

PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO EM SISTEMA DE CULTIVO ADENSADO DE CAFEIROS EM FORMAÇÃO¹

Fábio Rogério Trizotti Rosa²; Cezar Francisco Araujo-Junior³; Carlos Alberto Hamanaka⁴; Auro Sebastião da Silva⁵;
Carla Eloize Carducci⁶

¹ Projeto financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento Café – CBP&D – e pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Conservacionista do IAPAR

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agricultura Conservacionista do IAPAR, Área de Concentração Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais, Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. e-mail: fabiotrizotti@gmail.com

³ Pesquisador Científico do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, Londrina, Paraná, e-mail: cezar_araujo@iapar.br;

⁴ Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, e-mail: hamanaka@iapar.br

⁵ Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, e-mail: ausesil@yahoo.com.br

⁶ Professora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, e-mail: ec.carducci@ufsc.br

RESUMO: As propriedades físicas do solo podem ser significativamente alteradas pelo tráfego de tratores e equipamentos nas fases de implantação e condução inicial, pelo espaçamento entrelinhas e pelo uso de materiais genéticos com arquitetura contrastante em sistema de cultivo adensado de cafeeiros. O objetivo geral desse estudo foi avaliar as propriedades físicas do solo nas entrelinhas de uma lavoura cafeeira em sistema de cultivo adensado em diferentes espaçamentos entrelinhas e materiais genéticos com arquitetura contrastante. O estudo foi realizado em uma lavoura cafeeira instalada em fevereiro de 2012, localizada à latitude Sul 23°21'36" e longitude Oeste 51°09'44" de Greenwich, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, município de Londrina, região norte do Estado do Paraná. O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico – LVdf, muito argiloso, relevo suave-ondulado com 3 % de declividade. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas foram os espaçamentos de entrelinhas (2 m, 2,5 m e 3 m), nas subparcelas os materiais genéticos cafeeiros (IPR 106, Catuaí IAC CH-2077-2-5-99 e Catuaí Erecta IPR 88039) no espaçamento de 0,5 m entre-plantas, e nas sub-subparcelas as profundidades de amostragem do solo (2 – 7 cm, 12 – 17 cm, 22 – 27 cm e 32 – 37 cm). Em outubro de 2013 (19 meses após a implantação do experimento), amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas no centro das entrelinhas dos cafeeiros nas profundidades supracitadas, na vertical do perfil do solo com o auxílio de um extrator mecânico e anéis volumétricos com dimensões de 5 cm x 5 cm. As propriedades físicas do solo determinadas foram: distribuição granulométrica de partículas sólidas, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total calculada, distribuição de poros por tamanho e carbono orgânico total. Os resultados das análises físicas do solo permitiram observar que os manejos nas entrelinhas da lavoura cafeeira com subsolagem (Maio de 2012) e aplicação de gesso agrícola (Agosto de 2012) contribuíram positivamente para a manutenção da qualidade física do Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso nas entrelinhas da lavoura em sistema adensado de cultivo de cafeeiros. Nas entrelinhas da lavoura cafeeira em sistema de cultivo adensado, as propriedades físicas do Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso não são consideradas restritivas ao crescimento, desenvolvimento e aeração do sistema radicular dos cafeeiros. Os espaçamentos entrelinhas (2,0 m, 2,5 m e 3,0 m) e os materiais genéticos de cafeeiros com arquitetura contrastante (Catuaí IAC – 99, Catuaí Erecta IPR 88039 e IPR 106) não influenciaram as propriedades físicas do Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso nas entrelinhas de um sistema adensado de cultivo de cafeeiros.

PALAVRAS-CHAVE: cafeicultura conservacionista, qualidade física do solo, estrutura do solo, arquitetura de plantas.

PHYSICAL PROPERTIES OF A LATOSOL IN HIGH COFFEE TREE DENSITY SYSTEM IN EARLY STAGES

ABSTRACT: Soil physical properties can be altered by traffic of tractor and equipment in phases post-planting, by variations in spacing between coffee rows and the use of cultivars with contrasting architecture in high coffee tree density. The aim of this study was to evaluate the soil physical properties in center between coffee rows in a high coffee tree density (higher than 5,000 plants per hectare) at different row spacing and cultivars with contrasting architecture. The study was carried out in a coffee plantation planted in February 2012 located at South latitude 23° 21' 46" and West longitude 51° 9' 98" of Greenwich, at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Paraná - IAPAR, Londrina, region north of the State of Paraná. The soil of the study area is classified as Dystropheric Red Latosol very clayey (Typical Haplorthox) smooth-rolling relief with 3% slope. A randomized complete block design was adopted in a split-split-plot scheme. In the plots, the row spacing were 2.0 m, 2.5 m and 3.0 m and the sub-plots were grown IPR

106 characterized by branching angle of insertion of the secondary plagiotropic axes branches onto the trunk between 50 to 85 °), Catuaí IAC-99 (normal branching) and Catuaí Erecta IPR 88039 (erect branching angle between plagiotropic and orthotropic of about 30°); at the sub-subplots, sampling depths 2 – 7 cm, 12 – 17 cm, 22 – 27 cm e 32 – 37 cm. In October 2013 (19 months post-planting), in the center of the interrows, undisturbed soil samples were collected in the upper depths with the aid of a mechanical extractor and soil core with dimensions of 5 cm x 5 cm. Soil physical properties were determined: particle size distribution, particle density, bulk density, total porosity, pore size distribution and total organic carbon. Based on the results of soil physical analysis, it was observed that managements between coffee rows with subsoiling (May 2012) and application of gypsum (August 2012) contributed positively to the maintenance of physical quality Typical Haplorthox clayey between the lines crop in a high coffee tree density system in early stages. In the interrows regions of the coffee plantation, soil physical properties of clayey Typical Haplorthox are not considered restrictive to the growth, development and aeration of the root system of the coffee trees. The row spacing (2.0 m, 2.5 m and 3.0 m) and the coffee cultivars with contrasting architecture (Catuaí IAC - 99, Catuaí Erecta 88039 IPR and IPR 106) did not influence the physical properties of a Typical Haplorthox very clay between the lines of a dense system of coffee cultivation.

KEYWORDS: conservation coffee crop, soil physical quality, soil structure, coffee plant architecture.

INTRODUÇÃO

As propriedades físicas do solo ou seu comportamento e suas inter-relações são ferramentas úteis para quantificar o estado de degradação de um solo (Gómez-Rodríguez et al., 2013). A estrutura do solo é uma propriedade importante no ponto de vista agrícola e ao desenvolvimento vegetal, a qual pode ser relacionada a outras propriedades que indicam a qualidade física do solo, como a densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, resistência à penetração, entre outros. Portanto, o uso destes indicadores permite a realização de planos voltados à preservação dos recursos naturais e avaliação do estado físico de conservação do solo (Stefanoski et al., 2013). Apesar da importância das propriedades físicas do solo para o correto manejo de lavouras cafeeiras e preservação dos recursos naturais, estudos que relacionam os diferentes espaçamentos de plantio e a arquitetura dos materiais genéticos de cafeeiros com o comportamento das propriedades físicas do solo tem sido negligenciados. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar as propriedades físicas do solo nas entrelinhas de uma lavoura cafeeira em sistema de cultivo adensado em diferentes espaçamentos entrelinhas e materiais genéticos com arquitetura contrastante.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR em Londrina, Estado do Paraná, Latitude 23°21'36"S e Longitude 51°09'44"W a uma altitude média de 550 m com declividade de 3 %. O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico – LVdf, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013), muito argiloso na camada de 0 – 40 cm (810 g kg⁻¹ de argila; 150 g kg⁻¹ de silte e 40 g kg⁻¹ de areia). Desde 2008, a área era cultivada sob o sistema de semeadura direta com sucessão de culturas feijão no verão (*Phaseollus vulgaris*) e aveia branca IPR 126 (*Avena sativa* L.) no inverno. Em dezembro de 2011, realizou-se a colheita do feijão, sendo esta a última operação realizada antes da instalação do experimento. Em fevereiro de 2012, os sulcos de plantio foram abertos por meio da utilização de um sulcador tracionado por um trator modelo TL 95 E New Holland®. Para o plantio da lavoura cafeeira, as correções e adubações foram realizadas conforme a análise de solo e recomendações do boletim técnico para a cultura do cafeeiro no Estado do Paraná (Chaves, 2003). A calagem foi realizada com calcário de PRNT > 75 % em área total elevando-se a saturação por bases para 70 %. Para a adubação mineral de plantio aplicou-se 250 g de fosfato natural reativo de origem sedimentar e 100 g fertilizante formulado com garantia mínima de 4 % de N; 30 % de P₂O₅ e 10 % K₂O solúvel em água por metro linear. A adubação orgânica de plantio foi realizada aplicando-se 5 L de cama de aviário por metro de sulco. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas sub-subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas os espaçamentos entrelinhas de plantio dos cafeeiros: 2,0 m; 2,5 m; e 3,0 m. Nas sub-parcelas os materiais genéticos cafeeiros em estudo: IPR 106; Catuaí IAC CH-2077-2-5-99; e Catuaí Erecta IPR 88039. Nas sub-subparcelas as profundidades amostrais: 2 – 7 cm; 12 – 17 cm; 22 – 27 cm; e 32 – 37 cm. A parcela foi constituída por três linhas de plantio com 108 m de comprimento e, portanto, duas entrelinhas. A sub-parcela foi constituída pelas três linhas de plantio com 36 m de comprimento cada, sendo considerada área útil para a coleta de amostras 30 m e o centro das entrelinhas, descartando-se 3 m de cada extremidade das subparcelas. A área experimental possui uma área total de 10.800 m².

Os materiais genéticos de cafeeiros utilizados caracterizam-se por apresentar distintas arquiteturas de copa, sendo que a progênie Cultivar Catuaí Erecta IAPAR 88039 foi escolhida por ser indicada para espaçamentos muito adensados e apresentar menor ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos com o ortotrópico em torno de 26°, porém necessita de manejos de poda e apresenta baixa produtividade. O cultivar Catuaí IAC CH-2077-2-5-99 é considerada de ramificação normal e indicada para espaçamentos menores por ser de porte baixo (2,0 a 2,4 m) com diâmetro de copa de 1,70 a 2,10

m. O cultivar IPR 106 também apresenta ramificação normal é resistente aos nematoides *Meloidogyne paranaenses* e *M. incognita* Raça 2 e resistência parcial à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) (Ito et al., 2008).

Com a finalidade de apagar a história de tensão do solo exercida pelas máquinas e equipamentos nas fases de implantação e condução inicial nas entrelinhas da lavoura cafeeira, em maio de 2012 realizou-se uma subsolagem com equipamento de três hastes espaçadas a 40 cm. Esse equipamento foi tracionado pelo trator modelo TT 3840 New Holland® com profundidade de trabalho a 35 cm e umidade volumétrica média de 0,30 cm³ cm⁻³ na camada de 0 – 40 cm. Em agosto de 2012, aplicou-se gesso agrícola em área total na dose de 3.750 kg por hectare. Maiores detalhes sobre a condução da área experimental pode ser obtidas em Rosa (2015).

Em outubro de 2013 (19 meses após a implantação da lavoura cafeeira), amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas nos centros das entrelinhas de cultivo: a 1,00 m de distância do caule dos cafeeiros no espaçamento entrelinhas de 2,00 m; a 1,25 m de distância do caule dos cafeeiros no espaçamento entrelinhas de 2,50 m; e a 1,50 m de distância do caule dos cafeeiros no espaçamento entrelinhas de 3,00 m. As amostras foram coletadas em quatro profundidades: 2 – 7 cm; 12 – 17 cm; 22 – 27 cm e 32 – 37 cm, no sentido vertical do perfil do solo, utilizando um extrator mecânico desenvolvido por Araujo (2007) e anéis volumétricos de 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura.

As análises do solo foram realizadas nos laboratórios de Química e Física do Solo do IAPAR. A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (Gee & Or, 2002), hidróxido de sódio 1 N para dispersão mecânica e com adição de areia grossa e agitação lenta durante 16 h para a dispersão mecânica (Grohmann & Raij, 1977) em agitador horizontal recíprocante (Miyazawa & Barbosa, 2011). A densidade de partículas – D_p foi quantificada pelo método do balão volumétrico (Flint & Flint, 2002), a densidade do solo – D_s foi determinada pelo método do anel volumétrico (Grossmann & Reinsch, 2002). A determinação do volume total de poros (VTP) foi calculada pela relação entre densidade do solo e a densidade de partículas sólidas do solo (Vomocil, 1965; Flint & Flint, 2002). Para determinar a distribuição de poros por tamanho, foi considerado como volume de macroporos e microporos o intervalo do conteúdo de água em - 6 kPa em mesa de sucção (Grohmann, 1960). O carbono orgânico total do solo foi utilizado determinado pelo método da combustão via úmida proposto por Walkley-Black (1934) descrito em Pavan et al. (1992).

Os resultados das análises físicas do solo foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de variação consideradas na análise de variância e os valores do teste F para todos os atributos físicos avaliados estão apresentados na Tabela 1. Verifica-se que os espaçamentos e materiais genéticos não influenciaram os atributos físicos do solo. Por outro lado, a profundidade de amostragem influenciou os atributos argila, silte, areia, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total calculada, macroporosidade e conteúdo de carbono orgânico total (Tabela 1).

Apesar do solo em estudo ser um Latossolo considerado homogêneo quanto às propriedades físicas ao longo do perfil, observa-se distinção quanto a distribuição granulométrica de partículas entre a profundidade de 2 – 7 cm, das profundidades intermediárias, 12 – 17 cm e 22 – 27 cm da profundidade 32 – 37 cm (Tabelas 1 e 2). Este comportamento pode ter sido atribuído à mudança de horizontes do solo, horizonte Ap1 profundidade 0 – 8 cm, Ap2 profundidade 8 – 20 cm, horizonte Bw1 profundidade 20 – 45 cm (Derpsch et al., 1991). Além disso, o manejo em longo prazo pode ter proporcionado alteração na distribuição granulométrica de partículas sólidas do solo e mesmo na densidade das partículas. Dois mecanismos podem contribuir para a alteração nas partículas sólidas do solo, a variação no conteúdo de carbono orgânico total ou a perda da fração argila proporcionada pelo impacto direto das gotas de chuva.

Como observado por Faria e Caramori (1986), a variabilidade no conteúdo de matéria orgânica desse Latossolo pode reduzir o valor de densidade de partículas na profundidade de 0 – 20 cm. Estes resultados corroboram aos observados por Silva e Martins (2010) em Latossolo Vermelho-Amarelo textura franco-arenosa de Ji-Paraná, Estado de Rondônia, que verificaram menores valores de densidade de partículas na camada mais superficial do solo devido ao maior teor de carbono orgânico na superfície do solo.

Em condições naturais, esse Latossolo, apresenta estrutura homogênea, baixa densidade do solo (< 1,0 kg dm⁻³), porosidade total superior a 0,60 cm³ cm⁻³, macroporosidade superior a 0,25 cm³ cm⁻³ e exibe estrutura granular do tipo “pó-de-café” (Kemper & Derpsch, 1981). Por outro lado, em sistemas de cultivo a estrutura pode ser alterada pela aplicação de pressão na superfície do solo pelos tratores e equipamentos utilizados no plantio e condução inicial da lavoura cafeeira.

Tabela 1. Valores do teste F da análise de variância dos atributos de um Latossolo Vermelho Distroférico, muito argiloso em sistema de cultivo de cafeeiros adensado com distintos espaçamentos entrelinhas, materiais genéticos e profundidades amostrais.

Fontes de variação	Argila	Silte	Areia	Dp	Ds	PTC	MACRO	MICRO	COT
ESP	0,52 ns	0,44 ns	0,96 ns	0,71 ns	0,23 ns	0,19 ns	0,12 ns	0,10 ns	0,65 ns
Blocos	0,62 ns	0,79 ns	0,25 ns	0,53 ns	0,43 ns	0,37 ns	0,28 ns	0,25 ns	0,02 *
MAT	0,48 ns	0,44 ns	0,87 ns	0,89 ns	0,38 ns	0,42 ns	0,42 ns	0,69 ns	0,68 ns
MAT * ESP	0,95 ns	0,96 ns	0,56 ns	0,46 ns	0,88 ns	0,86 ns	0,77 ns	0,37 ns	0,60 ns
PROF	< 0,001 **	< 0,001 **	< 0,001 **	< 0,001 **	< 0,001 **	< 0,001 **	0,0771 ***	0,44 ns	< 0,001 **
PROF * MAT	0,46 ns	0,48 ns	0,68 ns	0,77 ns	0,63 ns	0,64 ns	0,79 ns	0,87 ns	0,98 ns
PROF * ESP	0,36 ns	0,43 ns	0,04 ns	0,39 ns	0,29 ns	0,33 ns	0,04 *	0,005 **	0,75 ns
ESP * PROF * MAT	0,72 ns	0,69 ns	0,90 ns	0,58 ns	0,32 ns	0,23 ns	0,28 ns	0,36 ns	0,58 ns
C.V. % – ESP	7,70 %	37,01 %	79,40 %	0,90 %	11,95 %	7,54 %	51,44 %	11,84 %	26,44 %
C.V. % – MAT	6,57 %	28,23 %	51,67 %	1,14 %	8,34 %	5,71 %	29,08 %	4,87 %	18,86 %
C.V. % – ESP	2,95 %	15,16 %	35,00 %	0,71 %	6,48 %	4,24 %	25,69 %	5,76 %	18,02 %
Média geral	81 dag kg ⁻¹	15 dag kg ⁻¹	4 dag kg ⁻¹	2,87 kgdm ⁻³	1,13 kgdm ⁻³	0,61 cm ³ cm ⁻³	0,18 cm ³ cm ⁻³	0,43 cm ³ cm ⁻³	11,3 dag kg ⁻¹

ESP: espaçamento entrelinhas dos cafeeiros (2,0 m, 2,5 m, 3,0 m); MAT: material genético utilizado (IPR 106, Caturá IAC-99, Caturá Erecta IPR 88039); PROF: profundidades de amostragem (2–7 cm, 12–17 cm, 22–27 cm, 32–37 cm). Dp: densidade de partículas sólidas do solo; Ds: densidade do solo; PTC: porosidade total calculada; MACRO: macroporos, poros com diâmetro efetivo maior que 50 µm; MICRO: microporos, poros com diâmetro efetivo menor que 50 µm. COT: conteúdo de carbono orgânico total. ns: não significativo; *: significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade; **: significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade; ***: significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

Fonte: “Adaptado de Rosa, 2015”

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios obtidos para a densidade do solo nas quatro profundidades estudadas, com variação de 1,04 a 1,24 kg dm⁻³, e média geral de 1,13 kg dm⁻³ (Tabela 1). Os valores observados para o Latossolo em estudo não são considerados restritivos ao crescimento de raízes e aeração considerando os limites estabelecidos (1,25 kg dm⁻³) por Derpsch et al. (1991). A subsolagem realizada em maio de 2012 e aplicação de gesso em agosto de 2012 podem ter contribuído para manter os valores de densidade do solo abaixo do limite considerado crítico. Em lavoura cafeeira espaçamento 4 x 1 m sobre Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso (Gontijo et al., 2008) verificaram que a subsolagem realizada nas entrelinhas da lavoura quatorze meses antes da amostragem reduziu os valores de densidade do solo. Além da densidade do solo, a porosidade total, distribuição de poros por tamanho foram influenciados positivamente pela subsolagem após as operações iniciais. A aplicação de elevadas doses de gesso (7 Mg ha⁻¹ e 28 Mg ha⁻¹) em solos cultivados com cafeeiros promove o maior número e volume de poros na profundidade de 0,20 – 0,34 m (Carducci et al., 2014). Os autores observaram que os efeitos benéficos do gesso em propriedades físicas estiveram associados à melhoria nas propriedades químicas e maior desenvolvimento do sistema radicular o que possivelmente contribui para o estado de agregação do solo.

A porosidade total calculada com valor médio geral de 0,61 cm³ cm⁻³ é considerada adequada para o Latossolo em estudo. A distribuição de poros por tamanho em macroporos e microporos foram consideradas adequadas à aeração do sistema radicular do cafeeiro e para a retenção de água pelo solo. Apesar de algumas alterações observadas nas propriedades físicas com a profundidade (Tabela 2), de maneira geral, os valores observados para todas as propriedades foram similares aos observados para esse Latossolo em condições de mata nativa (Kemper & Derpsch, 1981). Esse comportamento indica que o manejo das plantas invasoras nas entrelinhas por método mecânico e químico, subsolagem nas entrelinhas (15 meses antes da amostragem) e controle do tráfego de máquinas tem contribuído para a manutenção da qualidade física do solo. Além disso, o sistema de cultivo de cafeeiros adensados pode estar contribuindo para a manutenção da qualidade química e biológica o que influencia as propriedades físicas.

Conforme já ressaltado anteriormente, o conteúdo de carbono orgânico do solo é o atributo considerado como mais importante indicador da qualidade do solo e sustentabilidade agrônômica devida sua relação com indicadores de qualidade química, física e biológica dos solos (Reeves, 1997). Teores elevados de carbono orgânico em camadas próximas a superfície são observados em diversos sistemas conservacionistas de produção inclusive em cultivo de cafeeiros adensados. A alta densidade populacional de cafeeiros em sistema de cultivo adensado contribui para melhor controle da erosão, menor taxa de oxidação do carbono além do sistema contribuir para maior aporte dos resíduos dos cafeeiros (Pavan et al., 1999).

Tabela 2. Valores médios para os atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico, muito argiloso em sistema de cultivo de cafeeiros adensado com distintos espaçamentos entrelinhas, materiais genéticos e profundidades amostrais.

ATRIBUTOS FÍSICO DO SOLO	PROFUNDIDADES DE AMOSTRAGEM			
	2 – 7 cm	12 – 17 cm	22 – 27 cm	32 – 37 cm
Argila, dag kg ⁻¹	77 c	82 b	82 b	84 a
Silte, dag kg ⁻¹	18 a	15 b	14 b	13 c
Areia, dag kg ⁻¹	5 a	3 b	4 b	3 b
Densidade de partícula, kg dm ⁻³	2,83 c	2,86 b	2,88 a	2,89 a
Densidade do solo, kg dm ⁻³	1,15 b	1,15 b	1,13 b	1,09 a
Porosidade total, cm ³ cm ⁻³	0,59 c	0,59 c	0,61 b	0,62 a
Macroporosidade, cm ³ cm ⁻³	0,16 b	0,18 a	0,19 a	0,19 a
Microporos, cm ³ cm ⁻³	0,43 a	0,42 a	0,42 a	0,43 a
Carbono orgânico, dag kg ⁻¹				

Macroporosidade: volume de macroporos, poros com diâmetro efetivo maior que 50 µm; Microporosidade: microporos, poros com diâmetro efetivo menor que 50 µm. Os dados apresentados são as médias de trinta e seis repetições. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas comparam as profundidades dentro de cada atributo do solo e não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: “Adaptado de Rosa, 2015”

Os manejos nas entrelinhas da lavoura cafeeira com a subsolagem (Maio de 2012) e aplicação de gesso agrícola (Agosto de 2012) contribuíram positivamente para a manutenção da qualidade física do Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso em sistema adensado de cultivo de cafeeiros.

CONCLUSÕES

Nas entrelinhas da lavoura cafeeira em sistema de cultivo adensado, as propriedades físicas do Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso não são consideradas restritivas ao crescimento, desenvolvimento e aeração do sistema radicular dos cafeeiros. Os espaçamentos entrelinhas (2,0 m, 2,5 m e 3,0 m) e os materiais genéticos de cafeeiros com arquitetura contrastante (Catuaí IAC – 99, Catuaí Erecta IPR 88039 e IPR 106) não influenciaram as propriedades físicas do Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso nas entrelinhas de um sistema adensado de cultivo de cafeeiros.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café, à Diretoria de Pesquisa e Liderança do Programa Café do IAPAR e ao Dr. Marcos Antonio Pavan por viabilizarem a realização do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, A. G. de. Amostrador de solo. BR n. PI 07045492, 18 set. 2007.
- CARDUCCI, C. E. et al. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 145, p. 171–180, 2014.
- CHAVES, J. C. D. Utilização racional de planta de cobertura em lavouras cafeeiras. In: VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2009a, Londrina - PR. IV Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Brasília - DF: Embrapa Café, 2005.
- DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4, p. 680–683.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, (GTZ) GmbH, 1991. 272 p. [Cooperação técnica IAPAR/GTZ].

- FARIA, R. T. de; CARAMORI, P. H. Caracterização físico-hídrica de um Latossolo Roxo distrófico do município de Londrina, PR. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 21, n. 12, p. 1303–1311, 1986.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, Nov./Dec. 2011
- FLINT, A. L.; FLINT, L. E. The solid phase: particle density. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Eds.). Methods of soil analysis: physical methods. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4. p. 229 – 240.
- GEE, G. W.; OR, D. The solid phase: particle-size analysis. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Eds.). Methods of soil analysis: physical methods. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4. p. 255 – 289.
- GÓMEZ-RODRÍGUEZ, K.; CAMACHO-TAMAYO, J. H.; VÉLEZ-SÁNCHEZ, J. E. Changes in water availability in the soil due to tractor traffic. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1156–1164, 2013.
- GONTIJO, I.; DIAS JUNIOR, M. de S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Atributos físico-hídricos de um Latossolo de Cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2227 – 2234, dez. 2008.
- GROHMANN, F. & RAIJ, B. V. Dispersão mecânica e pré-tratamento para análise granulométrica de Latossolos argilosos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 1, n. 1, p. 52 – 53. 1977.
- GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). Methods of soil analysis: physical methods. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4, p. 201–228.
- ITO, D. S. et al. Progênes de café com resistência aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incógnita*. Coffee Science, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156–163, jul./dez. 2008
- KEMPER, B.; DERPSCH, R. Soil compaction and root growth in Paraná. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. The soil/root system in relation to Brazilian agriculture. Londrina: IAPAR, 1981. p. 81–101.
- MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. D. C. Efeitos da agitação mecânica e matéria orgânica na análise granulométrica do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 680–685, 2011.
- PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. & PRATT, P. F. Toxicity of aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with CaCO₃, MgCO₃ and CaSO₄·2H₂O. Soil Science Society of American Journal. Madison, v. 46: 1201–1207, 1982.
- PAVAN, M. A. et al. High coffee population density to improve soil fertility of an Oxisol. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 3, p. 459–465, mar. 1999.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. D. MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. Manual de análise química do solo e controle de qualidade. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 40 p. (IAPAR. Circular, 76).
- REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v. 43, p. 131–167, 1997.
- ROSA, F. R. T. Propriedades físicas de um Latossolo em sistema de cultivo adensado de cafeeiros em formação. 2015. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Conservacionista) Instituto Agrônomo do Paraná, 2015.
- RODRIGUES, B. N. & F. S. de ALMEIDA. Guia de herbicidas. 6. ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697 p.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- SILVA, V. L. B. da; MARTINS, P. F. da S. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cafeeiro, variedade conilon, sob diferentes espaçamentos. Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 53, n. 1, p. 96–101, Jan/Jun 2011.
- STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301–1309, 2013.
- VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLAKE, C. A. Methods of soil analysis. Madison: American Society of Agronomy, 1965.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37:29-38, 1934.