto (SPD) E Seus Efeitos Nas Culturas**

O SPD teve seu início no Brasil na década de 70, sendo que os Estados do Paraná e Rio Grande do Sul foram os primeiros a iniciarem os trabalhos nessa nova modalidade, tendo como objetivo principal mitigar problemas relacionados a erosão do solo (CRUZ et al., 2001). No início a implantação do SPD ocorreu por meio de adaptações de máquinas existentes na propriedade, o que muitas vezes resultava em baixa qualidade das operações e queda de produtividade. Todavia com o passar dos anos o SPD ganhou espaço nas aberturas de novas áreas e em glebas tradicionais de cultivo, principalmente devido a fatores como redução de conjuntos motomecanizados, redução no custo de implantação e possibilidade de mais de uma

safra no mesmo ano agrícola. Dessa forma as pesquisas foram sendo direcionadas para aprimorar o manejo de cobertura, utilizando plantas para fins de cobertura morta e adubação verde, visando melhorias nas propriedades físicas e químicas dos solos, persistência da palhada no solo, liberação de nutrientes e consequentemente, aumento de produtividade das culturas (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003; CALONEGO; FOLONI; ROSOLEM, 2005; CRUSCIOL et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2005; ROSOLEM et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2008; COSTA et al., 2012; FERRARI NETO et al., 2012; SORATTO et al., 2012; CRUSCIOL et al., 2013; COSTA et al., 2014).

Para a cultura da cana de açúcar as pesquisas iniciaram recentemente, tendo em vista que a expansão da colheita mecanizada sem despalha a fogo ocorreu na década de 2000. Bolonhezi & Tanimoto (2001) relatam que em 1996 os produtores da região nordeste do Estado de São Paulo iniciaram o plantio de soja em SPD na palhada da cana, considerando que as glebas eram relativamente planas, pois permitiam a colheita de cana mecanizada, com objetivo de reduzir os custos de implantação, tendo em vista que nessa condição o preparo do solo torna se oneroso, além de aproveitar os benefícios proporcionados pelo SPD, como menor amplitude térmica do solo, maior umidade, redução nos custos de plantas daninhas. No sistema convencional a eliminação das soqueiras antigas ocorre por intermédio do preparo do solo, com uso de grades, arados, subsoladores e eliminadores mecânicos de soqueira. Para o SPD todas essas operações são substituídas pelo controle químico por meio da molécula glifosate, utilizando a dose de 2160 g de ingrediente ativo por hectare. Ressalta que o controle ocorre melhor quando a cana encontra se no início do desenvolvimento vegetativo. Bolonhezi (2007) relata em sua revisão de literatura que os primeiros resultados de pesquisa com soja em SPD em sucessão a cana de açúcar foram publicados por Bolonhezi et al. (2000). Esses autores trabalharam com a cultivar de soja IAC-Foscarin 31, tendo como variáveis doses de calcário e dois sistemas de cultivo (Convencional e SPD). Obtiveram como resultado que a produtividade dessa soja não diferiu estatisticamente quando cultivada no sistema convencional (2882 Kg ha<sup>-1</sup>) e SPD (2772 Kg ha<sup>-1</sup>). Em estudo mais recente, Borges et al. (2013) avaliaram o desempenho de cultivares de soja resistentes ao glyphosate para as condições do noroeste paulista. Esses autores concluíram que mesmo o solo apresentando resistência mecânica a penetração (RP) acima de 2,0 MPa (valor limite preconizado pelo USDA, 1993) é viável o cultivo de

soja em SPD na palhada da cana, tendo em vista que algumas cultivares apresentaram produtividade superior a 4000 Kg ha<sup>-1</sup>, superando a produtividade média para a safra em questão. Tanimoto & Bolonhezi (2002) afirmam que as vantagens do SPD de soja em sucessão a cana de açúcar são confirmadas a nível de produtor, sendo que nesse sistema houve aumento da margem de lucro do produtor, resultado da maior receita oriunda da maior produtividade aliada à redução nos custos de produção na ordem de 30%.

O Estado de São Paulo responde por aproximadamente 91% da área cultivada com amendoim (CONAB, 2016) o que lhe confere o título de maior produtor nacional dessa leguminosa. Outra característica de destaque do amendoim relaciona-se ao sistema de cultivo, sendo que 77% da área cultivada ocorre em sucessão a cana de açúcar (BOLONHEZI et al., 2005). O SPD em sucessão a cana de açúcar é uma prática consolidada pelo setor, porém pouco se sabe do efeito desse sistema no cultivo do amendoim (BOLONHEZI et al., 2007). Dessa forma esses mesmos autores conduziram dois experimentos durante o ano safra 2000/2001 em um Latossolo Vermelho eutrófico (Ribeirão Preto) e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico textura fina arenosa. A semeadura do amendoim foi executada no sistema convencional (grade+arado de aivecas+ gradagens de nivelamento), preparo reduzido (dessecação+arado subsolador) e SPD (dessecação), sendo avaliado o desempenho da cultivar IAC-Tatu e IAC-Caiapó. Embora as diferenças observadas na produção de vagens a mais no sistema convencional comparado ao SPD, nas condições de Ribeirão Preto (510 Kg ha<sup>-1</sup>) e Pindorama (599 Kg ha<sup>-1</sup>) não foram suficientes para ter efeito significativo. Além dos benefícios econômicos proporcionados pelo SPD, esses autores relatam maior disponibilidade hídrica nesse sistema.

A mudança do sistema convencional para o SPD no plantio de cana de açúcar também é algo recente. É comum no setor o mito de que a sulcação profunda promove aumento da longevidade do canavial, sendo que para ocorrer essa situação é necessário a execução do preparo do solo. Todavia com a expansão da colheita mecanizada sem despalha a fogo, quantidades de até 30 t ha<sup>-1</sup> de palhicho são depositados na superfície do solo anualmente (RIPOLI & RIPOLI, 2004) sendo que o custo com o preparo do solo corresponde a 25% do custo total de produção (SILVA JÚNIOR et al., 2013), e nessas condições, como há necessidade de operações motomecanizadas mais intensas, o preparo do solo pode ser mais



expressivo no custo total de produção. Dessa forma fornecedores e agroindústrias optam por sistemas conservacionistas de forma a manter ou aumentar a margem de lucro, sendo mais comum o preparo reduzido. Faltam dados na literatura a respeito da influência do SPD na cana-de-açúcar. Dias (2001), avaliaram em dois tipos de solos com palhço na superfície, o efeito de quatro preparos (aração com aiveca; grade aradora; dessecação +subsolagem e somente dessecação) sobre as características agronômicas e tecnológicas de três variedades de cana-de-açúcar (RB 85-5257, RB 85-5536, RB 85-5113). Concluíram para cana planta e primeira soca, que não houve diferença significativa entre produtividade, todavia em relação ao sistema convencional, o SPD apresentou menor margem de contribuição. Pesquisa de longa duração, envolvendo doses de calcário e renovação de canavial no sistema convencional e SPD, após cultivo de soja, vem sendo conduzida em Ribeirão Preto desde 1998. Os resultados do segundo ciclo da variedade IAC 2218, não apresentou diferenças significativas entre os dois sistemas, quanto à produtividade (BOLONHEZI et al, 2006). Tavares, Lima e Zonta. (2010) conduziram experimento em um Argissolo Amarelo textura arenosa/média utilizando a variedade SP 79-1011 utilizando preparo do solo e SPD. A produtividade no primeiro corte foi de 92,92 t ha<sup>-1</sup> no SPD e 91,75 t ha<sup>-1</sup> no preparo convencional não apresentaram diferenças significativas. Deve ressaltar que a adoção do SPD aliado a prática da adubação verde promove ganhos de produtividade quando comparado ao sistema convencional e monocultivo, além de ser economicamente mais viável (DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008).

Com a expansão da canavicultura para região Centro-Oeste do Brasil, áreas anteriormente ocupadas com pastagens e grãos cederam espaço para o cultivo da cana, tendo como principal motivo ganhos econômicos gerados nessa nova atividade. Nessas condições de Cerrado, algumas áreas onde eram cultivados grãos em SPD, ocorreu a ruptura do sistema devido a tradição do setor em realizar o preparo do solo. Nessas condições, Moraes et al. (2016) trabalharam com um Latossolo Vermelho-Amarelo, utilizando a variedade IAC 87-3396 e não observaram diferenças significativas na altura de plantas, diâmetro de colmo, número de colmos e produtividade entre as diversas condições de preparo do solo e o SPD. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2011) trabalhando em um Latossolo Vermelho distrófico textura média e a variedade SP 81-3250.

Dessa forma o preparo do solo não proporciona aumento de produtividade nos canaviais e devido à alta mobilização do solo o dispêndio energético eleva os custos de produção, reduzindo a margem de lucro. Embora o preparo do solo propicie aumento da macroporosidade e reduz a densidade do solo e resistência mecânica a penetração, quando executado de forma correta, esses benefícios não persistem ao longo do tempo, ao contrário dos benefícios gerados pela adoção do SPD (CAMILOTTI et al., 2005; CARVALHO et al., 2014). Pankhurst et al. (2003) atribuem a colheita mecanizada de cana como sendo a responsável pelo agravamento dos problemas de compactação do solo. Entretanto convém mencionar que as variedades de cana disponíveis respondem de forma distinta aos níveis de compactação presente no solo, sendo que algumas conseguem apresentar bom desenvolvimento mesmo em solos com maior densidade (FAGUNDES; SILVA; BONFIM-SILVA, 2014). Nesse sentido são escassos os dados presentes na literatura, necessitando de mais pesquisas que possam contribuir para o ajuste do manejo varietal, manejo do solo e de rotação de culturas, podendo dessa forma promover aumento de produtividade e ganhos financeiros.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Localização Do Trabalho De Pesquisa E Características Do Local**

O experimento foi desenvolvido em condições de campo durante os anos de 2013/2014 e 2014/2015, em área experimental do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste, sediado no município de Andradina-SP, localizado na região noroeste do Estado de São Paulo a 379 metros de altitude, latitude 20°55'S e longitude 51°23'W. O clima, segundo a classificação Köpen, é tropical quente e úmido com inverno seco. A precipitação média anual é de 1150 mm e a temperatura média anual é de 23 °C. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (OLIVEIRA et al., 1999), o qual está sendo manejado a 4 anos com a cultura da cana-de-açúcar.

Os dados diários referentes às temperaturas máxima, mínima e precipitação pluvial durante a condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Andradina-SP, estão contidos na Figura 1.

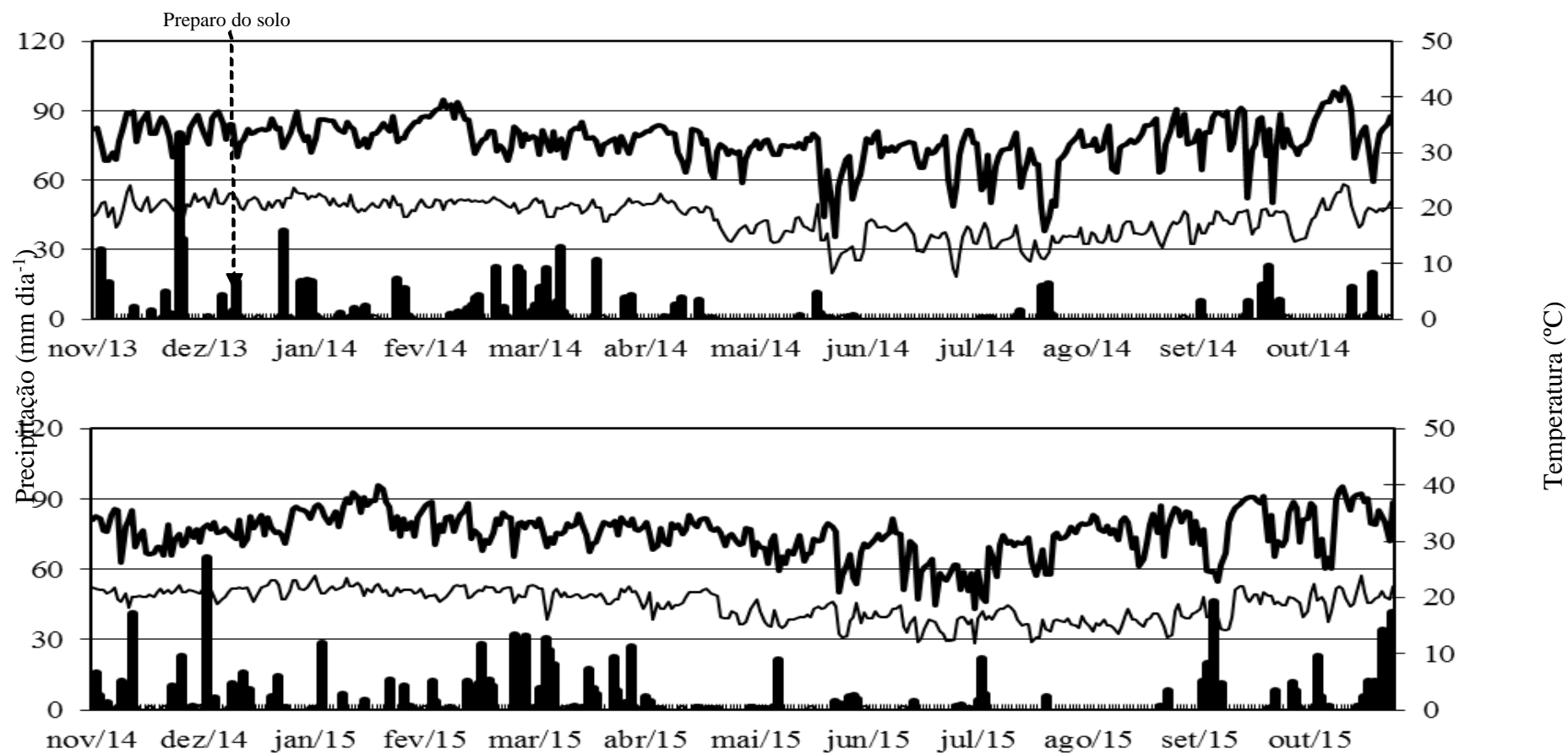
Em julho de 2013 amostrou-se o solo, na profundidade de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, para realização de análise química para o cálculo de necessidade de calagem. As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados estão contidos nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1-** Atributos químicos do solo (Valores de pH, M.O., H+Al, V%, m% e Macronutrientes) da área antes da instalação do experimento

<b>Prof.</b>	<b>pH</b>	<b>M.O.</b>	<b>P (resina)</b>	<b>S</b>	<b>H+Al</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>CTC</b>	<b>V</b>	<b>m%</b>
<b>(m)</b>	<b>(CaCl<sub>2</sub>)</b>	<b>(g dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>(mg dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>----- (mmolc dm<sup>-3</sup>) -----</b>			<b>-----</b>			<b>%</b>		
0-0,20	4,9	12	8	3	18	1,1	10	4	1	33,1	46	6
0,20-0,40	4,6	10	4	2	16	0,3	9	6	1	31,3	49	6

**Tabela 2-** Atributos químicos do solo (Teores de Micronutrientes) da área antes da instalação do experimento

<b>Prof.</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>B</b>
<b>(m)</b>	<b>mg dm<sup>-3</sup></b>				
0-0,20	25,9	11,7	1,3	0,7	0,18
0,20-0,40	3,5	1,3	0,2	0,7	0,26



**Figura 1-** Precipitação pluvial (■), temperaturas máxima (—) e mínima (—), registradas durante a condução do experimento, safra 2013/14 e 2014/15

Nas amostras coletadas também realizou análise granulométrica do solo. A quantificação granulométrica das frações de argila, silte e areia foi realizada mediante a passagem do solo amostrado em peneira de 2 mm por meio da dispersão com água e NaOH ( $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ) e agitação lenta (EMBRAPA, 1997), nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m (Tabela 2), sendo utilizado para o cálculo da quantidade de gesso, segundo metodologia de Raij et al. (1997).

**Tabela 3-** Características granulométricas do solo da área antes da instalação do experimento

Profundidade (m)	Areia	Argila	Silte	Textura do solo
	(g kg <sup>-1</sup> )			
0,00-0,20	846	83	71	Arenosa
0,20-0,40	831	105	64	Arenosa

#### 4.2 Delineamento Experimental E Tratamentos Utilizados

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por três sistemas de cultivo, sendo convencional (gradagem aradora + aração + niveladoras), preparo reduzido (dessecação + arado subsolador com rolo destorroador) e SPD (dessecação). As subparcelas foram constituídas por quatro culturas comerciais, sendo soja, milho, sorgo sacarino e amendoim, uma associação de adubos verdes (linhas intercaladas de *Crotalaria juncea* e feijão-de-porco), além do sistema pousio. Cada subparcela tem a dimensão de 70 m<sup>2</sup> (7,0 x 10,0 m), sendo que para as avaliações foram consideradas as linhas centrais desprezando as duas linhas das extremidades.

#### 4.3 Instalação E Condução Dos Experimentos

O SPD consistiu da semeadura sobre palhada de cana crua. Após a colheita da cana-de-açúcar (08/09/2013), esperou-se cerca de 60 dias (04/11/2013) para se realizar a aplicação do herbicida dessecante a base de Glifosate (Roundup WG®), na dose de 2160 g i.a. ha<sup>-1</sup>, utilizando volume de aplicação de 250 L ha<sup>-1</sup>. Este procedimento foi realizado por meio de pulverizador tratorizado de barras com 12m de comprimento, e bicos leque 110.02 espaçados de 0,50 m.

De acordo com os resultados revelados pela análise química do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, fez-se a calagem em área total superficialmente,

em 14/11/2013, sobre a palhada da cana-de-açúcar remanescente na área, por meio de distribuidor mecânico, na quantidade de 2 t ha<sup>-1</sup>. O calcário aplicado foi o dolomítico com PRNT de 85%, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 70%, seguindo a recomendação de Raij et al. (1997).

Antes de realizar o manejo do solo (27/11/2013) realizou-se a amostragem no intuito de mensurar a quantidade de palhicho que permaneceu depositado na superfície. Foram coletados 20 pontos, manualmente, em uma área de 0,25m<sup>2</sup>. Nos tratamentos preparo reduzido e SPD amostrou-se também 60, 90 e 120 dias após a passagem do arado subsolador (28/11/2013).

O sistema de manejo convencional do solo, compreendeu uma gradagem intermediária (27/11/2013), visando destruição dos restos culturais, seguido de aração com arado de aivecas (02/12/2013), além de gradagem niveladora (03/12/2013).

O sistema denominado preparo reduzido consistiu de uma passada de arado escarificador (28/11/2013) com 7 hastes e rolo destorroador (modelo AST/MATIC 450®, marca Tatu-Marchesan). Este implemento pode trabalhar até 45 cm de profundidade e permite através do rolo nivelar razoavelmente o terreno. Neste sistema de manejo, procurou-se revolver de maneira intermediária o solo, a fim de manter pelo menos 50% dos resíduos e que 30% ou menos da superfície seja preparada, conforme preconiza a ASAE (1997).

Em 03/12/2013 realizou-se a semeadura de todas as culturas por meio de semeadora de semeadura direta, modelo PST-3® Tatu-Marchesan.

O sistema de manejo convencional e preparo reduzido foi executado uma única vez antes da implantação das culturas comerciais, adubos verdes e pousio. Para o plantio da cana de açúcar, que ocorreu no dia 11/06/2014, utilizou-se a plantadora de cana picada PCP 5000®, marca DMB, provida de disco de corte de palha de 22”.

#### **4.3.1 Instalação Do Tratamento Soja**

A soja cultivar Valiosa RR foi semeada na densidade de 20 sementes por metro de sulco e espaçamento de 0,50 m entrelinhas, correspondendo à aproximadamente, 400.000 sementes ha<sup>-1</sup>. O tratamento das sementes de soja foi realizado no mesmo dia da semeadura, por meio do emprego de betoneira, sendo os produtos adicionados na seguinte ordem: primeiro empregou-se fungicida a base de Carboxin + Thiram (Vitavax + Thiran 200 SC®), na dose de 60 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup> de

sementes, visando o controle preventivo dos fungos de solo (*Fusarium* s pp, *Rhizoctonia* spp e *Pythium* spp), logo após foi aplicado cobalto e molibdênio (CoMo II®), na dose de 2,5 e 15 g 100 kg<sup>-1</sup> de sementes de cada micronutriente, respectivamente, com o intuito de uma melhor fixação biológica de nitrogênio. E por último, inoculou-se as sementes com estipes selecionadas de *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079) e *Bradyrhizobium elkani* (SEMIA 5019) por meio de inoculante líquido, adicionando 300 mL de inoculante por 50 kg de sementes, para assegurar uma adequada nodulação e garantir o suprimento de nitrogênio para a planta.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, correspondendo a aproximadamente 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 8-28-16.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado 45 dias após semeadura (DAS) da soja (17/01/14), aplicando herbicida a base de Glifosate (Roundup WG®), na dose de 1440 g i.a. ha<sup>-1</sup>, juntamente com o produto COMO Platinum® na dose de 150 mL i.a. ha<sup>-1</sup>, utilizando volume de aplicação de 250 L ha<sup>-1</sup>. Do mesmo modo realizou o controle de pragas, empregando os inseticidas químico a base de Lambdacyhalothrin (Karate Zeon®), na proporção de 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>, inseticida a base de Lufenuron (Match CE) na proporção de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Em 12/02/2014 foi empregado, em mistura de tanque, fungicida a base de Tebuconazole (Folicur CE®), na dose de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup>, e inseticida químico a base de Lambdacyhalothrin (Karate Zeon®), na proporção de 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

No florescimento pleno das plantas de soja (04/02/2014), correspondente ao estágio R2 na escala de Fehr et al. (1971), foram realizadas amostragens de folhas com pecíolos, coletando-se as terceiras folhas a partir do ápice, em 30 plantas por subparcela, visando a determinação da diagnose foliar (RAIJ et al., 1997). Essas amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à 60°C, até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório para fins de análise química dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, conforme métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Nesta época, também, foi determinada a produção de matéria seca (kg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea, sendo coletada plantas em 1m<sup>2</sup> em cada subparcela. O material



coletado foi secado em estufa de circulação forçada de ar à 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha<sup>-1</sup>.

A colheita da soja foi realizada em 20/04/2014, sendo avaliados:

Altura da inserção da primeira vagem (cm): Distância compreendida entre o nível do solo e a inserção da primeira vagem. Foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela e comparada aos padrões desejados para a colheita mecânica, ou seja, altura da inserção de 1<sup>o</sup> vagem > 10 cm (Bonetti, 1983)

Altura da planta (cm): Distância compreendida entre o nível do solo e a extremidade superior da planta. Foi determinada no momento de colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela e comparada aos padrões desejados para a colheita mecânica, ou seja, altura da planta > 65 cm (Bonetti, 1983).

Estande final: Contagem do número de plantas contidos em 2,0 m de fileira de cada subparcela e calculado por hectare, no momento da colheita

Número de vagens por planta: A contagem do número de vagens por planta, foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela.

Número de grãos por vagem: Essa variável foi determinada através da relação número de grãos por planta pelo número de vagens por planta. Essa determinação foi realizada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela.

Massa de 100 grãos: Determinada através da coleta ao acaso e da pesagem de oito amostras de 100 grãos de cada subparcela (13% umidade).

Produtividade de grãos: A partir da colheita das duas linhas centrais de cada subparcela, foi determinado o peso dos grãos colhidos e calculada a produtividade de grãos por hectare (13% umidade).

#### **4.3.2 Instalação Do Tratamento Milho**

O milho cultivar DKB 390 RR<sup>®</sup> foi semeado, na densidade de 3 sementes por metro de sulco e, espaçamento de 0,50 m entrelinhas, correspondendo aproximadamente 60.000 sementes ha<sup>-1</sup>. O tratamento das sementes de milho foi realizado no mesmo dia da semeadura, por meio de betoneira, empregando-se inseticida a base de Thiametoxan (Cruiser 700 WS<sup>®</sup>), na dose de 140 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, correspondendo a aproximadamente 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 8-28-16.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado 45 dias após semeadura (DAS) do milho (17/01/14), aplicando herbicida a base de Glifosate (Roundup WG®), na dose de 1440 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico de seis folhas desenvolvidas (03/01/2014), procedeu-se à adubação de cobertura, com aplicação manual de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondentes a aproximadamente 196 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (RAIJ et al., 1997), para produtividade de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> de grãos e classe de resposta alta.

No momento da emissão do pendão (flor masculina) das plantas de milho (30/01/2014) foi realizada a amostragem de folhas para diagnose foliar (terço central da folha da base da espiga) (RAIJ et al., 1997) dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B) segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Essas amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à 60°C, até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório para fins de análise química dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, conforme métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Nesta época, também, foi determinada a produção de matéria seca (kg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea, sendo coletada plantas em 1m<sup>2</sup> em cada subparcela. O material coletado foi secado em estufa de circulação forçada de ar à 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha<sup>-1</sup>.

A colheita do milho foi realizada em 20/04/2014, sendo avaliados:

Estande final e número de espiga por planta: A determinação do estande final foi realizada antes da colheita, onde foram consideradas as 2 linhas centrais, dentro de cada subparcela. Nesta avaliação foi determinado também o número de espigas por planta.

Diâmetro do colmo, altura de plantas e da inserção da primeira espiga: O diâmetro do colmo foi determinado no primeiro entrenó acima do solo com o auxílio de paquímetro. A altura de plantas foi determinada através de medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a inserção do

pendão floral e, para a espiga, adota-se a distância entre o colo da planta e a primeira espiga. Estas determinações foram efetuadas em 10 plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada subparcela.

Número de grãos por espiga: Essa variável foi determinada em 10 espigas escolhidas aleatoriamente provenientes da área útil de cada subparcela.

Massa de 100 grãos: foi avaliada através de quatro amostragens, de 100 grãos cada uma, em cada subparcela. A pesagem foi realizada após a saída dos grãos da estufa, sendo pesados em balança de precisão. Os dados obtidos foram transformados também a umidade de 13%.

Produtividade de grãos: Para esta avaliação foram colhidas, manualmente, as plantas contidas na área útil de cada subparcela. Após a debulha, os grãos foram pesados e posteriormente calculada a produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$  (à base de 13% de umidade).

#### **4.3.3 Instalação Do Tratamento Adubos Verdes**

As culturas da *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea*), cultivar IAC KR1 e Labelabe (*Dolichos lablab* L.) foram semeadas, concomitantemente, no espaçamento 0,50 m, ajustando o número de sementes na linha de cada espécie, para 600.000 e 150.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , para crotalária e feijão-de-porco, respectivamente. Devido ao intenso ataque de lagartas empregou-se os inseticidas químico a base de Lambdacyhalothrin (Karate Zeon®), na proporção de 7,5 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$  e inseticida a base de Lufenuron (Match CE®) na proporção de 15 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$ .

No florescimento dos adubos verdes (31/03/2014) foi coletado plantas em  $1\text{m}^2$  em cada subparcela. Essas amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à  $60^\circ\text{C}$ , até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório para fins de análise química dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, conforme métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Devido ao grande desenvolvimento da *Crotalária juncea* foi necessário realizar o manejo da associação de adubos verdes, que ocorreu no dia 05/05/2014 por meio do uso de conjunto motomecanizado constituído de um trator de 75cv acoplado a uma roçadora hidráulica acionada na tomada de potência (TDP), garantindo condições de executar o plantio mecanizado da cana de açúcar.

#### 4.3.4 Pousio

Esta área ficou sob vegetação espontânea, predominando nas subparcelas experimentais espécies como braquiária decumbens, fedegoso, capim colônia e corda de viola. Nessas subparcelas não realizou práticas culturais como roçada ou uso de herbicida.

Em 19/03/2014 (106 dias após o manejo do solo) foram coletadas a plantas daninhas em 1 m<sup>2</sup> em cada subparcela). Essas amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à 60°C, até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório para fins de análise química dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, conforme métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

#### 4.3.5 Instalação Do Tratamento Amendoim

O amendoim cultivar IAC 503 foi semeado na densidade de 10 sementes por metro de sulco e, espaçamento de 1,00 m entrelinhas, correspondendo aproximadamente 100.000 sementes ha<sup>-1</sup>. O tratamento das sementes de amendoim foi realizado no mesmo dia da semeadura, por meio do emprego de betoneira, empregando-se fungicida a base de Carboxin + Thiram (Vitavax + Thiran 200 SC<sup>®</sup>), na dose de 60 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, visando o controle preventivo dos fungos de solo (*Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp e *Pythium* spp), juntamente aplicou-se o inseticida a base de Fipronil (Regent 800 WG<sup>®</sup>), na dose de 80 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, correspondendo a aproximadamente 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 8-28-16.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado 45 dias após semeadura (DAs) do amendoim (17/01/14), aplicando herbicida a base de Imazapique (Plateau<sup>®</sup>), na dose de 98 g i.a. ha<sup>-1</sup>, juntamente com o fungicida Azoxystrobin (Amistar<sup>®</sup>) na dose de 70g i.a. ha<sup>-1</sup> e o inseticida a base de Lufenuron (Match CE<sup>®</sup>) na proporção de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Em 12/02/2014 foi empregado, em mistura de tanque, fungicida a base de Tebuconazole (Folicur CE<sup>®</sup>), na dose de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup>, e inseticida químico a base de Lambdacyhalothrin (Karate Zeon<sup>®</sup>), na proporção de 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

No florescimento pleno das plantas de amendoim (11/02/2014), foram realizadas amostragens de folhas, coletando-se as folhas do tufo apical, em 30 plantas por subparcela, visando a determinação da diagnose foliar (RAIJ et al., 1997). Essas amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à 60°C, até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório para fins de análise química dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, conforme métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Nesta época, também, foi determinada a produção de matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da parte aérea, sendo coletada plantas em  $1\text{m}^2$  em cada subparcela. O material coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar à 60°C; em seguida, realizou a pesagem e a transformação dos dados em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

A colheita do amendoim foi realizada em 05/05/2014, sendo avaliados:

Estande final: Contagem do número de plantas contidos em 10,0 m de fileira de cada subparcela e calculado por hectare, no momento da colheita

Número de vagens por planta: A contagem do número de vagens por planta, foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela.

Número de grãos por vagem: Essa variável foi determinada através da relação número de grãos por planta pelo número de vagens por planta. Essa determinação foi realizada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela.

Massa de 100 grãos: Determinada através da coleta ao acaso e da pesagem de oito amostras de 100 grãos de cada subparcela (8% umidade).

Produtividade de grãos: A partir da colheita das duas linhas centrais de cada subparcela, foi determinado o peso dos grãos colhidos e calculada a produtividade de grãos por hectare (8% umidade).

#### **4.3.6 Instalação Do Tratamento Sorgo Sacarino**

O sorgo cultivar BRS 511 foi semeado, na densidade de 8 sementes por metro de sulco e, espaçamento de 0,50 m entrelinhas, correspondendo aproximadamente 160.000 sementes  $\text{ha}^{-1}$ . O tratamento das sementes de sorgo foi realizado no mesmo dia da semeadura, por meio de betoneira, empregando-se inseticida a base de Thiametoxan (Cruiser 700 WS®), na dose de 140 g i.a.  $100\text{kg}^{-1}$  de sementes.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, correspondendo a aproximadamente 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 8-28-16.

Realizou-se o controle de pragas empregando-se os inseticidas químicos a base de Lambda-cyhalothrin (Karate Zeon®), na proporção de 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> e inseticida a base de Lufenuron (Match CE®) na proporção de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Aos 30 dias após a semeadura, procedeu-se à adubação de cobertura, com aplicação manual de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondentes a aproximadamente 196 kg ha<sup>-1</sup> de ureia.

No florescimento das plantas de sorgo (21/02/2014) foi realizada a amostragem de folhas para diagnose foliar (folha +4, quarta folha com bainha visível contada a partir do ápice) (RAIJ et al., 1997) dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B) segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Essas amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à 60°C, até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório para fins de análise química dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, conforme métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Nesta época, também, foi determinada a produção de matéria seca (kg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea, sendo coletadas plantas em 5 m linear em cada subparcela. O material coletado foi secado em estufa de circulação forçada de ar à 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha<sup>-1</sup>.

A colheita do sorgo foi realizada em 25/04/2014, sendo avaliados:

Estande final: A determinação do estande final foi realizada antes da colheita, onde foram consideradas as 2 linhas centrais, dentro de cada subparcela.

A altura de plantas foi determinada através de medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a inserção da panícula. Estas determinações foram efetuadas em 10 plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada subparcela.

Produção de matéria verde e seca: coletadas plantas em 5 m linear em cada subparcela. O material coletado foi secado em estufa de circulação forçada de ar à 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4.3.7 Cultura Da Cana-De-Açúcar

No dia 28/05/2014, cerca de 15 dias antes do plantio da cana de açúcar, realizou a aplicação do herbicida dessecante a base de Glifosate (Roundup WG®), na dose de 1440 g i.a. ha<sup>-1</sup>, utilizando volume de aplicação de 250 L ha<sup>-1</sup>. Este procedimento foi realizado por meio de pulverizador tratorizado de barras com 12m de comprimento, e bicos leque 110.02 espaçados de 0,50 m.

Para o plantio da cana-de-açúcar (11/06/2014) utilizou a plantadora mecânica, com gasto aproximado de 20 toneladas de mudas por hectare da variedade RB86-7515. A adubação mineral de plantio constou da aplicação de 12 kg ha<sup>-1</sup> de N e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, correspondendo a aproximadamente 400 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 3-15-00.

O controle de pragas de solo foi realizado empregando-se o inseticida a base de Fipronil (Regent 800 WG®), na dose de 160 g i.a. ha<sup>-1</sup>, juntamente com o fungicida a base de Pyraclostrobin (Comet®) na dose de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup>, utilizando volume de aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup>.

Na cultura da cana-de-açúcar foram realizadas as seguintes avaliações:

Número de colmos: contagem do número de colmos por metro linear aos 30 e 360 DAP.

Diagnose foliar e produção de matéria seca: Aos 180 DAP foi realizada amostragem de folhas para diagnose foliar (folha + 1 ou folha mais alta com colarinho visível, retirando os 20 cm centrais e excluída a nervura central) (RAIJ et al., 1997) dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu e B) segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Estas folhas foram levadas à estufa para secagem e posteriormente moídas para análise. Nesta época, também, foi determinada a produção de matéria seca (kg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea, sendo coletada plantas em 2m linear em cada parcela. O material coletado foi secado em estufa de circulação forçada de ar à 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha<sup>-1</sup>.

Produção de colmos e qualidade tecnológica: Na colheita da cana-de-açúcar foi realizada a biometria e calculada a produtividade de colmos por hectare. Esse procedimento consistiu na formação de feixes, colhendo 3m lineares de cada subparcela, onde foram determinados sua massa e número de colmos. Nesta avaliação foi colhida cana de 12 meses. Para a qualidade tecnológica foram coletadas 10 canas (colmos) seguidas na linha de cada parcela para fins de análise

tecnológica dos colmos, sendo que para essas análises utilizou a metodologia proposta pelo Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool (CONSECANA, 2006). Os parâmetros avaliados foram: Brix, Fibra, Pureza, Pol da Cana e ATR.

#### **4.4 Alterações Dos Atributos Químicos Do Solo**

O teor de nitrogênio total do solo foi determinado no momento da semeadura das culturas de rotação e aos 30, 60, 90 e 120 dias após semeadura (DAS). Durante a condução da cultura da cana-de-açúcar foi determinado no plantio, 30, 60, 120 e 180 dias após plantio. Para tal, foram retiradas duas amostras simples por subparcela, formando-se duas amostras compostas da camada de 0-0,20 e 0,20-0,40 cm de profundidade e a 15 cm de distância do lado esquerdo da linha, segundo a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

Aos 10 meses do plantio da cana-de-açúcar, os atributos químicos do solo foram determinados em todas as subparcelas, sendo que as coletas foram realizadas na área útil da parcela, desconsiderando uma linha de cada extremidade. Para tal, foram coletadas amostras de solo com a utilização de trado tipo calador, retirando-se seis amostras simples por subparcela, escolhidas aleatoriamente na área útil, formando-se amostras compostas das camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m; as amostras foram retiradas do lado direito da linha a 15 cm de distância. Determinou-se pH ( $\text{CaCl}_2$ ), M.O., H+Al, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, e calculou-se SB, CTC e V%, segundo a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

#### **4.5 Resistência Mecânica Do Solo À Penetração (RP)**

Para as culturas comerciais utilizadas em rotação, adubos verdes e pousio a RP foi determinada na semeadura das culturas de rotação (03/12/2013) e no florescimento das plantas (01/03/2014). Determinou-se a RP nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40, com penetrômetro eletrônico (penetroLog/Falker®), sendo que em cada subparcela foram coletadas 5 leituras na área útil, desprezando as duas linhas de cada extremidade.

Para a cultura da cana de açúcar, a RP foi determinada após o plantio (12/06/2014), cerca de 90 dias após o plantio (DAP) e aos 180 DAP da cana-de-açúcar, sendo que a leitura ocorreu nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 cm, com penetrômetro eletrônico (penetroLog/Falker®), executando



5 leituras na área útil em cada subparcela, desprezando uma linha de cada extremidade. Visando mitigar os efeitos da umidade do solo nos valores de resistência, as leituras da RP foram executadas 3 dias após incidência de chuva agrícola, com lâmina superior a 30mm, de forma que o solo do perfil encontrasse na capacidade de campo.

#### **4.6 Análise Do Sistema Radicular**

As amostras do sistema radicular das culturas comerciais, adubos verdes e pousio, utilizadas em sucessão a cana de açúcar ocorreram simultaneamente à coleta da parte aérea, sendo executada dia 04/02/2014 para soja; 31/01/2014 para o milho; 31/03/2014 para os adubos verdes; 11/02/2014 para o amendoim e 21/02/2014 para o sorgo sacarino. Para as subparcelas que se encontravam em pousio as amostras foram coletadas em 19/03/2014 (106 dias após manejo do solo). Para a amostragem do sistema radicular, foram coletadas cinco amostras em cada subparcela nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade e a 15cm de distância da linha, utilizando-se um trado de aço galvanizado com diâmetro interno de 4,5 cm. As raízes foram separadas do solo por lavagem em água corrente sobre peneira com malha de 0,5 mm. O material lavado e separado foi acondicionado em coletor universal com solução de 30% de álcool e 70% de água e mantidos em geladeira a temperatura de 4 °C.

Na cultura da cana de açúcar, as amostras do sistema radicular ocorreram em 180 DAP. Para a amostragem do sistema radicular, foram coletadas duas amostras em cada subparcela nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m de profundidade e a 15 cm de distância da linha, utilizando-se um trado de aço galvanizado com diâmetro interno de 4,5 cm. As raízes foram separadas do solo por lavagem em água corrente sobre peneira com malha de 0,5 mm. O material lavado e separado foi acondicionado em coletor universal com solução de 30% de álcool e 70% de água e mantidos em geladeira a temperatura de 4 °C.

As avaliações foram realizadas em um Scanner, desenvolvido para esse fim, acoplado a um microcomputador dotado do software Safira<sup>®</sup>, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Instrumentação), sendo que a imagem para ser processada passa pelo processo de segmentação, rotulação, transformação em distância, esqueletonização, diâmetro e por fim tem-se os resultados comprimento (mm) ( $\text{km m}^{-3}$ ), a superfície ( $\text{mm}^2$ ) ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ), e o diâmetro

(mm) (JORGE & SILVA, 2010), sendo essas unidades transformadas posteriormente para o sistema internacional:  $\text{km m}^{-3}$  para comprimento,  $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$  para superfície e cm para diâmetro. Após essas avaliações as amostras foram secadas em estufa a  $65^\circ\text{C}$ , por 72 horas, e posteriormente foi determinada a massa da matéria seca radicular ( $\text{g m}^{-3}$ ).

#### **4.7 Análise Estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e ao teste de Tukey à 1 e 5% para a comparação das médias, nos dois ciclos de cultivos. Foi utilizado o programa de computacional SISVAR® (FERREIRA, 2000).

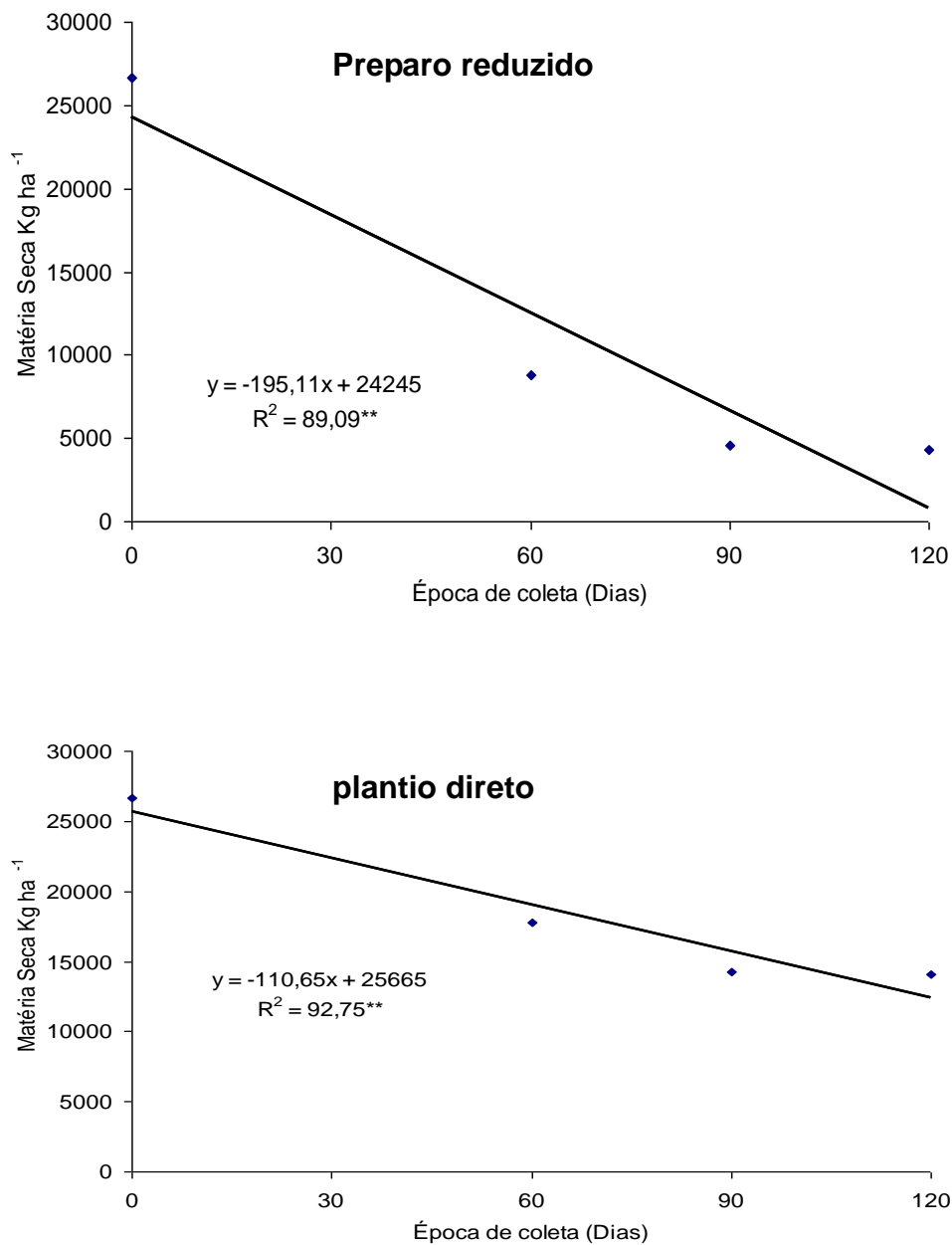
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das Figuras 1 pode-se verificar que a disponibilidade hídrica foi desfavorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas de amendoim, milho e sorgo, e soja. Entre os meses de dezembro até fevereiro de 2014 foi registrada quantidades inferior a 450 mm de chuva, com a ocorrência de temperaturas muito elevadas e chuvas mal distribuídas. Sabe-se que a cultura do amendoim demanda pelo menos 600 mm de água durante o ciclo de desenvolvimento para obtenção de produções comerciais (GILLIER & SILVESTRE,1970). Para a cultura do milho e sorgo as quantidades requeridas são de 350 a 500 mm no verão (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000; MAGALHÃES; DURAES; SCHAFFERT, 2000).

Para a cultura da soja a necessidade total de água para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo.

### 5.1 Decomposição De Palhada De Cana-De-Açúcar

De acordo com análise de variância realizada houve diferenças significativas, a nível de 5% de probabilidade, em relação ao sistema de cultivo de solo, a época de coleta da massa seca do palhicho e a correlação entre o sistema de cultivo do solo e a época de coleta da massa seca do palhicho remanescente. Não houve diferenças significativas nos demais fatores e correlações analisados. Em todas as épocas o plantio direto representou maior quantidade de palhicho remanescente na superfície por hectare, quando comparado ao sistema preparo reduzido. A maior diferença observada entre os dois sistemas de cultivo foi na coleta dos 120 dias, onde a quantidade de palhicho remanescente no preparo reduzido foi de 4.316 kg ha<sup>-1</sup> enquanto que no SPD a quantidade de palhicho remanescente foi de 14.090 kg ha<sup>-1</sup>. Antes do cultivo das culturas de rotação em média na área havia 26.660 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de palhicho, sendo esse valor é superior ao relatado na literatura, que relatam a quantidade remanescente na ordem de 10.000-20.000 kg ha<sup>-1</sup> (PAGE; GLANVILLE; TRUONG, 1986; FURLANI NETO et al., 1989; BUZOLIN, 1997; VITTI et al., 2008; TRIVELLIN et al., 2013). Com o passar do tempo pode ser observado que esta quantidade foi diminuindo, ajustando na função linear tanto no preparo reduzido ( $y=-195,11x + 24.245$ ,  $R^2 = 89,09^{**}$ ) decompondo até níveis de 4.316 kg ha<sup>-1</sup> de palhada aos 120 dias, enquanto que no SPD ( $y=-110,65x + 25.665$ ,  $R^2 = 92,75^{**}$ ) decompondo até níveis de 14.090 kg ha<sup>-1</sup> de palhada aos 120 dias.



**Figura 2-** Quantidade de matéria seca de palhada de cana-de-açúcar em função do tempo e preparo do solo. Andradina, SP, 2013/14.

Como resultado constatou-se que não houve efeito da interação dos fatores (preparo do solo x culturas), com exceção do Mg (Tabela 5). Para a interação dos fatores (preparo do solo x tempo do manejo) todos os macronutrientes foram influenciados (Tabela 5). Por fim, na interação dos fatores (preparo do solo x culturas) houve efeito somente para o Ca (Tabela 5). Com relação aos fatores isolados, houve efeito do preparo de solo para todas as variáveis. Já para o fator

culturas não se constatou efeito significativo. Exceção ao P, todos nutrientes foram influenciados pelo fator tempo de manejo.

Para todos os nutrientes e em todas as épocas o SPD representou maior teor em comparação ao preparo reduzido. Isto deve-se a incorporação de pelo menos 50% dos resíduos quando utilizado o preparo reduzido, aliado ao revolvimento do solo em pelo menos 30% da área neste sistema (ASAE, 1997).

Entretanto, tanto no preparo reduzido quanto no SPD, o teor de nutrientes, obedeceu à seguinte ordem decrescente: Ca>N>Mg>K>S>P. No entanto, apresenta alguma discordância dos resultados obtidos por Oliveira et al. (1999), que foi N>K>Ca>Mg>S>P. Destaca-se ainda que o teor de Ca na palha de cana no SPD foi 3,37 vezes superior ao teor desse elemento em preparo reduzido. Essa diferença pode ser explicada pela não incorporação dos corretivos, aumentando sua disponibilidade na superfície (SILVEIRA et al., 2000). Na média dos preparos de solo, constata-se em 120 dias, liberação de 60, 27 e 64 % dos nutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

Evidencia-se desta forma que, uma vez fixado em compostos orgânicos, o N estará sujeito à ciclagem no complexo planta-solo. Pesquisas conduzidas por Robertson & Thorburn (2007) e Trivellin et al. (2013) apontam que a mineralização do palhicho depositado na superfície do solo aumenta de forma gradativa até o equilíbrio, disponibilizando 40 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N.

Em relação ao elemento K, o conteúdo presente no palhicho reduziu 33,8 g kg<sup>-1</sup>, o que correspondeu a uma redução percentual de 64% do que existia inicialmente no palhicho. Essa grande liberação do K deveu-se ao fato de esse elemento não ser constituinte de nenhum composto estrutural existente na planta (MARSCHNER, 1995; ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003), e estar presente na forma iônica, o que facilita a sua saída da célula após o rompimento da membrana plasmática. Essa quantidade liberada pode ficar disponível tanto para absorção do sistema radicular da cultura subsequente, quanto para imobilização em compostos minerais de difícil solubilidade. Crusciol et al. (2008) obtiveram como resultado a estabilização da liberação de K 35 dias após o manejo da palha de aveia, sendo que a maior taxa de liberação ocorreu nos dias iniciais após o manejo. Destaca-se ainda que o conteúdo de K no preparo reduzido corresponde a 48% do teor desse mesmo elemento no SPD. Resultados semelhantes foram observados por Fortes, Trivellin e Vitti (2012), onde, em condição de preparo reduzido, ocorreu depleção de 93% do K presente no

palhiço da variedade RB 85-5536.

Contudo, a retenção e a reciclagem desses nutrientes nas culturas de rotação podem minimizar os riscos de perdas por lixiviação e, no caso do P, evitaram que seja alterado para formas menos disponíveis, podendo dessa forma auxiliar na nutrição mineral da cana de açúcar (NG KEE KWONG et al., 1987; FORTES; TRIVELLIN; VITTI, 2012; TRIVELLIN et al., 2013). Todavia é importante ter cautela ao considerar a disponibilização desses nutrientes para as culturas de rotação, tendo em vista que seu ciclo de produção é curto pode ocasionar problemas nutricionais. Como a mineralização é fortemente influenciada pela temperatura e pela umidade da palhada, constatou-se que não houve limitação para a decomposição da palhada no período avaliado.

**Tabela 4-** Conteúdo de macronutrientes na palhada de cana-de-açúcar em razão do preparo do solo, espécies vegetais e tempo do manejo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	N	P	K	Ca	Mg	S
Preparo reduzido	53,7 b	8,3 b	18,8 b	150,4 b	21,3 b	13,7 b
Plantio direto	119,5 a	23,1 a	39,3 a	507,8 a	69,7 a	30,5 a
<b>Culturas (C)</b>						
Aubos verdes	91,1	18,7	30,7	301,7	35,6	25,0
Amendoim	71,5	12,5	26,0	334,9	49,5	18,0
Milho	92,8	15,1	29,9	280,7	39,0	19,4
Pousio	91,8	17,7	33,4	407,0	55,3	30,7
Soja	85,4	17,0	28,8	374,1	53,4	20,2
Sorgo sacarino	87,2	13,4	25,4	276,2	40,3	19,0
<b>Tempo (T)</b>						
0	140,8 <sup>(1)</sup>	18,5 <sup>(2)</sup>	52,9 <sup>(3)</sup>	421,1 <sup>(4)</sup>	60,8 <sup>(5)</sup>	41,0 <sup>(6)</sup>
30	94,9	16,1	32,5	271,3	40,1	18,0
60	78,0	16,5	27,6	242,9	35,8	17,1
90	62,6	14,0	13,1	305,0	39,3	17,2
120	56,8	13,5	19,1	405,2	51,4	17,0
<b>Valor de F (P)</b>	1018,76**	104,28**	244,59**	421,63**	186,02**	254,42**
<b>Valor de F (C)</b>	1,57 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (T)</b>	67,26**	1,84 <sup>ns</sup>	72,96**	5,48**	5,26**	19,61**
<b>Valor de F – (Px C)</b>	1,13 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	2,84*	2,12 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px T)</b>	23,69**	8,21**	15,10**	10,99**	10,13**	3,98**
<b>Valor de F – (Cx T)</b>	1,02 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	18,44	71,17	34,85	40,97	60,38	37,00
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	46,20	94,99	53,05	109,61	98,74	131,70
<b>CV<sub>3</sub> (%)</b>	32,86	66,11	42,71	71,96	68,91	75,18

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

<sup>(1)</sup>Acúmulo de N=  $0,006482x^2 - 1,445x + 138,32$ ,  $R^2 = 98,76^{**}$

<sup>(2)</sup>Acúmulo de P=  $-0,04056x + 18,14$ ,  $R^2 = 89,43^*$

<sup>(3)</sup>Acúmulo de K=  $0,0034x^2 - 0,7018x + 52,63$ ,  $R^2 = 95,16^{**}$

<sup>(4)</sup>Acúmulo de Ca=  $0,04686x^2 - 5,616x + 413,06$ ,  $R^2 = 97,26^{**}$

<sup>(5)</sup>Acúmulo de Mg=  $0,005828x^2 - 0,7642x + 59,87$ ,  $R^2 = 98,30^{**}$

<sup>(6)</sup>Acúmulo de S=  $0,00369x^2 - 0,6055x + 38,47$ ,  $R^2 = 87,41^{**}$

## 5.2 Produção De Matéria Seca Da Parte Aérea E Diagnose Foliar Das Culturas De Rotação, Adubos Verdes E Pousio

Por meio da Figura 1 pode-se verificar que a disponibilidade hídrica não foi favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Entre os meses de dezembro até maio foram registradas quantidades inferiores a 450 mm de chuva,

aliado a vários dias com temperaturas superiores a 35°C. Deve-se destacar ainda que o período compreendido entre 10/01/2014 e 28/02/2014 a quantidade de chuva acumulada foi inferior a 70 mm e em algumas ocasiões a temperatura máxima superou os 40°C (Figura 1), sendo que nesse período as plantas encontravam-se em fase de crescimento vegetativo e reprodução, comprometendo assim a produção de biomassa da parte aérea.

A produção de biomassa seca da parte aérea foi influenciada pelo manejo de solo e pelas culturas (Tabela 6). Constatou-se que as maiores produções de massa seca vegetal foram obtidas no preparo de solo convencional e no preparo reduzido. Esse resultado difere de Bolonhezi (2007), onde a biomassa seca do amendoim IAC Tatu foi maior em SPD no palhiço da cana.

Para a produção de biomassa seca das culturas o maior destaque foi a associação de adubos verdes, produzindo 10190 kg ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram obtidos por Ambrosano et al. (2011), onde esses autores destacam a capacidade de produção de biomassa seca da crotalária júncea. Em condição de pousio a produção de biomassa seca (4632 kg ha<sup>-1</sup>) foi superior a relatada por Duarte Júnior & Coelho (2008); a provável justificativa pode estar relacionada as diferenças nas espécies da vegetação espontânea que desenvolveram nessa condição. Para a produção de biomassa seca do amendoim (5078 kg ha<sup>-1</sup>) foi superior a observada por Ambrosano et al. (2011). Convém mencionar que para as condições desse experimento não houve diferenças estatísticas para produção de biomassa seca de amendoim e milho (6723 kg ha<sup>-1</sup>). Embora a produção de biomassa seca do milho foi semelhante a obtida por Arf et al., (2010), encontra-se bem abaixo da produção de 15991 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa seca obtidas por Mateus (2007). Para a produção de biomassa seca do sorgo (9018 kg ha<sup>-1</sup>) foi estatisticamente semelhante a obtida pelos adubos verdes (10190 kg ha<sup>-1</sup>); porém foi inferior à obtida por Mateus (2007). Evidencia se dessa forma que a restrição hídrica no período de crescimento vegetativo e reprodução influenciou de forma distinta as culturas utilizadas em rotação.



**Tabela 5-** Biomassa seca da parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>), no florescimento das culturas, em razão do preparo do solo e espécies vegetais em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

<b>Preparo do solo</b>	kg ha <sup>-1</sup>	<b>Culturas</b>	kg ha <sup>-1</sup>
Convencional	7157 a	Adubos verdes	10190 a
Preparo reduzido	6195 ab	Amendoim	5078 bc
Plantio direto	5713 b	Milho	6723 b
		Pousio	4632 c
		Soja	2487 d
		Sorgo sacarino	9018 a
<b>Valor de F</b>	7,55**	<b>Valor de F</b>	34,68**
<b>Valor de F - Preparo do solo x Culturas</b>		1,81 <sup>ns</sup>	
<b>CV 1 (%)</b>		20,63	
<b>CV 2 (%)</b>		26,66	

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

Como resultado constatou-se que não houve efeito da interação dos fatores aplicados para todos os macronutrientes (Tabela 7). Com relação aos fatores isolados, exceção ao cálcio, também não houve efeito do preparo de solo. O sistema de preparo convencional obteve maior teor em relação ao SPD, o que pode ser atribuído a maior disponibilidade deste elemento no solo uma vez que houve a incorporação do calcário, comprovando assim os maiores teores de Ca obtidos no palhicho da cana em SPD. Já para o fator culturas constatou-se efeito isolado para todos os nutrientes.

O maior teor de nitrogênio foi alcançado com a cultura do amendoim (42,31 g kg<sup>-1</sup>) e o menor valor foi obtido nas plantas do sistema pousio (42,31 g kg<sup>-1</sup>). Vale ressaltar que exceção a soja todos os teores foliares de N situaram-se no nível considerado adequado em cada cultura (RAIJ et al., 1997). O teor de N para cultura do amendoim foi semelhante ao obtido por Bolonhezi (2007). Convém salientar que semelhante ao amendoim, o fornecimento de N ocorre por meio de fixação biológica desse elemento, salvaguarda algumas diferenças como a necessidade de inoculação na cultura da soja. Assim é comum ocorrer deficiências nutricionais de N em áreas onde não há cultivo da soja anualmente. Entretanto para condições de pastagem, Vieira Neto et al. (2008) não observaram diferenças no teor de N quando utilizou 1, 2 ou 3 vezes a dose recomendada e quando o N advinha de fonte mineral. Prete, Nascimento Júnior e Coelho (2012) apontaram que déficit hídrico na fase reprodutiva de florescimento pleno e formação de vagens, por 13 dias, reduziu a massa e o número de nódulos e, conseqüentemente queda de 14% nos rendimentos

do grão. Nas condições desse experimento o déficit hídrico nessa fase foi muito mais severo, o que pode ter ocasionado uma ineficiência na FBN e, por consequência, o menor teor de N no tratamento soja.

A soja e sorgo obtiveram os maiores teores de P diferindo do milho e pousio. Entretanto para o milho, soja, sorgo e adubos verdes os teores foliares de P (4,98 g kg<sup>-1</sup> para milho e 5,86 g kg<sup>-1</sup>) foram superiores ao obtidos por Pavan (2007). Destaca-se ainda que situaram acima do considerado adequado (RAIJ et al., 1997). Convém salientar que mesmo trabalhando em solo com baixo teor de P (RAIJ et al., 1997) não houve restrição desse elemento as culturas, uma vez que por possuir baixo teor de argila, a fixação do P acaba sendo menor nessas condições.

Para o K constatou-se o maior teor nas plantas do sistema pousio, sendo este sistema composto em sua maioria pelas plantas braquiária, guanxuma e malícia. Em todas as situações constataram-se teores em nível considerado adequado para as culturas (RAIJ et al., 1997).

Com relação ao Ca a cultura do amendoim (34,26 g kg<sup>-1</sup>) alcançou o maior teor diferindo estatisticamente das demais, sendo esse valor muito superior aos valores que se encontra na literatura (GASCHO & DAVIS, 1995; BOLONHEZI, 2007; SORATTO & CRUSCIOL, 2007). Os teores foliares de Ca nas culturas do amendoim e sorgo situaram-se acima da faixa considerada adequada (RAIJ et al., 1997).

Comportamento semelhante foi observado para Mg, onde a cultura do amendoim apresentou maior valor. Esse resultado assemelha-se aos obtidos por Bolonhezi (2007) e Soratto & Crusciol (2007). Entretanto para a soja e milho o teor alcançado ficou abaixo da faixa considerada adequada para as culturas (RAIJ et al., 1997).

Já para o S constatou-se os menores valores nas culturas do milho e sorgo sacarino. Vale ressaltar que para amendoim, milho e sorgo os valores ficaram abaixo da faixa considerada adequada para as culturas (RAIJ et al., 1997).

Assim as diferenças destacadas entre os teores de macronutrientes nas culturas deve a capacidade de extração que cada espécie, sendo que essas diferenças são comumente evidenciadas na literatura (SORATTO & CRUSCIOL, 2007; AMBROSANO et al., 2011; AMBROSANO et al., 2013). Vale ressaltar que, em virtude dos diferentes manejos do solo, era esperado que pudesse ocorrer diferenças pronunciadas, principalmente, entre as culturas. No entanto, com algumas exceções, os teores foliares estão dentro do intervalo ideal preconizado, evidenciando o efeito benéfico do cultivo da cana crua empregada por vários anos

na área experimental, a qual devido o grande aporte de material vegetal na superfície do solo, disponibilizou gradualmente os nutrientes para todas as espécies cultivadas. Neste contexto, pode-se inferir que o sistema plantio direto implantado e conduzido de maneira adequada, não afeta a nutrição das culturas produtoras de grãos quando cultivado em área de reforma de canavial.

**Tabela 6-** Teores de macronutrientes de espécies vegetais utilizadas em rotação, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	N	P	K	Ca	Mg	S
Convencional	30,78	4,83	21,82	16,72 a	2,56	1,80
Preparo reduzido	30,50	5,07	21,65	16,06 ab	2,56	1,69
Plantio direto	30,86	4,72	21,41	14,73 b	2,60	1,93
<b>Culturas (C)</b>						
Adubos verdes	25,23 cd	4,98 ab	19,92 bc	13,87 c	2,08 c	2,11 a
Amendoim	42,31 a	4,62 ab	22,13 b	34,26 a	4,31 a	1,75 ab
Milho	28,93 c	4,23 b	22,14 b	7,20 d	1,30 d	1,38 b
Pousio	23,01 d	3,67 b	26,19 a	14,58 bc	2,63 bc	2,23 a
Soja	36,99 b	5,89 a	22,76 b	18,59 b	2,71 b	2,09 a
Sorgo sacarino	27,80 c	5,86 a	16,64 c	6,51 d	2,39 bc	1,27 b
<b>Valor de F (P)</b>	0,03 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	4,92*	0,07 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	58,20*	6,16*	15,75*	94,79**	54,85*	10,35*
<b>Valor de F – (Px C)</b>	1,27 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	19,18	30,85	7,00	14,10	17,67	22,81
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	10,97	25,36	12,81	22,78	18,05	24,27

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.3 Produtividades Das Culturas De Rotação E Pousio

#### 5.3.1 Amendoim

Para a cultura do amendoim constata-se que não houve efeito dos sistemas de preparo do solo para as variáveis estande de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem (Tabela 8), além de produtividade de grãos e rendimento de grãos (Tabela 9). Já para massa de 100 grãos e produção de vagens houve efeito dos tratamentos.

Para massa de 100 grãos constatou-se que no SPD houve maior peso em relação ao preparo reduzido e convencional, porém não proporcionou maiores rendimentos de grãos. A produção de vagens do amendoim foi maior no sistema de cultivo convencional em relação ao sistema plantio direto obtendo valores de 2170 e 1310 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 9). Esses resultados assemelham-se aos

obtidos por Soratto & Crusciol (2007), onde, o cultivo do amendoim em SPD na palha de braquiária, proporcionou a produção abaixo de  $1800 \text{ kg ha}^{-1}$ . Entretanto diferem dos obtidos por Bolonhezi et al. (2007) onde não houve diferenças estatísticas entre o sistema convencional, preparo reduzido e SPD. Destaca que esses mesmos autores obtiveram em algumas situações produtividade de vagens superiores a  $5000 \text{ kg ha}^{-1}$ , muito superior as obtidas nas condições desse experimento. A população final próxima de  $60000 \text{ plantas ha}^{-1}$  foi suficiente para proporcionar produtividades acima de  $4500 \text{ kg ha}^{-1}$  na cultivar IAC RUNNER 886 (ROMANINI JÚNIOR, 2007). Descarta a possibilidade de deficiências nutricionais terem comprometido a produção, pois os valores de macronutrientes foram semelhantes ao que se tem relatado na literatura para obtenção de boas produtividades de vagem  $\text{ha}^{-1}$  (GASCHO & DAVIS, 1995; RAIJ et al., 1997; AMBROSANO et al., 1996; BOLONHEZI, 2007; SORATTO & CRUSCIOL, 2007).

Assim destaca-se que o fator principal da baixa produtividade do amendoim, para essas condições experimentais, foi relacionada a baixa disponibilidade hídrica durante seu ciclo. O amendoim é considerado uma planta que possui a capacidade de tolerar deficiências hídricas sem comprometer a produtividade. Isso se deve a algumas características, como sistema radicular mais vigoroso e melhor controle estomático, sendo que algumas cultivares apresentam maior tolerância ao estresse hídrico (AZEVEDO NETO et al., 2010). Cardoso et al. (2011) estimaram o consumo hídrico das cultivares de amendoim IAC RUNNER 886 e IAC TATU ST. Independente da cultivar o maior consumo hídrico ocorreu na fase de florescimento a maturação além. Destacaram ainda que a média da demanda evapotranspirativa no ciclo da IAC RUNNER 886 ( $5,53 \text{ mm dia}^{-1}$ ) foi superior a IAC TATU ST ( $5,17 \text{ mm dia}^{-1}$ ). Sendo assim a deficiência hídrica severa nessa fase, que ocorreu entre os meses de janeiro e fevereiro de 2014, comprometeu de forma significativa a produtividade do amendoim, independente do tratamento.

Vale ressaltar que se esperava que a presença do palhiço da cana na superfície do solo poderia ter aumentado a capacidade de armazenamento de água da chuva, favorecendo a absorção de água e nutrientes pelas plantas de amendoim. Bolonhezi et al. (2007) relatam que após 10 dias sem chuvas superiores a 5 mm, o conteúdo de água na camada de 0,00-0,12 m foi 16% superior no SPD quando comparado ao sistema convencional. Além disso, a maior proteção do solo com a palha pode ter diminuído a oscilação e a ocorrência de altas temperaturas no solo (VOSS &

SIDIRAS, 1985; MOROTE et al., 1990), favorecendo melhor exploração do volume do solo, uma vez que, o crescimento das raízes do amendoim está relacionado com a temperatura e umidade do solo.

Entretanto, os resultados foram opostos, em termos percentuais, no plantio direto e cultivo mínimo as perdas foram respectivamente, 39,6% e 12,3% para vagens e 38,9 % e 12,8% para grãos. Embora não tenha observado diferenças significativas na produção de vagens em SPD e preparo reduzido, Bolonhezi (2007) destaca em sua revisão de literatura que, para as condições norte-americanas, as pesquisas verificaram perdas entre 19 e 62% na produção de vagens e grãos nos sistemas conservacionistas de manejo do solo.

Grichar & Smith (1991, 1992), demonstram que a viabilidade da produção de amendoim em sistemas conservacionistas de manejo do solo depende do cultivar e do ano de condução.

**Tabela 7-** Estande final de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos de amendoim, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Estande	Número de vagens	Número de grãos por vagem	Massa de 100 grãos
	plantas ha <sup>-1</sup>	Vagens planta <sup>-1</sup>		g
Convencional	68333	35,5	1,5	60,8 b
Preparo reduzido	65277	34,6	1,4	60,1 b
Plantio direto	61666	23,0	1,4	72,4 a
<b>Valor de F</b>	0,57 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	8,88*
<b>CV (%)</b>	13,63	38,69	14,81	7,19

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 8-** Produção de vagens, grãos e índice de rendimento de grãos de amendoim, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Produção de vagens	Produtividade de grãos	Rendimento de grãos
	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%
Convencional	2170 a	1502	69,0
Preparo reduzido	1903 ab	1311	69,0
Plantio direto	1310 b	918	67,3
<b>Valor de F</b>	9,85*	3,22 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	15,63	26,66	19,92

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.3.2 Adubos Verdes

Para a instalação do tratamento adubos verdes não houve efeito dos modos de preparo de solo sobre a produção de massa seca da Crotalária, Labelabe e Total (Tabela 10). A média de produção de fitomassa seca da Crotalária, Labelabe e Total foi de 8898, 1292 e 10190 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Diante desses valores verificou-se que a crotalária representou 87,3 % e o labelabe 12,7 % do total produzido de massa seca dos adubos verdes. Destaca-se que mesmo em condição de associação de leguminosas, como ocorreu nesse experimento, a produtividade de biomassa seca da *Crotalaria juncea* L. foi de 8898 kg ha<sup>-1</sup>, sendo esse resultado muito semelhante aos 9300 kg ha<sup>-1</sup> obtidos por Ambrosano et al. (2011) para as condições de Piracicaba em cultivo solteiro. Dessa forma conclui que a associação da crotalária com o labelabe não influenciou a produtividade da crotalária. Tal fato pode ser explicado pelo crescimento da *Crotalaria juncea* L. ser do tipo ereto e as plantas atingirem alturas superiores a 3 metros, ao passo que o labelabe apresenta hábito de crescimento trepador, atingindo altura de no máximo 1 metro. Aliado ao hábito de crescimento e porte da planta a crotalaria é uma das leguminosas de mais rápido crescimento inicial o que a favoreceu ainda mais na competição interespecífica.

Entretanto para o labelabe o resultado foi oposto. Nas condições desse experimento, a produtividade do labelabe foi de 1292 kg ha<sup>-1</sup>, bem inferior aos 12623 kg ha<sup>-1</sup> obtidos por Duarte Júnior & Miranda (2008) em cultivo solteiro. Conclui-se que a *Crotalaria juncea* L. produz praticamente sete vezes mais em relação ao labelabe, quando ocorre o cultivo associado dessas duas leguminosas. Porém deve-se destacar que a associação de adubos verdes, nessas condições experimentais, foi o tratamento que teve a menor susceptibilidade ao severo déficit hídrico ocorrido nos meses de janeiro e fevereiro de 2014, tendo em vista que a produtividade de biomassa seca foi muito semelhante ao que normalmente é relatado na literatura, mesmo em condições experimentais mais favoráveis ao desenvolvimento dos adubos verdes (DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; AMBROSANO et al., 2009; AMBROSANO et al., 2011).

No noroeste paulista é comum ocorrer a combinação de períodos de “veranicos” no verão, solos com baixa capacidade de reter água (arenosos) e grande demanda evapotranspirativa. Nessas condições há viabilidade de utilização de adubos verdes, em qualquer tipo de preparo do solo, porém deve-se destacar o SPD, principalmente por não apresentar diferenças significativas no desenvolvimento vegetativo dessas

espécies, mesmo em condições desfavoráveis como compactação do solo e déficit hídrico. Vale ressaltar que no SPD, ocorre a aliança de melhoria nas qualidades físicas, químicas e biológicas do solo à mitigação nos custos de produção. A grande rusticidade dos adubos verdes é destacada por Cárceres & Alcarde, (1995), principalmente a espécie *Crotalaria juncea* L., o que torna essa espécie muito utilizada em áreas de reforma de canaviais; essa situação apresenta alguns benefícios que vão além da prática da adubação verde e rotação de culturas. Prove, Googan e Truong (1995) ressaltam que as espécies utilizadas como adubos verdes possuem crescimento rápido e vigoroso, sendo assim, para as condições desse experimento, a disponibilidade hídrica na fase inicial permitiu que os adubos verdes apresentassem bom desenvolvimento vegetativo.

**Tabela 9-** Produção de massa de matéria seca de Crotalária, Labelabe e total, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

<b>Preparo do solo (P)</b>	<b>Crotalária</b>	<b>Labelabe</b>	<b>Total</b>
	.....kg ha <sup>-1</sup> .....		
Convencional	9114	1146	10259
Preparo reduzido	8876	1533	10409
Plantio direto	8703	1198	9901
<b>Valor de F</b>	0,07 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	17,36	21,68	15,06

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.3.3 Milho

Na Tabela 11 estão os resultados de altura de plantas, altura da inserção da espiga e diâmetro de colmo do milho em função do sistema de preparo de solo. Constata-se que não houve efeito significativo dos fatores aplicados para todos as variáveis. De acordo com Silva (2000), a altura da inserção da primeira espiga está diretamente relacionada com a altura de plantas, ou seja, plantas de maior altura resultam em maiores alturas de inserção da espiga, o que pode estar relacionado a fatores genéticos.

Os resultados de estande, índice de espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho encontram-se na Tabela 12. Constata-se que, com exceção ao estande de plantas, nenhuma variável foi afetada pelos fatores.

Para estande de plantas verificou-se que o SPD apresentou maior valor em relação ao preparo reduzido e convencional, observando média de 68888 plantas

ha<sup>-1</sup>. A maior proteção e retenção de água no solo, devido a camada de palha, pode ter contribuído positivamente na germinação das sementes, e no estabelecimento das plântulas de milho, proporcionando adequado estande final neste sistema.

Comportamento inverso ao estande de plantas foi constatado para índice de espiga, ou seja, não houve efeito dos sistemas de cultivo, obtendo índice de espiga médio de 0,23. Ressaltasse que este valor é muito baixo frente aos comumente obtidos para a cultura do milho. Tal fato pode ser atribuído a forte seca ocorrida e as elevadas temperaturas diurnas e noturnas. Freddi et al. (2007) encontraram diferenças significativas na produtividade do milho em solos compactados devido a restrições no fornecimento de água no estágio de florescimento. Vale destacar que compactação do solo pode interferir na produtividade do milho, mesmo em condições de fornecimento de água com uso de irrigação (FREDDI et al., 2009).

Com relação ao número de grãos por espiga também não foi influenciado pelos sistemas de preparo de solo, os valores alcançados no presente trabalho estão muito aquém dos obtidos em condições normais de precipitação e temperaturas adequadas, ficando na média com 262 grãos por espiga, em todos os sistemas.

A massa de 100 grãos não foi influenciada pelo sistema de preparo, sendo o valor médio obtido de 26,6 gramas.

Com relação à produtividade de grãos constata-se que o fator preparo de solo não exerceu influência significativa nesta variável. A não resposta da produtividade de grãos ao sistema de preparo de solo é consequência, principalmente, dos resultados verificados para índice de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos, uma vez que, sendo estes os componentes da produção, e não foram alterados pelos tratamentos, por conseguinte esses resultados refletiram na produtividade de grãos.

De modo geral, fica difícil concatenar os resultados obtidos face a grande influência climática na cultura, o que tornou a água um elemento limitante ao desenvolvimento das plantas de milho. Para a cultura do milho e sorgo as quantidades requeridas são de 350 a 500 mm no verão (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000; MAGALHÃES; DURAES; SCHAFFERT, 2000). Mateus (2007) obteve produtividade próxima de 9000 kg ha<sup>-1</sup>, sendo registrado quantidade de chuva próximas a 600mm. Dessa forma os 450 mm registrados nas condições desse experimento deveriam ser suficientes para garantir produtividades razoáveis. Todavia não foi o que aconteceu, pois a frequência de chuva e a demanda



evapotranspirativa impactaram de forma mais significativa na produtividade do milho. Vilela & Büll (1999) encontraram diferenças significativas na produção de massa de matéria seca de plantas de milho submetidas à deficiência hídrica na fase reprodutiva. Embora esses autores tenham trabalhado em condição de casa de vegetação, pode ser utilizada para justificar a baixa produtividade obtidas nesse experimento ( $700 \text{ kg ha}^{-1}$ ), sendo que o período compreendido entre 10/01/2014 e 28/02/2014 a quantidade de chuva acumulada foi inferior a 70 mm e em algumas ocasiões a temperatura máxima superou os  $40^\circ\text{C}$  (Figura 1), coincidindo com o final da fase vegetativa e o início da fase reprodutiva. Nesse experimento, mesmo com a grande quantidade de palha no sistema plantio direto, não foi suficiente para assegurar a manutenção da umidade do solo e garantir boas produtividades do milho.

**Tabela 10-** Altura de planta, altura da inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Altura de plantas	Altura da inserção da espiga	Diâmetro do colmo
	plantas $\text{ha}^{-1}$	espigas $\text{ha}^{-1}$	
Convencional	162,9	94,6	21,0
Preparo reduzido	186,1	108,8	22,5
Plantio direto	178,6	101,1	21,4
<b>Valor de F</b>	3,99 <sup>ns</sup>	3,66 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	6,75	7,33	6,63

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 11-** Estande final de plantas, número de espigas, índice de espigas, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Estande	Índice de Espigas	Número de grãos por espiga	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos
	plantas $\text{ha}^{-1}$			g	$\text{kg ha}^{-1}$
Convencional	54444 b	0,28	239	25,8	616
Preparo reduzido	51111 b	0,14	269	27,1	298
Plantio direto	68888 a	0,27	278	26,9	1188
<b>Valor de F</b>	11,63 <sup>**</sup>	3,13 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	8,13	40,67	26,92	22,01	107,67

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.3.4 Soja

Na Tabela 13 estão apresentados os dados de altura e altura da inserção 1º vagem e altura da planta de soja, que não foram afetados pelos sistemas de preparo de solo. No entanto, em todos os tratamentos a altura foi superior 65 cm, bem como, a altura de inserção da 1º vagem superior a 10 cm, o que possibilitaria colheita mecanizada da cultivar de soja Valiosa RR, uma vez que os valores estavam acima dos padrões exigidos para tal operação (BONETTI, 1983).

Os resultados de estande final de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos estão inseridos na Tabela 14. Constatou-se efeito de preparo de solo somente para estande final de plantas, sendo que no SPD houve maior valor. A maior proteção e retenção de água no solo, devido a camada de palha, pode ter contribuído positivamente na germinação das sementes, e principalmente, no estabelecimento das plântulas de soja, proporcionando maior estande final. Esses resultados corroboram com os de Morote et al. (1990) que observaram na presença de 6,6 t ha<sup>-1</sup> de palha de trigo, redução de perdas de água do solo e a manutenção da temperatura do solo em torno de 30°C nos primeiros dias após a implantação da soja, já no tratamento sem palha a temperatura alcançou 38°C a 5 cm de profundidade, prejudicando a germinação da soja.

Não houve uma relação entre as variáveis número total de vagens por planta e número de grãos por vagem da soja e os sistemas de preparo. Esses resultados corroboram aos obtidos por Santos et al. (1991) e discordam aos de Santos & Reis (1994).

Com relação a massa de 100 grãos verifica-se que esta variável não foi influenciada pelo sistema de preparo, atingindo valor médio de 19,37 gramas. Mesmo como a melhor cobertura do solo nas áreas de preparo conservacionistas de solo, esperava-se uma manutenção maior do teor de água no solo que, conseqüentemente, propiciariam melhor enchimento de grãos, fato que pode ser comprovado pelos relatos de Bergamin et al. (1999) que relataram que déficit hídrico em estágio avançado da planta de soja refletirá em menor tamanho de grãos.

Quanto a produtividade de grãos não houve diferença estatística entre os tratamentos, mas o maior valor foi obtido no SPD. Tal resultado pode ser atribuído a maior população de plantas, decorrente de maior germinação e emergência de plântulas, e da massa de 100 grãos, decorrente da maior disponibilidade hídrica

durante o processo de enchimento das vagens. Resultados semelhantes foram observados por Sidiras, Derpsch e Mondardo (1983).

**Tabela 12-** Altura de planta e altura da inserção da 1º vagem da soja, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Altura de plantas	Altura da inserção da 1º vagem
	plantas ha <sup>-1</sup>	espigas ha <sup>-1</sup>
Convencional	69,2	13,1
Preparo reduzido	68,3	14,1
Plantio direto	71,3	11,7
<b>Valor de F</b>	0,19 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	10,10	27,73

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 13-** Estande final de plantas, número de vagens, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Estande	Número de vagens	Número de grãos por vagem	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos
	plantas ha <sup>-1</sup>	Vagens planta <sup>-1</sup>		g	kg ha <sup>-1</sup>
Convencional	192776	49,1	1,2	18,3	1078
Preparo reduzido	259442	41,1	1,2	18,9	1076
Plantio direto	306664	41,9	1,5	20,9	1613
<b>Valor de F</b>	7,45*	0,53 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	2,12 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	16,57	27,28	18,70	8,84	33,91

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.3.5 Sorgo Sacarino

A partir do florescimento pleno (87 dias após o plantio-DAP) avaliou-se semanalmente a porcentagem de biomassa seca da parte aérea e o teor de Brix do caldo das plantas de sorgo sacarino (Tabela 15).

Ao final do período de coletas (143 DAP) avaliaram-se estande final, produção de biomassa fresca e seca da parte aérea. Para a % MS da planta, bem como o brix do caldo não houve efeito dos preparos de solo e da interação preparo de solo e época de amostragem.

Entretanto, essas duas variáveis foram influenciadas pelo fator época de amostragem. Para a porcentagem de biomassa seca da parte aérea constatou-se ajuste quadrático para época de amostragem ( $y = -0,0021x^2 + 0,3679x + 19,581$ ,

$R^2=0,76^{**}$ ), sendo que os valores oscilaram entre 19,6% no florescimento pleno e 33,6% aos 56 dias após.

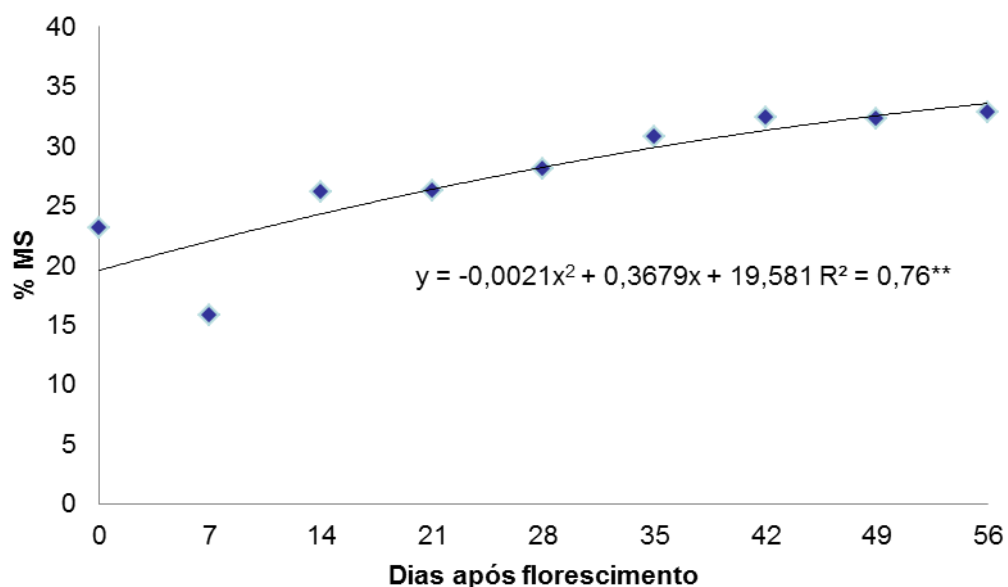
Com relação a produção de biomassa fresca e seca da parte aérea e estande final de plantas não verificou efeitos dos manejos de solo adotados. As médias obtidas, nos diferentes tratamentos, foram de 61683 e 20231 kg ha<sup>-1</sup> para a produção de biomassa fresca e seca da parte aérea, respectivamente, bem abaixo da média de 46360 kg ha<sup>-1</sup> obtidos por Parrella et al. (2010). Destaca que semelhante às outras culturas utilizadas em rotação o déficit hídrico foi prejudicial ao bom desenvolvimento do sorgo sacarino.

O estande final de plantas foi de 161110 plantas ha<sup>-1</sup>, valor próximo ao almejado no plantio (180000 plantas ha<sup>-1</sup>). Pereira Filho et al. (2013) encontraram aumento linear de produtividade do sorgo sacarino com o aumento da população de plantas e obtiveram máxima produtividade com a população de 175000 plantas ha<sup>-1</sup>; dessa forma, a população de plantas não interferiu na produtividade do sorgo, mas sim o déficit hídrico durante o desenvolvimento da cultura.

**Tabela 14-** Produção de massa de matéria verde e seca, estande final de plantas e teor de Brix do caldo de sorgo sacarino, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Matéria Verde	Matéria Seca	Estande	° Brix
	kg ha <sup>-1</sup>			
Convencional	62783	20991	150000	22,7
Preparo reduzido	58075	18321	175000	21,6
Plantio direto	64192	21383	158333	22,6
<b>Valor de F</b>	0,25 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	20,76	19,73	11,06	4,79

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.



**Figura 3-** Porcentagem de matéria seca da planta de sorgo sacarino após florescimento (87 DAP).

#### 5.4 Análise Das Raízes Das Culturas De Rotação E Pousio

Como resultado constatou-se que, exceção a diâmetro de raiz na camada de 0,00-0,10 m, não houve efeito da interação dos fatores aplicados, assim como não houve efeito isolado de manejo de solo e das culturas para todas as variáveis (Tabelas 16, 17, 18, 19 e 20). É fato que no ano agrícola 2013/14 a disponibilidade hídrica não foi favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto das raízes quanto da parte aérea, tendo em vista que essa relação é constante (ROSOLEM; ALMEIDA; SACRAMENTO, 1994). Entre os meses de dezembro até maio foram registradas quantidades inferiores a 450 mm de chuva, aliado a vários dias com temperaturas superiores a 35°C, o que permitiu que as espécies apresentassem comportamento semelhante para a produção de matéria seca e comprimento radicular, o que refletiu na superfície, volume e diâmetro das raízes, ou seja, a área explorada de solo foi a mesma para as espécies.

Assim volume de solo explorado pelas raízes foi semelhante para a mesma espécie independente do tipo de manejo de solo.

A produção de matéria seca da raiz variou de 2.512, 2.496 e 1.195 g m<sup>-3</sup> para as camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente. Independentemente do manejo do solo e das culturas verificou-se que 80,7 % do sistema radicular concentrasse na camada de 0-20 cm.

Com relação ao diâmetro radicular verificou-se maior valor no sistema pousio em comparação a cultura do amendoim, obtendo valores de 0,062 e 0,058 cm, respectivamente. Diversos trabalhos apontam aumento no diâmetro radicular em condições de camadas compactadas (MATERECHERA et al., 1992; ROSOLEM; ALMEIDA; SACRAMENTO, 1994; MELLO IVO & MIELNICZUK, 1999; FOLONI; CALONEGO; LIMA, 2003; FREDDI et al., 2007; FREDDI et al., 2009), todavia por não tratar de uma única espécie, as diferenças observadas ocorrem devido as características genéticas de cada planta.

De maneira geral, as culturas não apresentaram grandes diferenças no padrão de crescimento radicular, sendo que a grande maioria das raízes encontrava na camada superficial do solo. Esse comportamento é previsível, tendo em vista que as camadas superficiais são as mais férteis. A adição de N proporcionou diferenças no comprimento radicular na camada de 0,00-0,08 m, porém não influenciou no desenvolvimento em profundidade (DODD & MACKAY, 2011). A redução, principalmente, do comprimento, superfície e matéria seca de raízes em profundidade, observado para ambas as culturas, pode estar relacionado com as características genéticas das espécies ou aos maiores teores de  $Al^{3+}$  e menor disponibilidade de Ca e Mg verificados nessas camadas. Corrêa et al. (2008) obtiveram menor comprimento e massa de matéria seca radicular em solos sem correção de acidez. Caires & Rosolem (1998) encontraram maior crescimento radicular do amendoim na camada de 0,00-0,20m proporcionado pelo aumento do teor de Ca, ocasionado pela incorporação de corretivo nessa camada.

**Tabela 15-** Produção de massa de matéria seca de raiz ( $\text{g m}^{-3}$ ) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Camadas		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	2581,83	2398,59	1222,41
Preparo reduzido	2119,61	2453,07	1011,11
Plantio direto	2836,05	2636,30	1351,17
<b>Culturas (C)</b>			
Aubos verdes	2525,70	2373,83	1579,80
Amendoim	2172,43	1994,15	855,11
Milho	2647,86	3189,32	1193,52
Pousio	3324,68	3413,82	1401,52
Soja	2007,35	1753,13	1198,47
Sorgo sacarino	2396,94	2251,67	940,95
<b>Valor de F (P)</b>	1,45 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	2,03 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	1,69 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	58,80	53,55	39,04
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	44,56	56,75	57,57

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 16-** Comprimento radicular ( $\text{km m}^{-3}$ ) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Camadas		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	7,73	7,30	4,94
Preparo reduzido	5,47	4,74	2,45
Plantio direto	8,51	4,55	2,90
<b>Culturas (C)</b>			
Aubos verdes	5,53	4,21	3,87
Amendoim	3,39	5,73	2,36
Milho	10,73	4,64	2,27
Pousio	10,23	5,21	5,98
Soja	7,22	7,50	4,10
Sorgo sacarino	6,34	5,89	2,00
<b>Valor de F (P)</b>	0,52 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	2,08 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	1,16 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	148,13	235,74	237,80
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	93,48	120,08	103,50

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 17-** Diâmetro médio ponderado radicular (cm) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Camadas		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	0,062	0,060	0,062
Preparo reduzido	0,059	0,056	0,059
Plantio direto	0,059	0,056	0,059
<b>Culturas (C)</b>			
Adubos verdes	0,062 ab	0,061	0,061
Amendoim	0,058 b	0,057	0,059
Milho	0,061 ab	0,059	0,058
Pousio	0,062 a	0,061	0,060
Soja	0,059 ab	0,062	0,060
Sorgo sacarino	0,060 ab	0,061	0,060
<b>Valor de F (P)</b>	1,04 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	3,15*	1,55 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	1,38 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	11,45	11,18	11,78
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	5,09	19,06	5,11

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 18-** Superfície radicular (m<sup>2</sup> m<sup>-3</sup>) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Camadas		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	18,82	20,90	11,79
Preparo reduzido	11,49	10,16	5,71
Plantio direto	17,74	9,17	5,90
<b>Culturas (C)</b>			
Adubos verdes	14,90	9,08	9,91
Amendoim	6,56	12,45	5,05
Milho	23,59	8,66	4,58
Pousio	22,15	20,74	13,68
Soja	14,93	15,88	9,29
Sorgo sacarino	13,97	13,65	4,29
<b>Valor de F (P)</b>	0,35 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,69 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,97 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	203,96	331,66	288,70
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	102,79	130,18	124,69

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.



**Tabela 19-** Volume de raiz ( $m^3 m^{-3}$ ) de espécies vegetais, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Camadas		
	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	0,05	0,05	0,03
Preparo reduzido	0,03	0,02	0,02
Plantio direto	0,04	0,02	0,01
<b>Culturas (C)</b>			
Aubos verdes	0,03	0,02	0,03
Amendoim	0,01	0,03	0,01
Milho	0,05	0,02	0,01
Pousio	0,06	0,05	0,05
Soja	0,03	0,03	0,02
Sorgo sacarino	0,04	0,04	0,01
<b>Valor de F (P)</b>	0,21 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,30 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	2,05 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	1,06 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	252,82	362,13	316,27
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	132,07	146,67	171,76

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.5 Análise Das Raízes Da Cana De Açúcar

Para o fator preparo do solo, na cultura da cana de açúcar, nos primeiros 10 cm de profundidade (Tabela 21), o preparo do solo convencional propiciou um aumento de 23% no comprimento radicular comparado ao SPD. Camilotti et al. (2005) obtiveram menores valores de densidade do solo com uso de arados de aivecas nas camadas superficiais devido à maior capacidade de descompactação desse implemento nessa faixa de profundidade, o que pode ter propiciado condições favoráveis ao desenvolvimento radicular nessa camada. Destaca-se que aumento da densidade global do solo em camadas subsuperficiais promoveu aumento do comprimento radicular na camada superior, sendo esses resultados semelhantes aos obtidos por Bengough & Young (1993) e Rosolem, Almeida e Sacramento (1994). O diâmetro médio ponderado radicular da cana de açúcar, nos 10 cm iniciais, diferiu estatisticamente nos diferentes tipos de preparo, sendo maior no preparo reduzido (0,085 cm) e menor no convencional (0,078 cm). O aumento do diâmetro radicular ocorre em presença de camadas compactadas (BENGOUGH & MULLINS, 1990). Dessa forma o preparo reduzido pode não ter sido efetivo na eliminação da compactação superficial. Carvalho et al. (2011) obtiveram respostas de redução na densidade do solo, com uso de subsoladores, na camada de 21-40 cm, sendo que

nos 20 cm superficiais não houve diferenças estatísticas com sistema convencional e SPD. Não houve diferença significativa no comprimento radicular e diâmetro nas camadas de 10 a 20cm, 20 a 40cm, 40 a 60cm e 60 a 80cm (Tabelas 22,23,24,25). Não houve diferenças estatísticas para as variáveis massa de matéria seca de raiz, superfície radicular e volume de raiz em todas as profundidades. Lima (2016) observou que mesmo em condições de preparo profundo, o sistema radicular da cana de açúcar concentra nas camadas superficiais, não diferindo de outras espécies cultivadas, devendo observar essa concentração nas áreas superficiais ocorreu pelas melhores condições físicas e químicas nessa camada (MAYA & RIBEIRO, 2004; PRADO; ROQUE; SOUZA, 2002; COSTA et al., 2007; BAQUERO et al., 2012)

Para as culturas foram observadas diferenças significativas no comprimento radicular, nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (Tabelas 21 e 22), e na massa de matéria seca de raiz na camada de 20 a 40 cm de profundidade. Na camada de 0 a 10 cm, sob condição de pousio, o comprimento radicular foi 31% menor em comparação a parcela onde havia cultivado adubos verdes. Na camada de 10 a 20 cm, o maior comprimento radicular ocorreu nessa camada ( $15,70 \text{ km m}^{-3}$ ), sendo esse valor 56% superior ao obtido no tratamento amendoim ( $10,08 \text{ km m}^{-3}$ ). A massa de matéria seca das raízes de cana, na camada de 20 a 40 cm foi maior na condição de pousio ( $1021,82 \text{ g m}^{-3}$ ), sendo esse resultado 66%, 77% e 81% superior, respectivamente, para a cultura do amendoim, adubos verdes e Milho. O maior desenvolvimento radicular ocorre quando não há condições restritivas (MARSCHNER, 1986). Dessa forma, para as condições desse experimento, pode concluir que a adubação verde favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular da cana de açúcar nos primeiros 10 cm, enquanto que, sob condições de pousio, o sistema radicular da cana de açúcar desenvolveu melhor nas camadas de 10-40 cm. Diversos trabalhos publicados apontam que em condições de pousio há aumento da densidade do solo nas camadas superficiais (PRADO; ROQUE; SOUZA, 2002; CALONEGO, 2007; CALONEGO & ROSOLEM, 2010; CASTRO; CALONEGO; CRUSCIOL, 2011). Convém salientar que sob condições de pousio houve um predomínio de espécies do gênero *Urochloa*. Silva & Rosolem (2002) destacam que algumas espécies vegetais possuem capacidade de desenvolver seu sistema radicular em condições de solos mais compactados, formando canais após a decomposição do sistema radicular antigo, favorecendo o desenvolvimento radicular

da nova espécie, os chamados bioporos. Dentre as espécies, a *Urochloa brizantha* teve maior tolerância para desenvolver em condições de solo compactado (SILVA; MARTINS; MARTINS, 2006). Convém mencionar que as raízes são a fonte mais importante de matéria orgânica lábil em profundidade (CARMEIS FILHO et al., 2016) e nessas condições pode favorecer o suprimento de água em condições de menor disponibilidade hídrica.

Para os outros parâmetros avaliados (Diâmetro médio ponderado, superfície radicular e volume de raiz) não foram observadas diferenças significativas nos diferentes tratamentos para o primeiro corte. Entretanto deve salientar que esses resultados referem ao primeiro corte da cana de açúcar e, com o passar dos ciclos, devido as características do cultivo da cana de açúcar, ocorre a tendência do sistema radicular se concentrar cada vez mais na superfície, principalmente ocasionado pelo aumento da densidade do solo, resistência mecânica à penetração do solo e redução da porosidade do solo em camadas mais profundas. (BAQUERO et al., 2012).

**Tabela 20-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 0 a 10 cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Massa de matéria seca	Comprimento radicular	Diâmetro radicular	Superfície radicular	Volume de raiz
	( $\text{g m}^{-3}$ )	( $\text{Km m}^{-3}$ )	(cm)	( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )
Convencional	596,17	12,59a	0,078b	57,26	0,035
Preparo reduzido	586,02	11,59ab	0,085a	57,74	0,032
Plantio direto	887,57	10,21b	0,080ab	54,92	0,030
<b>Culturas (C)</b>					
Aubos verdes	632,79	13,64a	0,078	52,55	0,023
Amendoim	845,20	10,29ab	0,085	58,68	0,032
Milho	618,49	12,06ab	0,079	49,07	0,022
Pousio	686,17	9,45b	0,080	69,55	0,050
Soja	835,22	10,70ab	0,087	68,10	0,051
Sorgo sacarino	521,65	12,63ab	0,078	41,87	0,016
<b>Valor de F (P)</b>	1,66 <sup>ns</sup>	5,69 <sup>*</sup>	6,11 <sup>*</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,56 <sup>ns</sup>	2,82 <sup>*</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,67 <sup>ns</sup>	2,41 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	94,28	21,40	8,89	86,16	119,43
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	85,98	28,36	12,02	64,62	110,76

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 21-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 10 a 20cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Massa de matéria seca	Comprimento radicular	Diâmetro radicular	Superfície radicular	Volume de raiz
	( $\text{g m}^{-3}$ )	( $\text{Km m}^{-3}$ )	(cm)	( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )
Convencional	657,01	12,89	0,080	44,60	0,021
Preparo reduzido	477,97	12,67	0,084	39,86	0,017
Plantio direto	560,16	11,51	0,079	45,42	0,022
<b>Culturas (C)</b>					
Adubos verdes	541,45	12,27ab	0,077	29,66	0,011
Amendoim	657,01	10,08b	0,084	54,04	0,031
Milho	508,44	11,44ab	0,082	37,00	0,015
Pousio	621,79	15,70a	0,078	47,29	0,021
Soja	534,85	12,48ab	0,082	48,12	0,024
Sorgo sacarino	524,95	12,20ab	0,081	43,58	0,018
<b>Valor de F (P)</b>	1,08 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	5,29 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,35 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>*</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,38 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	75,16	22,91	7,30	66,95	81,52
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	62,12	36,90	12,51	61,87	86,58

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5%. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 22-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 20 a 40cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Massa de matéria seca	Comprimento radicular	Diâmetro radicular	Superfície radicular	Volume de raiz
	( $\text{g m}^{-3}$ )	( $\text{Km m}^{-3}$ )	(cm)	( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )
Convencional	679,46	5,64	0,087	40,80	0,025
Preparo reduzido	711,49	6,00	0,086	40,48	0,026
Plantio direto	664,43	5,15	0,085	40,29	0,025
<b>Culturas (C)</b>					
Aubos verdes	579,74b	5,83	0,088	33,50	0,019
Amendoim	615,74b	6,25	0,080	39,37	0,020
Milho	564,57b	6,05	0,087	39,25	0,021
Pousio	1021,82a	5,02	0,090	48,28	0,036
Soja	655,36ab	5,11	0,091	44,52	0,032
Sorgo sacarino	673,52ab	5,32	0,082	38,24	0,025
<b>Valor de F (P)</b>	0,17 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	3,28*	0,78 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,69 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	41,67	23,56	7,30	66,95	71,93
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	47,55	35,95	12,51	61,87	93,60

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 23-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 40 a 60cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Massa de matéria seca	Comprimento radicular	Diâmetro radicular	Superfície radicular	Volume de raiz
	( $\text{g m}^{-3}$ )	( $\text{Km m}^{-3}$ )	(cm)	( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )
Convencional	570,62	6,17	0,085	36,52	0,019
Preparo reduzido	441,59	6,84	0,080	28,93	0,014
Plantio direto	392,06	7,40	0,078	25,01	0,011
<b>Culturas (C)</b>					
Aubos verdes	456,43	7,18	0,082	28,62	0,013
Amendoim	438,28	6,23	0,083	32,59	0,019
Milho	407,75	7,11	0,077	25,13	0,012
Pousio	553,01	6,31	0,085	36,69	0,018
Soja	505,69	7,69	0,079	33,60	0,015
Sorgo sacarino	447,38	6,29	0,079	24,29	0,012
<b>Valor de F (P)</b>	0,85 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,41 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,21 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	104,52	69,76	14,60	85,56	129,36
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	60,26	45,59	11,13	58,68	95,78

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 24-** Massa de matéria seca ( $\text{g m}^{-3}$ ), comprimento radicular ( $\text{Km m}^{-3}$ ), diâmetro médio ponderado radicular (cm), superfície radicular ( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ) e volume de raiz ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) de cana de açúcar, na profundidade de 60 a 80cm, em razão do preparo do solo e diferentes culturas utilizadas na rotação. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Massa de matéria seca	Comprimento radicular	Diâmetro radicular	Superfície radicular	Volume de raiz
	( $\text{g m}^{-3}$ )	( $\text{Km m}^{-3}$ )	(cm)	( $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ )	( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )
Convencional	341,71	6,99	0,080	22,40	0,010
Preparo reduzido	423,15	10,36	0,082	17,47	0,006
Plantio direto	398,67	7,17	0,077	20,05	0,007
<b>Culturas (C)</b>					
Aubos verdes	368,68	6,47	0,079	18,77	0,007
Amendoim	381,34	6,91	0,080	18,18	0,007
Milho	285,59	14,48	0,080	21,23	0,008
Pousio	402,79	7,53	0,076	20,89	0,008
Soja	414,35	6,44	0,081	23,68	0,010
Sorgo sacarino	474,88	7,19	0,083	17,10	0,008
<b>Valor de F (P)</b>	0,55 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,73 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	0,94 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	71,33	113,46	11,46	48,46	84,81
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	65,05	129,52	12,69	53,17	84,31

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

## 5.6 Teor De Nitrogênio Total Do Solo

Na Tabela 26 encontram-se os resultados dos teores de N total no solo em razão do preparo de solo, das culturas e da época de amostragem nas culturas utilizadas como rotação e pousio (safra 2013/2014). Constata-se que, em todas as camadas, houve efeito somente da época de amostragem, os outros fatores isolados bem como as suas interações não influenciaram esta variável. Esses resultados divergem do que normalmente se encontra na literatura, onde em condição de SPD, devido a menor taxa de mineralização da matéria orgânica, acarretou em menor disponibilidade de N para a culturas (HEINRICHS et al., 2001; SORATTO et al., 2001; SILVA et al., 2002; PEREZ, 2010). Entretanto destaca-se que nas condições desse experimento a colheita de cana mecanizada sem despalha a fogo foi praticada por quatro cortes antes da instalação do experimento. Dessa forma, a presença da palha da cana na superfície do solo tende a equilibrar a quantidade imobilizada e liberada, obtendo assim o equilíbrio no fornecimento de N na ordem de  $40 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  (TRIVELLIN et al., 2013).

Com relação a época de amostragem verifica-se que os maiores teores de N foram obtidos aos 76, 77 e 80 dias após o plantio das culturas para as camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, respectivamente (Figura 4). Os teores de N foram decrescentes conforme a profundidade. Destaca nessa época onde ocorreu os maiores valores de N no solo, tanto no preparo reduzido quanto no SPD, houve redução da massa de matéria seca do palhicho, sendo a quantidade remanescente para o primeiro foi 2,5 vezes menor e no segundo 20% menor em comparação a quantidade de palhicho obtida após a colheita. Fortes, Trivellin e Vitti (2012) relatam perdas de 68% no conteúdo do palhicho da cana de açúcar no primeiro ano. Vale ressaltar que a presença de umidade acelera a decomposição e, conseqüentemente, a liberação dos nutrientes contidos no palhicho (OLIVEIRA et al., 2002). Convém salientar que para as culturas de milho e sorgo sacarino foi adicionado nitrogênio no solo conforme recomendação de Raij et al., (1997), visando justamente a nutrição adequada desse elemento para essas culturas. Para o amendoim, adubos verdes e soja considerou que o suprimento de N adveio da fixação biológica de N. Já para as culturas de rotação e pousio a demanda de N pelas plantas utilizadas em rotação ocorre na fase de maior crescimento vegetativo e início da fase reprodutiva (SÁ, 1999; CAIRES & ROSOLEM, 2000; BOLONHEZI, 2007), o que ocorreria em torno de 45-60 DAS, considerando as espécies utilizadas em rotação. Esperava-se assim que, devido à maior demanda das plantas utilizadas em rotação, o teor de N no solo fosse menor.

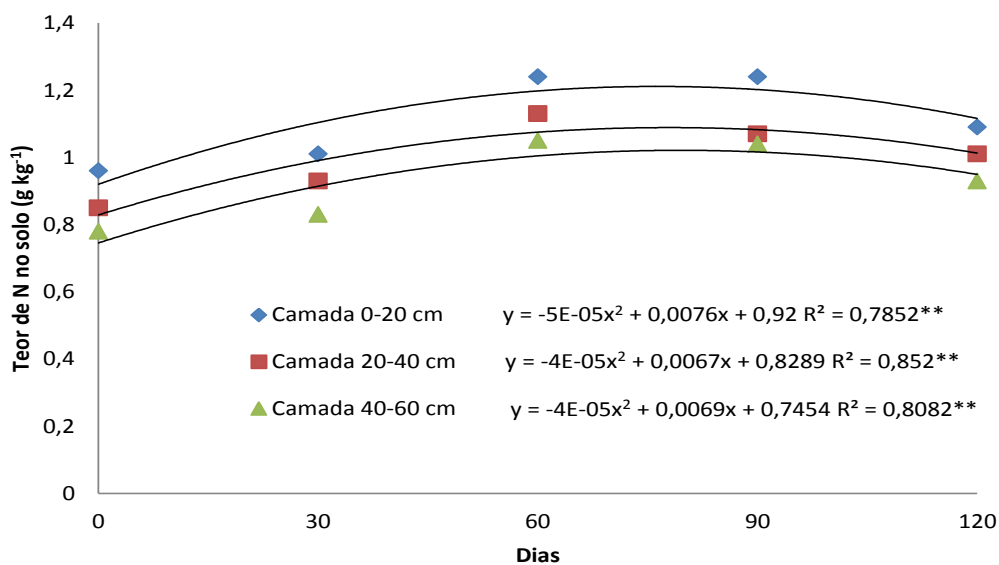
Entretanto o resultado observado foi o oposto. Dentre as justificativas para ter ocorrido esse resultado pode estar relacionado com o equilíbrio do fornecimento de N pelo palhicho da cana de açúcar, adubação de cobertura em algumas espécies e, principalmente pela irregularidade de precipitação que ocorreu no período. Caires et al. (2013) obtiveram como resultado a redução na absorção de N, tanto no milho quanto na soja, quando as plantas eram submetidas ao estresse hídrico; observaram também redução de produtividade de biomassa seca da parte aérea nessas condições. Esses mesmos autores afirmam que a os efeitos do estresse hídrico, para ambas culturas, era mais acentuado quando não era executada a correção de acidez do solo. Com exceção do pousio e dos adubos verdes, todas as outras culturas utilizadas em rotação sofreram forte redução na produção de biomassa seca da parte aérea e produtividade de grãos, reduzindo assim, por consequência, a extração e exportação de N.



**Tabela 25-** Teores de nitrogênio total do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em área de renovação de canavial, em diferentes épocas. Andradina, SP, safra 2013/14

Preparo do solo (P)	Camadas		
	0,00-0,20 m	0,20-0,40 m	0,40-0,60 m
	.....g kg <sup>-1</sup> .....		
Convencional	1,08	1,05	0,93
Cultivo mínimo	1,42	0,97	0,93
Plantio direto	1,13	0,97	0,92
<b>Culturas (C)</b>			
Adubos verdes	1,15	0,98	0,95
Amendoim	1,13	1,00	0,94
Milho	1,10	0,99	0,85
Pousio	1,06	1,00	0,93
Soja	1,09	0,99	0,93
Sorgo sacarino	1,12	1,02	0,96
<b>Épocas (E)</b>			
0	0,96	0,85	0,78
30	1,01	0,93	0,83
60	1,24	1,13	1,05
90	1,24	1,07	1,04
120	1,09	1,01	0,93
<b>Valor de F (P)</b>	0,75 <sup>ns</sup>	9,01 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,16 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (E)</b>	19,16*	14,02*	17,49*
<b>Valor de F PxC</b>	1,33 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F PxE</b>	0,70 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F CxE</b>	0,65 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	30,81	17,48	21,41
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	20,71	18,86	39,64
<b>CV<sub>3</sub> (%)</b>	22,58	25,13	26,45

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.



**Figura 4-** Teores de Nitrogênio total do solo, em diferentes camadas, em razão da época de coleta em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2013/14.

Os resultados dos teores de N total no solo em razão do preparo de solo, das culturas em sucessão e da época de amostragem, para a cana de açúcar, estão inseridos na Tabela 27. Observa-se que, em todas as camadas, houve efeito somente da época de amostragem, os outros fatores isolados bem como as suas interações não influenciaram esta variável. Dessa forma os resultados obtidos do teor de N no solo, tanto nas culturas em rotação quanto na cana de açúcar, permitem inferir que a deposição de palhicho ao longo do tempo promoveu o equilíbrio de fornecimento do N, sendo que a deposição constante disponibiliza 35-40 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (FORTES; TRIVELLIN; VITTI, 2012; TRIVELLIN et al., 2013). Convém salientar que para produção de 100 t ha<sup>-1</sup> de colmos, a cana de açúcar necessita extrair do solo cerca de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (MALAVOLTA, 2006). Rushcel (1975) citado por Malavolta (2006) destaca que em situação de cana planta ocorre a fixação biológica de N em sua rizosfera, sendo possível encontrar valores de N fixado de até 95,5 kg ha<sup>-1</sup>, o que contribui de forma efetiva para a produção de colmos.

No que concerne à época de amostragem verifica-se que exceção a camada de 0 a 20 cm, houve decréscimos lineares dos teores de N após o plantio da cana-de-açúcar (Figura 5). Os teores de N foram decrescentes conforme a profundidade. Na camada de 0 a 20 cm, até 80 dias após o plantio da cana de açúcar, houve equilíbrio no teor de N, proporcionado pela adição na superfície dos restos culturais, devendo destacar que mesmo que houve uma baixa produção de biomassa seca da parte

aérea, a produtividade de grãos foi muito baixa, resultando uma baixa exportação desse elemento. Diversos trabalhos publicados apontam que independente da espécie utilizada e do tipo de manejo do resíduo, a máxima liberação de N para o solo e, conseqüentemente a menor quantidade desse elemento na palha ocorre até 80 dias após o manejo (CRUSCIOL et al., 2008; ACOSTA, 2009; COSTA et al., 2012; SORATTO et al., 2012; FERRARI NETO et al., 2012; CRUSCIOL et al., 2013; COSTA et al., 2014), o que possivelmente contribuiu para manter o teor de N constante nessa camada até 80 dias após plantio, mesmo com a demanda desse elemento pela cana planta.

No que concerne as culturas de rotação, esperava-se que os adubos verdes disponibilizassem mais nitrogênio no solo, diferindo das outras culturas utilizadas e pousio, considerando a alta capacidade de fixação biológica de N, principalmente a *Crotalaria juncea* L., além do fato de que a restrição hídrica foi menos deletéria nesse tratamento, tendo em vista que a produção de biomassa seca da parte aérea pouco diferiu da obtida por Ambrosano et al. (2009). Assim, para essa produção de biomassa seca da *Crotalaria juncea* L., foram adicionadas quantidades superiores a 190 kg ha<sup>-1</sup> de N (AMBROSANO et al., 2005). Mesmo com maior disponibilização de N quando utiliza adubos verdes o teor de N do solo pode não sofrer alteração, sendo esse resultado observado para as condições desse experimento. Trabalhando com técnicas isotópicas de <sup>15</sup>N em sulfato de amônio, adubo verde, associação de adubo verde e sulfato de amônio e pousio, Ambrosano et al. (2007) não observaram diferenças significativas no teor de N do solo em nenhum dos tratamentos, o que de certa forma assemelha aos resultados obtidos nesse experimento. Entretanto a literatura aponta que nos primeiros meses do cultivo da cana de açúcar, o N presente na planta advinha da adubação mineral, sendo que posteriormente havia tendência de aumento do N na cana vindo da adubação verde; além disso destacaram que em épocas mais secas, a adubação verde contribuía de forma mais significativa com N na cana de açúcar quando comparado com a adubação verde, sendo esses fatores decisivos para aumentar o teor de N foliar na cana de açúcar (AMBROSANO et al., 2005; AMBROSANO et al., 2007; AMBROSANO et al., 2011).

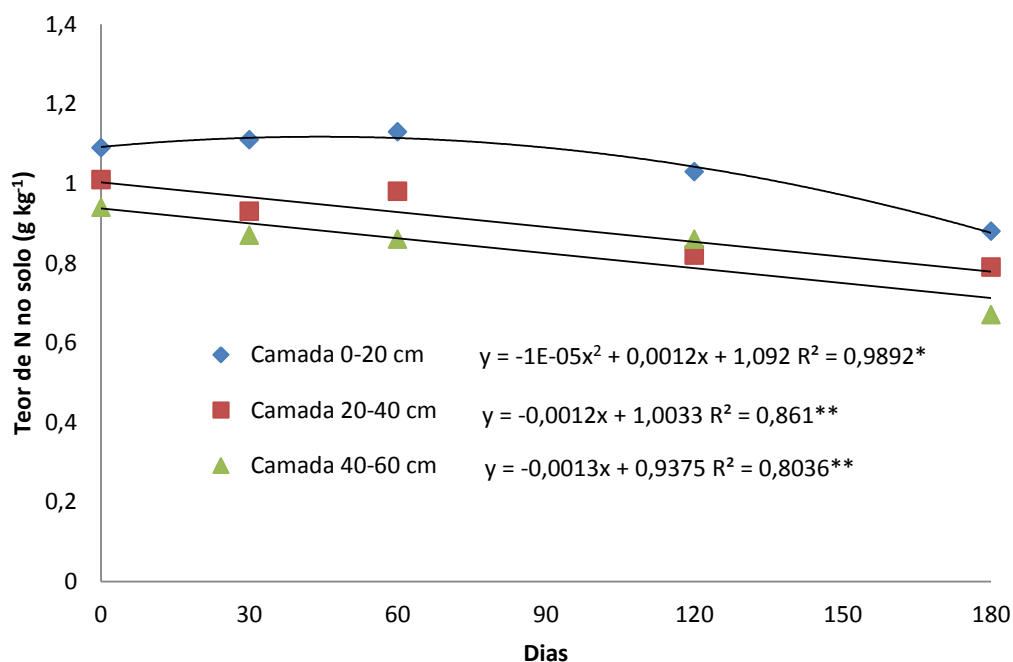
Dessa forma esses autores concluem que a associação de adubos minerais e adubos verdes foram efetivos no aumento de produtividade do canavial, avaliando a média de 3 cortes.

Observou-se também que, diferente do que ocorreu nas culturas de rotação, o teor de N no solo foi reduzindo ao longo do tempo. A explicação para esse resultado deve-se a absorção deste elemento pela cultura da cana-de-açúcar. Esse resultado era esperado, tendo em vista que a medida que a cana de açúcar entra na fase de perfilhamento e, posteriormente na fase de crescimento vegetativo, ocorre aumento da demanda de N do solo, o que ocasiona o teor desse elemento no mesmo.

**Tabela 26-** Teores de nitrogênio total do solo sob cultivo de cana-de-açúcar, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão a renovação de canavial, em diferentes épocas. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Camadas		
	0,00-0,20 m	0,20-0,40 m	0,40-0,60 m
	.....g kg <sup>-1</sup> .....		
Convencional	1,02	0,91	0,83
Cultivo mínimo	1,03	0,90	0,82
Plantio direto	1,09	0,91	0,87
<b>Culturas (C)</b>			
Aubos verdes	1,08	0,91	0,83
Amendoim	1,04	0,90	0,90
Milho	0,99	0,94	0,81
Pousio	1,06	0,89	0,80
Soja	1,07	0,92	0,80
Sorgo sacarino	1,04	0,87	0,90
<b>Épocas (E)</b>			
0	1,09	1,01	0,94
30	1,11	0,93	0,87
60	1,13	0,98	0,86
120	1,03	0,82	0,86
180	0,88	0,79	0,67
<b>Valor de F (P)</b>	1,13 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,20 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (E)</b>	8,19*	7,15**	6,76**
<b>Valor de F PxC</b>	0,34 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F PxE</b>	0,47 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F CxE</b>	0,55 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	35,05	26,07	32,85
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	21,97	30,62	39,29
<b>CV<sub>3</sub> (%)</b>	28,96	33,57	38,90

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao sistema de manejo; médias seguidas de letras minúsculas na linha não diferem entre si, quanto a profundidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



**Figura 5-** Teores de nitrogênio total do solo, em diferentes camadas, em razão da época de coleta em área de cana-de-açúcar. Andradina, SP, safra 2014/15.

### 5.7 Atributos Químicos Do Solo

As características químicas do perfil do solo, estão apresentadas, em diferentes profundidades, em razão do sistema de preparo do solo e das culturas em sucessão.

Mediante a Tabela 28 pode-se observar maiores valores de pH do solo nas camadas superficiais quando realizado o SPD, ocorrendo o inverso nas camadas mais subsuperficiais em sistema de preparo convencional. Tal fato pode ser atribuído a calagem realizada em superfície e não incorporada nos sistemas conservacionistas de solo e com a incorporação do corretivo quando do preparo convencional do solo. Não houve efeito das culturas em sucessão sobre os valores de pH do solo. Por outro lado, verifica-se que houve aumento do pH do solo em relação aos valores iniciais encontrados antes da implantação do experimento, principalmente na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm, o que pode ser atribuído a calagem realizada em superfície. Entretanto diversos autores (SIDIRAS & PAVAN, 1985; MIYAZAWA; PAVAN; CALEGARI, 1993; VALPASSOS et al., 2001) têm atribuído o aumento do pH em superfície a constante deposição de material vegetal. Pierre & Banwart (1973) classificaram os resíduos de cana de açúcar com alto poder de neutralizar solos ácidos devido ao excesso de bases que estes resíduos apresentam. Esse aumento é resultante do efeito da matéria orgânica no solo, que tem sido sugerida como alternativa para a correção da acidez e neutralização do Al

tóxico (ASGHAR & KANEHIRO, 1980; SANCHEZ et al., 1982; HUE & AMIEN, 1989; HUE, 1992). Assim, os principais mecanismos envolvidos na reação do material orgânico na acidez do solo são: (a) adsorção de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  na superfície do material (HOYT & TURNER, 1975); (b) precipitação do Al pelo aumento do pH devido às reações de troca entre os ânions orgânicos e hidróxidos terminais dos óxidos de Fe e Al (HUE, 1992); (c) associação de ânions orgânicos com  $H^+$  no solo (RITCHIE & DOLLING, 1985) e (d) complexão do Al com ácidos orgânicos (HUE; CRADDOCK; ADAMS, 1986). Uma outra possibilidade de aumento do pH em SPD consiste na liberação de cátions de caráter básico, o que contribui para o aumento do pH em relação a área onde o resíduo não permanece na superfície (ROSSET; SCHIAVO; ATANÁSIO, 2014)

Rheinheimer et al. (2000) observaram efeito da calagem superficial apenas até a profundidade de 0,05 m, 18 meses após a aplicação. Barizon (2001) verificou efeito da aplicação superficial de níveis de calcário, na implantação do SPD, apenas na camada 0-0,05 m, 10 meses após a aplicação. Caires et al. (2003) observaram efeito da calagem superficial até a camada 0-0,05 m, 11 meses após a aplicação do corretivo e os efeitos na camada 0,20-0,40 foram observados apenas na amostragem realizada 35 meses após a aplicação. Verificou-se em outros trabalhos que o tempo decorrido para a máxima reação do calcário aplicado na superfície foi de 48 meses em um Argissolo Acinzentado distrófico plíntico textura média (RHEINHEIMER et al., 2000), 32 meses em um Latossolo Vermelho argiloso (OLIVEIRA & PAVAN, 1996) e de 28 a 30 meses em um Latossolo Vermelho textura média (CAIRES et al., 2000).

Com relação ao teor de matéria orgânica nota-se que houve efeito dos sistemas de preparo nas camadas de 0-5, 10-20 e 20-40 cm (Tabela 29) e não houve efeito de plantas em sucessão. Verifica-se que na camada de 0-5 cm o SPD apresentou os maiores valores. Vários autores, também, verificaram aumento dos teores de matéria orgânica do solo ao longo do tempo com a utilização do sistema de semeadura direta (MUZILLI, 1985; SIDIRAS & PAVAN, 1985; DE MARIA & CASTRO, 1993; SANTOS & SIQUEIRA, 1996; VALPASSOS et al., 2001). Já para a profundidade de 10-20cm o plantio convencional proporcionou maior teor de matéria orgânica do solo, diferindo estatisticamente do preparo reduzido e SPD; na camada de 20-40 cm, a matéria orgânica do solo, o preparo convencional diferiu significativamente do preparo reduzido. Convém salientar que para as condições desse experimento, no

preparo do solo convencional utilizou-se o arado de aivecas no preparo primário, sendo que esse implemento é caracterizado por enterrar os resíduos superficiais em profundidades de 25-35 cm de profundidade (ASAE, 1999). Dessa forma a grande quantidade de palhiço da cana de açúcar, após a colheita, foi incorporada nessa profundidade, justificando o menor teor de matéria orgânica na superfície do solo e os maiores teores nas camadas mais profundas (Tabela 29). Esse comportamento foi observado também no valor de pH do solo (Tabela 28), devido ao fato de que da mesma maneira que houve a incorporação da palhada, incorporou o corretivo.

O sistema de preparo não influenciou o teor de P no solo nas diferentes camadas (Tabela 30). Entretanto, observa-se que na camada de 5-10 cm houve diferença entre as culturas em sucessão, sendo que quando cultivado com soja obteve-se o maior valor diferindo de todas as demais. A maior concentração de P nas camadas superficiais do solo confere com os resultados encontrados por diversos autores, como Muzilli (1983), De Maria & Castro (1993), Bayer & Mielniczuk (1997). Segundo Sidiras & Pavan (1985), o acúmulo de P extraível próximo da superfície decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, devido ao menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos do solo.

A análise simultânea das Tabelas 28 e 31, permitem inferir que, na camada 0-5 cm, a acidez potencial correlacionou inversamente com o pH.

Com relação aos teores de cálcio constata-se que na camada de 0-5 cm houve incremento com a utilização do SPD, ao passo que nas camadas de 10-20 e 20-40 cm o maior teor foi obtido com a utilização do sistema convencional de preparo de solo (Tabela 32). Este resultado evidencia novamente o efeito da incorporação do calcário nas camadas mais profundas do solo. Não houve efeito de culturas nesta variável. Um outro fator que poderia estar atuando na mudança dos teores desses elementos nas profundidades analisadas, porém, acredita-se que em menor proporção em relação ao efeito do preparo, seria a movimentação dessas bases pela ação dos resíduos, mais precisamente, dos ácidos orgânicos. Esta segunda hipótese é baseada nos relatos de que a movimentação de bases no solo em SPD (MCMAHON & THOMAS, 1976; BLEVINS; MURDOCK; THOMAS, 1978), pode também decorrer, da ação dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo. Na presença desses resíduos tem-se verificado uma marcante mobilidade de cálcio e magnésio no perfil do solo. A movimentação desses cátions é atribuída à formação

de complexos com ligantes orgânicos originados dos resíduos vegetais presentes na superfície do solo. Tais complexos apresentam cargas negativas ou nulas ( $\text{Ca L}^0$ ,  $\text{Ca L}^-$ ) e, como o complexo de troca do solo possui predominantemente cargas negativas, a retenção dessas moléculas é baixa (SANTOS, 1997; PAVAN & MIYASAWA, 1998; ZIGLIO, MIYAZAWA; PAVAN, 1999).

Já para o magnésio (Tabela 33) verificou-se efeito somente na camada de 0-5 cm, sendo que os teores do elemento foram maiores quando da utilização de sistemas conservacionistas de solo. Não houve efeito de culturas sobre esta variável.

Para os teores de potássio (Tabela 34) não houve efeito de preparo de solo, bem como de culturas em rotação, com exceção ao amendoim na camada de 0-5 cm. A ausência de efeito sobre os teores de K, contrário ao verificado para Ca e Mg, é explicada por esse elemento encontrar-se na planta na forma iônica ( $\text{K}^+$ ) e não participar na constituição de compostos orgânicos estáveis. Desta forma, este nutriente pode ser facilmente extraído dos resíduos vegetais, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo (ROSOLEM et al., 2007; BOLONHEZI, 2007; CRUSCIOL et al., 2008; COSTA et al., 2014). Para a camada de 5-10 cm houve diferenças significativas nos teores de K em relação as culturas, sendo que os maiores teores foram observados para os tratamentos milho e pousio, diferindo estatisticamente do tratamento amendoim. Destaca que a adição do K ocorreu na implantação das culturas utilizadas em rotação, via adubação de base no ato da semeadura. Sendo assim o tratamento pousio não recebeu adubação potássica na implantação das culturas de rotação. Esperava-se que o menor teor de K encontrasse nesse tratamento, tendo em vista que a produtividade das culturas de rotação, de maneira geral, foi abaixo do que normalmente é relatado na literatura. Raij et al., (1997) afirmaram que o amendoim possui capacidade alta de aproveitar resíduos de adubação de outras culturas que ocupava a área anteriormente, além disso a extração de K foi superior aos resíduos que permanecem no campo. Bolonhezi (2007) destacou que 50% do sistema radicular do amendoim encontrou-se nos 20 cm superficiais do solo, o que pode ter influenciado no menor teor desse elemento, na camada de 5-10 cm, nas condições desse experimento.

Os teores de enxofre, no perfil do solo, não foram influenciados pelos fatores preparo de solo e culturas em rotação, bem como da interação dos fatores. Constata-se, também valores baixos deste elemento mesmo com a utilização de



gessagem na implantação do trabalho. Caires et al. (1998), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, verificaram que 24 meses após a aplicação de uma dose de 12 t ha<sup>-1</sup> de gesso em superfície, cerca de 60% do S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> já havia sido lixiviado para camada abaixo de 0,80 m de profundidade e que apenas uma pequena parte do S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (10%) recuperado até 0,80 m, encontrava-se na camada de 0-0,20 m. Já Caires et al. (2003), em um Latossolo Vermelho distrófico argiloso (580 e 680 g kg<sup>-1</sup> de argila nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, respectivamente), observaram que 20 meses após a aplicação o S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, proveniente do gesso estava distribuído regularmente por todo o perfil do solo até a profundidade de 0,60 m. Sendo assim, a velocidade de movimentação do S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> é variável em diferentes solos, devendo ser mais lenta em solos mais argilosos, e com altos teores de óxidos de ferro e alumínio (CAMARGO & RAIJ, 1989; CAIRES et al., 2003).

Para a soma de bases verifica-se diferença dos sistemas de preparo de solo nas camadas de 0-5, 10-20 e 20-40 cm, sendo que nas camadas superficiais o sistema plantio direto apresenta maior valor (Tabela 36). Não houve efeito de culturas para esta variável. Este resultado está diretamente relacionado com os efeitos do Ca e Mg, uma vez que esses nutrientes têm, proporcionalmente, maior participação na constituição desta variável.

Já para a CTC do solo constatou-se efeito do preparo de solo somente na camada mais superficial do solo (Tabela 37), não existindo efeito de culturas em todo o perfil. O incremento nos valores da CTC no sistema plantio direto está diretamente relacionado ao aumento do Ca e Mg. Isso porque o aumento da soma de bases foi maior do que a redução ocorrida na acidez potencial.

Com relação a saturação de bases observa-se efeito dos sistemas de preparo do solo em todo o perfil (Tabela 38). Entretanto a partir da camada de 5-10 cm o preparo convencional de solo obteve os maiores valores. Estes resultados são atribuídos aos efeitos provocados sobre a soma de bases e a CTC

A saturação por alumínio foi influenciada por métodos de preparo de solo em todas as camadas (Tabela 39). O fator culturas não influenciou esta variável. Nota-se que na camada mais superficial (0-5cm) houve maior valor no sistema de preparo convencional do solo. Já nas camadas mais profundas os maiores valores foram obtidos no sistema plantio direto. A redução dos teores de Al trocável em profundidade esta ligada a incorporação do calcário e gesso. Em sistema plantio direto a redução dos teores de Al trocável em profundidade, pela calagem, pode

estar relacionado com o mecanismo de lixiviação de cálcio e magnésio proposto por Miyazawa, Pavan e Calegari (1996) e com a formação de complexos orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos das plantas. Na camada superficial os ligantes orgânicos complexam o Ca e o Mg trocáveis, formando complexos  $[ML^0$  ou  $ML^-$  (M = Ca ou Mg)]. A alteração da carga do  $Ca^{2+}$  e do  $Mg^{2+}$  facilita sua mobilidade no solo. Nas camadas subsuperficiais, o cálcio ou magnésio dos complexos orgânicos são deslocados pelo alumínio trocável do solo, porque os íons  $Al^{3+}$  formam complexos mais estáveis do que o  $Ca^{2+}$  ou  $Mg^{2+}$ , isso diminui os teores de Al trocável. Entretanto Caires et al. (1999) verificaram redução no efeito da calagem sobre os teores de Al trocável, com o passar do tempo, principalmente em profundidade.

Exceção ao Ferro, na camada de 5-10 cm, e ao Manganês, na camada de 0-5 cm, não houve efeito dos sistemas de preparo de solo e das culturas em sucessão nos teores de Fe, Cu, Mn, Zn e B (Tabelas 40, 41, 42, 43 e 44). Apesar dos efeitos verificados para pH de solo, não houve redução dos micronutrientes a níveis que pudessem provocar deficiência nas culturas, uma vez que a diminuição na produção de muitas culturas, quando submetida à calagem, tem sido associada a redução nos teores de Cu, Fe, Zn e Mn no solo. De acordo com Camargo et al. (1982), foi detectada, para solos paulistas uma correlação negativa entre pH e os teores de Zn, Mn e Fe. No entanto, no presente experimento, embora a calagem superficial tenha elevado os valores de pH na camada arável do solo, não alterou os teores de Cu, Fe, Zn e Mn. Camargo et al. (1997) em um Latossolo Vermelho, também não observou redução nos teores desses nutrientes, mesmo com a incorporação de até  $9,0 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário.

**Tabela 27-** Valores de pH do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	5,1 b	4,9 a	4,9 a	4,6 a
Preparo reduzido	5,6 a	5,1 a	4,5 b	4,4 ab
Plantio direto	5,7 a	4,6 b	4,2 c	4,2 b
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	5,2	4,6	4,4	4,5
Amendoim	5,5	4,9	4,5	4,4
Milho	5,6	4,9	4,7	4,5
Pousio	5,7	5,1	4,6	4,5
Soja	5,5	5,0	4,5	4,4
Sorgo sacarino	5,2	4,7	4,5	4,3
<b>Valor de F (P)</b>	81,00*	17,07*	30,63*	11,80*
<b>Valor de F (C)</b>	2,36 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	1,47 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	3,18	6,17	6,72	6,32
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	8,42	12,08	9,50	5,68

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 28-** Teores de matéria orgânica do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	18,2 b	16,5	16,9 a	14,7 a
Preparo reduzido	21,8 ab	16,9	13,8 b	10,9 b
Plantio direto	24,5 a	17,2	14,1 b	12,1 ab
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	21,4	17,0	15,8	12,4
Amendoim	18,7	15,7	13,9	11,8
Milho	21,6	16,9	15,5	12,8
Pousio	21,4	16,7	13,7	13,9
Soja	21,9	16,7	14,9	12,2
Sorgo sacarino	23,9	18,0	15,9	12,2
<b>Valor de F (P)</b>	12,87**	0,96 <sup>ns</sup>	12,69**	9,92*
<b>Valor de F (C)</b>	2,36 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	1,12 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	20,01	12,57	16,25	24,53
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	17,64	16,18	19,30	38,41

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 29-** Teores de fósforo do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	11,2	11,4	11,2	8,7
Preparo reduzido	13,8	10,5	8,5	6,4
Plantio direto	18,8	11,8	12,5	9,2
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	14,4	10,5 b	13,9	11,3
Amendoim	13,4	8,1 b	7,8	8,0
Milho	12,4	9,1 b	14,1	9,1
Pousio	9,5	5,3 b	4,3	5,7
Soja	23,3	25,0 a	16,3	7,2
Sorgo sacarino	14,5	9,2 b	7,9	7,4
<b>Valor de F (P)</b>	1,35 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,52 <sup>ns</sup>	6,09 <sup>**</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,53 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	109,97	100,19	90,26	82,46
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	88,67	86,77	112,98	80,77

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\* e ns, significativo a 1% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 30-** Valores de acidez potencial (H+Al) do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	16,3 a	17,6 ab	17,1	17,6
Preparo reduzido	13,5 b	15,8 b	18,8	19,2
Plantio direto	13,7 b	21,8 a	22,9	21,5
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	17,0	21,6	22,3	20,6
Amendoim	13,7	18,2	18,9	19,3
Milho	13,5	18,3	19,8	19,0
Pousio	13,0	16,5	17,7	19,3
Soja	14,2	17,1	19,0	18,8
Sorgo sacarino	15,6	18,9	19,9	19,5
<b>Valor de F (P)</b>	13,19 <sup>**</sup>	6,52 <sup>**</sup>	3,78 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	2,98 <sup>*</sup>	1,51 <sup>ns</sup>	1,89 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,76 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	14,24	32,18	38,21	32,84
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	20,58	26,87	19,67	21,39

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 31-** Teores de cálcio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	12,2 c	10,3	11,8 a	8,6 a
Preparo reduzido	20,0 b	13,9	7,0 b	5,1 b
Plantio direto	32,7 a	8,5	4,6 b	4,5 b
<b>Culturas (C)</b>				
Aubos verdes	17,9	9,0	6,9	6,2
Amendoim	24,6	11,0	6,8	5,5
Milho	21,0	11,3	10,9	6,4
Pousio	27,3	13,6	7,2	7,6
Soja	22,5	11,8	7,0	5,2
Sorgo sacarino	16,4	8,6	8,0	5,4
<b>Valor de F (P)</b>	37,86**	2,65 <sup>ns</sup>	14,57**	12,21**
<b>Valor de F (C)</b>	1,06 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	0,78 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	38,00	75,94	60,19	52,17
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	63,92	80,69	70,43	52,85

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\* e ns, significativo a 1% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 32-** Teores de magnésio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	5,8 b	3,9	5,0	3,2
Preparo reduzido	9,1 a	6,4	3,1	2,5
Plantio direto	11,7 a	2,8	1,6	1,8
<b>Culturas (C)</b>				
Aubos verdes	7,2	3,5	2,4	2,8
Amendoim	9,4	4,7	2,7	2,3
Milho	9,6	4,9	5,4	2,8
Pousio	10,7	5,5	3,3	2,9
Soja	9,1	4,1	2,5	2,1
Sorgo sacarino	7,4	3,4	3,0	2,2
<b>Valor de F (P)</b>	22,59**	5,00 <sup>ns</sup>	4,46 <sup>ns</sup>	4,99 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,02 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	0,91 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	34,18	91,73	122,57	60,40
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	52,72	82,69	109,52	47,83

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\* e ns, significativo a 1% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 33-** Teores de potássio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	1,5	1,3	0,8	0,6
Preparo reduzido	1,7	1,3	1,0	0,8
Plantio direto	1,4	1,0	0,8	0,7
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	1,6	1,3 ab	0,9	0,8
Amendoim	1,3	0,8 b	0,6	0,6
Milho	1,6	1,4 a	1,1	0,7
Pousio	1,7	1,4 a	0,9	0,6
Soja	1,5	1,1 ab	0,8	0,7
Sorgo sacarino	1,5	1,1 ab	0,7	0,6
<b>Valor de F (P)</b>	1,32 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,18 <sup>ns</sup>	3,23*	2,72*	1,59 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,48 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	42,68	63,29	63,73	79,18
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	30,17	35,45	40,12	33,21

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5%. \* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

**Tabela 34-** Teores de enxofre do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	2,6	2,7	2,4	3,0
Preparo reduzido	2,4	2,2	2,3	2,7
Plantio direto	2,7	2,3	2,8	3,5
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	2,4	2,6	2,5	3,1
Amendoim	3,1	2,3	2,3	3,1
Milho	2,0	3,1	2,6	2,7
Pousio	3,3	2,6	2,7	3,2
Soja	2,5	1,8	2,5	3,2
Sorgo sacarino	2,0	1,9	2,6	3,1
<b>Valor de F (P)</b>	0,30 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>	3,87 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,68 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,99 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	54,01	60,89	37,39	32,07
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	58,80	52,24	46,40	38,61

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5%.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 35-** Valores de soma de bases do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	19,5 c	15,5	17,6 a	12,4 a
Preparo reduzido	30,8 b	21,6	11,1 ab	8,3 b
Plantio direto	45,8 a	12,3	7,0 b	7,0 b
<b>Culturas (C)</b>				
Aubos verdes	26,6	13,8	10,2	9,8
Amendoim	35,3	16,6	10,2	8,5
Milho	32,2	17,6	17,4	9,9
Pousio	39,7	20,5	11,4	11,1
Soja	33,0	17,0	10,4	8,0
Sorgo sacarino	25,3	13,2	11,7	8,2
<b>Valor de F (P)</b>	36,17**	3,41 <sup>ns</sup>	10,02*	11,02**
<b>Valor de F (C)</b>	1,06 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,80 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	33,48	76,17	69,71	44,84
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	56,81	73,92	73,32	44,13

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 36-** Valores de capacidade de troca catiônica do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	35,8 c	33,1	34,7	30,0
Preparo reduzido	44,3 b	37,4	29,8	27,6
Plantio direto	59,4 a	34,1	29,8	28,5
<b>Culturas (C)</b>				
Aubos verdes	43,6	35,3	32,5	30,4
Amendoim	49,0	34,8	29,0	27,8
Milho	45,7	35,9	37,1	28,9
Pousio	52,7	37,0	29,2	30,5
Soja	47,2	34,1	29,3	26,8
Sorgo sacarino	40,8	32,1	31,6	27,7
<b>Valor de F (P)</b>	22,93**	0,52 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,75 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,76 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	26,40	43,23	40,56	29,83
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	35,84	29,47	23,49	19,20

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 37-** Valores de saturação por bases do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	52,4 c	45,9 a	47,0 a	40,3 a
Preparo reduzido	66,4 b	51,3 a	35,4 b	30,4 b
Plantio direto	72,5 a	35,4 b	23,5 c	24,7 b
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	58,0	38,1	31,0	31,5
Amendoim	66,1	45,7	32,6	30,7
Milho	67,1	44,5	41,2	34,3
Pousio	68,8	48,0	37,4	35,4
Soja	64,0	49,1	35,4	30,1
Sorgo sacarino	58,7	39,7	34,2	28,9
<b>Valor de F (P)</b>	101,67**	11,99**	35,16**	26,81**
<b>Valor de F (C)</b>	1,48 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	1,05 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	7,85	25,81	27,53	23,46
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	19,99	37,66	37,61	30,05

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 38-** Valores de saturação por alumínio do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	4,7 a	10,2 b	11,3 b	16,1 b
Preparo reduzido	0,9 b	7,2 b	22,0 b	28,2 ab
Plantio direto	0,9 b	22,1 a	41,2 a	40,0 a
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	3,8	16,3	26,4	24,2
Amendoim	1,9	14,0	29,7	31,1
Milho	0,4	12,9	19,7	23,7
Pousio	1,7	11,8	23,3	24,3
Soja	2,5	7,6	21,6	30,1
Sorgo sacarino	2,6	16,3	28,4	35,1
<b>Valor de F (P)</b>	5,52*	8,95*	22,84**	14,78**
<b>Valor de F (C)</b>	0,97 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	1,25 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	215,07	97,62	62,50	54,39
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	177,20	107,52	63,37	53,81

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.



**Tabela 39-** Teores de Ferro do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	14,5	19,0 b	17,6	10,0
Preparo reduzido	16,0	19,8 b	19,7	7,0
Plantio direto	17,5	32,6 a	24,6	8,6
<b>Culturas (C)</b>				
Aubos verdes	19,5	27,4	24,0	8,4
Amendoim	13,0	21,8	17,6	7,6
Milho	14,1	25,3	19,3	8,6
Pousio	14,1	19,6	17,8	8,7
Soja	13,4	21,4	19,0	8,2
Sorgo sacarino	22,0	27,1	26,0	9,7
<b>Valor de F (P)</b>	0,56 <sup>ns</sup>	7,12*	0,87 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	2,29 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	1,51 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	61,11	58,84	91,48	84,75
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	53,66	46,54	43,30	45,08

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 40-** Teores de Cobre do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	0,4	0,5	0,6	0,4
Preparo reduzido	0,4	0,6	0,6	0,4
Plantio direto	0,4	0,6	0,6	0,5
<b>Culturas (C)</b>				
Aubos verdes	0,5	0,6	0,5	0,4
Amendoim	0,4	0,5	0,6	0,4
Milho	0,5	0,6	0,6	0,5
Pousio	0,4	0,5	0,5	0,4
Soja	0,4	0,6	0,8	0,5
Sorgo sacarino	0,5	0,6	0,5	0,5
<b>Valor de F (P)</b>	0,08 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,26 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	0,70 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	39,59	32,53	25,55	34,75
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	38,80	31,59	43,69	33,88

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 41-** Teores de Manganês do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	17,1 a	17,5	14,6	12,9
Preparo reduzido	13,5 b	14,7	15,6	11,1
Plantio direto	13,9 ab	15,8	18,1	14,2
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	14,5	15,9	16,1	11,9 ab
Amendoim	13,1	14,0	14,5	11,0 ab
Milho	13,9	15,4	16,0	12,1 ab
Pousio	15,1	15,3	13,7	10,8 b
Soja	15,8	17,2	17,0	13,4 ab
Sorgo sacarino	16,7	18,1	19,5	17,0 a
<b>Valor de F (P)</b>	6,92*	2,79 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,95 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	2,56*
<b>Valor de F – (Px C)</b>	1,06 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	2,14 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	25,01	25,81	41,50	54,90
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	31,10	33,39	29,63	39,09

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 42-** Teores de Zinco do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	4,9	13,5	12,3	20,6
Preparo reduzido	3,8	9,6	8,8	12,1
Plantio direto	4,8	8,9	8,0	13,0
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	4,2	11,6	9,0	16,3
Amendoim	4,7	9,0	9,7	14,7
Milho	4,4	10,8	9,6	16,4
Pousio	5,3	12,4	11,4	16,1
Soja	5,0	9,7	8,7	13,7
Sorgo sacarino	3,6	10,6	9,8	14,3
<b>Valor de F (P)</b>	0,34 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	4,65 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,83 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,57 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	113,31	78,04	64,44	69,37
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	51,29	50,68	52,47	42,75

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 43-** Teores de Boro do solo, em diferentes camadas, em razão do preparo do solo e culturas em sucessão em área de renovação de canavial, 10 meses após plantio da cana. Andradina, SP, safra 2015

Preparo do solo (P)	Camadas			
	0,00-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Convencional	0,4	0,4	0,4	0,4
Preparo reduzido	0,4	0,3	0,3	0,4
Plantio direto	0,4	0,4	0,4	0,5
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	0,4	0,5	0,4	0,4
Amendoim	0,3	0,4	0,4	0,4
Milho	0,4	0,4	0,4	0,4
Pousio	0,3	0,3	0,4	0,5
Soja	0,4	0,4	0,4	0,4
Sorgo sacarino	0,4	0,3	0,4	0,4
<b>Valor de F (P)</b>	0,10 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	2,81 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	1,75 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	1,40 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	1,89 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	65,68	46,70	41,40	36,20
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	30,93	36,80	28,03	24,16

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.8 Resistência Mecânica Do Solo À Penetração (RMSP)

Os valores médios de resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) em diferentes profundidades, em Andradina, em diferentes épocas, estão demonstrados nas Tabelas 45, 46 e 47, respectivamente.

Para a profundidade de 0-0,08 m os três sistemas de manejo do solo não propiciaram diferenças estatísticas de RMSP nas diferentes épocas de medição. Após o preparo do solo, na camada de 0-0,08m, verificou os menores valores de RMSP classificada como baixa (<0,01 MPa), segundo USDA (1993). Para o SPD, na profundidade de 0-0,08 m, o maior valor de RMSP ocorreu na fase de crescimento da cana de açúcar (0,56 MPa). Esse valor de RMSP, para condições de SPD é considerado baixo, salienta que para essa camada o manejo do solo não interferiu na RMPS nas diferentes épocas amostradas. Resultados semelhantes foram observados por Arruda (2013), onde os diferentes tipos de preparo do solo não interferiram na RMSP nas camadas superficiais do solo, entretanto divergem do que normalmente encontra-se na literatura, onde a ação do preparo do solo, tanto em sistema convencional quanto no preparo reduzido, promovem a desagregação do solo, resultando em menor RMSP nas camadas superficiais em comparação ao SPD (CENTURION; CARDOSO; NATALE, 2001; CARVALHO et al., 2011; BAQUERO et al., 2012; SILVA JÚNIOR et al., 2013). O preparo do solo promove desagregação de

partículas nas camadas superficiais, reduzindo a compactação na faixa de atuação do implemento e, conseqüentemente, a RMSP reduz (MANTOVANI, 1990). A não resposta do preparo do solo, na camada superficial, ocorreu principalmente pela adição de palha na superfície, o que permitiu o aumento da M.O. e, conseqüentemente, a RMSP não diferiu dos outros preparos.

Para as camadas de 0,09-0,16 m; 0,17-0,24 m, 0,25-0,32 m e 0,33-0,40 m, houve efeito significativo entre os preparos do solo em todas as épocas analisadas, com exceção da camada de 0,33-0,40 m na época de crescimento da cana de açúcar. Independentemente da época da análise e do manejo utilizado, a RMSP aumentou conforme o aumento da profundidade analisada, sendo esse resultado semelhante aos obtidos por Bangita & Rao (2012). Souza et al. (2005) também encontraram valores superiores de RMSP com o aumento da profundidade no perfil.

O manejo convencional, após o preparo do solo, propiciou menores valores médios de RP na camada de 0,33-0,40m quando comparado com o cultivo mínimo e plantio direto. Esses resultados divergem dos obtidos por Klein e Câmara (2007) que encontraram valores de RSMP médios inferiores com uso de escarificadores e diferem dos obtidos por Silva et al. (2009) onde o manejo convencional proporcionou a redução de valores de RSMP somente na camada de 0,10-0,20m. O efeito significativo do uso do subsolador ocorreu nas camadas de 0,21-0,40 m, onde a densidade do solo nesse manejo reduziu de forma significativa (CARVALHO et al., 2011).

Nas culturas de rotação a RMSP foi avaliada um dia após o preparo do solo e no florescimento das culturas. Os valores de RMSP acima de 2,00 MPa, que são considerados altos segundo USDA (1993) foram verificados somente em SPD, sendo que esse valor ocorreu nas camadas de 0,25-0,40 m no primeiro dia após o preparo e nas camadas de 0,17-0,40 m no florescimento das culturas. Tormena e Roloff (1996) consideraram que valores de RP acima de 2,00 MPa podem prejudicar o desenvolvimento radicular da cultura. Para as condições de SPD em Latossolo Vermelho distrófico, Silva, Reichert e Reinert (2004) encontraram valores acima de 2,00 MPa nos 12,5cm superficiais, sendo esse valor muito próximo aos observados nas condições desse experimento. Destaca ainda que, para as condições desse experimento, o maior valor de RMSP observado no SPD não influenciou no comprimento radicular, superfície radicular, diâmetro radicular, volume radicular e diagnose foliar das culturas utilizadas em rotação. Esses resultados divergem dos

obtidos por Rosolem, Almeida e Sacramento, 1994, onde os valores de 2,00 MPa inibiram completamente do crescimento radicular da soja. Rosolem et al. (2002) observaram esse mesmo efeito de redução radicular com o aumento da RMSP em diferentes culturas. Destaca ainda que o aumento da RMSP diminui a absorção de fósforo e nitrogênio pelas plantas (SHIERLAW & ALSTON, 1994; LIPIEC & STEPINIEWSKI, 1995). Entretanto o sistema radicular da cana de açúcar, caracterizado pelo seu crescimento vigoroso pode ter favorecido o crescimento radicular das culturas, mesmo em condições de RMSP desfavoráveis as culturas de rotação. O uso de plantas que possuem capacidade de desenvolver em camadas compactadas e favorecer o desenvolvimento radicular das culturas seguintes foi proposto inicialmente por Elkins (1995). Algumas plantas possuem a capacidade de desenvolver sistema radicular em camadas compactadas e, após a decomposição dessas raízes, há formação de poros nessas camadas que facilitarão o desenvolvimento de plantas com sistema radicular mais sensível (SILVA & ROSOLEM, 2001), o que permitiu o desenvolvimento radicular mesmo em condições altas de RMSP, para as condições desse experimento. Deve-se destacar que embora as médias dos valores de RMSP diferiram significativamente no preparo reduzido e convencional, em relação ao SPD, observou na fase de desenvolvimento da cana valores de RMSP acima de 2,00 MPa, no manejo convencional e preparo reduzido, o que mostra uma tendência de aumento nos valores de RMSP em condições de preparo reduzido e convencional. Para as diferentes épocas avaliadas (um dia após preparo, florescimento das culturas e desenvolvimento da cana) o SPD teve maior média de RMPS, nas profundidades, em comparação ao preparo reduzido e convencional, independentemente da época avaliada. Esses resultados divergem dos obtidos por Hall et al. (1994) e Calonego & Rosolem (2010), sendo que para esses autores os benefícios proporcionados pelo preparo do solo não perduram por muito tempo.

Para os valores de RMSP na fase de florescimento da cultura (Tabela 48), independente da espécie utilizada em rotação, o SPD apresentou diferenças significativas quando comparado ao convencional e o preparo reduzido, sendo os valores maiores no SPD. Independente da cultura utilizada e do manejo do solo não foram encontrados valores de RMSP superiores a 2,00 MPa, que é considerado limite para o desenvolvimento das culturas (USDA, 1993). No cultivo mínimo e convencional, as áreas de pousio apresentaram menores valores de RP quando

comparados com as culturas. Estes resultados divergem de Borges et al. (2009) onde as áreas de pousio apresentaram valores de RP superior em áreas de pousio. Pires et al. (2008) observaram maiores valores de RP em áreas onde havia densidade alta de plantas daninhas nas entre safras. O tráfego de máquinas em solo com umidade para semeadura das culturas pode ter propiciado maiores valores de RP quando comparado ao pousio. Vale ressaltar que para as culturas de rotação, os maiores de RMSD observados no SPD não comprometeu o crescimento radicular, massa de matéria seca de raiz, superfície radicular, volume radicular, produtividade das culturas e diagnose foliar. Mesmo com RMSD acima de 3,60 MPa, nas camadas de 0-0,14 m, Borges et al. (2013) obtiveram médias de produtividade de soja superior à média nacional. Esse valor de RMSD foi superior aos resultados obtidos nesse experimento, em SPD na palha da cana, demonstrando a possibilidade de obter altas produtividades, mesmo em condições restritivas. A baixa expressão de produtividade, para as condições desse experimento, foi atribuída devido ao déficit hídrico ocasionado na fase de florescimento das culturas.

Para a cana de açúcar, a análise de RMSD, foi executada na fase de crescimento vegetativo da cultura. Nessas condições, os valores médios de RMSD em cada camada, diferiram significativamente até os 16 cm superficiais, não sendo observados diferenças significativas na média dos preparos nas camadas de 0,17-0,24 m, 0,25-0,32 m e 0,33-0,40 m. Os valores de RMSD acima de 2,00 MPa foram observados, nessas condições, nas camadas de 0,17-0,40 m para o manejo convencional e preparo reduzido, enquanto que para o SPD, esse valor de RMSD foi observado nas camadas de 0,09-0,40 m. O maior valor de RMSD (3,06 MPa) foi observado na camada de 0,25-0,32 m, sendo esse valor 1,5 vezes superior ao limite máximo preconizado pelo USDA (1993). Entretanto, para a cultura da cana de açúcar, o máximo limite preconizado pelo USDA (1993) pode não ser restritivo ao desenvolvimento dessa planta. Silva Júnior et al. (2013) encontraram produtividades de 150 t ha<sup>-1</sup> com valores de RMSD superior a 3,00 MPa nos 20 cm iniciais. As condições restritivas ocorreram quando o valor de RMSD foi de 3,63 MPa na camada de 0,21-0,40m em condição de SPD (SILVA JÚNIOR et al., 2013). Prado, Roque e Souza (2002) observaram aumento nos valores de RMSD no terceiro ano após o preparo do solo. Centurion, Cardoso e Natale (2001) observaram valores de RMSD superior a 5 MPa nas áreas de cana de açúcar, sendo que o cultivo da cana promoveu degradação física do solo quando comparado a situação de mata nativa.

Trabalhando com um Latossolo Vermelho eutrófico e a variedade SP 77-5581, Baquero et al. (2012) observaram maior comprimento radicular no oitavo corte dessa variedade, sendo que a média da RMSP, nos 40 cm de perfil, foi de 3,08 MPa. Esses autores relatam que a maior concentração de raízes nos 10 cm superficiais ocorre devido ao aumento da RMSP e densidade do solo. Para as condições desse experimento, na camada de 0-0,10 m o comprimento radicular da cana diferiu significativamente, sendo o menor valor observado no SPD e o maior no preparo convencional. Bangita & Rao (2012) concluíram que a redução da densidade do solo e da RMSP proporcionaram médias de quarto cortes superiores, quando comparado a área que não foi subsolada. Convém salientar que esses autores relataram máxima RMSP de 2,00 MPa na profundidade de 50 cm. Fagundes, Silva e Bonfim-Silva (2014) concluem que as variedades de cana respondem de forma diferente a compactação do solo, sendo que algumas apresentam bom desenvolvimento vegetativo mesmo em condições de solo mais compactado.

Assim, os valores limites de RMSP para a cultura da cana de açúcar possuem uma amplitude elevada de forma a não comprometer a sua produtividade. Abdalla et al. (1969) e Vazques et al. (1991) citados por Chein & Weil (2011) afirmaram que a RMSP é altamente influenciada pela textura e conteúdo de água no solo, o que torna difícil delimitar valores limites de RMSP que restringe o desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea da cana de açúcar. Destaca ainda que as diferentes variedades possuem capacidade distinta de desenvolver mesmo em solos compactados (FAGUNDES; SILVA; BONFIM-SILVA, 2014)

Os valores de RMSP, onde foram avaliados os manejos e as culturas na cana de açúcar, estão disponíveis na Tabela 49. Na condição de SPD, independente da cultura de rotação utilizada, todos os valores de RMSP encontram-se acima de 2,00 MPa, porém o maior valor observado (2,52 MPa) ocorreu no SPD utilizando soja como rotação, enquanto que nesse manejo, os menores valores de RMSP (2,07 e 2,09 MPa) ocorreram quando utilizou a cultura do sorgo sacarino e adubos verdes, respectivamente. Esses resultados divergem dos obtidos por Vasques et al. (2015), onde não observaram diferenças significativas na RMSP do solo quando utilizava monocultivo de soja ou rotação de soja com milho ou crotalária. Ressalta que os valores de RMSP obtidos por esses autores em um Latossolo Vermelho ácrico foram semelhantes aos obtidos nessas condições experimentais. O limite crítico determinado pelo USDA (1993) de 2,00 MPa não pode ser aplicado para as

condições de cana de açúcar, uma vez que a literatura relata desenvolvimento de cana de açúcar mesmo em condições acima de 5,00 MPa (CENTURION; CARDOSO; NATALE, 2001; BAQUERO et al. 2012; SILVA JÚNIOR et al., 2013).

As menores médias de RMSP dos diversos manejos para a cultura da cana de açúcar (Tabela 49) foram observadas quando houve cultivo do sorgo e pousio enquanto que o maior valor (2,26 MPa) foi observado em rotação com a cultura da soja. Assim, as diferentes culturas de rotação utilizadas nesse experimento influenciaram os valores de RMSP. Esses resultados diferem dos obtidos por Borges et al. (2009) onde os autores encontraram maiores valores de RP em pousio e sorgo. Silva et al. (2009) não observaram diferenças significativas na RMSP quando utilizaram diversas plantas de cobertura. Para as condições desse experimento, as diferentes espécies utilizadas como rotação interferiram de forma significativa nos valores de RMSP. Chen & Weil (2011) relatam que a compactação do solo interferiu no desenvolvimento radicular de plantas de cobertura.

Para as condições de adubos verdes em rotação com cana de açúcar, os valores de RMSP não foram menores do que os observados nas culturas de rotação. Entretanto o comprimento do sistema radicular foi superior na camada de 0-0,10 m e menor massa de matéria seca de raiz na camada de 0,20-0,40 m. Dessa forma, o sistema radicular da cana de açúcar concentrou nas camadas superficiais do solo, comprometendo a absorção de água e nutrientes disponíveis nessa camada. Wutke & Alvarez (1968) que o uso de adubos verdes em condição de solo ácido comprometeu o desenvolvimento da cana de açúcar, principalmente pela depleção de Ca em camadas sub superficiais. Para as condições de pousio, observou a menor RMSP nas camadas de 0-0,40 m, no cultivo da cana de açúcar, o que pode ter favorecido o maior comprimento radicular na camada de 0-0,10 m e maior massa de matéria seca na camada de 0,20-0,40 m da cana de açúcar nesse tratamento.



**Tabela 44-** Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes profundidades sob diferentes sistemas de manejo do solo um dia após o preparo, Andradina, SP, safra 2013/2014

Manejo	Profundidade (m)					Média
	0-0,08	0,09-0,16	0,17-0,24	0,25-0,32	0,33-0,40	
Convencional	0,00 Aa	0,11 Aab	0,54 Abc	0,93 Ac	1,42 Ad	<b>0,60 A</b>
Preparo reduzido	0,01 Aa	0,13 Aa	0,34 Aa	0,93 Ab	1,94 Bc	<b>0,67 A</b>
Plantio direto	0,08 Aa	0,94 Bb	1,98 Bc	2,81 Bd	2,74 Cd	<b>1,71 B</b>
<b>Média</b>	<b>0,03 a</b>	<b>0,39 b</b>	<b>0,95 c</b>	<b>1,56 d</b>	<b>2,03 e</b>	
<b>DMS<sup>1</sup></b>	0,38					
<b>DMS<sup>2</sup></b>	0,26					
<b>DMS<sup>3</sup></b>	0,45					
<b>DMS<sup>4</sup></b>	0,42					
<b>CV (%)</b>	22,37					

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao sistema de manejo; médias seguidas de letras minúsculas na linha não diferem entre si, quanto a profundidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

DMS<sup>1</sup>: Diferença Mínima Significativa para as profundidades.

DMS<sup>2</sup>: Diferença Mínima Significativa para a média das profundidades.

DMS<sup>3</sup>: Diferença Mínima Significativa para os manejos do solo.

DMS<sup>4</sup>: Diferença Mínima Significativa para as médias dos manejos.

**Tabela 45-** Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes profundidades sob diferentes sistemas de manejo do solo no florescimento das culturas, Andradina, SP, safra 2013/2014

Manejo	Profundidade (m)					Média
	0-0,08	0,09-0,16	0,17-0,24	0,25-0,32	0,33-0,40	
Convencional	0,18 Aa	0,84 Bb	1,38 Bc	1,69 Ad	1,90 Ae	<b>1,20 A</b>
Preparo reduzido	0,11 Aa	0,61 Ab	1,10 Ac	1,61 Ad	1,98 Ae	<b>1,08 A</b>
Plantio direto	0,21 Aa	1,15 Cb	2,03 Cc	2,53 Bd	2,44 Bd	<b>1,67 B</b>
<b>Média</b>	<b>0,16 a</b>	<b>0,87 b</b>	<b>1,50 c</b>	<b>1,94 d</b>	<b>2,11 e</b>	
<b>DMS<sup>1</sup></b>	0,15					
<b>DMS<sup>2</sup></b>	0,10					
<b>DMS<sup>3</sup></b>	0,18					
<b>DMS<sup>4</sup></b>	0,12					
<b>CV(%)</b>	23,78					

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao sistema de manejo; médias seguidas de letras minúsculas na linha não diferem entre si, quanto a profundidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

DMS<sup>1</sup>: Diferença Mínima Significativa para as profundidades.

DMS<sup>2</sup>: Diferença Mínima Significativa para a média das profundidades.

DMS<sup>3</sup>: Diferença Mínima Significativa para os manejos do solo.

DMS<sup>4</sup>: Diferença Mínima Significativa para as médias dos manejos.

**Tabela 46-** Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes profundidades sob diferentes sistemas de manejo do solo na fase de crescimento da cana, Andradina, SP, 2015

<b>Manejo</b>	<b>Profundidade (m)</b>					<b>Média</b>
	0-0,08	0,09-0,16	0,17-0,24	0,25-0,32	0,33-0,40	
Convencional	0,42 Aa	1,75 Ab	2,32 Ac	2,52 Ac	2,47 Ac	<b>1,90 A</b>
Preparo reduzido	0,32 Aa	1,48 Ab	2,20 Ac	2,50 Ac	2,46 Ac	<b>1,79 A</b>
Plantio direto	0,56 Aa	2,10 Bb	2,96 Bcd	3,06 Bd	2,67 Ac	<b>2,27 B</b>
<b>Média</b>	<b>0,44 a</b>	<b>1,78 b</b>	<b>2,49 c</b>	<b>2,69 c</b>	<b>2,53 c</b>	
<b>DMS<sup>1</sup></b>	0,31					
<b>DMS<sup>2</sup></b>	0,21					
<b>DMS<sup>3</sup></b>	0,36					
<b>DMS<sup>4</sup></b>	0,14					
<b>CV (%)</b>	22,73					

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao sistema de manejo; médias seguidas de letras minúsculas na linha não diferem entre si, quanto a profundidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

DMS<sup>1</sup>: Diferença Mínima Significativa para as profundidades.

DMS<sup>2</sup>: Diferença Mínima Significativa para a média das profundidades.

DMS<sup>3</sup>: Diferença Mínima Significativa para os manejos do solo.

DMS<sup>4</sup>: Diferença Mínima Significativa para as médias dos manejos.

**Tabela 47-** Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes culturas sob diferentes sistemas de manejo do solo no florescimento das culturas, Andradina, SP, safra 2013/2014

<b>Manejo</b>	<b>Culturas de Rotação</b>						<b>Média</b>
	Adubo Verde	Amendoim	Pousio	Milho	Soja	Sorgo	
Convencional	1,47 Bd	1,07 Ab	0,83 Aa	1,14 Ab	1,42 Ab	1,23 Bbc	<b>1,20 A</b>
Cultivo Mínimo	0,98 Aab	1,17 Abcd	0,83 Aa	1,20 Acd	1,30 Acd	1,02Aabc	<b>1,08 A</b>
Plantio Direto	1,90 Cc	1,53 Ba	1,69 Bab	1,52 Ba	1,58 Ba	1,81 Cbc	<b>1,67 B</b>
<b>Média</b>	<b>1,45 c</b>	<b>1,26 b</b>	<b>1,12 a</b>	<b>1,29 b</b>	<b>1,43 c</b>	<b>1,35 bc</b>	
<b>DMS<sup>1</sup></b>	0,17						
<b>DMS<sup>2</sup></b>	0,12						
<b>DMS<sup>3</sup></b>	0,21						
<b>DMS<sup>4</sup></b>	0,12						
<b>CV (%)</b>	17,26						

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao sistema de manejo; médias seguidas de letras minúsculas na linha não diferem entre si, quanto a cultura de rotação, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

DMS<sup>1</sup>: Diferença Mínima Significativa para as culturas de rotação.

DMS<sup>2</sup>: Diferença Mínima Significativa para a média das culturas de rotação.

DMS<sup>3</sup>: Diferença Mínima Significativa para os manejos do solo.

DMS<sup>4</sup>: Diferença Mínima Significativa para as médias dos manejos.

**Tabela 48-** Médias de (RMSP) (MPa) de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em diferentes culturas sob diferentes sistemas de manejo do solo na fase de crescimento da cana, Andradina, SP, 2015

Manejo	Culturas de Rotação						Média
	Adubo Verde	Amendoim	Milho	Pousio	Soja	Sorgo	
Convencional	2,09 Bbc	1,75 Aab	1,77 Aab	1,49 Aa	2,05 Abc	2,22 Bc	<b>1,90 A</b>
Cultivo Mínimo	1,60 Aab	2,12 Bc	1,87 Abc	1,61 Aab	2,20 Abc	1,36 Aa	<b>1,80 A</b>
Plantio Direto	2,09 Ba	2,52 Cb	2,29 Bab	2,12 Bab	2,53 Bb	2,07 Ba	<b>2,27 B</b>
<b>Média</b>	<b>1,93 ab</b>	<b>2,13 bc</b>	<b>1,98 ab</b>	<b>1,74 a</b>	<b>2,26 c</b>	<b>1,88 a</b>	
<b>DMS<sup>1</sup></b>	0,34						
<b>DMS<sup>2</sup></b>	0,24						
<b>DMS<sup>3</sup></b>	0,41						
<b>DMS<sup>4</sup></b>	0,14						
<b>CV (%)</b>	22,73						

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao sistema de manejo; médias seguidas de letras minúsculas na linha não diferem entre si, quanto a cultura de rotação, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

DMS<sup>1</sup>: Diferença Mínima Significativa para as culturas de rotação.

DMS<sup>2</sup>: Diferença Mínima Significativa para a média das culturas de rotação.

DMS<sup>3</sup>: Diferença Mínima Significativa para os manejos do solo.

DMS<sup>4</sup>: Diferença Mínima Significativa para as médias dos manejos.

## 5.9 Cultura Da Cana-De-Açúcar

### 5.9.1 Diagnose Foliar

Os resultados dos teores de macronutrientes no tecido foliar da cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 50. Constatou-se que não houve efeito da interação dos fatores aplicados para todos os elementos, bem como não houve efeito do preparo de solo (Tabela 50). Com relação ao fator culturas verifica-se efeito somente para o nitrogênio. O maior teor de nitrogênio foi alcançado com a cultura do milho e o menor valor foi obtido no sistema pousio, não diferindo entre os demais tratamentos. Vale ressaltar que todos os teores foliares de N situaram-se no nível considerado adequado em cada cultura (RAIJ et al., 1997).

Todos os teores foliares de P, K, Mg e S situaram-se acima da faixa considerada adequada para a cultura da cana-de-açúcar (RAIJ et al., 1997). Entretanto para o Ca, independentemente dos tratamentos empregados, todos os níveis situaram-se abaixo da faixa considerada adequada (2,0-8,0). Entretanto, deve-se ressaltar que foi realizado a calagem, gessagem e os teores de cálcio na CTC do solo são considerados como adequados.

Na Tabela 51 estão contidos os resultados de micronutrientes em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Constatou-se que não houve efeito interação dos fatores, bem como efeito isolado dos fatores para todos os micronutrientes. Vale ressaltar que em todas as situações constataram-se teores em nível considerado adequado para a cultura da cana-de-açúcar (RAIJ et al., 1997).

Nessas condições experimentais o teor de N nos tratamentos rotação de culturas teve efeito significativo, sendo que o maior valor desse elemento foi observado no tratamento milho, diferindo significativamente do tratamento pousio. Entretanto, na análise de N no solo, não houve efeito significativo das culturas nas camadas de 0-0,60 m. Esperava que o cultivo de leguminosas pudesse aumentar o teor de N no solo, e conseqüentemente nas folhas de cana de açúcar, devido ao processo de fixação biológica de N promovido por essas espécies (AMBROSANO et al., 2009; ABROSANO et al., 2011). Não observou diferenças significativas no teor de N da cana de açúcar, nos tratamentos milho, adubos verdes, soja, amendoim e sorgo sacarino. Acosta (2009) relatam que a produtividade do milho foi diretamente proporcional a absorção de N e para obter produtividades acima de 9,0 t ha<sup>-1</sup> demandou 150 kg ha<sup>-1</sup>. Para as condições desse experimento, utilizou 114 kg ha<sup>-1</sup> de N esperando boas produtividades desse cereal. Entretanto, devido à seca na fase

de crescimento vegetativo e florescimento, obteve-se baixa produtividade do milho, o que pode ter contribuído com o maior teor de N, na cana de açúcar, nesse tratamento.

Vale ressaltar que, em virtude dos diferentes manejos do solo, era esperado que pudesse ocorrer diferenças pronunciadas, principalmente, entre as culturas. No entanto, com algumas exceções, os teores foliares estão dentro do intervalo ideal preconizado, evidenciando o efeito benéfico do cultivo da cana crua empregada por vários anos na área experimental, a qual devido o grande aporte de material vegetal na superfície do solo, disponibilizou gradualmente os nutrientes para todas as espécies cultivadas. Neste contexto, pode-se inferir que o sistema plantio direto implantado e conduzido de maneira adequada e a produção de culturas graníferas comerciais na reforma do canavial não afeta a nutrição da cana-de-açúcar.

A produção de matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar aos 180 dias após o plantio não foi afetada pela interação dos fatores preparo de solo e culturas, assim como não houve efeito isolado dos fatores aplicados (Tabela 52). Alleoni & Beuclair, (1995) verificaram a mesma tendência de crescimento dos 5 aos 18 meses da cana-planta, apontando para uma igualdade entre os tratamentos que tiveram a mesma cultura como antecessora, com superioridade dos tratamentos após amendoim.

**Tabela 49-** Diagnose foliar de macronutrientes da cana-de-açúcar 'RB86-7515', em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15

<b>Preparo do solo (P)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
	.....g kg <sup>-1</sup> .....					
Convencional	23,41	3,03	19,45	1,33	1,75	2,16
Preparo reduzido	23,86	3,07	19,03	1,26	1,79	2,29
Plantio direto	24,44	3,06	18,47	1,18	1,73	2,15
<b>Culturas (C)</b>						
Aubos verdes	24,29 ab	3,07	19,06	1,30	1,76	2,17
Amendoim	23,40 ab	3,01	19,01	1,26	1,74	1,75
Milho	25,13 a	3,03	18,93	1,17	1,71	2,13
Pousio	23,03 b	2,93	18,65	1,17	1,67	2,58
Soja	24,09 ab	3,10	18,62	1,27	1,75	2,25
Sorgo sacarino	23,46 ab	3,19	19,63	1,39	1,91	2,31
<b>Valor de F (P)</b>	0,93 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	3,26*	1,49 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	2,14 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	0,55 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	10,92	9,92	13,71	45,42	9,97	25,53
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	6,11	8,34	10,27	34,23	12,50	29,16

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 50-** Diagnóstico foliar de micronutrientes da cana-de-açúcar 'RB86-7515', em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Cu	Zn	Mn	Fe
	.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
Convencional	10,75	47,15	79,61	54,04
Preparo reduzido	10,66	46,32	78,14	52,48
Plantio direto	11,21	45,43	85,18	41,02
<b>Culturas (C)</b>				
Adubos verdes	11,40	50,32	86,11	64,22
Amendoim	10,29	46,04	88,07	47,81
Milho	11,40	44,44	74,21	43,85
Pousio	10,11	44,16	80,98	45,27
Soja	11,21	45,05	79,67	44,98
Sorgo sacarino	10,85	47,82	76,83	48,94
<b>Valor de F (P)</b>	0,40 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	2,57 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	0,54 <sup>ns</sup>	2,35 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,64 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	21,07	6,97	21,42	44,15
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	24,34	11,57	16,71	47,86

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

**Tabela 51-** Produção de massa de matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar aos 180 DAP, em razão do preparo do solo e espécies vegetais em área de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo	kg ha <sup>-1</sup>	Culturas	kg ha <sup>-1</sup>
Convencional	8356	Adubos verdes	6991
Preparo reduzido	7435	Amendoim	9133
Plantio direto	8086	Milho	9165
		Pousio	6906
		Soja	8448
		Sorgo sacarino	7112
<b>Valor de F</b>	1,30 <sup>ns</sup>	<b>Valor de F</b>	4,00*
<b>Valor de F - Preparo do solo x Culturas</b>			1,75 <sup>ns</sup>
<b>Coefficiente de variação 1 (%)</b>			25,55
<b>Coefficiente de variação 2 (%)</b>			23,50

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.9.2 Características Agronômicas E Produção De Colmos De Cana De Açúcar

As características das plantas de cana-de-açúcar como perfilhos aos 60 DAP, 180 DAP, número de colmos finais, altura de plantas, número de gemas e toneladas de colmos finais, não foram afetadas pela interação dos fatores preparo de solo e culturas, assim como não houve efeito isolado do preparo de solo em relação a essas variáveis (Tabela 53). Convém salientar que a adoção do SPD resultou em menor comprimento radicular de cana na camada de 0-0,10 m, embora que na



camada de 0-0,05 m ocorreram maiores teores de matéria orgânica, soma de bases e CTC; além de maiores teores de pH nas camadas de 0,05-0,40 m, acidez potencial na camada de 0,05-0,10 m e maior RMSP. Embora todos esses fatores pudessem resultar em menor absorção de nutrientes, os diferentes manejos de solo não interferiram na nutrição da cana de açúcar e, conseqüentemente, na sua produtividade de colmos (TCH). Resultados semelhantes foram obtidos por Camilotti et al. (2005), onde trabalharam em um Latossolo Vermelho distrófico típico e com a variedade RB 85-5536, sob sistema de preparo convencional, preparo reduzido e SPD. Como resultado esses autores não relataram diferenças significativas entre os diversos sistemas e a produtividade dessa variedade; esses autores relatam que os benefícios obtidos pelo preparo do solo não perduraram até a quarta colheita. Carvalho et al. (2011) observaram que mesmo em condições de maiores valores de RMSP no SPD, não houve diferenças de produtividade da variedade SP 81-3250 em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, implantada sob condições de cerrado. A variedade SP 79-1011, cultivada em um Argissolo Amarelo textura arenosa/média, não apresentou diferenças significativas de produtividade de colmos com uso de preparo convencional e SPD. A média de 97868 kg ha<sup>-1</sup> foi superior aos 80000 kg ha<sup>-1</sup> obtidos por Arruda (2013). Entretanto convém salientar que essas médias são consideradas baixas tendo em vista que é possível observar médias de produtividade acima de 130000 kg ha<sup>-1</sup> no primeiro corte (DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; CARVALHO et al., 2011; SILVA JÚNIOR et al., 2013). Dentre as prováveis causas para baixa produtividade podem estar relacionados as baixas precipitações que ocorreram durante os meses de outubro e novembro de 2014. Wiedenfeld (1999) relatou perdas de 15% na produtividade de cana quando submetidas ao estresse hídrico. Salienta que a baixa precipitação e alta evapotranspiração observadas nos meses de outubro e novembro de 2014 pode ter comprometido a produtividade do canavial. Uma outra possibilidade consiste nos baixos teores de Ca observados, independente do sistema de manejo ou da cultura de rotação. Wutke & Alvarez (1968) observaram menor produtividade da cana de açúcar quando não se realizou a calagem, sendo que o uso de adubos verdes nessa condição teve efeito deletério na produção de cana de açúcar.

Quanto ao fator isolado culturas verificou-se efeito em perfilhos aos 180 DAP, número de colmos finais, altura de plantas e toneladas de colmos por hectare. O número de perfilhos aos 180 DAP foi maior nas áreas cultivadas anteriormente com

milho em relação as que ficaram em pousio e cultivada com sorgo sacarino. Já para o número de colmos finais verifica-se o maior número nas áreas cultivadas anteriormente com soja em relação as que ficaram em pousio. Alleoni & Beuclair, (1995) analisando-se individualmente os tratamentos após amendoim ou após milho, notaram que não houve efeito do aumento da dose de adubo no número de perfilhos em nenhuma das avaliações. Entretanto quando se comparam todos os tratamentos, observaram que nas primeiras leituras (dos 5 aos 8 meses de idade) que a única diferença significativa foi entre a cana plantada após amendoim, com 70 g/m de adubo, e aquela após milho, na dose menor de adubo. A partir daí, não houve diferença estatística entre as áreas até que, na colheita, quando a cana tinha 18 meses, a média do número de perfilhos nas parcelas após amendoim foi superior à média das parcelas após milho, com 45 g/m de adubo.

Com relação à altura de plantas verifica-se que o cultivo anterior com a cultura da soja proporcionou plantas com estatura maior em relação as cultivadas com adubos verdes, obtendo valores de 2,89 e 2,59 m, respectivamente. Machado et al. (2009) relatam que a incidência de déficit hídrico na fase de crescimento da cana de açúcar variedade IACSP 94-2094 proporcionou redução significativa na matéria seca e altura dessa variedade, impactando na produtividade de cana (TCH). Para as condições desse experimento, a maior altura da cana foi observada no tratamento soja, diferindo significativamente do tratamento adubos verdes. Alleoni & Beuclair, (1995) obtiveram como resultados maior conteúdo de água no solo em profundidade, no desenvolvimento da cana de açúcar, quando utilizou amendoim em comparação ao milho. Embora não tenha sido mensurado o conteúdo de água nesse experimento, provavelmente o uso da soja pode ter propiciado aumento de matéria orgânica em profundidade e, conseqüentemente, proporcionado maior altura no desenvolvimento da cana.

No que concerne à produção de colmos por hectare verifica-se as maiores produções após o cultivo da soja, diferindo das áreas cultivadas após adubos verdes, pousio e sorgo sacarino. Convém salientar que as melhorias físicas do solo advindo do uso do sorgo sacarino, como menor RMSP, e do pousio, menor RMSP e maior massa de matéria seca de raiz na camada de 0,20-0,40m, não surtiram efeito na maior produtividade. O uso de adubos verdes não influenciou no TCH quando comparado ao pousio e sorgo sacarino. Assim os benefícios relatados por Moura et al. (2009) na redução de nematoides e a fixação biológica de N relatados por

Ambrosano et al. (2005), Dinardo-Miranda & Gil (2005); Sakai et al. (2007), Duarte Júnior & Coelho (2008), Ambrosano et al. (2009); Moura et al. (2010) e Ambrosano et al. (2011) não foram verificados nas condições desse experimento. Tenelli (2016) não relatou diferenças de produtividade da cana com uso de crotalária ou N mineral. Entretanto ressalva que ao longo dos cortes o uso de adubo verde poderia proporcionar maiores produtividades. Wutke & Alvarez (1968) relataram que o uso de crotalária pode agravar problemas ocasionados pela acidez e disponibilizar menos Ca para cana de açúcar. Destaca que os valores de Ca nas folhas de cana de açúcar encontraram abaixo do adequado, segundo Raij et al. (1997); porém não houve diferenças significativas desse elemento no solo e na folha nos tratamentos manejo do solo e culturas de rotação. Para o tratamento milho não foi observado diferenças significativas de produtividade da cana de açúcar, quando comparado aos tratamentos amendoim e soja. Já nos trabalhos de Alleoni & Beuclair, (1995) constatou-se por ocasião da colheita, que a média das canas cultivadas após amendoim foi 33 % superior à média das cultivadas após milho, diferindo dos resultados obtidos nas condições desse experimento. Contudo esses autores destacam que o aumento da dose de adubo no canavial após cultivo de milho não resultou em diferenças significativas no número de perfilhos, após oito meses de cultivo da cana, quando comparado aos tratamentos com amendoim. Para as condições desse experimento, a não diferença de produtividade da cana no tratamento milho, quando comparado aos tratamentos amendoim e soja, pode estar relacionado com a aplicação de N mineral nesse tratamento, aliado a baixa exportação do mesmo, tendo em vista que devido ao déficit hídrico a produtividade desse cereal foi baixa, o que justifica o maior teor de N na diagnose foliar da cana nesse tratamento. A expansão da canavicultura no noroeste paulista, principalmente em áreas de fornecedores de cana, ocorreram em áreas produtoras de milho primeira safra, sendo que a possibilidade de cultivo desse cereal em área de reforma de cana sem prejuízo ao novo ciclo poderá tornar uma alternativa de cultivo e diversificação de renda.

**Tabela 52-** Perfilhos aos 60 e 180 DAP, número de colmos por metro, altura de plantas, número de gemas por colmo e toneladas de colmo por hectare (TCH) da cana-de-açúcar 'RB86-7515', em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15

Preparo do solo (P)	Perfilhos 60DAP	Perfilhos 180 DAP	Número de colmos Final	Altura de plantas	Número de gemas n° colmo <sup>-1</sup>	TCH kg ha <sup>-1</sup>
	Plantas m <sup>-1</sup>			cm		
Convencional	9,1	13,5	9,3	2,65	22,1	92345
Preparo reduzido	10,6	14,0	9,0	2,75	22,4	96492
Plantio direto	10,1	14,2	9,2	2,82	22,7	97868
<b>Culturas (C)</b>						
Aubos verdes	9,0	14,2 abc	8,7 ab	2,59 b	22,2	80240 c
Amendoim	11,7	14,9 ab	9,6 ab	2,80 ab	22,2	104279 ab
Milho	11,2	15,3 a	9,5 ab	2,77 ab	22,1	102365 ab
Pousio	9,0	11,8 c	8,3 b	2,72 ab	22,7	85909 bc
Soja	10,8	14,8 ab	10,1 a	2,89 a	23,1	114650 a
Sorgo sacarino	8,0	12,5 bc	8,7 ab	2,67 ab	22,3	85966 bc
<b>Valor de F (P)</b>	1,82 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	2,45 <sup>ns</sup>	6,14**	2,86*	2,32*	0,84 <sup>ns</sup>	7,20*
<b>Valor de F – (Px C)</b>	0,36 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	27,16	13,08	16,91	13,40	6,21	32,84
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	32,58	14,59	15,26	8,80	6,79	18,20

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %.\*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

### 5.9.3 Análise Tecnológica

Para a análise tecnológica utilizou a metodologia proposta pelo Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool (CONSECANA, 2006). Os parâmetros avaliados foram: Brix, Fibra, Pureza, Pol da Cana e ATR. As análises tecnológicas realizadas na época da colheita não indicaram diferenças entre os tratamentos nos parâmetros Pol ha<sup>-1</sup>, fibra, pureza, açúcares redutores e açúcares totais recuperáveis, também não houve efeito da interação dos fatores em nenhuma das avaliações estudadas, como se verifica na Tabela 54. Já para o Pol houve efeito isolado do fator culturas, onde a cana-de-açúcar cultivada após milho apresentou maior valor em relação ao cultivo de sorgo sacarino. Em pesquisas realizadas pelo Planalsucar em 5 locais do Estado de São Paulo, Coletti, Freitas e Kashiwakura (1981) concluíram que em um único ensaio, o Pol%Cana nos tratamentos com destruição química foram maiores que o convencional e nos demais não diferiram.

**Tabela 53-** Parâmetros tecnológicos medidos aos 14 meses após o plantio da cana-de-açúcar 'RB86-7515', em razão do preparo do solo e culturas de renovação de canavial. Andradina, SP, safra 2014/15

<b>Preparo do solo (P)</b>	<b>Pol</b>	<b>Pol ha<sup>-1</sup></b>	<b>Fibra</b>	<b>Pureza</b>	<b>AR</b>	<b>ATR</b>
Convencional	14,50	17,07	11,81	87,34	0,55	144,66
Preparo reduzido	14,54	17,15	11,92	87,35	0,55	145,50
Plantio direto	14,59	17,21	11,91	87,53	0,54	145,47
<b>Culturas (C)</b>						
Aduvos verdes	14,60 ab	17,21	11,88	87,28	0,55	145,63
Amendoim	14,53 ab	17,06	11,66	87,72	0,54	144,85
Milho	15,00 a	17,73	12,04	88,40	0,51	149,21
Pousio	14,70 ab	17,27	11,71	87,19	0,55	146,62
Soja	14,25 ab	16,82	11,98	86,72	0,56	142,36
Sorgo sacarino	14,19 b	16,77	12,02	87,13	0,55	142,58
<b>Valor de F (P)</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F (C)</b>	2,44*	2,08 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>
<b>Valor de F – (PxC)</b>	0,99 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>
<b>CV<sub>1</sub> (%)</b>	6,92	7,38	4,05	2,10	10,14	6,59
<b>CV<sub>2</sub> (%)</b>	4,58	4,92	3,92	2,17	10,62	4,11

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por tukey a 5 %. \*\*, \* e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

## 6 CONCLUSÕES

A baixa disponibilidade de chuvas durante o período de crescimento vegetativo e reprodutivo das culturas de rotação influenciaram negativamente a produtividade do amendoim, milho e soja.

O preparo convencional proporcionou maiores teores de Ca nas culturas de rotação e em maior produção de vagens de amendoim, enquanto que o SPD propiciou maior estande de plantas no milho.

Para a massa de matéria seca de raiz, comprimento radicular, superfície radicular e volume radicular, não houve interferência significativa nos fatores preparo do solo, culturas e interação preparo do solo e culturas.

Para a cana de açúcar, o comprimento radicular da cana de açúcar, na camada de 0-0,10 m, foi maior no tratamento preparo convencional e adubos verdes. O tratamento pousio apresentou maior massa de matéria seca de raiz e menores valores de RMSP.

Entre os sistemas de cultivo, o preparo convencional propiciou os menores valores de RMSP, diferindo significativamente do SPD, após realizar o preparo. Entretanto, essas diferenças não perduram ao longo do tempo.

A decomposição da palhada da cana-de-açúcar e o acúmulo de nutrientes independe da cultura de rotação, mas é dependente do manejo do solo adotado e reduz ao longo do tempo.

O preparo de solo e a rotação de culturas não influenciaram os teores de nitrogênio no solo nas culturas em sucessão e na cana-de-açúcar.

O preparo do solo influenciou os atributos químicos do solo. O tratamento amendoim resultou em menor teor de K no solo quando comparado ao milho.

Aos 180 DAP, o teor de N na cana de açúcar foi significativamente maior quando comparado ao pousio, proporcionado pela adubação de cobertura com N mineral nesse tratamento aliado a baixa produtividade do cereal.

A produtividade da cana de açúcar, em SPD, foi estatisticamente semelhante à produtividade no preparo convencional e reduzido. Os maiores valores de RMSP, pH e menor teor de Ca e saturação de bases, na camada de 0,20-0,40m não influenciaram a produtividade nesse sistema.

Os benefícios da adubação verde não foram evidenciados nessa condição experimental. A maior produtividade da cana ocorreu no tratamento soja.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, J. A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. 2009. 200 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

AGUILLERA, M. M.; MATSUOKA, S.; IDO, O. T. Efeitos da adubação verde com *Crotalaria juncea* sobre nematóides e a produção de cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, v.8, p.25-26, 1984.

AGUILLERA, M. M. et al. Influência de leguminosas sobre nematóides parasitos em áreas de reforma de cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.2, p.11-12, 1988.

ALBUQUERQUE, G. A. C. de; ARAÚJO FILHO, J. T.; MARINHO M. L. **Adubação verde e sua importância econômica**. Boletim, IAA/PLANALSUCAR-COONE, Rio Largo, 1980. 10 p.

ALLEONI, L. R. F.; BEAUCLAIR, E. G. F. Cana-de-açúcar cultivada após milho e amendoim, com diferentes doses de adubo. **Scientia Agrícola**, [S.l.], v. 53, n. 3, p.409-415, 1995.

AMBROSANO, E. J. A. et al. Utilization of nitrogen from green manure and mineral fertilizer by sugarcane. **Scientia Agrícola**, [S.l.], v.62, p. 534-542, 2005.

AMBROSANO, E. J. A. et al. Adubos Verdes e Amendoins Cultivados em Rotação com Cana-de-açúcar. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 1. 2009.

AMBROSANO, E. J. A. et al. Crop rotation biomass and arbuscular mycorrhizal fungi effects on sugarcane yield. **Scientia Agrícola**, [S.l.], v.67, p.692-701. [S.l.]: 2010.

AMBROSANO, E. J. A. et al. Produtividade da cana de açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, [S.l.], v.70, n.4, p. 810-818, 2011.

AMBROSANO, E. J. et al. Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira De Agroecologia**, [S.L.], V. 8, N. 3, Dez. 2013.

AMBROSANO, E. J. A. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1996. p.189-203 (Boletim Técnico,100).

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Terminology and definitions for agricultural tillage implements. In: **ASAE standards 1997: standards engineering practices data**. St. Joseph, 1997. p. 254-275.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Agricultural machinery management. In: **ASAE standards 1999**: standards engineering practices data. St. Joseph, 1999. p.359-366.

ARRUDA, E. M. **Monitoramento dos atributos físicos do solo e produtividade da cana de açúcar em função de diferentes sistemas de preparo de solo**. 2013, 75 fls. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) -Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

ASGHAR, M.; KANEHIRO, Y. Effects of sugar cane trash and pineapple residue on soil nitrogen, pH, and redox potencial. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 44, p. 213-223, 1976.

AYALA, I. A. C. et al. **Caña de Azúcar: Paradigma de Sostenibilidad**. INICA, Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar, Cuba, 2003. 169 p.

AZEVEDO NETO, A. D. et al. Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **Journal Of Plant Interactions**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.1-10, mar. 2010.

BANGITA, B.; RAO, B. K. R. Impacts of compaction relief treatments on soil physical properties and performance of sugarcane (*Saccharum spp.*) under zonal tillage system. **Geoderma**, [s.l.], v. 189-190, p.351-356, nov. 2012.

BAQUERO, J. E. et al. Soil physical properties and sugarcane root growth in a red oxiso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 36, n. 1, p.63-70, fev. 2012. FapUNIFESP (SciELO).

BARBIERI, J. L.; ALLEONI, L. R. F.; DOZELLI, J. L. Avaliação agronômica e econômica de sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.89-98, 1997.

BARIZON, R. R. M. **Calagem na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre *Brachiaria brizantha***. 2001. 88 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.

BELLINASSO, I.F. **A compactação e o preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar**. In: VII SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, Piracicaba, p.206-210, 1997.

BENGOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, London, v.41, p.341-358, 1990.



BENGOUG, A. G.; YOUNG, I. M. Root elongation of seedling peas through layered soil of different penetration resistances. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.149, p.129-139, 1993.

BERGAMIN, M. et al. Ecofisiologia da soja. **Ecofisiologia de Cultivos Anuais**: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, p. 73-90, 1999.

BOLONHEZI, D. et al. **Produção de soja com diferentes doses de calcário no sistema convencional e plantio direto sobre palhada de cana-de-açúcar**. In: FERTBIO 2000, 2. CD-ROM, 2000, Santa Maria. *Anais...*Santa Maria :UFSM, 2000.

BOLONHEZI, D.; TANIMOTO, O.S. **Plantio direto de culturas de sucessão sobre palhada de cana crua**. In:REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO,4, Ribeirão Preto, 2001.*Anais...*Campinas, Instituto Biológico, 2001,p.87-94.

BOLONHEZI, D. et al. Li In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, XVIII, Pennsylvania. **Liming in green harvest sugar cane area cultivated with convencional and no-tillage**. *Proceedings...*International Union of Soil Science, 2006.

BOLONHEZI, D. **Sistemas de manejo conservacionista do solo para cultivares de amendoim em sucessão à cana crua e pastagens**. 2007, 158 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

BONETTI, L. P. Cultivares e seu melhoramento genético. In: VERNETTI, FJ **Soja-genética e melhoramento**. Campina. Fundação Cargill, p. 741-794, 1983.

BORGES, W. L. B. et al. Desempenho De Cultivares De Soja Em Palhada De Cana-De-Açúcar No Noroeste Paulista. **Nucleus**, [s.l.], v. 3, n. 3, p.43-55, 7 jun. 2013. Fundacao Educacional de Ituverava.

BLEVINS, R. L.; MURDOCK, L. W.; THOMAS, G. W. Effect of Lime Application on No-Tillage and Conventionally Tilled Corn1. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 70, n. 2, p.322-326, 1978.

BRAUNACK, M.V.; ARVIDSSON, J.; HAKANSSON, I. Effect of harvest traffic position on soil conditions and sugarcane (*Saccharum officinarum*) response to environmental conditions in Queensland, Australia. **Soil and Tillage Research**, 89, p. 103-121, 2006.

BUZOLIN, P.R.S. **Efeitos da palha residual da colheita mecanizada associada a fontes de potássio e doses de nitrogênio, no solo e nas socas de cana-de-açúcar**. 1997, 89 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

CACERES, N. T.; ALCARDE, J. C. Adubação verde com leguminosas em rotação com a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) **Revista STAB**, [s.l.], v.13, n.5, p.16-20,1995.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p.175-184, 1998.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agricola**. São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 57, n. 2, p.337-341, 2000.

CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.99-108, 2005.

CALONEGO, J. C. **Uso de plantas de cobertura na recuperação de solo compactado**. 2007. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**, v.33, p.242-249, 2010.

CAMILOTTI, F. et al. Efeito prolongado de sistemas de preparo de solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-198, 2005.

CANASAT. Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da terra. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/canasat/>> .Acesso em: 04 nov,2016.

CANTARELLA, H. Balanço de nitrogênio em sistemas com palha na superfície: cana sem despalha à fogo. In: Landell, M.G.A.; Vasconcelos, A.C.M. (eds.). **ATAS DAS REUNIÕES 1992-2004**. Grupo Fitotécnico de Cana-de-Açúcar, Ribeirão Preto, 2004. p.201-214.

CAMARGO, O.A.; RAIJ, B.van. Movimento do fósforo em amostras de Latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, p.275-280, 1989.

CARDOSO, E. **Contribuição para o estudo da adubação verde dos canaviais**. 1956. 96f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1956.

CARDOSO, F. P. O cultivo da cana-de-açúcar em SPD. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, VIII, Tangara da Serra, MT. **Anais...** Associação de Plantio Direto no Cerrado, p.176-177, 2005.

CARMEIS FILHO, A. C. A. et al. Impact of Amendments on the Physical Properties of Soil under Tropical Long-Term No Till Conditions. **Plos One**, [s.l.], v. 11, n. 12, p.1-21, 13 dez. 2016. Public Library of Science (PLoS). Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0167564>>. Acesso em: 1 dez, 2016.

CARVALHO, L.A. et al. Produtividade e viabilidade da cana de açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no centro oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.200-211, 2011.

CARVALHO, L. A. et al. Variáveis físicas do solo e produtividade de cana-de-açúcar sob sistemas de preparo na reforma de canavial. **Agrarian Academic**, n. 1, p.259-274, 2014.

CASAGRANDE, D.V. Preparo mínimo de solos argilosos para a cultura de cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**, São Paulo, v.8, n.40, p-30-3, 1988.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p.1690-1698, dez. 2011. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/10362/6713>>. Acesso em: 1 dez, 2016.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

CHEN, G.; WEIL, R. R.. Root growth and yield of maize as affected by soil compaction and cover crops. **Soil and Tillage Research**, [s.l.], v. 117, p.17-27, dez. 2011.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; GODOY, O. P.; FILHO, R.V. Controle de *Brachiaria decumbens* STAPF e de *Cyperus rotundus* (L.) em área de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogea* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 70, n.3, p. 325-340, 1995.

COLETI, J.T.; FREITAS, P.G.R.; KASHIWAKURA, Y. Métodos alternativos de cultivo mínimo em relação ao sistema convencional na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, II, Rio de Janeiro. **Anais...**, p. 498-504, 1981.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO.-CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**, terceiro levantamento, Dezembro. Brasília: Conab, 2016. 74p.

CONDE, A.J. & DONZELLI, J.L. Manejo conservacionista do solo para áreas de colheita mecanizada de cana queimada e sem queimar. **VII Seminário Copersucar de Tecnologia Agrônômica**, [s.l.], p.193-205, 1997.

CONSECANA - Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Consecana, 2006. 112 p.

CORRÊA, J. C. et al. Aplicação superficial de diferentes fontes de corretivos no crescimento radicular e produtividade da aveia preta. **Revista Brasileira de Ciência**

**do Solo**, [s.l.], v. 32, n. 4, p.1583-1590, ago. 2008. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000400022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000400022)>. Acesso em: 1 dez, 2016.

COSTA, M. C. G. et al. Distribuição radicular, estado nutricional e produção de colmos e de açúcar em soqueiras de dois cultivares de cana-de-açúcar em solos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 31, p.1503-1514, 2007.

COSTA, C. H. M. et al. Persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa de crotalária em função da fragmentação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p.384-394, jun. 2012.

COSTA, C. H. M. et al. Persistência e liberação de elementos da fitomassa do consórcio crotalária com milho sob fragmentação<sup>1</sup>. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p.197-208, mar. 2014.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Cycling of nutrients and silicon in pigeonpea and pearl millet monoculture and intercropping. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p.1628-1640, jun. 2013.

CRUZ, J. C. et al. **Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.13-24, 2001.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.471-77, 1993.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e prepare conservacionista do solo. GTZ e IAPAR, 1991. 272 p.

DERPSCH, R.; BENITES, J. R. Agricultura conservacionista no mundo. **O Agrônomo**, Campinas, v.56, n.2, p.7-12, 2004.

DIAS, F.L.F. **Sistemas de preparo de solo em área de colheita mecanizada de cana crua**. 2001, 83f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DINARDO MIRANDA, L.L. Rotação soja-cana e nematóides. **Revista STAB**, v.19, n.4, p.17, 2004.

DINARDO MIRANDA, L.L.; GIL, M.A. Efeito da rotação com *Crotalaria juncea* na produtividade de cana-de-açúcar, tratada ou não com nematicida no plantio. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 1, p.63-66, mar. 2005.

DODD, M.B.; MACKAY, A.D. Effects of contrasting soil fertility on root mass, root growth, root decomposition and soil carbon under a New Zealand perennial ryegrass/white clover pasture. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 349, n. 1-2, p.291-302, 6 jul. 2011.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p.723-732, 2008. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052008000300022&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000300022&nrm=iso)>. Acesso em: 30 out, 2016.

DURIGAN, J. C.; TIMOSSI, P. C. ; LEITE, G. J. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.1, p.127-135, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAGUNDES, E. A.; SILVA, T. D.; BONFIM-SILVA, E. M. Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.188-193, 2014.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.360p.

FERRARI NETO, J. et al. Consórcio de guandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p.264-272, mar. 2012.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FEHR, W. R. et al. Stage of development descriptions for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, [s.l.], v.11, p.929-931, 1971.

FINOTO, E. L. et al. Avaliação de genótipos de soja RR e intacta RR2 PRO® em semeadura direta na reforma de cana crua. **Ciência & Tecnologia**, v. 7, n. esp., 2015.

FIORETTO, R. A. et al. The role of sugar cane straw on soil reaction. **Ciênc. Agrotec.**, [s.l.], v. 33, p.2069-2074, jul. 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível

em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141370542009000700062&script=sci\\_artt ext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141370542009000700062&script=sci_artt ext)>. Acesso em: 20 jun, 2015.

FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; LIMA, S.L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.947-953, 2003.

FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo State, Brazil. **Biomass & Bioenergy**, v.42, p.189-198, 2012.

FURLANI NETO, V. L. et al. Comparative analyses between green cane and burned cane: raw matter quality, cane losses, crop residue and chopper harvest performance. In: INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 20, 1989, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ISSCT, 1989, v.2, p.1043-50.

FREDDI, O. S. et al. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, n. 31, p.627-636, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n4/a03v31n4>>. Acesso em: 1 dez,2016.

FREDDI, O. S. et al. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, n. 33, p.805-818, abr. 2009. Disponível em: < [www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n4/05.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n4/05.pdf)>. Acesso em: 1 dez, 2016.

FRYE, W.W.; LINDWALL, C.W. Zero-tillage research priorities. **Soil and Tillage Research**, v.8, p. 311-316, 1986.

GARCIA, R. A. et al. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, [s.l.], v. 28, n. 4, p.579-585, maio 2008. Elsevier BV.

GASCHO, G.; DAVIS, J.G. Soil fertility and plant nutrition. In: PATEE, H.E.; STALKER, H.T. (Ed.). **Advances in Peanut Science**. Stillwater: American Peanut Research and Education Society, p.383-419, 1995.

GILLIER, P.; SILVESTRE, P. **El cacahuete o maní**. Madrid: Editorial Blume, 1970. 281p.

GRAHAM, M. H., HAYNES, R. J.; MEYER, J. H., Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **European Journal of Soil Science**, v.53, p.589-598, 2002.

GRICHAR, W. J.; SMITH, O. D. Effects of tillage systems on Southern blight and pod yield of five runner peanut genotypes. **Peanut Science**, v.18, p.144-147, 1991.

GRICHAR, W. J.; SMITH, O. D. Interaction of tillage and cultivars in peanut production systems. **Peanut Science**, v.19, p.95-98, 1992.

HALL, D. J. M. et al. Amelioration of a hardsetting Alfisol through deep mouldboard ploughing, gypsum application and double cropping. Soil physical and chemical properties. **Soil and Tillage Research**. n.28, p.253–270, 1994.

HEINRICHS, R. et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.331-340,2001.

HOYT, P.B.; TURNER, R.C. Effects of organic materials added to very acid soils on pH, aluminium, exchangeable NH<sub>4</sub> and crop yields. **Soil Science**. Philadelphia, v. 119, n.3, p.227-237, 1975.

HUE, N. V.; AMIEN, I.. Aluminum detoxification with green manures1. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s.l.], v. 20, n. 15-16, p.1499-1511, set. 1989.

HUE, N. V.; CRADDOCK, G. R.; ADAMS, F. Effect of Organic Acids on Aluminum Toxicity in Subsoils1. **Soil Science Society Of America Journal**, [s.l.], v. 50, n. 1, p.28-34, 1986.

HUE, N. V. Correcting soil acidity of a highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. **Communication Soil Science Plant Analytic**, v. 23, p. 241-264, 1992.

JORGE, L.A.C.; SILVA, D.J.C.B. **Safira**: Manual de utilização. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010. 28p.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p.221-227, 2007. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010006832007000200004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832007000200004)>. Acesso em: 12 dez,2015.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, [s.l.], v. 57, n. 1, p.97-104, 2000.

LIMA, E. A. et al. Avaliação econômica e de risco da produção de soja em rotação com cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 403-409, 2007.

LIMA, C. C. de. **Canteirização com preparo convencional e profundo do solo para cana-de-açúcar: atributos físicos e sistema radicular**. 2016. 130f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) -Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2016. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/dissertacoes/CamilaCassante de Lima.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/dissertacoes/CamilaCassante%20de%20Lima.pdf)>. Acesso em: 1 dez, 2016.

LIPIEC, J.; STEPNIEWSKI, W. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. **Soil and Tillage Research**, n.35, p. 37-52, 1995.

MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3)

MAIA, J. L. T.; RIBEIRO, R. Cultivo contínuo da cana-de-açúcar e modificações químicas de um Arissolo Amarelo fragipânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1127-1132, 2004.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. [s.l.] Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba.Potafós, 1997. 319 p.

MARSCHNER R. H. Mineral nutrition of higher plants. New York, **Academic Press**, 1986. 403p.

MANTOVANI, E.C. **Compactação do solo**. In: V Curso de uso e manejo da irrigação. Sete Lagoas, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1990. 11p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. **Efeito residual de leguminosas sobre o rendimento físico e econômico da cana-planta**. Campinas, 1994a, 15 p. (Boletim Científico n.º 32).

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito residual do adubo aplicado na soja (*Glycine max* L.) sobre a cana-de-açúcar. **Scientia agricola.**, Piracicaba, v.51, n.2, p.264-269, 1994b.

MATERECHERA, S. A. et al. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. **Plant and Soil**, v.144, p.297-303, 1992.

MATEUS, G. P. **Doses de nitrogênio na cultura do milho e do sorgo em consórcio com forrageiras**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MCCMAHON, M. A.; THOMAS, G. W.. Anion Leaching in Two Kentucky Soils under Conventional Tillage and a Killed-sod Mulch1. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 68, n. 3, p.437-442, 1976.

MELLO IVO, W. M. P.; MIELNICZUK, J. Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.135-143, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06831999000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06831999000100017)>. Acesso em: 1 dez,2016.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.411-416, 1993.



MOBERLY, P.K. Deep tillage investigations on five soil types of South African Sufarbelt. In: ANNUAL CONGRESS OF SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGIST ASSOCIATION, 46, Mount Edgecombe, 1972. **Proceedings**. p.205-210.

MORAES, E. R. et al. Produtividade e características agronômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 27–32, 2016.

MOURA, R. M. Dois anos de rotação de cultura em campos de cana de açúcar para controle da meloidoginose: efeitos dos tratamentos na população do nematoide. **Nematologia brasileira**, v.15, n.1, p. 1-6, 1991.

MOURA, R. M. et al. Efeito de adubos verdes na densidade de *Pratylenchus zeae* na produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v.34, p. 132-136, 2010

MUTTON, M. A. **Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar (*Sccharum spp. var. Na 5679*)**.1983. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinários, Jaboticabal, 2010.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, P.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Ed.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.147-158.

NG KEE KWONG, K.F. et al. Value of trash in nitrogen nutrition of sugarcane. **Plant and Soil**, 102, p.79-83, 1987.

NOVARETTI, W. R. T. et al. Contribuição ao estudo de nematoides que parasitam a cana de açúcar em São Paulo. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, [s.l.], v.1, p.27-32, 1977.

OLIVEIRA, E.I. de; PAVAN, M.A. Controlo f soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, [s.l.], v.38, n.1-2, p.47-57, ago. 1996.

OLIVEIRA, M. W. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2359-2362, 1999.

OLIVEIRA, J. C. M. et al. Soil temperature in sugar-cane crop as a function of management system. **Plant and Soil**, [s.l.], v.230, p.61-66, 2001.

OLIVEIRA, F. H. T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. Volume 2. p.393-

PAGE, R.E.; GLANVILLE, J.; TRUONG, P.N. The significance of trash retention trials in the lisis and Maryborough mill areas. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN

SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 8, 1986, Townsville. **Proceedings...**Brisbane: Watson Ferguson, 1986. p.95-101.

PANKHURST, C. E. et al. Effect of rotation breaks and organic matter amendments on the capacity of soils to develop biological suppression towards soil organisms associated with yield decline of sugarcane. **Applied Soil Ecology**, [s.l.], v. 28, n. 3, p.271-282, mar. 2005. Elsevier BV.

PANKHURST, C. E. et al. Effects of biocides and rotation breaks on soil organisms associated with the poor early growth of sugarcane in continuous monoculture. **Plant and Soil**, 268, p. 255-269, 2005.

PARRELLA, R. A. C. et al. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, Goiania. *Anais...* . Goiania: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2010. p. 2858 - 2866. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25139/1/0236.pdf>>. Acesso em: 20 nov,2016.

PAVAN, M. A.; MIYASAWA, M. Mobilização de calcário no solo através de resíduo de aveia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 18. Londrina, 1998. **Palestras...** Londrina: IAPAR, 1998. p. 72-79.

PEREIRA, F.A.R.; VELINI, E.D. Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, [s.l.], v.21, n.3, p. 355-363, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p.118-127, set. 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94398/1/Avaliacao-cultivares-6.pdf>>. Acesso em: 12 nov, 2016.

PEREZ, A. A. G. **Nitrogênio na semeadura e em cobertura para o feijoeiro em sistema plantio direto em fase de implantação e consolidado**. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Agricultura) -Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2010

PIERRE, W. H.; BANWART, W. L. Excess-base and excessbase/ nitrogen ratios of various crop species and plant parts. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 91-96, 1973.

PIRES, F. R. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Ceres**, Viçosa, v. 2, n. 55, p.94-101,2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3052/305226700005.pdf>>. Acesso em: 12 dez, 2015.

PRADO, R. M. de; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. de. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1795-1801, 2002.

PRETE, C. E. C.; NASCIMENTO JUNIOR, V. C.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio em soja sob déficit hídrico. In: VI Congresso brasileiro de soja. Cuiaba, 2012. 4p.

PROVE, B. G.; GOOGAN, V. J.; TRUONG, P. N. V. Nature and magnitude of soil erosion in sugarcane land on the wet tropical coast of north-eastern. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, [s.l.], v.35, p.641-649, 1995.

PUPPIN RUSCHEL, A.; VOSE, P. B. Nitrogen cycling in sugarcane. **Plant and Soil**, v.67, p. 139-146, 1982.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RESENDE, A. S. et al. Long-term effects of pré-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. **Plant and Soil**, v. 281, p.339-351, 2006.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.713-721, 1998.

RICAUD, R. Effect of subsoiling on soil compaction and yield of sugarcane. In: CONGRESS OF ISSCT, XVI, São Paulo, 1977. **Proceedings...**p.1039-1048.

RITCHIE, G.S.P.; DOLLING, P.J. The role of organic matter in soil acidification. **Australian Journal Soil Research**, [s.l.], v.23, p.569-76, 1985.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Barros & Marques Editoração Eletrônica. Piracicaba, 2004. 302 p.

ROBERTSON, F.A.; THORBURN, P.J. Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. **Australian Journal of Soil Research**, [s.l.], v. 45, p.13-23, 2007.

ROMANINI JÚNIOR, A.R. **Influência do espaçamento de plantas no crescimento, produtividade e rendimento do amendoim rasteiro, cultivar runner iac 886. 2015**. 27 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015. Disponível em:< <http://repositorio.unesp.br/handle/11449/96931>>. Acesso em: 11 dez, 2015.

ROSA, R. C. T.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Efeitos do uso de *Crotalaria juncea* e carbofuran observados na colheita de cana planta. **Nematologia Brasileira**, [s.l.], v.27, p.167-171, 2003.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.355-362, 2003.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. do. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p.259-266, 1994. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/5345>>. Acesso em: 01 dez, 2016.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milho após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p.1169-1175, ago. 2007.

ROSSET, J. C.; SCHIAVO, J. A.; ATANÁSIO, R. A. R. Atributos químicos, estoque de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.5, p.2351-2366, 2014.

SÁ, J.C. de M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para produção de grãos no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 1, Viçosa, 1998. **Resumo das palestras**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.19-61.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E. e CARVALHO, J.G. (Eds.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS, 1999. p.267-319.

SACHS, R. C. C. et al. Potencial econômico do uso de adubos verdes em áreas de reforma de cana-de-açúcar. In: WORKSHOP AGROENERGIA, IX, Ribeirão Preto, 2015. **Anais...**, Instituto Agrônomo de Campinas, 2015.

SAKAI, R. H. et al. Produtividade da cana de açúcar em três cortes após adubação verde com crotalaria júncea e N-mineral no momento da reforma. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s.l.], v.2, n.2, p.782-786, 2007.

SANCHES, P. A. et al. Amazon basin soils: management for continuous crop production. **Science**, Washington, v.216, p.821-824,1982.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p.729-735, 1991.

SANTOS, H. P.; SIQUEIRA, O. J. W. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.163-169,1996.

SHIERLAW, J.; ALSTON, A.M. Effect of soil compactation on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.77, p.15-28, 1984.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo de solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.9, p.249-254, 1985.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em latossolo roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, n.1,1983.

SILVA JUNIOR, C.A. et al. Comportamento da cana-de-açúcar em duas safras e atributos físicos do solo, sob diferentes tipos de preparo. **Bioscience Journal**. Uberlândia: Univ Federal Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1489-1500, 2013.

SILVA JUNIOR, A. C.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D. Effects of sugarcane straw on grass weeds emergence under field conditions. **Bioscience Journal**, [s.l.], p.863-872, 2006.

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

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, p.855-860, 2002.

SILVA, A. C.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D. Effects of sugarcane straw on grass weeds emergence under field conditions. **Biosciences journal**, Uberlândia, v. 32, n. 4, p.863-872, 2016.

SILVA, M.M. et al. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. **Ceres**, Viçosa, v. 1, n. 56, p.103-111, 2009. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3403/1290>>. Acesso em: 13 dez. 2015.

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

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 2, n. 34, p.399-406, abr. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n2/a10v34n2.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2015.

SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea mays L.) em diferentes tipos de preparo do solo**. Botucatu, 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SILVEIRA, P. M. et al. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa**

**Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 10, p.2057-2064, out. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ /pab/v35n10/35n10a18.pdf>>. Acesso em: 20 jun, 2015.

SOARES, M. B. B. et al. Plantas daninhas em área de reforma de cana crua com diferentes manejos do solo e adubos verdes em sucessão. **Revista Agro@ambiente On-line**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.25-33, 10 jun. 2012. Disponível em: <http://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/683>. Acesso em: 20 jun, 2015.

SORATTO, R. P. et al. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 10, n. 1, p. 89-99, 2001.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.11, p.1553-1560, 2007.

SORATTO, R. P. et al. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p.1462-1470, out. 2012.

SOUSA, S. F. G. et al. Produtividade da cultura de cana de açúcar com e sem a aplicação de fósforo em profundidade utilizando equipamento de preparo profundo mecanizado. **Energia na Agricultura**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.258-263, 5 nov. 2015.

SOUZA, D. F. **A adubação verde e o problema dessa prática agrícola na lavoura canavieira paulista**.1957. 47 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1957

SOUZA, Z. M. et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.271-278, 2005a.

SOUZA, Z. M. et al. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, 35(5):1062-1068, 2005b.

SOUZA, Z. R. et al. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em Latossolos adubados por cinco anos com bio sólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.117-123, 2005

STOLF, R. Cultivo mínimo para a cana-de-açúcar. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v.6, n.1, p.5-42, 1985.

TANIMOTO, O.S.; BOLONHEZI, D. **Plantio direto de soja sobre palhada de cana-de açúcar**. Campinas : CATI, 2002, 18 p.

TAVARES, O. C. H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 61-68, 2010.

TEIXEIRA, C. M. et al. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ci. Agrotec.**, v.29, p.93-99, 2005.

TENELLI, S. **Disponibilidade do nitrogênio no solo e produtividade da cana de açúcar em função da rotação de culturas**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia /Solos e Nutrição de Planta) -Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

TORRES, J. S.; VILLEGAS, F. Labranza reducida para renovación de plantaciones de caña de azúcar. In: ENCUESTRO NACIONAL DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN, I, **Anais...** Villavicencio, Colombia, 1998. p. 337-352.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.333-339, 1996.

TROUSE, A.C.Jr.; HUMBERT, R.P. Deep tillage in Hawaii: I. Subsoiling. **Soil Science**, 88, p. 150-158, 1959.

TRIVELLIN, P. C. O. et al. Impact of sugarcane trash on fertilizer requirements for São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, [s.l.], v. 70, n. 5, p.345-352, out. 2013. FapUNIFESP (SciELO).

USDA. **Soil survey manual**. Washington, Soil Survey Division Staff, 1993, 437p. (Handbook, 18).

VALLIS, I. et al. Recovery in plants and soils of <sup>15</sup>N applied as subsurface bands of urea to sugarcane. **Australian Journal Agriculture Research.**, v.47, p.355-370, 1996.

VALPASSOS, M. A. R et al. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.12, p.1539-1545, 2001.

VASQUEZ, M. N. **Atributos físicos de latossolos cultivados com cana-de-açúcar sob sistemas de usos do solo**. 2015. 27 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/128096>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

VELINI, E. D.; PITELLI, R. **Controle de plantas daninhas em áreas de cana crua**. In: Landell, M.G.A. & Vasconcelos, A.C.M. (eds.). ATAS DAS REUNIÕES 1992-2004. Grupo Fitotécnico de Cana-de-Açúcar, Ribeirão Preto, 2004. p.154-159.

VIEIRA NETO, S. A. et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p.56-68, 2008.

VITTI, A. C. et al. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2757-2762, 2008.

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.281-289, jun. 1999. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/114119/S0100-06831999000200012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 1 dez, 2016.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, p.775-82, 1985.

WIEDENFELD, R. T. Previous-crop effects on sugarcane responses to nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, 90, p. 161-165, 1998.

WOOD, W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in Noth Queensland. **Soil and Tillage Research**, v. 20, p.69-85, 1991.

WUTKE, A. C. P.; ALVAREZ, R. Restauração do solo para cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.18, p.20-217, 1968.

ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, p.257-262, 1999.