



Artigo Original

Ronny Sobreira Barbosa¹
Zigomar Menezes Souza²
Lucio André de Castro Jorge³
Helton Carlos de Leão⁴
Milton Cesar Costa Campos^{5*}

¹Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Bom Jesus, BR 135, km 3, Planalto Horizonte, s/n, 64900-000, Bom Jesus, PI, Brasil

²Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Engenharia Agrícola, Departamento de Água e Solo, Avenida Candido Rondon, 501, Barão Geraldo, Caixa Postal 6011, 13083-875, Campinas, SP, Brasil

³Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária – EMBRAPA, Caixa Postal 741, 13560-970, São Carlos, SP, Brasil

⁴Departamento Técnico da Citrosuco (Grupo Fischer), Caixa Postal 01, 15990-902, Matão, SP, Brasil

⁵Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Rua 29 de Agosto, 786, Divino Pranto, 69800-000, Humaitá, AM, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: mcesarsolos@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Estrutura do solo
Compactação do solo
Raízes

KEYWORDS

Soil structure
Soil compaction
Roots

Atributos físicos do solo e do sistema radicular em citros sob diferentes preparos

Physical attributes of the soil and root system in citrus under different tillage systems

RESUMO: O Brasil é o maior produtor mundial de laranja para uso industrial, produzindo mais da metade do suco congelado e concentrado do mundo. Entretanto, para o sucesso dos pomares de citros, a qualidade física do solo é fundamental, sendo destacados alguns indicadores, como: densidade, macro e microporosidade, porosidade total e resistência do solo à penetração. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de sistemas de preparo sobre atributos físicos do solo e o desenvolvimento do sistema radicular da cultura da laranja em Latossolo Vermelho. O experimento foi conduzido na região de Avaré-SP, em áreas com pomares de laranja da variedade ‘Valência’ enxertada em ‘Swingle’, com aproximadamente três anos de idade. Os sistemas de preparo avaliados foram: preparo reduzido, preparo com subsolagem e tríplice operação. Foram avaliados: o sistema radicular, por meio de análise de imagens; os atributos físicos (macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, estabilidade de agregados e resistência do solo à penetração), e o teor de carbono orgânico no solo. O solo foi amostrado nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,40 m, 0,40-0,50 m, 0,50-0,75 m e 0,75-1,00 m. Os preparos do solo alteraram os atributos do solo e das raízes da cultura do citros com menores modificações na linha de plantio. O preparo reduzido alterou os atributos físicos do solo ao longo do perfil, proporcionando condições limitadas ao desenvolvimento do sistema radicular do citros. A tríplice operação é o sistema de preparo que promoveu maior desenvolvimento do sistema radicular do citros.

ABSTRACT: Brazil is the world's largest orange producer for industrial use, producing more than half of the frozen juice concentrate of the world. However, soil physical quality is essential for the success of citrus groves, and the following indicators are highlighted: bulk density, macro and microporosity, total porosity, and soil resistance to penetration. The objective of this study was to determine the development of root systems and the effect of different tillage systems on soil physical properties in a field experiment of orange crop. The experiment was conducted in the region of Avaré, São Paulo state, in areas with orange groves with variety Valencia grafted on Swingle approximately 3 years old. The following tillage systems were evaluated: reduced tillage, tillage with subsoiling, and threefold operation. We evaluated the root system, through image analysis, and the physical attributes (macro and microporosity, bulk density, aggregate stability, and resistance to penetration) and organic carbon content in the soil. The soil was sampled at depths of 0.00-0.10 m, 0.10-0.20 m, 0.20-0.30 m, 0.30-0.40 m, 0.40-0.50 m, and 0.50-0.75 0.75-1.00 m. The tillage systems altered the soil attributes and root system in citrus cultivation with minor variations in the planting row. Reduced tillage altered the soil physical properties along with the profile, providing limited development conditions of the root system of citrus. The threefold operation is the tillage system that promoted the greatest development of citrus root system.

Recebido: 02/02/2014

Aceito: 14/07/2014

1 Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja para uso industrial, produz mais da metade do suco congelado e concentrado do mundo, e suas vendas respondem por mais de 80% do comércio internacional. Somente o Estado de São Paulo produz cerca de 80% da laranja utilizada pela indústria no Brasil, que está oficialmente estimada em 253 milhões de caixas na safra de 2013/14 (Conab, 2013). Dentre as principais variedades cultivadas, destaca-se ‘Valência’ (*Citrus sinensis* O.), combinada com o porta-enxerto citrumelo ‘Swingle’ (*Citrus paradisi* vs. *Poncirus trifoliata*), introduzido no país ainda na década de 1940 (Auler et al., 2011).

As plantas cítricas possuem vida útil entre 20 e 30 anos, sendo que algumas variedades começam a produzir em torno dos quatro anos de idade. O manejo do solo altera a estrutura do solo (Fidalski et al., 2009) e os reflexos dessas modificações se prolongam por todo o ciclo da cultura, sendo que o impacto das adubações, arações e gradagens do ciclo anterior pode ser refletido no ciclo seguinte (Souza et al., 2004; Melo Filho et al., 2009). Além disso, o preparo do solo, que visa a promover o ambiente favorável ao desenvolvimento do sistema radicular, é essencial.

Os indicadores físicos mais utilizados para medir a qualidade física do solo em pomares de laranja são a densidade, a macro e a microporosidade, a porosidade total e a resistência do solo à penetração (Fidalski et al., 2009). Esses indicadores são influenciados pelos sistemas de preparo do solo e pelo manejo da cobertura permanente nas entrelinhas do pomar (Fidalski et al., 2009). O impedimento físico do solo à movimentação de água resulta na deficiência hídrica às plantas, o que diminui a sua capacidade fotossintética, afetando diretamente o rendimento da cultura (Magalhães Filho et al., 2008). Em estudo de raízes, a compactação do solo apresenta-se como excelente indicador biológico de qualidade do solo (Melo Filho et al., 2009).

A condição em que o solo se encontra, para o desenvolvimento do sistema radicular da cultura, está intimamente ligada ao sistema de preparo que foi utilizado no momento da implantação da cultura. No caso da cultura da laranja, para a reutilização de uma área plantada anteriormente com laranja, deve-se fazer um sistema de preparo capaz de romper a camada compactada que se formou durante seu uso anterior. No Estado de São Paulo, não existe um sistema de preparo que seja utilizado como padrão por todos os produtores de laranja. Existem variações entre implementos utilizados e no modo de utilização desses implementos.

Nesse contexto, somado à necessidade de se aumentar a produtividade de laranja, tem sido desenvolvido um sistema de preparo denominado tríplex operação, a qual promove canteirização do solo. O preparo do solo denominado tríplex operação proporciona melhores condições físicas do solo para o desenvolvimento radicular da cultura da laranja em solos arenosos e argilosos, quando comparado com os métodos tradicionais, como o preparo reduzido e com subsolador. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de sistemas de preparo do solo sobre atributos físicos do solo e o desenvolvimento do sistema radicular da cultura da laranja em Latossolo Vermelho.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na região de Avaré, sul do Estado de São Paulo, numa área experimental pertencente ao grupo Fischer Citrosuco e parceiros, localizada a 23°05'56" de latitude sul e 48°55'33" de longitude oeste. O estudo foi realizado em pomares de laranja da variedade ‘Valência’ enxertada em citrumelo ‘Swingle’, em Latossolo Vermelho, de textura argilosa e topografia plana. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante da região é o subtropical, com inverno úmido (Cwa) e índice pluviométrico anual em torno de 1.200 mm.

O plantio foi realizado entre os dias 11 e 16 de junho de 2007, adotando o espaçamento de 3,0 m entre plantas e 7,0 m entre linhas, com gramíneas *Brachiaria decumbens* plantadas nas entrelinhas. A área agrícola foi explorada anteriormente com pastejo extensivo e, atualmente, estão no segundo ciclo da cultura, sendo o preparo reduzido utilizado no primeiro ciclo. No plantio, aplicou-se a dosagem de 4 g de P_2O_5 , 12 g de N e 24 g de K_2O , por planta.

O trabalho foi realizado em junho de 2010 e correspondeu ao terceiro ano de condução do experimento. Durante esse período, as entrelinhas foram tráfegadas cinco vezes por ano com trator de 120 cv e tração 4 x 2 (6.740 kg), sendo que duas dessas operações foram utilizadas para aplicação de inseticidas e as demais, para aplicação de adubo e herbicidas, e para a realização de roçagem.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três tratamentos, a saber: Preparo reduzido (PR), com aração em área total por meio de grade aradora a 0,2 m de profundidade e escarificação das linhas de plantio a 0,3 m; Preparo com subsolador (PS), com aração em área total por meio de grade aradora a 0,2 m, escarificação das linhas de plantio a 0,3 m e subsolagem com implemento Ast-Matic 550 a 0,5 m; Tríplex operação (TO), com aração em área total por meio de grade aradora a 0,2 m, escarificação das linhas de plantio a 0,3 m e tríplex operação, até aproximadamente 0,9 m de profundidade.

A tríplex operação consiste na realização simultânea das práticas de adubação do sulco, de subsolagem e da construção do canteiro de plantio. O implemento utilizado para tal atividade não é comercial e foi desenvolvido pelo grupo Fischer Citrosuco. Possui três subsoladores em formato de aiveca, com orifícios que possibilitam a saída do adubo. Do reservatório a estes orifícios, existe um conjunto de mangueiras que conduzem os fertilizantes a diferentes profundidades, durante passagem na linha de plantio.

No preparo reduzido, utilizou-se uma grade aradora composta de 18 discos de 34 polegadas cada, seguida de escarificação das linhas de plantio utilizando tratores de 100 a 120 cv (MF 292 ou MF 297). No tratamento com subsolador, a subsolagem foi realizada com implemento Ast-Matic 550 de cinco hastes, com profundidade de 0,5 m, tracionado por um trator de 120 cv com rodado de pneu. Para a tração do implemento de tríplex operação, utilizou-se um trator MF 680 de 180 cv, também com rodado de pneu.

Em cada tratamento, realizou-se a abertura de três trincheiras distanciadas a cada 0,5 m da linha de plantio, com dimensões de 2,0 m de largura, 2,0 m de comprimento e 3,5 de

profundidade (Figura 1). Em cada trincheira, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em três diferentes pontos: i) situado na linha de plantio (LP); ii) situado na projeção da copa (PC), e iii) situado na linha de rodado (LR), para os atributos do solo. Para raízes, foram coletadas amostras na linha e na entrelinha nas profundidades de 0,0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3, 0,3-0,4, 0,4-0,5, 0,5-0,75 e 0,75-1,0 m.

As análises de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e umidade gravimétrica foram realizadas de acordo com a metodologia estabelecida pela Embrapa (2011). Determinou-se o diâmetro médio ponderado por tamisamento úmido (Kemper; Chepil, 1965) e a resistência do solo à penetração, pela metodologia proposta por Stolf (1991). Para a determinação do teor de carbono orgânico no solo, foi utilizado o método de Walkley-Black para a leitura do carbono orgânico total (EMBRAPA, 2011).

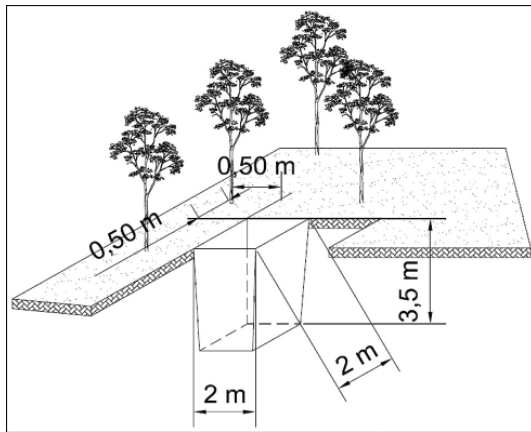


Figura 1. Modelo de trincheira utilizada para a coleta de amostras de solo e a observação das raízes na cultura da laranja sob diferentes sistemas de preparo, com dimensões de 3,5 m de profundidade, 2,0 m de largura e 2,0 m de comprimento, e confeccionadas a 0,5 m da linha da cultura.

Figure 1. Trench model used for collection of soil samples and observation of roots in orange crop under different tillage systems, with the following dimensions: 3.5 m deep, 2.0 m wide and 2.0 m long; excavated 0.5 m from the crop rows.

O sistema radicular das laranjeiras foi analisado pela visualização da trincheira por meio da interpretação de imagens digitais, utilizando o *software* SIARCS, versão 3.0. Inicialmente, com o auxílio de uma pá de corte reto, nivelou-se a parede da trincheira a ser fotografada e, em seguida, com o uso de um rolo escarificador, foi realizada a escarificação para liberar as raízes que ficaram aderidas à parede durante a etapa de nivelamento (Jorge; Rodrigues, 2008). As paredes da trincheira foram pintadas com tinta spray de cor branca e, em seguida, utilizando um pulverizador costal, realizou-se a lavagem da parede, para que apenas as raízes permanecessem pintadas (Jorge; Rodrigues, 2008).

A coleta das imagens foi realizada por uma máquina digital com resolução de 3 megapixels. Foi colocada uma lona preta sobre a parte superior da trincheira, para que assim não houvesse interferência luminosa do ambiente em nenhum dos tratamentos experimentais.

Os resultados dos atributos do solo e parâmetros de raízes foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o programa SAS[®]. Considerando-se o caráter ‘subsubdividido’ deste experimento, foram criados dois modelos lineares para a análise estatística, sendo um modelo para a análise de raízes e outro para os atributos físicos estudados. Os modelos foram os seguintes (Equações 1 e 2):

Área com raiz:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + R_l(i) + P_j + (PS)_{ij} + R_l(ix_j) + Pr_k + (SPr)_{ij} + (PPr)_{jk} + (SPPr)_{ijk} + E_{ijkl} \quad (1)$$

Demais variáveis:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + R_l + Pr_k + (SPr)_{ij} + (PPr)_{jk} + (SPPr)_{ijk} + E_{ijk} \quad (2)$$

3 Resultados e Discussão

Na linha de plantio, o tratamento com tríplex operação apresentou maior quantidade de raiz em relação aos tratamentos com preparo reduzido e preparo com subsolador, para todas as profundidades avaliadas (Tabela 1). O tratamento com tríplex operação apresentou cerca de 50% de área com raízes mais longas do que o preparo com subsolador e de 90% com o preparo reduzido, para a profundidade de 0,75-1,00 m. Embora o tratamento com tríplex operação

Tabela 1. Área ocupada com raízes de citros na linha e na entrelinha, em diferentes profundidades, para três sistemas de preparo em Latossolo Vermelho.

Table 1. Area occupied by citrus roots in the row and between rows at different depths, for three tillage systems a Red Latosol.

Profundidades -----m-----	Área Avaliada --cm ² --	Linha			Entrelinha		
		¹ PR	² PS	³ TO	PR	PS	TO
		-----cm ² -----					
0,00-0,10	1.400	16,71 Ab	22,27 Ab	98,66 Aa	9,73 Ab	9,81 Ab	18,92 Aa
0,10-0,20	1.400	10,80 ABb	10,14 Bb	45,70 ABa	6,51 Ab	5,36 Ab	10,67 Aa
0,20-0,30	1.400	6,35 Bb	4,25 Bb	23,06 Ba	4,43 Ab	4,84 Ab	10,35 Aa
0,30-0,40	1.400	3,79 Bb	4,48 Bb	20,50 Ba	3,78 Ab	4,51 Ab	8,90 Aa
0,40-0,50	1.400	2,12 Bb	3,26 Bb	15,80 Ba	3,69 Ab	3,53 Ab	9,95 Aa
0,50-0,75	3.500	5,57 Bc	28,78 Ab	54,95 ABa	3,00 Ac	14,58 Ab	38,17 Aa
0,75-1,00	3.500	5,57 Bc	26,81 Ab	57,65 ABa	2,45 Ac	14,82 Ab	34,15 Aa
CV (%)			34,85			32,78	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹PR = preparo reduzido; ²PS = preparo com subsolador; ³TO = tríplex operação.

tenha apresentado maior número de operações de preparo, estas foram efetuadas com a finalidade de descompactar, o que proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicular. A subsolagem modifica a estrutura do solo, reduzindo a resistência à penetração radicular, o que contribui para a melhor circulação de ar, água e nutrientes, e aumenta o volume de solo explorado pelas raízes (Minatel et al., 2006).

Na linha de plantio, houve maior quantidade de área de raiz nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m em todos os tratamentos, seguida de uma redução à medida que aumentou a profundidade no perfil do solo (Tabela 1). Tal fato se deve à maior concentração de nutrientes na superfície do solo, favorecendo maior desenvolvimento do sistema radicular. Nos tratamentos com subsolador e tríplex operação, verificou-se maior desenvolvimento do sistema radicular até a profundidade de 0,40-0,50 m e, a partir da profundidade de 0,50-0,75 m, ocorreu um novo aumento nos valores de área de raiz. Bordin et al. (2005), estudando o sistema radicular de plantas cítricas e atributos físicos do solo em um Latossolo Vermelho argiloso, encontraram resultados entre 90 e 100 cm².

No preparo com tríplex operação e com subsolador, os valores de raízes na camada de 0,00-0,10 m não diferiram das profundidades de 0,50-0,75 m e 0,75-1,00 m, na linha de plantio (Tabela 1). Como nesses sistemas de preparo, ocorre uma maior mobilização do solo para implantação da cultura em profundidade, se favorece a maior disponibilidade de água e nutrientes, proporcionando o maior desenvolvimento da raiz. Rezende et al. (2002), ao avaliarem os efeitos da subsolagem a 0,50 m de profundidade no preparo do solo de um Latossolo Amarelo Coeso, concluíram que a subsolagem modificou a estrutura do solo, reduzindo significativamente a resistência à penetração radicular e contribuindo para a melhoria da circulação de ar, água e nutrientes, o que aumentou o volume de solo explorado pelas raízes de limão 'Cravo', sob três variedades de copa.

Na entrelinha, não se observou diferença para área ocupada por raízes entre as profundidades estudadas (Tabela 1). Devido ao elevado número de operações, como adubações, pulverizações e controle de plantas daninhas, as quais tendem se agravar na colheita das variedades tardias, que coincide com o período chuvoso, é facilitada a compactação na entrelinha, em razão da passagem das carretas e dos caminhões. Resultados semelhantes foram observados por Bordin et al. (2005), avaliando o sistema radicular de plantas cítricas e atributos físicos do solo em um latossolo argiloso submetido à escarificação. O coeficiente de variação foi alto para área ocupada com raízes de citros na linha e na entrelinha; Auler et al. (2011), avaliando a calagem e o desenvolvimento radicular, a nutrição e a produção de laranja, e os sistemas de preparo, observaram CV de 32,3% para massa de matéria seca de raízes.

As raízes ocorrem em menor quantidade na entrelinha, em relação à linha de plantio (Tabela 1). Isso pode ser atribuído ao impacto do tráfego de máquinas durante o período após o plantio, que, de acordo com Cunha et al. (2009), é o principal responsável pela compactação, favorecendo a redução do crescimento do sistema radicular das culturas. Lima et al. (2004), avaliando o tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de citros, verificaram

compactação superficial causada pela exploração agrícola e pelo tráfego de máquinas, o qual afetou, diferencialmente, a forma e a distribuição do espaço poroso.

O tratamento com tríplex operação apresentou maior quantidade de raízes em relação aos tratamentos com preparo reduzido e com subsolador, na linha e na entrelinha (Tabela 1). Essa diferença se dá em resposta ao comportamento dos atributos do solo proporcionado pelos diferentes sistemas de preparo, sendo que o preparo com a tríplex operação promove o revolvimento do solo à profundidade de 0,9 m, enquanto que o preparo reduzido e com subsolador atingem 0,3 e 0,5 m, respectivamente. Melo Filho et al. (2009) observaram que o manejo tradicional de citros (uma aração seguida de uma gradagem) proporciona índice de qualidade regular, devido ao aumento da relação massa-volume do solo, que caracteriza a diminuição da macroporosidade do solo e o aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração, resultando em restrições do solo para permitir o crescimento e o aprofundamento do sistema radicular das plantas

O tratamento com tríplex operação, em todos os pontos de coleta, diferiu do preparo reduzido e com subsolador para o diâmetro médio ponderado dos agregados (Tabela 2). Na linha de plantio, o preparo com tríplex operação apresentou o menor valor em relação aos demais tratamentos, com diferença estatística nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,40-0,50 m e 0,50-0,75 m; para projeção da copa e da linha do rodado, a tríplex operação apresentou menor valor do que o preparo reduzido e com subsolador, para as profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m e de 0,30-0,40 m e, 0,30-0,40 m, 0,40-0,50 m e 0,75-1,00 m, respectivamente. Os valores de diâmetro médio ponderado dos agregados variaram de 0,34 a 0,94 mm na tríplex operação, o que pode estar relacionado ao baixo teor de carbono orgânico no solo. O teor de carbono orgânico foi baixo e diferiu entre os sistemas de preparo reduzido e com subsolador. Fidalski et al. (2009), estudando indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho cultivado com citros, verificaram que alguns atributos físicos são bons indicadores para o bom desenvolvimento do sistema radicular.

O sistema com preparo reduzido promoveu pouco revolvimento do solo e esse fato deve ser, provavelmente, a principal razão de esse sistema ter apresentado valores de diâmetro médio ponderado maiores do que os demais tratamentos estudados (Tabela 2). Sistemas que promovem pouco revolvimento no solo geram melhores condições de agregação. Resultados semelhantes foram observados por Rozane et al. (2010), que, ao analisarem a interação de diferentes sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo, observaram que sistemas de preparo com pouco revolvimento do solo propiciam um cenário de maior percentagem de agregados em relação aos sistemas que revolvem em profundidade. Esses autores verificaram altos valores de diâmetro médio ponderado na linha do rodado para todos os tratamentos, nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, e para o preparo reduzido e com subsolador, nas demais profundidades. Isso pode estar relacionado à grande concentração de gramíneas que são utilizadas para manter o solo coberto nas entrelinhas, pois, de acordo com Santos et al. (2012), o sistema radicular das

Tabela 2. Diâmetro médio ponderado e teor de carbono no solo em diferentes tratamentos de preparo do solo, profundidade e posições de coleta, em um Latossolo Vermelho.**Table 2.** Weighted average diameter and carbon content in different soil tillage systems, depths and collection positions, in a Red Latosol.

Profundidade -----m-----	¹ DMP			Carbono orgânico		
	² PR	³ PS	⁴ TO	PR	PS	TO
	-----mm-----			-----g kg ⁻¹ -----		
Linha de plantio						
0,00-0,10	1,55 Aab	1,45 Ab	1,43 Ab	1,92 Aa	1,63 Aa	0,89 Ab
0,10-0,20	1,15 Aab	1,38 Aa	0,91 Ab	1,65 ABa	1,51 ABa	0,74 Ab
0,20-0,30	1,08 Aa	1,23 Aa	0,48 Aa	1,24 ABa	1,14 ABa	0,60 Ab
0,30-0,40	1,25 Aa	1,39 Aa	0,56 Aa	1,20 BCa	1,07 BCb	0,66 Ab
0,40-0,50	1,50 Aa	1,35 Aa	0,49 Ab	1,16 BCa	0,72 CDb	0,58 Ab
0,50-0,75	1,40 Aa	1,36 Aa	0,43 Ab	0,70 CDa	0,54 Da	0,56 Aa
0,75-1,00	0,90 Aa	0,84 Aa	0,44 Aa	0,47 Da	0,52 Da	0,50 Aa
CV (%)		12,22			15,75	
Projeção da copa						
0,00-0,10	1,72 Aa	1,17 Aa	0,46 Ab	1,67 Aa	1,65 Aa	0,78 Ab
0,10-0,20	1,23 Aa	1,20 Aa	0,42 Ab	1,47 ABa	1,30 ABa	0,72 Ab
0,20-0,30	1,02 Aa	0,91 Aa	0,34 Ab	0,87 ABa	0,93 Ba	0,54 Aa
0,30-0,40	1,40 Aa	1,26 Aa	0,44 Ab	1,34 ABa	0,74 Ba	0,48 Aa
0,40-0,50	1,58 Aa	1,27 Aab	0,39 Ac	0,91 ABa	0,83 ABa	0,64 Aa
0,50-0,75	1,21 Aa	1,01 Aa	0,44 Ab	1,01 ABa	0,56 Ba	0,37 Aa
0,75-1,00	0,90 Aa	0,43 Aa	0,46 Aa	0,74 Ba	0,41 Ba	0,33 Aa
CV (%)		9,48			15,31	
Linha do rodado						
0,00-0,10	1,59 Aa	1,86 Aa	0,94 Aa	1,51 Aa	1,61 Aa	0,78 Ab
0,10-0,20	1,37 Aa	1,23 ABa	0,89 Aa	1,23 ABa	1,34 Ba	0,56 Ab
0,20-0,30	1,33 Aa	1,12 ABa	0,71 Aa	0,89 Bab	0,85 BCab	0,50 Ab
0,30-0,40	1,57 Aa	1,10 ABab	0,44 Ab	0,86 Ba	0,68 BCab	0,33 Ab
0,40-0,50	1,20 Aa	1,10 ABa	0,37 Ab	0,79 BCa	0,78 BCa	0,37 Aa
0,50-0,75	0,73 Aa	0,80 Ba	0,51 Aa	0,64 BCa	0,54 Ca	0,29 Aa
0,75-1,00	1,11 Aa	0,53 Bb	0,39 Ab	0,50 Ca	0,60 Ca	0,29 Aa
CV (%)		8,79			12,80	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹DMP = diâmetro médio ponderado; ²PR = preparo reduzido; ³PS = preparo com subsolador; ⁴TO = tríplex operação.

gramíneas possui efeito positivo nos fatores de agregação do solo.

O teor de carbono orgânico no sistema de preparo reduzido e com subsolador foi maior, em relação ao preparo com tríplex operação, nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,40 m e 0,40-0,50 m, na linha de plantio; para a projeção da copa, nas profundidades de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m; e, na linha de rodado, para todas as profundidades, com exceção de 0,40-0,50 m, 0,50-0,75 m e 0,75-1,00 m (Tabela 2). Isso pode ser atribuído ao menor revolvimento do solo que o preparo reduzido e com subsolador proporcionam em relação ao tratamento com tríplex operação. O revolvimento do solo para o plantio aumenta o contato do ar com a matéria orgânica, acelerando a sua decomposição (Reichert et al., 2007) e refletindo em seu decréscimo ao longo dos anos; conseqüentemente, diminui-se a estabilidade de agregados (Wendling et al., 2005).

O preparo reduzido na linha de plantio e na projeção da copa apresentou os menores valores de macroporosidade,

nas profundidades de 0,20-0,30 m, 0,30-0,40 m e 0,40-0,50, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 3). Em trabalhos desenvolvidos por Fernandes et al. (2011), em Latossolo Amarelo sob diversos usos com adubação orgânica, foi detectado que o limite crítico de aeração que reduz sensivelmente o crescimento de raízes foi de 0,10 m³ m⁻³ de macroporosidade, o que permite afirmar que o preparo reduzido na linha de plantio não foi eficiente na manutenção das condições mínimas de macroporosidade do solo para o cultivo da cultura da laranja, para o intervalo de profundidade de 0,20-0,30 m a 0,75-1,00 m. Na projeção da copa, os valores estão acima para todas as profundidades, e na linha do rodado, os valores estão muito próximos para os tratamentos e profundidades estudados.

Na linha do rodado, os valores de macroporosidade não diferiram estatisticamente para os diferentes sistemas de preparo estudados (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados por Fidalski et al. (2009), estudando a qualidade física do solo sob sistemas de preparo do solo e cobertura

Tabela 3. Macroporosidade e densidade do solo em diferentes tratamentos de preparo do solo, profundidade e posições de coleta, em um Latossolo Vermelho.**Table 3.** Macroporosity and bulk density in different soil tillage systems, depths and collection positions, in a Red Latosol.

Profundidade -----m-----	Macroporosidade			Densidade do solo		
	¹ PR	² PS	³ TO	PR	PS	TO
	-----m ³ m ⁻³ -----			-----kg dm ⁻³ -----		
Linha de plantio						
0,00-0,10	0,20 Aa	0,20 Aa	0,20 Aa	1,06 Ba	1,12 Aa	1,10 Aa
0,10-0,20	0,22 Aa	0,22 Aa	0,22 Aa	1,08 Ba	1,11 Aa	1,12 Aa
0,20-0,30	0,10 Bb	0,20 Aa	0,20 Aa	1,30 Aa	1,12 Ab	1,14 Ab
0,30-0,40	0,10 Bb	0,20Aa	0,20 Aa	1,28 Aa	1,13 Ab	1,10 Ab
0,40-0,50	0,10 Bb	0,20 Aa	0,20 Aa	1,29 Aa	1,08 Ab	1,13 Ab
0,50-0,75	0,07 Ba	0,18 Aa	0,19Aa	1,21 Aa	1,13 Ab	1,11 Ab
0,75-1,00	0,08 Ba	0,20 Aa	0,20 Aa	1,18 Aa	1,11 Ab	1,12 Ab
CV (%)		9,75			3,42	
Projeção da copa						
0,00-0,10	0,17 Aa	0,17 Aa	0,17 Aa	1,12 Ba	1,09 Aa	1,10 Aa
0,10-0,20	0,18 Aa	0,18 Aa	0,19 Aa	1,14 Ba	1,15 Aa	1,16 Aa
0,20-0,30	0,12 Bb	0,17 Aa	0,17 Aa	1,30 Aa	1,16 Ab	1,14 Ab
0,30-0,40	0,14 Bb	0,17 Aa	0,17 Aa	1,39 Aa	1,18 Ab	1,17 Ab
0,40-0,50	0,13 Bb	0,14 Bb	0,17 Aa	1,34 Aa	1,17 Ab	1,18 Ab
0,50-0,75	0,17 Aa	0,17 Aa	0,17 Aa	1,32 Aa	1,14 Ab	1,17 Ab
0,75-1,00	0,17 Aa	0,17 Aa	0,17 Aa	1,15 Ba	1,14 Aa	1,19 Aa
CV (%)		8,18			4,79	
Linha do rodado						
0,00-0,10	0,12 Aa	0,12 Aa	0,10 Aa	1,15 Aa	1,20 Aa	1,21 Aa
0,10-0,20	0,11 Aa	0,12 Aa	0,12 Aa	1,17 Aa	1,23 Aa	1,20 Aa
0,20-0,30	0,09 Aa	0,09 Aa	0,09 Aa	1,20 Aa	1,22 Aa	1,21 Aa
0,30-0,40	0,10 Aa	0,11 Aa	0,11 Aa	1,23 Aa	1,23 Aa	1,26 Aa
0,40-0,50	0,10 Aa	0,10 Aa	0,10 Aa	1,19 Aa	1,21 Aa	1,19 Aa
0,50-0,75	0,12 Aa	0,12 Aa	0,12 Aa	1,16 Aa	1,19 Aa	1,22 Aa
0,75-1,00	0,12 Aa	0,12 Aa	0,12 Aa	1,15 Aa	1,17 Aa	1,14 Ba
CV (%)		7,48			3,85	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹PR = preparo reduzido; ²PS = preparo com subsolador; ³TO = tríplex operação.

morta em pomar de laranja. Bordin et al. (2005), estudando o sistema radicular de plantas cítricas e atributos físicos do solo em um Latossolo argiloso, verificaram que a escarificação não altera a porosidade do solo e a quantidade de raízes nas entrelinhas, independentemente da profundidade e da posição em relação à planta. Minatel et al. (2006) não observaram diferença para macroporosidade no tratamento com uso de subsolador nas profundidades de 0,00-0,10 m a 0,40-0,50 m, com os maiores valores ocorrendo na projeção da copa, em todas as profundidades estudadas.

A macroporosidade determina a capacidade de aeração do solo e os resultados obtidos mostram que o preparo com subsolador e tríplex operação, na linha de plantio e na projeção da copa, apresentam condições favoráveis para o crescimento do sistema radicular (Tabela 3). Valores de macroporosidade abaixo de 10% são, geralmente, adotados como restritivos para o crescimento e a produtividade da maioria das culturas, principalmente no caso dos citros, que possuem uma limitação natural devido à sua grande quantidade de massa foliar e

à sua pequena quantidade de radículas (Lima et al., 2004). Melo Filho et al. (2009) encontraram valores superiores a 10% para a macroporosidade nas profundidades de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m, para o preparo com uma aração seguida de uma gradagem.

Os valores médios para a densidade do solo foram maiores para o preparo reduzido nas profundidades de 0,20-0,30 m, 0,30-0,40 m, 0,40-0,50 m, 0,50-0,75 m e 0,75-1,00 m, na linha de plantio (Tabela 3). Isso pode ser atribuído à maior eficiência do preparo com subsolador e da tríplex operação em reduzir os valores da relação massa-volume do solo até 0,50 m de profundidade para o preparo reduzido e até 0,90 m para a tríplex operação, sendo que, quanto maior o valor dessa relação, mais próximo o solo está da compactação. Rosa et al. (2011), estudando o efeito da compactação e da deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador, verificaram diminuição da densidade do solo em profundidade e que o subsolador não gera compactação abaixo da linha de trabalho.

Na linha do rodado, os valores de densidade do solo foram iguais para todas as profundidades entre os tratamentos estudados (Tabela 3). O tráfego de máquinas nas entrelinhas da cultura da laranja ocorre, em um ano agrícola, por volta de 15 vezes, o que leva à compactação do solo, principalmente quando não se considera o estado de friabilidade do solo. Lima et al. (2004), avaliando a heterogeneidade da compactação do solo em pomar de laranja em diferentes locais de amostragem, observaram que a compactação foi superior na linha do rodado e na projeção da copa, quando comparada à compactação da linha de plantio.

O baixo teor de água no solo no sistema com tríplice operação pode estar relacionado com o preparo do solo neste sistema, que promove uma ruptura dos agregados, aumentando a macroporosidade e o fluxo de água no perfil do solo; consequentemente, ocorre menor retenção de água (Tabela 4). Segundo Souza et al. (2004), o não revolvimento do solo favorece a retenção de água, devido ao maior número de microporos; porém, esta água não está totalmente disponível

para as plantas. O uso da tríplice operação propiciou um ambiente mais favorável ao desenvolvimento do sistema radicular da cultura, em comparação aos outros sistemas. Bergamin et al. (2010) afirmam que o preparo do solo afeta a anatomia e o desenvolvimento do sistema radicular, e que a resistência do solo à penetração é o indicador físico que melhor expressa esse efeito ao longo do perfil.

Comparando-se os valores da resistência do solo à penetração, na linha de plantio e na projeção da copa, que são os locais de maior importância para o desenvolvimento do sistema radicular da cultura da laranja, observou-se que os sistemas com tríplice operação e preparo com subsolador foram os que apresentaram valores mais baixos, em relação ao preparo reduzido, para todas as profundidades estudadas, exceto nas profundidades de 0,10-0,20 m na linha de plantio e 0,20-0,30 m na projeção da copa (Tabela 4). Melo Filho et al. (2009), estudando o índice de qualidade de um Latossolo Amarelo coeso cultivado com citros, verificaram que o método de preparo com uma aração seguida de uma gradagem

Tabela 4. Resistência do solo à penetração e teor de água no solo em diferentes tratamentos de preparo do solo, profundidade e posições de coleta, em um Latossolo Vermelho.

Table 4. Resistance to penetration and water content in different soil tillage systems, depths and collection positions, in a Red Latosol.

Profundidade	Teor de água no solo			Resistência do solo à penetração		
	¹ PR	² PS	³ TO	PR	PS	TO
-----m-----	-----kg kg ⁻¹ -----			-----MPa-----		
Linha de plantio						
0,00-0,10	0,21 Aa	0,26 Aa	0,08 Ab	1,14 Ca	1,10 Aa	1,02 Aa
0,10-0,20	0,22 Aa	0,23 Aa	0,09 Ab	1,16 Ca	1,18Aa	1,09 Ab
0,20-0,30	0,22 Aa	0,25 Aa	0,08 Ab	1,47 Ba	1,22 Ab	1,15 Ab
0,30-0,40	0,24 Aa	0,25 Aa	0,08 Ab	2,94 Aa	1,32 Ab	1,18 Ac
0,40-0,50	0,27 Aa	0,27 Aa	0,08 Ab	2,52Aa	1,20 Ab	1,25 Ab
0,50-0,75	0,25 Aa	0,27 Aa	0,09 Ab	2,72 Aa	1,38 Ab	1,27 Ab
0,75-1,00	0,25 Aa	0,26 Aa	0,10 Ab	1,68 Ba	1,79 Aa	1,70 Aa
CV (%)		14,75			22,42	
Projeção da copa						
0,00-0,10	0,23 Aa	0,21 Aa	0,09 Ab	1,41 Ba	1,25 Bb	1,18 Ab
0,10-0,20	0,22 Aa	0,22 Aa	0,09 Ab	1,36 Ba	1,21 Bb	1,17 Ab
0,20-0,30	0,24 Aa	0,23 Aa	0,10 Ab	1,22 Ba	1,27 Ba	1,16 Ab
0,30-0,40	0,27 Aa	0,24 Aa	0,10 Ab	2,59 Aa	1,20 Bb	1,12 Ab
0,40-0,50	0,27 Aa	0,25 Aa	0,11 Ab	2,64 Aa	1,20 Bb	1,18 Ab
0,50-0,75	0,25 Aa	0,26 Aa	0,11 Ab	2,95 Aa	1,60 ABb	1,50 Ab
0,75-1,00	0,26 Aa	0,26 Aa	0,12 Ab	1,66 Ba	2,03 Aa	1,46 Aa
CV (%)		14,08			18,75	
Linha do rodado						
0,00-0,10	0,22 Aa	0,23 Aa	0,10 Ab	2,34 Ba	2,62 Ba	2,20 ABa
0,10-0,20	0,23 Aa	0,23 Aa	0,10 Ab	2,58 Bb	3,39 Aa	3,16 Aa
0,20-0,30	0,22 Aa	0,24 Aa	0,10 Ab	3,51 Aa	3,39 Aa	3,30 Aa
0,30-0,40	0,26 Aa	0,25 Aa	0,10 Ab	3,38 Aa	2,26 Ba	2,66 ABa
0,40-0,50	0,27 Aa	0,25 Aa	0,10 Ab	2,71 Ba	1,47 Ba	1,69 Ba
0,50-0,75	0,27 Aa	0,25 Aa	0,11 Ab	1,93 BCa	1,51 Ba	1,48 Ba
0,75-1,00	0,26 Aa	0,25 Aa	0,13 Ab	1,56 Ca	1,85 Ba	1,55 Ba
CV (%)		12,29			20,54	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹PR = preparo reduzido; ²PS = preparo com subsolador; ³TO = tríplice operação.

promove um índice de qualidade regular, com limitações determinadas pela elevada resistência do solo à penetração, pela baixa permeabilidade à água e pelo baixo teor de matéria orgânica, o que, provavelmente, resulta em restrições do solo para permitir o crescimento e o aprofundamento do sistema radicular, e prover o fornecimento e a disponibilidade de água para as plantas cítricas.

A resistência do solo à penetração na linha de rodado não diferiu entre os tratamentos e as profundidades estudadas (Tabela 4). Maiores valores de densidade do solo e resistência do solo à penetração na linha do rodado favorecem o tráfego de veículos agrícolas, gerando menos esforços de tração e consumo de combustível; porém, o tráfego deve estar bem localizado, para não causar danos na projeção da copa e/ou na linha de plantio. Melo Filho et al. (2009), estudando índice de qualidade em um Latossolo Amarelo coeso cultivado com citros, verificaram altos valores de resistência do solo à penetração, na entrelinha da cultura.

O coeficiente de variação (CV) para o diâmetro médio ponderado variou de 8,79 a 12,22%; para o carbono orgânico, de 12,80 a 15,75%; para a macroporosidade, de 7,48 a 9,75%; para a densidade do solo, de 3,42 a 4,79%; para o teor de água no solo, de 12,29 a 14,75%, e para a resistência do solo à penetração, de 18,75 a 22,42% (Tabelas 2, 3 e 4). Minatel et al. (2006), estudando o efeito da subsolagem e da adubação verde nos atributos físicos do solo em pomar de citros, verificaram valores de CV para macroporosidade e densidade do solo de 3,88 a 5,88% e de 23,79 a 42,77%, respectivamente. Santos et al. (2012) encontraram valor de CV para o diâmetro médio ponderado e matéria orgânica de 7,65 e 6,42%, respectivamente.

O preparo reduzido está promovendo a formação de uma camada compactada no solo e, provavelmente, deve estar afetando o desenvolvimento do sistema radicular (Tabela 4), uma vez que, em solos compactados, fica limitado o desenvolvimento do sistema radicular, bem como a absorção de nutrientes e a infiltração e a distribuição de água (Souza et al., 2004). Sanches et al. (1999) constataram que, independentemente da posição da amostragem, na linha ou na entrelinha da cultura da laranja, a resistência do solo à penetração foi maior do que no solo sob mata nativa.

Adotando-se o valor de 2,0 MPa como resistência do solo à penetração crítica ao desenvolvimento radicular das culturas, os resultados indicam que, na linha de plantio e na projeção da copa, os resultados estão abaixo deste valor para os sistemas com tríplice operação e subsolador (Tabela 4). Indica-se, dessa forma, que estes sistemas estão garantindo boa condição para implantação e desenvolvimento da cultura. Minatel et al. (2006), estudando o efeito da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros, verificaram valores abaixo de 2,0 MPa somente na profundidade de 0,00-0,10 m na projeção da copa, na linha de rodado e não rodado.

4 Conclusões

Os preparos do solo alteraram os atributos do solo e raízes da cultura do citros com menores modificações na linha de plantio. O preparo reduzido alterou os atributos físicos do

solo ao longo do perfil, proporcionando condições limitadas ao desenvolvimento do sistema radicular do citros. A tríplice operação é o sistema de preparo que promoveu maior desenvolvimento do sistema radicular do citros.

Referências

- AULER, P. A. M.; NEVES, C. S. V. J.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M. A. Calagem e desenvolvimento radicular, nutrição e produção de laranja 'Valência' sobre porta-enxertos e sistemas de preparo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 3, p. 254-261, 2011.
- BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; LEMPP, B.; SOUZA, C. M. A.; SOUZA, F. R. Anatomia radicular de milho em solo compactado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 3, p. 299-305, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300010>
- BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; AINDA, F. T.; SOUZA, W. R.; DAVOGLIO JÚNIOR, A. C.; FURLANETO, T. L. R.; TAVARES FILHO, J. Sistema radicular de plantas cítricas e atributos físicos do solo em um Latossolo argiloso submetido à escarificação. *Ciência Rural*, v. 35, n. 1, p. 820-825, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000400011>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento de safra de laranja no estado de São Paulo e Triângulo Mineiro: safra 2013/14*. Brasília, 2013. p. 10.
- CUNHA, J. P. A. R.; CASCÃO, V. N.; REIS, E. F. Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 31, n. 3, p. 371-375, 2009. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.819>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FIDALSKI, J.; BARBOSA, G. M. C.; MARTINS AULER, P. A. M.; PAVAN, M. A.; BERALDO, J. M. G. Qualidade física do solo sob sistemas de preparo e cobertura morta em pomar de laranja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 1, p. 76-83, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100011>
- FERNANDES, A. R.; BRAZ, A. M. S.; SANTOS, R. S.; MOREIRA, N. B.; LIMA, H. V.; CRAVO, M. S. Estoque de carbono orgânico e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Amarelo sob adubação orgânica. *Revista Ciências Agrárias*, v. 54, n. 2, p. 144-152, 2011. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2012.008>
- JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. *Safira: sistema de análise de fibras e raízes*. São Carlos: Embrapa-CNPDIA, 2008. 20 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 24).
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Part 1. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510. (Agronomy, 9).
- LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LIMA, H. V.; LEÃO, T. P. Heterogeneidade da compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pomar de laranja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 409-414, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000300001>

MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘Valência’ sobre dois tipos de porta-enxerto. *Bragantia*, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000100009>

MELO FILHO, J. F.; CARVALHO, L. L.; SILVEIRA, D. C.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Índice de qualidade em um Latossolo Amarelo coeso cultivado com citros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, n. 4, p. 1168-1177, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400034>

MINATEL, A. L. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F.; NATALE, W. Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomares citros. *Engenharia Agrícola*, v. 26, n. 1, p. 86-95, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000100010>

REZENDE, J. O.; MAGALHÃES, A. F. J.; SHIBATA, R. T.; ROCHA, E. S.; FERNANDES, J. C.; BRANDÃO, F. J. C.; REZENDE, V. J. R. P. *Citricultura nos solos coesos dos tabuleiros costeiros: análise e sugestões*. Salvador: SEAGRI/SPA, 2002, 97 p. (Série Estudos Agrícolas, 3).

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 49-134. v. 5.

ROSA, D. P.; REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; BARROS, C. A. P.; REINERT, D. J.; VIEIRA, D. A. Cultivo mínimo: efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*,

v. 15, n. 11, p. 1199-1205, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011001100014>

ROZANE, E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 1, p. 24-32, 2010.

SANCHES, A. C.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; RIGOLIM, A. T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 1, p. 91-99, 1999.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em latossolo do cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 11, p. 1171-1178, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012001100005>

SOUZA, D. S.; SOUZA, L. S.; LEDO, C. A. S. Disponibilidade de água em pomar de citros submetido a poda e subsolagem em Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, p. 69-73, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000100019>

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500010>

Contribuição dos autores: Ronny Sobreira Barbosa realizou as coletas de solo do experimento, a revisão bibliográfica e a escrita científica; Zigomar Menezes Souza contribuiu com a coleta de solo do experimento, a revisão bibliográfica, a escrita científica e as correções técnica e gramatical do trabalho; Lucio André de Castro Jorge contribuiu com as coletas de solo do experimento e a escrita científica; Helton Carlos de Leão contribuiu com a coleta e a análise dos dados; Milton Cesar Costa Campos contribuiu com revisão bibliográfica, a escrita científica e as traduções do *abstract* do trabalho.

Agradecimentos: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro para a realização do trabalho (Processo: 2010/14850-8), e ao Grupo Fischer Citrusuco e parceiros, pelo apoio logístico e pela concessão das áreas de estudo.

Fonte de financiamento: O presente trabalho – ‘Atributos físicos do solo e do sistema radicular em citros sob diferentes preparos’ – recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo: 2010/14850-8), e apoio para a pesquisa do ‘Grupo Fischer Citrusuco e parceiros’, pelo apoio logístico e pela concessão das áreas de estudo.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse do trabalho ‘Atributos físicos do solo e do sistema radicular em citros sob diferentes preparos’.