

ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS CULTIVADOS SOB SISTEMA DE SUCESSÃO DE CULTURAS SOJA - MILHO SEGUNDA SAFRA

Viviane Pereira Lima¹, Alfredo José Alves Neto², Marcos Rafael Nanni³, Bruna Broti Rissato², Diego Fatecha Fois², Fernando Fávero¹

¹Engenheiro Agrônomo, Copacol - Cooperativa Agroindustrial Consolata Ltda., CEP: 85415-000 Cafelândia-PR. E-mail: viviane@copacol.com.br; favero@copacol.com.br

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon. Rua Pernambuco, 1777, Caixa Postal 1008, Centro, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon-PR. E-mail: alfredo.alves.neto@hotmail.com; brunarissato@hotmail.com; fatechadiego@hotmail.com

³Universidade Estadual de Maringá - UEM, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia. Av. Colombo, 5790. Zona 07. CEP: 87020900 - Maringá, PR – Brasil. E-mail: mnranni@uem.br

RESUMO: A região oeste do Paraná é referência nacional na produção de grãos, onde o sistema de sucessão de culturas soja e milho segunda safra ocupa boa parte das áreas de cultivo. Com o objetivo de monitorar a qualidade dos solos desta região, foram retiradas amostras de lavouras representativas dos municípios de Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê e Quarto Centenário em três profundidades distintas, 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m e 5 repetições, durante os meses de julho e agosto de 2014. As áreas estão sendo cultivadas há cinco anos no sistema de plantio direto, sob a sucessão de culturas soja-milho segunda safra. Avaliou-se os seguintes atributos: densidade do solo, matéria orgânica do solo (MOS) e os teores de argila, silte, areia fina, areia média, areia grossa e areia total. Os valores de densidade do solo demonstraram semelhança nos cinco municípios das amostras, em todas as profundidades. No entanto os valores de matéria orgânica foram maiores no município de Quarto Centenário e Perobal, evidenciando maior aporte de resíduos orgânicos nestes locais. Nos locais amostrados, os resultados obtidos indicaram a necessidade de práticas agrônomicas que visem a melhoria da qualidade do solo, com aumento de matéria orgânica e diminuição da densidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade do solo, matéria orgânica, densidade do solo.

PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS CULTIVATED IN SUCCESSION SOYBEAN CROP SYSTEM - SECOND CROP CORN

ABSTRACT: West region of Paraná State, Brazil, is a national reference in grain production, where the succession system of soybean – second crop corn occupies much of the growing areas. In order to monitor the quality of the soil in this region, soil samples of representative crops were taken from municipalities: Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê and Quarto Centenário in three different depths, 0-0,10, 0,10-0,20 and 0,20-0,30 m, with 5 repetitions during the months of July and August 2014. The areas are being cultivated for five years in the tillage system, under the crop succession soybean-corn second crop, were evaluated the following attributes: soil density, soil organic matter (SOM) and the clay, silt, sand, medium sand, coarse sand and total sand. The bulk density values showed similarity in the five boroughs of the samples at all depths. However the amounts of organic matter were higher in the city of Quarto Centenário and Perobal, showing higher amount of organic waste in these places. The sampled sites, the results indicate the need for agronomic practices aimed at improving the quality of soil, increasing organic.

KEY WORDS: soil quality, organic matter, soil density.

INTRODUÇÃO

Os cultivos de soja e milho segunda safra são estratégicos para o Brasil, sendo os grãos utilizados para a alimentação humana e animal, além de servirem como matéria-prima para a indústria (Embrapa, 2013). Nos últimos 10 anos, a cultura da soja aumentou em 40% sua área de cultivo, com crescimento de cerca de 80% na produtividade, chegando no ano de 2014, com produção de 96.222 mil toneladas. Após a colheita da soja, o cultivo de milho segunda safra se consolida como uma das principais opções de cultivo, com aumento na área de cultivo de 3.186 para 9.211 mil hectares, nos anos de 2004 a 2014, respectivamente, sendo que a produção nacional passou de 7.708 para 48.399 mil toneladas neste mesmo período (Conab, 2015).

Este aumento de produtividade está relacionado ao aumento no uso de tecnologias que trazem melhorias à fertilidade do solo e ao processo de produção, com destaque, o sistema de plantio direto, o qual conserva e melhora continuamente os atributos físicos e a fertilidade dos solos, com o contínuo aporte de material orgânico (Brandt et al., 2006).

Segundo Sá et al., (2014), o principal benefício do plantio direto é a mobilização mínima do solo, diminuindo as taxas de oxidação da MOS, proporcionando o suprimento adequado de ar, água e nutrientes para as plantas.

Neste contexto, se forem conhecidas as principais características físicas, químicas e mineralógicas de cada solo, os efeitos de emprego de novas tecnologias, novos sistemas de produção e sistemas conservacionistas podem ser previstos, e possíveis consequências negativas evitadas, buscando o aumento da produtividade com sustentabilidade (Scopel, 1977), melhorando ainda mais os atuais resultados de produtividade de soja e milho segunda safra.

Dentre os atributos físicos, a textura, determinada pela proporção das frações de areia, silte e argila, é a propriedade do solo com maior estabilidade, praticamente inalterada, sendo a propriedade física de maior valor entre as demais, determinando ainda o tipo de uso do solo e, conseqüentemente o valor econômico da área (Klein, 2014).

A MOS pode ser expressa pelo teor de carbono orgânico, sendo o componente que possui maior influência reconhecida no comportamento dos solos, nos aspectos físicos, químicos e biológicos. Seus teores e características, resultado das taxas de produção, alteração e decomposição de resíduos orgânicos, são dependentes de uma série de fatores, como temperatura, aeração, pH e disponibilidade de água e nutrientes, muitos deles condicionados pelo uso e manejo dos solos (Nascimento et al., 2010).

Segundo Raij, (2014), o estudo da interação dos componentes supracitados com a MOS, é de fundamental importância para o ambiente radicular em superfície e a disponibilidade de água, salientando que quando o solo apresenta impedimentos físicos à penetração das raízes,

a água existente abaixo dessas camadas, se torna inacessível às plantas, reduzindo a capacidade do solo em suprir água, sendo necessário estudos em solos ácidos, nos quais a ocorrência de alumínio trocável impedem o aprofundamento das raízes no solo e podem ser neutralizados com a presença de matéria orgânica.

A caracterização dos atributos físicos do solo e do carbono orgânico funciona como um indicador da qualidade do solo. Assim, o trabalho de monitoramento e de caracterização desses solos poderão aprimorar o uso das estratégias nos sistemas produtivos, bem como na conservação de solo na região oeste do Paraná.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição das frações granulométricas, da densidade e da MOS, em três profundidades, de amostras extraídas de cinco municípios em uma microrregião de atuação da Copacol, na região oeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Os locais de execução do trabalho abrangem cinco municípios, Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê e Quarto Centenário, de uma microrregião do oeste do Paraná, assistida pela Copacol – Cooperativa Agroindustrial Consolata. (Figura 1). As coletas foram realizadas nos meses de julho e agosto, após a colheita do milho segunda safra do ano de 2014.

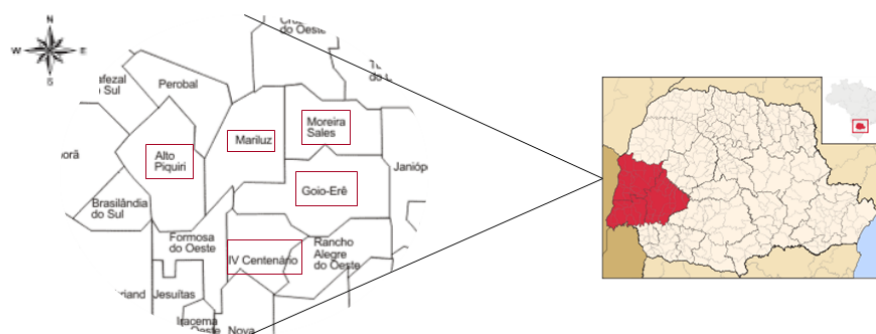


Figura 1. Localização dos municípios de Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê e Quarto Centenário.

Segundo Köppen, o clima da região, pertence ao tipo Cfa (Clima Subtropical Úmido - Mesotérmico), com precipitação pluvial média anual de 1.500 mm e apresentando temperaturas médias no verão superiores a 20° C e no inverno temperaturas médias inferiores a 18° C, com verão quente e tendência à concentração de chuvas, inverno de geadas pouco frequentes sem estação definida (Iapar, 2014).

Ao longo de topossequências, em cada área avaliada, foram realizadas amostragens em 5 pontos, espaçados a uma distância de 200 m entre si, seguindo um formato de cruz. Em cada subponto foram feitas 3 amostras, nas profundidades 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 m totalizando 15 amostras por unidade amostral.

Nos últimos cinco anos, todas as áreas foram cultivadas na sucessão de culturas soja e milho segunda safra.

Em cada local de amostragem, foram abertas trincheiras, com auxílio de pá de corte e enxadão.

Para avaliação da densidade do solo, foram utilizadas amostras retiradas em anéis metálicos com volume conhecido. Introduziu-se o anel no solo com auxílio do amostrador até o preenchimento total do anel, à profundidade desejada. O excesso de solo foi removido e logo após revestiu-se as partes superior e inferior do anel contendo a amostra indeformada com gaze, prendendo-a com uma goma elástica. Esses anéis já identificados foram levados para o CPA (Centro de Pesquisa Agrícola – COPACOL), onde o conjunto (solo + anel) foi levado para estufa a 105°C por aproximadamente 72 horas, até peso constante. Após esse período, as amostras foram pesadas, determinando-se a seguir a densidade do solo (DS), em g cm⁻³, através da expressão 1 (Embrapa, 1997):

$$\rho S \frac{Vt}{Ms}$$

Onde:

Ms = massa da amostra de solo seca a 105°C (g);

Vt = volume do anel (cm³);

Para o cálculo da Densidade Máxima foi utilizado a equação: $DsMax = 2,03133855 - 0,00320878 MO - 0,0076508 \text{ argila}$. Esta função foi obtida pelo teste de Proctor normal, (Marcolin et al., 2011). Considerando os resultados obtidos de densidade e densidade máxima, conseguimos obter valores da densidade relativa, seguindo a expressão: $DR = Ds/DsMAX$.

Para avaliação das frações granulométricas foram retiradas amostras com ajuda da pá de corte e acondicionadas em pacotes de plásticos com identificação de cada local.

As amostras foram enviadas para o laboratório de análises físicas e químicas de solos da UEM – Universidade Estadual de Maringá, para determinação da textura e carbono orgânico, segundo método da Embrapa (1997).

Os dados foram submetidos a ANOVA, e as médias de profundidade e locais comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise foi usado o programa estatístico Sisvar 5.1 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é possível verificar os efeitos significativos para os atributos físicos, densidade do solo, densidade relativa do solo, MOS, teores de argila silte e areia, além de efeito significativo na correlação entre o teor de MOS e o teor de argila.

Tabela 1 - Quadro de ANOVA com os quadrados médios de densidade do solo (DS), matéria orgânica (MOS), argila (AR), silte (SI), areia fina (AF), areia média (AM), areia grossa (AG) dos solos em microrregião do oeste do Paraná

FV	G L	DS	DR	MOS	AR	SI	AF	AM	AG	AT	AR*MOS
Local	4	0,0075 ⁿ _s	0,1130 [*] _s	1,7702 [*] _s	1607,4866 [*] _s	16,0333 [*] _s	4,9902 [*] _s	259,2091 [*] _s	1852,3862 [*] _s	1808,0866 [*] _s	0,0263 ^{ns} _s
Profundidade	2	0,0218 ⁿ _s	0,0050 ⁿ _s	3,0777 [*] _s	292,9733 ^{**} _s	3,3600 ^{ns} _s	0,2256 ⁿ _s	43,7152 ^{ns} _s	93,4502 ^{ns} _s	248,2533 [*] _s	0,0105 [*] _s
Repetição	4	0,0208 ⁿ _s	0,0119 [*] _s	0,3825 [*] _s	165,6866 ^{ns} _s	3,0666 ^{ns} _s	0,7238 ⁿ _s	259,1997 [*] _s	94,3474 ^{ns} _s	206,6200 [*] _s	0,0063 [*] _s
Local xProfundidad e	8	0,0142 ⁿ _s	0,0010 ⁿ _s	0,0449 ⁿ _s	19,0566 ^{ns} _s	1,0933 ^{ns} _s	0,1340 ⁿ _s	18,25 ^{ns} _s	16,9290 ^{ns} _s	17,9866 ^{ns} _s	0,0044 _s
Erro Total	56 74	0,0095	0,0040	0,1466	49,7295	1,6452	0,3398	26,82	85,9447	57,3414	0,0024
C.V.(%)		5,65	3,52	22,74	22,75	53,44	26,56	17,55	21,97	10,25	5,07
Média		1,75	1,80	9,78	1,68	2,40	2,19	29,52	42,19	73,90	0,96

^{ns} não significativo, ^{*} significativo (p<0,05) ^{**} significativo (p<0,01) de probabilidade de erro.

Na Tabela 2 é possível verificar que não houve efeito significativo (p<0,05) para variável densidade para os diferentes locais e para as profundidades.

Segundo Klein (2006), os teores críticos de densidade do solo, são determinados com o valor no qual ocorre a máxima disponibilidade de água às plantas com mínima restrição ao crescimento do sistema radicular, sendo um dos atributos que quantificam a qualidade do solo.

Tabela 2 - Densidade do solo (DS), nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	Densidade do solo				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goierê	Q. Centenário
0-0,10	1,67 aA ⁽¹⁾	1,69 aA	1,69 aA	1,72 aA	1,76 aA
0,10-0,20	1,84 aA	1,76 aA	1,75 aA	1,77 aA	1,69 aA
0,20-0,30	1,74 aA	1,74 aA	1,77 aA	1,72 aA	1,63 aA
Média	1,75 a	1,73 a	1,73 a	1,74 a	1,69 a

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

A redução dos níveis de Ds, ocorrem em áreas cultivadas com maior aporte de material orgânico, onde a matéria orgânica promove a agregação das partículas do solo, e, aumenta a porosidade, resultando em redução da Ds (Borges et al., 2013). Desta forma, com a não constatação de diferença significativa entre as profundidades avaliadas no presente trabalho, evidencia-se que o sistema atual de cultivo nesta região, não vem promovendo um aporte de material orgânico satisfatório, não havendo melhorias na qualidade do solo.

Valores de densidade do solo superiores a $1,74 \text{ g cm}^{-3}$ são considerados críticos (Reichert et al., 2009). Com exceção ao solo amostrado no município de Quarto Centenário, todos os outros municípios apresentam solos com sérias condições restritivas ao desenvolvimento das raízes das culturas agrícolas, porém, a análise mostrou que todos os solos amostrados para os municípios são estatisticamente semelhantes. Apesar de todas as amostras serem realizadas em solos com plantio direto há mais de dez anos, evidencia-se que o sistema de sucessão de culturas soja-milho segunda safra possui maior tendência em comprometer a densidade do solo.

Para o atributo densidade relativa do solo, observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$), para os diferentes municípios e para as profundidades (Tabela 3). Os maiores valores para densidade relativa do solo foram obtidos nos solos amostrados no município de Goioerê, e o menor valor nos solos amostrados no município de Mariluz.

Tabela 3 - Densidade relativa do solo (DR), nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	Densidade relativa do solo				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Q. Centenário
	----- g dm ⁻³ -----				
0-0,10	0,92 bc	0,92 bc	0,87 c	1,02 a	0,97 ab
0,10-0,20	0,99 a	0,96 cb	0,90 b	1,03 a	1,02 a
0,20-0,30	0,95 a	0,95 a	0,92 a	1,00 a	1,00 a
Valor médio	0,98 ab	0,94 bc	0,90 c	1,01 a	0,99 ab

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Segundo Nhantumbo e Cambule, (2006), um indicativo da qualidade estrutural do solo é sua densidade relativa (DR), que é obtida pela divisão da densidade do solo determinada a campo com a densidade resultante da máxima compactação (DMS), obtida em laboratório pelo teste de Proctor. Essa DMS é afetada pela textura e pelo teor de matéria orgânica do solo. Conforme a Tabela 4, observamos que os solos analisados apresentam, em todos os locais e profundidades, valores superiores ao 0,75 com indicação de possível impedimento para a

máxima produtividade nestes solos, uma vez que, de modo geral, tem-se como limitante ao desenvolvimento das plantas valores de DR superior a 0,86 (Beutler et al. 2005; Klein, 2006).

Segundo Beutler et al., (2008), a avaliação da densidade relativa do solo é de suma importância, pois com a avaliação deste atributo físico do solo, há possibilidade de se estabelecer valores limitante de compactação à produtividade das culturas, que sejam similares para todos os solos minerais. Estes autores salientam que somente a avaliação dos atributos físicos do solo como porosidade, resistência à penetração e densidade do solo podem acarretar em avaliações errôneas, pois esses atributos variam muito de solo para solo, dificultando o estabelecimento de valores limitantes similares para todos os tipos de solo.

Neste contexto, conforme os valores apresentados nas Tabelas 5 e 6, os teores de argila e de matéria orgânica do solo são estatisticamente diferentes para os diferentes municípios e para as diferentes profundidades, o que explica as diferenças nos valores ($p < 0,05$), para os diferentes municípios e para as profundidade de densidade máxima do solo.

A matéria orgânica amostrada mostrou diferença significativa ($p < 0,05$), para municípios e profundidades (Tabela 4). Os maiores valores de matéria orgânica dos solos foram obtidos no município de Quarto Centenário e Perobal na camada de 0-0,10 m, sendo que no município de Quarto Centenário, as camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, também apresentaram valores maiores de matéria orgânica em comparação aos demais solos avaliados. O solo de Mariluz apresentou menores teores de matéria orgânica nas três profundidades quando comparada aos outros solos avaliados.

Tabela 4 - Matéria orgânica do solo (MOS), nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	Matéria orgânica				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Q. Centenário
0-0,10	20,2 bcA ⁽¹⁾	23,1 aA	15,0 cA	19,4 bcA	25,8 aA
0,10-0,20	13,9 cB	17,7 bcAB	12,0 cA	14,5 bcA	20,8 aAB
0,20-0,30	12,3 bcB	14,6 bcB	10,4 cA	14,0 bcA	18,1 aB
Valor médio	15,5 bc	18,5 ab	12,4 c	16,0 bc	21,6 a

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Em todos os locais, a profundidade de 0-0,10 m, apresentou maiores valores para matéria orgânica (Figura 2).

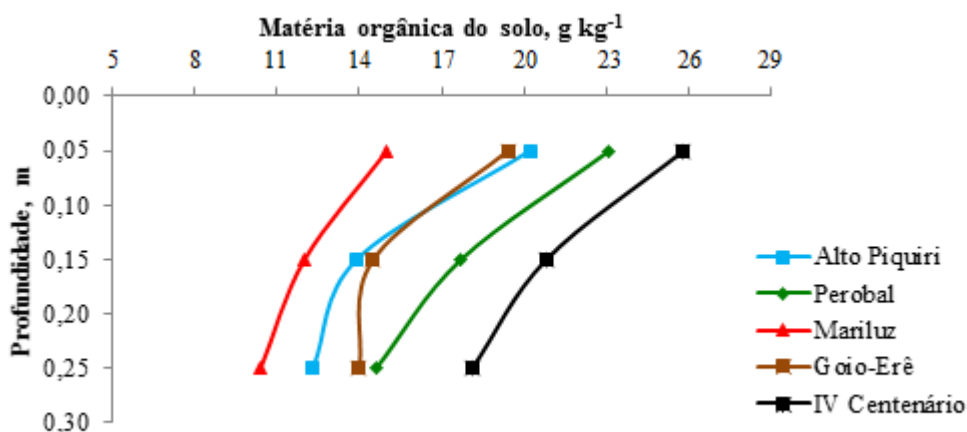


Figura 2 - Teores de matéria orgânica, dos solos amostrados nos municípios, Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê e Q. Centenário, em suas respectivas profundidades.

Observa-se que, em geral, a matéria orgânica diminui com a profundidade do solo (Embrapa, 2004), que considera teores elevados de MOS aqueles maiores que 45 g kg^{-1} , valores médios de $15 \text{ g a } 45 \text{ g kg}^{-1}$ e como valores baixos aqueles com menos de 15 g kg^{-1} . Diante esta classificação somente o solo amostrado no município de Quarto Centenário apresentou níveis adequados de matéria orgânica, demonstrando que os solos amostrados nos municípios de Alto Piquiri, Perobal, Mariluz e Goioerê, necessitam de práticas e sistemas de cultivo que possibilitem maior deposição de resíduos orgânicos.

Segundo Balesdent et al., (2000), a qualidade de solos com baixo teor de argila é mais afetada pelo manejo, quando comparados a solos com altos teores de argila ou mais intemperizados. A agregação do solo é positivamente relacionada aos teores de matéria orgânica e teores de alumínio e ferro obtidos por extratores de forma moderada e inversamente relacionada ao grau de dispersão das argilas (Silva e Mielniczuk, 1998). No presente trabalho, para a correlação entre o teor de argila e o teor de matéria orgânica, houve nível de significância na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 6). Da mesma forma, no presente trabalho, o coeficiente de correlação de Pearson indicou valor de 76% de correlação entre o teor de argila e o teor de MOS na camada de 0,10-0,20 m (Figura 3).

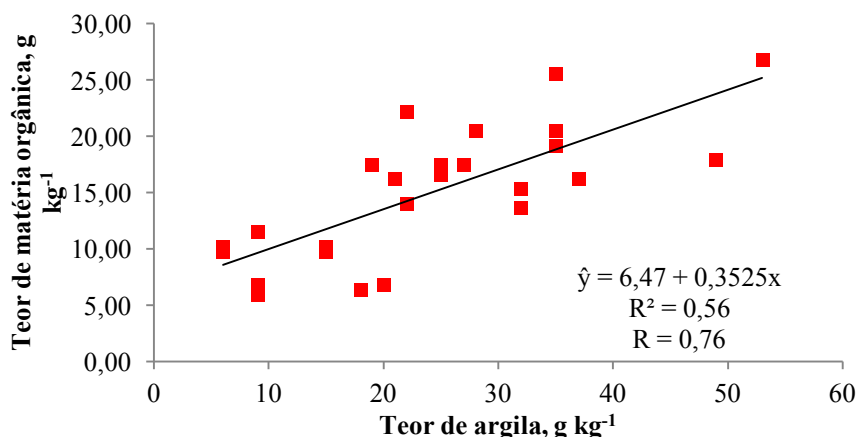


Figura 3 - Coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de determinação entre o teor de argila e o teor de matéria orgânica, na profundidade de 0,10-0,20 m.

Estudando a correlação entre a MOS e o teor de argila de dois bancos de dados de solos, o primeiro banco de dados de 87 talhões de 46 fazendas com lavouras de soja, com teores de argila de 80 a 840 g kg⁻¹, e o segundo banco de dados de 84 talhões de cinco fazendas, com teores de argila de 30 a 600 g kg⁻¹, Santos et al., (2014), constataram que os teores de matéria orgânica foram diferentes na camada de 0-0,10 m, pois o sistema de plantio direto apresenta esta característica de aporte de material orgânico na camada mais rasa do solo, sendo evidenciado maiores amplitudes nos teores de MOS para os solos arenosos. Os autores atribuem este comportamento, devido os solos arenosos possuírem menor proteção física quando comparado com os solos argilosos.

Neste sentido, práticas culturais que priorizem o aporte de matéria orgânica em solos com menores teores de argila torna-se indispensável. Uma das práticas que trazem melhoria aos atributos físicos do solo como densidade, estruturação, aeração, retenção de água e drenagem é a adubação orgânica, além de possuírem nutrientes necessário às culturas, com material orgânico rico em carbono e em microorganismos (Kiehl, 1985).

Tormena et al., (2002), ao estudarem diferentes sistemas de preparo do solo, constaram que houveram diferenças de densidade do solo entre as profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, onde o tratamento que recebeu escarificação e grade niveladora, apresentaram densidade menor do que em sistema de plantio direto. Segundo estes autores, os implementos fracionaram os agregados e criaram galeria de poros, ajudando na descompactação do solo e criando melhor ambiente para o crescimento radicular.

Mendonça et al., (2013), ao estudarem a utilização de forrageiras com milho, constaram melhorias nos atributos físicos do solo, nas três profundidades avaliadas, 0-0,10,

0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, com aumento da macroporosidade e porosidade total e redução da densidade do solo.

Na Tabela 5 são apresentados os valores para os teores de argila, silte e areia, para os diferentes municípios e para as profundidades.

Tabela 5 - Teores de argila (AR), silte (SI) e areia total (AT) nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	Teor de argila					Valor médio
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goio-Erê	IV Centenário	
	----- g kg ⁻¹ -----					
0-0,10	218,0 abA ⁽¹⁾	158,0 bcA	70,0 cA	260,0 abA	294,0 aA	200,0 B
0,10-0,20	254,0 abA	188,0 bcA	78,0 cA	346,0 aA	350,0 aA	243,2AB
0,20-0,30	318,0 abA	208,0 bcA	104,0 cA	356,0 aA	352,0 aA	267,6A
Valor médio	263,3 a	184,6 b	84,0 c	320,6 a	332,0 a	
	Teor de silte					
0-0,10	30,0 abA ⁽¹⁾	26,0 bA	16,0 bA	50,0 aA	18,0 bA	20,8 A
0,10-0,20	16,0 abA	20,0 abA	12,0 bA	36,0 abA	20,0 abA	23,2 A
0,20-0,30	22,0 abA	14,0 bA	20,0 abA	40,0 aA	20,0 abA	28,0 A
Valor médio	22,6 ab	18,5 ab	16,0 b	42,0 a	19,3 ab	
	Teor de areia total					
0-0,10	752,0 bA ⁽¹⁾	816,0 abA	914,0 aA	690,0 bA	688,0 bA	709,2 b
0,10-0,20	730,0 bcA	792,0 abA	910,0 aA	618,0 cA	630,0 cA	736,0 ab
0,20-0,30	660,0 bcA	778,0 abA	876,0 aA	604,0 cA	628,0 cA	772,0 a
Valor médio	714,0 c	795,3b	900,0 a	637,3 c	648,6 c	

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

A variável argila apresentou valores maiores nas camadas mais profundas do solo sendo que, por outro lado, os teores de silte e areia total apresentaram valores mais elevados nas camadas mais profundas. Segundo Klein, (2006) as causas naturais das alterações na densidade do solo e mudanças na textura do solo são difíceis de serem definidas e avaliadas, agindo lentamente no solo, como por exemplo, a eluviação de argilas, e as antrópicas que são as forças mecânicas originadas da pressão causada pelos rodados das máquinas agrícolas e pela própria ação de implementos sobre o solo.

Segundo este autor, o tráfego excessivo realizado indiscriminadamente sob diferentes condições de umidade do solo é o principal responsável pela compactação, sendo de extrema importância trabalhos de monitoramento dos atributos físicos do solo para sistemas produtivos cada vez expressem mais o seu potencial produtivo.

Tabela 6 - Quadro de ANOVA com os quadrados médios de densidade (DS), matéria orgânica (MOS), argila (AR), silte (SI), areia fina (AF), areia média (AM), areia grossa (AG) dos solos em microrregião do oeste do Paraná

FV	G	DS	DR	MOS	AR	SI	AF	AM	AG	AT	AR*M OS
Local	4	0,007 ^{5^{ns}}	0,113 ^{0^{**}}	1,770 ^{2^{**}}	1607,486 ^{6^{**}}	16,033 ^{3^{**}}	4,990 ^{2^{**}}	259,209 ^{1^{**}}	1852,386 ^{2^{**}}	1808,086 ^{6^{**}}	0,0263 ^{5^s}
Profundidade	2	0,021 ^{8^{ns}}	0,005 ^{0^{ns}}	3,077 ^{7^{**}}	292,9733 ^{**}	3,3600 ^{n^s}	0,225 ^{6^{ns}}	43,7152 ^{ns}	93,4502 ^{ns}	248,2533 [*]	0,0105 [*]
Repetição	4	0,020 ^{8^{ns}}	0,011 ^{9[*]}	0,382 ^{5[*]}	165,6866 ^{ns}	3,0666 ^{n^s}	0,723 ^{8^{ns}}	259,199 ^{7^{**}}	94,3474 ^{ns}	206,6200 [*]	0,0063 [*]
Local*Profundidade	8	0,014 ^{2^{ns}}	0,001 ^{0^{ns}}	0,044 ^{9^{ns}}	19,0566 ^{ns}	1,0933 ^{n^s}	0,134 ^{0^{ns}}	18,25 ^{ns}	16,9290 ^{ns}	17,9866 ^{ns}	0,0044
Erro	56	0,009 ⁵	0,004 ⁰	0,146 ⁶	49,7295	1,6452	0,339 ⁸	26,82	85,9447	57,3414	0,0024
Total	74										
C.V.(%)		5,65	3,52	22,74	22,75	53,44	26,56	17,55	21,97	10,25	5,07
Média		1,75	1,80	9,78	1,68	2,40	2,19	29,52	42,19	73,90	0,96

^{ns} não significativo, ^{*} significativo (p<0,05) ^{**} significativo (p<0,01) de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

Os valores de densidade do solo apresentaram semelhança nos cinco locais das amostras, e nas profundidades.

Os valores de matéria orgânica foram maiores no município de IV Centenário e Perobal, evidenciando maior aporte de resíduos orgânicos nestes locais.

A densidade relativa apresentou teores acima de 0,87 % para todos os locais avaliados.

REFERÊNCIAS

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil Till Res**, v.53, p.215-230, 2000.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; FERRAZ, M.V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produção de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.843-849, 2005.

BORGES, L.A.B.; SANTOS, I.G. SOARES, R.A.B.; FERNANDES, P.M.; MADARI, B.E.; SILVA, M.A.S. Carbono e densidade do solo em uma cronosequência de canaviais cultivado em sistema orgânico. In: X ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS. 14-18/10/2013. **Anais**. Santo Antônio de Goiás, 2013.

BRANDT, E.A.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; MARCHETTI, E.M. Desempenho agrônomo de soja em função da sucessão de culturas em sistema de plantio direto. **Ciência Agrotecnologia**, n.3, p.869-874, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras**. Séries históricas. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsc

Onteudos. Acesso em: 25 jul. 2015.

CORRÊA, J.C. BARILLI, J. REBELLATTO, A. VEIGA, M. **Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo**. Circular Técnica 11. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Corcórdia, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Arroz e Feijão. **Sistemas de Produção**, n. 4. 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/solos.htm>. Acesso em: 25 jul. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Milho e Sorgo. **Mapeamento das épocas aptas para o plantio de milho consorciado com braquiária na segunda safra agrícola no Brasil**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 1.ed. Sete Lagoas, 2013. 15p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: **A computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia. UFLA, n.35, p.1039-1042, 2011.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acessado em: 19 nov. 2014.

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. **Agrônoma Ceres**, Piracicaba. 1985.

KLEIN, V.A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um Latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.26-32, 2006.

KLEIN, V.A. **Física do solo**. 3.ed. Passo Fundo: EDIUPF. 2014. 263p.

MARCOLIN, C. D. **Propriedades físicas de um Nitossolo e Latossolos Argilosos sob plantio direto**. 2006. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2006.

MARCOLIN, C.D.; KLEIN, V.A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.33, n.2, p.349-354, 2011.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L.M.M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F.C.B.L.; LIMA, R.C., VALÉRIO FILHO, W.V.; YANO, E.H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.37 p.251-259. 2013.

NHANTUMBO, A B.J.C.; CAMBULE, A.H. Bulk density by proctor test as a function of texture for agricultural soils in Maputo province of Mozambique. **Soil & Tillage Research**, v.87; p.231-239, 2006.

NASCIMENTO, P.C.; LANI, J.L.; MENDONÇA, E.S.; ZOFFOLI, H, J, O.; PEIXOTO, H, T, . Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.34, p.339-348, 2010.

RAIJ, B. van. Melhorando o ambiente radicular em superfície. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V. STIPP, S.R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Culturas**. IPNI, Piracicaba. p.350-382, 2014.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, n.102, p.242-254, 2009.

SÁ, J.C. de M.; SÉGUY, L.; SÁ, M.F.M.; FERREIRA, A. de O.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J.B.; CANALLI, L. Gestão da matéria orgânica e da fertilidade do solo visando sistemas sustentáveis de produção. In.: **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. v. 1, Contexto mundial e práticas de suporte. IPNI, Piracicaba, p.385-420, 2014.

SCOPEL, I. **Características físicas de solos da região litoral norte do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1977. 129p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, n.59, p.795-801, 2002.