

COMPACTAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE PLANTA INTEIRA DE MILHO SOB O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

DIRCEU DE MELO^{1,2}, LÚCIA HELENA PEREIRA NÓBREGA², ESTOR GNOATTO¹, IVAIR MARCHETTI^{1,2}, ANDERSON MIGUEL LENZ³

¹ Professor da UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Avenida Brasil, 4232 CEP 85884-000 - Caixa Postal 271 - Medianeira - PR), e-mail: dirceu@utfpr.edu.br; gnoatto@utfpr.edu.br; marchetti@utfpr.edu.br

² Programa de Pós-Graduação, PGEAGRI - UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Rua Universitária, 1.619 Caixa Postal 701 Jardim Universitário - Cascavel - PR), e-mail: lucia.nobrega@unioeste.br

³ Mestrando em Energia na Agricultura, UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Rua Universitária, 1.619 Caixa Postal 701 Jardim Universitário - Cascavel - PR) e-mail: andersomm_25@hotmail.com

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O sistema intensivo de produção agrícola traz problemas para o sistema plantio direto principalmente, nas áreas destinadas à produção de silagem. As propriedades físicas do solo são prejudicadas quando o manejo do solo não é realizado de maneira adequada. Neste contexto, este trabalho teve como objetivos monitorar tanto as mudanças nas propriedades físicas do solo (densidade do solo, macro e microporosidade e resistência mecânica à penetração) como a resposta da cultura da soja em função da compactação do solo, resultante do manejo de solo, sob cultivo de plantas de cobertura em áreas destinadas à silagem de milho de planta inteira sob sistema plantio direto. O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade agrícola localizada no município de Matelândia, região Oeste do Paraná. A área experimental foi constituída de seis manejos de solo, com soja no verão e milho no inverno para produção de silagem de planta inteira com e sem plantas de cobertura e escarificado. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O sistema de manejo que proporcionou as melhores características físicas do solo, foi o utilizou escarificador e a camada de 0,05 a 0,20 m, a maior resistência mecânica a penetração.

PALAVRAS-CHAVE: Propriedades físicas, manejo do solo, plantas de cobertura.

SOIL COMPACTION IN AREAS OF SILAGE PRODUCTION WITH THE WHOLE PLANT UNDER NO-TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT: The intensive agricultural production system has caused problems to the no-tillage system, especially in areas used for silage production. The physical properties of soil are affected when soil management is not performed properly. Thus, this trial aimed at monitoring both changes in soil physical properties (bulk density, macro and micro-porosity and penetration resistance) and soybean response based on soil compaction. This is a result of handling such soil under cover crops tillage in areas managed for silage, with the whole corn plant under no-tillage system. The study was carried out in a farm in Matelândia city, western Paraná. The experimental area was divided into six soil management designs, where soybeans were cropped during the summer and corn in the winter in order to produce silage with the whole plant, with and without cover crops and scarifying. The experimental design was completely randomized (CRD) with four replications by treatment. Results were submitted to the Scott-Knott test at 5 % probability. The management system that provided the best soil physical characteristics, was used chisel plow layer and 0.05 to 0.20 m, the highest penetration resistance.

KEYWORDS: Physical properties, soil management, cover crops.

INTRODUÇÃO: Há busca incessante por um sistema de cultivo que melhore a estrutura do solo, e ofereça maior rentabilidade, sendo um desafio para todos os pesquisadores. Neste contexto, o manejo deve contribuir para a melhoria da qualidade do solo a fim de aumentar a produtividade das culturas, atendendo às necessidades de cada produtor. A grande produção de soja no Brasil deve-se a alguns fatores como potencialidades locais (LEAL & FRANÇA, 2010), como na região Oeste do Paraná, onde os produtores produzem soja e aproveitam para produzir o milho segunda safra. Entre as várias formas de aproveitamento deste milho está a alimentação animal. Ainda existem problemas no sistema plantio direto quanto à compactação do solo em várias propriedades agrícolas, se agravando nas que precisam produzir silagem de planta inteira de milho, que necessita de um intenso tráfego de máquinas agrícolas. A compactação altera, negativamente, várias propriedades do solo, como a capacidade de penetração das raízes e a disponibilidade de água e nutrientes às plantas, restringindo a taxa fotossintética, o crescimento da parte aérea e, por conseguinte, o rendimento das culturas (DRESCHER et al. 2012). O objetivo deste trabalho foi monitorar as propriedades físicas do solo (densidade do solo, macro e microporosidade, porosidade total e resistência mecânica à penetração) como a resposta da cultura do milho para silagem de planta inteira e a produtividade da soja.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho foi desenvolvido em uma propriedade agrícola localizada no município de Matelândia, região Oeste do Paraná, com altitude média de 380 m e o solo da região é classificado como LATOSSOLO ROXO (EMBRAPA, 1999). A área experimental foi constituída de seis sistemas de manejo de solo: 1- Semeadura de soja (*Glycine Max*) no verão e milho (*Zea mays L.*) no inverno (SM); 2- Soja no verão e plantas de cobertura no inverno com consórcio de aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus L. var. oleiferus Metzg.*) (SAN); 3 - Soja no verão e no inverno silagem de planta inteira de milho sem plantas de cobertura (SS); 4 - Soja no verão e no inverno silagem de planta inteira de milho com plantas de cobertura com aveia preta (SSA); 5 - Soja no verão e no inverno silagem de planta inteira de milho com plantas de cobertura em consórcio de aveia preta e nabo forrageiro (SSAN); 6 - Soja no verão e no inverno silagem de planta inteira de milho, escarificado, com plantas de cobertura aveia preta e nabo forrageiro (SSEAN). A semeadura de aveia foi de logo após a colheita do milho para silagem de planta inteira com 50 kg ha⁻¹. O consórcio de aveia preta e nabo forrageiro foram utilizados, 42 kg ha⁻¹ de aveia preta e 11 kg ha⁻¹ de nabo forrageiro, semeado logo após a colheita do milho para silagem. O milho utilizado no experimento em todos os tratamentos foi o CD-384 hx, com densidade de semeadura de 54.000 plantas ha⁻¹ semeado em 11/02/2013. A soja utilizada foi a Nidera 5909 RG com densidade de semeadura de 320.000 plantas ha⁻¹, semeada em 09/10/2013. Após a colheita do milho utilizado para silagem de planta inteira, o sistema seis foi escarificado a 0,25 m de profundidade. As avaliações foram realizadas após a dessecação das plantas de cobertura, ou seja antes da semeadura da soja no início do mês de outubro de 2013, e após a colheita da soja em fevereiro de 2014. Em todos os sistemas de cultivos foram realizadas as seguintes avaliações: densidade do solo, porosidade total, macro e micro porosidade do solo, nas camadas de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de acordo com a metodologia da Embrapa (1997); resistência mecânica à penetração até a profundidade de 0,4 m (TORMENA et al., 2002), utilizando um medidor automatizado de compactação do solo, modelo SoloTrack da marca Falker, com índice de cone 2, com a umidade solo em média de 28%; a produção do milho para silagem de planta inteira e a produtividade da soja. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Observa-se que os tratamentos (Tabela 1) apresentaram diferença significativa entre si na profundidade de 0 a 10 m, exceto a densidade do solo e microporosidade após a colheita da soja. O sistema de cultivo (SSEAN), apresentou diferença estatística dos demais, com valores de macroporosidade acima de 10%, que é o mínimo necessário para difusão de oxigênio (O₂) até as raízes (XU et al., 1992) e a porosidade total acima de 50%. Valores de porosidade de aeração abaixo de 10-15% são, geralmente, adotados como restritivos para o crescimento e produtividade da maioria das culturas (SECCO et al., 2005). Na camada de 0,10 a 0,20 m, apenas na análise realizada após a dessecação das plantas de cobertura, os valores das médias de porosidade foram diferentes entre si ao nível de 0,05 significância, com valor da macroporosidade e porosidade total estaticamente maior no sistema (SSEAN), acima de 10% e 50% respectivamente. Após a colheita da soja, apenas a

densidade do solo e a macroporosidade apresentaram diferença significativa na camada de 0,10 a 0,20 m. A macroporosidade foi maior no sistema (SSEAN), mesmo assim menor que 10% que é o recomendado. Já a densidade, as médias foram menores no sistema (SSEAN) e (SSAN).

TABELA 1. Valores médios obtidos na área experimental de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, na profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m.

Trat.	Análise após as plantas de cobertura				Análise após a soja			
	Ds. (Mg m ⁻³)	Macro P. -----%-----	Micro P. -----%-----	P. Total	Ds. (Mg m ⁻³)	Macro P. -----%-----	Micro P. -----%-----	P. Total
Profundidade de 0 a 0,10 m								
SM	1,28 a	6,67 a	40,95 a	47,61 a	1,23 a	13,12 b	36,91 a	50,03 a
SS	1,30 a	6,60 a	43,11 a	49,71 b	1,25 a	9,92 a	39,72 a	49,64 a
SAN	1,37 a	6,53 a	42,84 a	49,37 b	1,23 a	7,29 a	40,66 a	47,95 a
SSA	1,29 a	6,85 a	44,63 a	51,48 c	1,18 a	11,95 b	38,50 a	50,44 a
SSAN	1,29 a	6,25 a	43,50 a	49,75 b	1,14 a	14,75 b	38,12 a	52,87 b
SSEAN	1,06 b	20,24 b	34,30 b	54,54 d	1,13 a	16,44 b	36,72 a	53,16 b
Cv (%)	4,43	25,44	4,19	1,58	8,32	22,54	5,02	2,93
Profundidade de 0,10 a 0,20 m								
SM	1,35 a	5,70 a	41,83 a	47,53 a	1,36 a	8,84 b	39,63 a	48,47 a
SS	1,35 a	6,03 a	41,38 a	47,41 a	1,41 a	6,51 a	41,42 a	47,93 a
SAN	1,36 a	7,12 a	41,72 a	48,84 b	1,38 a	5,60 a	40,99 a	46,59 a
SSA	1,38 a	6,45 a	42,81 a	49,26 b	1,33 a	8,14 b	40,37 a	48,51 a
SSAN	1,34 a	6,89 a	42,23 a	49,12 b	1,29 b	5,42 a	43,48 b	48,90 a
SSEAN	1,21 a	12,98 b	39,38 b	52,36 c	1,28 b	9,12 b	40,08 a	49,20 a
Cv (%)	3,40	23,10	2,76	1,74	4,42	23,77	2,7	2,78

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra, na mesma profundidade e na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância; Ds.: Densidade; P.: Porosidade; Cv: coeficiente de variação.

A figura 1 apresenta a Resistência mecânica à Penetração (RP), após a dessecação das plantas de cobertura (a) e após a colheita da cultura da soja (b). Observa-se que nos dois casos, os menores valores de RP foram no sistema (SSEAN) abaixo de 2,0 MPa, que já era esperado devido ao revolvimento do solo. O sistema que apresentou maior RP, nas duas amostragem foram o (SAN) e (SM), com valores maiores que 2,5 MPa. O valor de RP de até 2 MPa tem sido amplamente usado por

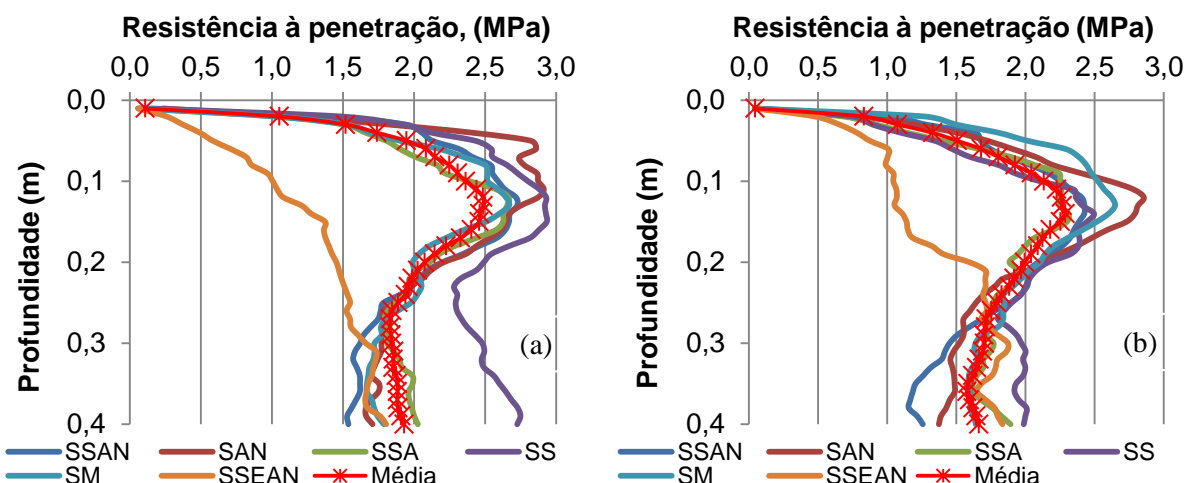


FIGURA 1. Resistência mecânica a penetração após as plantas de cobertura (a), e após a colheita da cultura da soja (b).

diversos autores como crítico para o crescimento das plantas em diferentes sistemas de manejo (MOREIRA et al., 2012), discordando com Tormena et al. (2007), que utilizou 3,5 MPa como valor máximo de RP em solo sob plantio direto, sustentado pelo argumento da presença de bioporos contínuos e efetivos proporcionados por esse sistema de manejo. O valor médio de RP após a dessecação das plantas de cobertura (Figura 1a), foi no horizonte de 0,5 a 0,20 m. O valor médio de RP após a colheita da soja (Figura 1b), foi maior na camada de 0,10 a 0,20 m. Nota-se que os valores

médios de RP (Figura 1a), foram maiores que após a colheita (Figura 1b). Isso é devido ao grande tráfego de máquinas, necessário para a colheita do milho para silagem de planta inteira e ao poder descompactador do sistema radicular da cultura da soja. Observa-se que a massa fresca e seca do milho, produtividade da soja e massa seca dos restos culturais da cultura da soja (Tabela 2), não diferiram estatisticamente entre si. A massa fresca e seca das plantas de cobertura foram estatisticamente diferentes entre si ao nível de 0,05 de significância. O sistema (SAN), foi estatisticamente superior aos demais na produção de massa fresca. Na produção de matéria seca o que produziu a menor massa foi o sistema (SS), devido apenas a permanência de plantas espontâneas nesse sistema.

TABELA 2. Valores médios da massa fresca e seca do milho para silagem de planta inteira, das plantas de cobertura e a produtividade da cultura da soja.

Sistema	Milho silagem		Plantas de cobertura		Soja	
	M. Fresca	M. Seca	M. Fresca	M. Seca	Produtividade	M. Seca
------(Toneladas ha ⁻¹)-----						
SM	-	-	-	5,80 b	5,14 a	4,37 a
SS	52,25 a	17,00 a	7,78 a	1,72 a	5,38 a	4,22 a
SAN	-	-	52,55 d	6,86 b	5,29 a	4,26 a
SSA	52,96 a	15,36 a	19,82 b	5,42 b	5,36 a	4,47 a
SSAN	51,39 a	16,34 a	38,09 c	6,05 b	5,56 a	4,72 a
SSEAN	49,74 a	15,61 a	38,79 c	4,82 b	5,13 a	4,15 a
Cv (%)	6,65	11,70	24,38	18,33	7,68	6,86

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra e na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância; M.: Massa; Cv: coeficiente de variação.

CONCLUSÕES: O sistema de manejo que proporcionou as melhores características físicas do solo, foi o que utilizou escarificador; A camada de solo que apresenta a maior resistência mecânica a penetração foi de 0,05 a 0,20 m; Independente do sistema utilizado, não ocorreu diferença significativa na produção do milho para silagem de planta inteira e na produtividade da soja.

REFERÊNCIAS

- DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em latossolo vermelho sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.36, p.1836-1844, 2012.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília. EMBRAPA, 1999
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 1997.
- LEAL, M. N.; FRANÇA, V. L. A. Reestruturação da produção agrícola e organização do espaço agrário piauiense: o agronegócio da commodity soja. *Boletim Goiano de Geografia*. Goiânia, v.30, p.13-28, 2010.
- MOREIRA, W. H.; JUNIOR, E. B.; PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; COSTA M. A. T.; FRANCO, H. H. S. Atributos Físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.36, p.389-400, 2012.
- SECCO, D.; ROS, C.O.; SECCO, J.K.; FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.29, p.407-414, 2005.
- TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; COSTA, A. J. M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob sistemas de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.31, p.211-219, 2007.
- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agrícola*. Piracicaba, v. 59, p. 795-801, 2002.
- XU, X.; NIBER, J.L.; GUPTURA, S C. Compaction effects on the gas diffusion coefficients in soil. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, v.56, p.1743-1750, 1992.