

Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno

Emmanuel Sanchez¹; Marcio Furlan Maggi²; Aline Marques Genú¹; Marcelo Marques Lopes Müller²

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Rua Padre Salvador, 875, CEP 85015-430, Santa Cruz, Guarapuava, PR, Brasil. Emails: terramaeagrotec@yahoo.com.br, agenu@unicentro.br.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, ²Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Rua Universitária, 2069, Jardim Universitário, CEP 85819-110, Cascavel, PR, Brasil. E-mails: marciomaggi@yahoo.com.br. mmuller@unicentro.br.

Resumo: As alterações das propriedades físicas dos solos agrícolas afetam a produtividade das culturas. Este trabalho objetivou comparar resultados obtidos com plantas de cobertura de inverno, em seu primeiro ciclo de cultivo, nas propriedades físicas do solo e na produtividade de soja (*Glycine Max* L.) em sucessão. Foram utilizadas quatro espécies de plantas de cobertura de solo: ervilhaca (*Vicia sativa* L.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). Os experimentos foram desenvolvidos em Guarapuava, PR, no *Campus* CEDETEG da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Realizou-se o acompanhamento de um ciclo destas culturas no outono/inverno de 2010. Os dados de densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo, foram determinadas através de amostras de solo não deformadas, em anéis volumétricos, retiradas nas camadas de 0,00 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m de profundidade, logo após a instalação das culturas de cobertura e no seu período de maior desenvolvimento (floração). Observou-se que a utilização de plantas de cobertura, no seu primeiro ciclo de cultivo, não promoveu alterações na densidade do solo, microporosidade, porosidade total. Entretanto, na camada de 0,10 a 0,20 m foram verificados maiores valores de macroporosidade nos tratamentos de aveia e azevém. A produtividade de soja foi semelhante após o ciclo de todas as plantas de cobertura.

Palavras chave: Densidade do solo, Porosidade do solo, Plantas de cobertura.

Physical properties of soil and soybean productivity in succession of cover plants

Abstract: Changes in physical properties of agricultural soils affect crop productivity. This study aimed to compare results obtained winter cover plants, in its first crop cycle, in soil physical properties, in soybean productivity (*Glycine max* L.) in succession. Four species of soil cover plants were used: vetch (*Vicia sativa* L.), radish (*Raphanus sativus* L.), ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) and black oat (*Avena strigosa* Schreb). It was developed in Guarapuava, PR, in CEDETEG *Campus* of Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). It was carried out the monitoring of a cycle of these crops in the fall/winter of 2010. The soil density, microporosity, macroporosity and soil total porosity were determined from undeformed soil samples in volumetric rings withdrawn at 0,00 - 0.10 and 0,10 - 0.20m depth, after installation of the experiment and its period of greatest development (flowering). It was observed that the use of cover plants in its first crop cycle do not promote changes in soil density, microporosity, total porosity. Meanwhile in the deep of 0,10 and 0,20m it has been seen higher numbers of macroporosity in oats and ryegrass handlings. The soybean productivity was similar after the cycle of all the cover plants.

Key words: Soil density, Soil porosity, Cover plants.

Introdução

As culturas utilizadas como coberturas protetoras dos solos, desempenham importante função na recuperação ou manutenção das qualidades físicas do solo, porque podem promover proteção sobre as variações de temperatura particularmente próximo da superfície, podendo alterar consideravelmente o ambiente para o desenvolvimento da sua flora e fauna, sendo importante para o aumento da porosidade do solo, além de incorporarem grande quantidade de matéria orgânica, contribuindo por meio da biomassa produzida, para o sequestro e fixação de carbono no solo. A rotação de culturas com espécies que podem agir como subsoladores naturais é uma técnica muito utilizada, pois essas plantas possuem um sistema radicular agressivo capaz de romper camadas impeditivas em subsuperfície, melhorando a área para a semeadura das culturas comerciais. Esta técnica promove um grande aporte de resíduos, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica ao solo e beneficiando seus atributos físicos.

Durante muito tempo a atividade agrícola apenas explorou os recursos naturais, com base no constante ciclo das culturas. Com o passar do tempo, deu-se início um processo de resgate dos nutrientes que até então eram somente extraídos do solo, sem reposição. A prática de rotação de culturas surgiu como potencial para melhorar esse aspecto, pois consiste em alternar espécies em uma mesma área, visando maior produtividade, bem como a recuperação física, química e biológica do solo (REZENDE et al., 2003). Segundo Medeiros e Calegari (2006), na rotação de culturas devem ser observados períodos mínimos sem o cultivo de uma mesma espécie na mesma área, visando não exaurir o solo e alternando com culturas que contribuem para melhorar sua fertilidade.

A escolha das espécies utilizadas em sucessão é determinante no sucesso de um sistema de rotação (ARGENTA et al., 2001, OLIVEIRA et al., 2002). Segundo Ceretta et al., (2002), isso depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano, o que significa que áreas destinadas

às culturas de primavera-verão, não devem permanecer em pousio durante o inverno. Assim,

Fontaneli (1991) e Aita et al. (2004) afirmam que as gramíneas têm papel importante na ciclagem de nutrientes e, sobretudo, devido a ter uma alta relação C/N, possuem uma lenta decomposição, dando resultados significativos para adição duradoura de matéria seca ao solo.

O solo é a base fundamental dos sistemas de produção agrícola, e as alterações nas suas propriedades e que afetem a sustentação do crescimento vegetal, e, conseqüentemente o rendimento das culturas, causam impactos diretos e negativos para o produtor rural. Então, é necessidade premente buscar alternativas que sejam sustentáveis ao longo do tempo, de forma que melhorem ou mantenham uma estrutura física do solo capaz de exercer as suas funções para o crescimento e ancoragem das raízes, bem como favorecer o suprimento de água, oxigênio e nutrientes (BLAINSKI et al., 2008). Afirmam Prevedello (1996) que, para manter um solo produtivo, bem como adequar determinadas estratégias de manejo, é importante que sejam analisadas suas propriedades físicas de porosidade e densidade, na medida em que elas afetam a resposta das culturas.

A recuperação das propriedades físicas do

Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano de 2010 e 2011, em Guarapuava, município situado geograficamente no Sul do Brasil, na região Centro Sul do Estado do Paraná. Sua instalação foi no *Campus* CEDETEG – UNICENTRO, no campo experimental do Departamento de Agronomia, com coordenadas de latitude 25° 23' 36" S e longitude 51° 27' 19" W, e altitude de 1.025 m. O clima regional, pela classificação de Köppen, é do tipo Cfb, subtropical mesotérmico úmido, sem estação seca e com verões frescos, com temperatura média anual de 17°C, a precipitação média anual é de 1.961 mm (IAPAR, 2000).

O solo da área experimental (Tabela 1) foi

solo pode ser realizada por métodos mecânicos, com máquinas e implementos agrícolas; assim como por métodos chamados biológicos, utilizando plantas e matéria orgânica para realizarem as correções necessárias nessas propriedades. Vários pesquisadores como Albuquerque et al. (1995), Cattelan et al. (1997) e Silva e Mielniczuk (1997) ressaltam a importância da adoção de sistemas que envolvam menos mobilização do solo tais como: cultivo mínimo e semeadura direta, associados à rotação de culturas e à utilização de plantas de cobertura de inverno, na melhoria dos atributos físicos do solo. Inclusive, Albuquerque et al. (1995) afirmam que são necessários de três a quatro anos sob condições desse manejo, para o solo desenvolver uma porosidade mais favorável ao crescimento de raízes.

O objetivo desta pesquisa foi verificar os efeitos da aveia (*Avena strigosa* Schreb), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.), na densidade e porosidade do solo, e comparar a produtividade de soja obtida em sucessão a essas plantas de cobertura.

classificado como Latossolo Bruno e caracterizado morfológicamente. Devido ao local do experimento ficar na Unidade de Pesquisa da Batata e Microclima, a cultura comercial anterior foi de batata (*Solanum tuberosum*) em sistema convencional, mas a área utilizada estava em pousio e sem utilização por mais de 12 meses, pois a última atividade foi a colheita da batata em 12 de abril de 2009. Devido à batata ser uma cultura exigente, muitos resíduos de fertilizantes permanecem no solo após sua colheita; sendo assim, não foi necessária uma adubação para implantação do experimento, de acordo com a análise química do solo.

Tabela 1 – Resultados de análises das características do solo no local do experimento, antes da implantação da cultura da batata.

Horizont	Profundidade	AG ³	AF ⁴	Silt	Argila	Dp ¹	Ds ²	Porosidade (%)
e				e				

	-- cm --	----- g kg ⁻¹ -----				- g cm ⁻³ -		Total	Macro	Micro
A	0 – 30	140	70	70	720	2,5	1,0	60,0	9,5	50,5
AB	30 – 50	100	60	50	790	2,5	0,9	63,2	11,9	51,3
BA	50 – 79	100	50	40	810	2,5	0,9	63,8	12,0	51,8
Bw ₁	79 – 113	100	50	20	830	2,6	0,9	64,5	11,7	52,8
Bw ₂	113 – 140	90	50	40	820	2,6	0,9	65,2	13,4	51,8

¹ Densidade de partícula; ² Densidade do solo; ³ Areia grossa; ⁴ Areia fina.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com 5 repetições, dividido em 20 parcelas com 5,0 x 4,0 metros (20 m² cada), com espaçamento de 1,5 metros entre parcelas e 2,0 metros entre blocos. Na primeira fase do experimento, a quantidade de sementes por tratamento foi: ervilhaca (50 Kg ha⁻¹); aveia preta (60 Kg ha⁻¹); azevém (25 Kg ha⁻¹); nabo forrageiro (15 Kg ha⁻¹).

Para a instalação do experimento, foi aplicado herbicida glifosato na dose de 1,08 Kg ha⁻¹ de i.a. com auxílio de pulverizador costal, e após a completa dessecação das plantas, foi submetida à roçada mecânica (trator com roçadeira rente ao solo), buscando adequar o local para a semeadura das plantas de cobertura de inverno.

A quantidade de sementes das espécies de cobertura (tratamentos) foi estimada utilizando a recomendação do fornecedor das sementes, Comercial de Sementes Lopes Ltda. de Santo Ângelo, RS. Para determinar a quantidade necessária de sementes, foi realizado o teste de germinação das sementes em laboratório, colocando-se 100 sementes em papel filtro umedecidas com água destilada e na forma de rolo, com quatro repetições, e deixado em câmara úmida por sete dias a 25°C. Após este período, foi calculado o percentual de sementes que germinaram, e a média foi utilizada para determinar a quantidade de sementes por parcela. Os tratamentos foram semeados a lanço em 29/04/2010, e a incorporação realizada com rastelos manuais. As sementes não receberam nenhum inoculante.

Em 28/04/2010 foram retiradas 40 amostras indeformadas de solo, sendo duas em cada parcela, nas camadas de 0,00 a 0,10m e 0,10 a 0,20m. Esta coleta de amostras foi realizada na instalação do experimento para

caracterizar o solo após a cultura de batatas. As análises laboratoriais físicas para determinação da densidade do solo, microporos, macroporos e porosidade total foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, utilizando o método do anel volumétrico (Anel de Kopecky) submetido à Mesa de Tensão (EMBRAPA, 1997, KLEIN, 2008).

A segunda amostragem foi realizada no período de pleno florescimento das plantas de cobertura, em 06/08/2010. A escolha deste período se deve às culturas atingirem, neste momento, seu maior desenvolvimento da parte aérea e radicular.

Após as coletas, as amostras indeformadas de solo foram saturadas por vinte e quatro horas em bandeja com uma lâmina de água a 2/3 de sua altura. Em seguida, foram pesadas e submetidas ao potencial de -0,006 MPa (sucção leve) em uma mesa de tensão, drenando assim a água contida nos macroporos. As amostras foram novamente pesadas e colocadas em estufa para secagem a 105 °C por 48 horas, sendo novamente pesadas para determinação do peso seco.

Na segunda fase do experimento, foi realizado o corte da parte aérea das plantas de cobertura, rente ao solo, com roçadeiras motorizadas manuais, formando uma cobertura morta em todas as parcelas. Na sequência, em 16 de novembro de 2010, foi estabelecido o tratamento em todas as parcelas com a cultura da soja em sucessão, com a cultivar BMX Apolo, utilizando-se uma semeadora de duplo disco, no espaçamento de 0,35 m entre linhas, objetivando uma população de 250.000 plantas por hectare. As sementes foram inoculadas com *Rizhobium* específico para a cultura e tratadas com fungicidas e o controle de plantas espontâneas e

os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com a recomendação da empresa produtora das sementes, Brasmax Genética Ltda.

A colheita foi realizada manualmente, em 25 de março de 2011, com uma amostragem aleatória de 1 m² por parcela, respeitando-se as bordaduras e não utilizando os locais onde foram coletadas as amostras de solo. O rendimento de grãos (umidade corrigida para 13%) foi determinado em relação à área colhida.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software ASSISTAT (SILVA, 2011). Inicialmente os dados obtidos foram submetidos ao teste de Bartlett para verificar se todas as variâncias eram homogêneas. Esses dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) (ZIMMERMANN, 2004).

Resultados e discussão

Na Tabela 2 são apresentados os atributos físicos avaliados nas duas profundidades, antes da instalação do experimento e no momento do florescimento das plantas de cobertura. Pode-se observar nas duas camadas avaliadas, que todos os tratamentos obtiveram resultados semelhantes para densidade do solo, demonstrando que as espécies utilizadas, em seu primeiro ciclo de cultivo, e no momento de seu florescimento, não promoveram efeitos significativos, não havendo assim, possibilidades de diferenciar as espécies mais efetivas na melhoria desse atributo físico do

solo. Em comparação com o momento da instalação do experimento também não foi observada diferença entre as médias após análise estatística.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Bertol et al. (2004), os autores não observaram variação nas propriedades físicas do solo pelo uso de diferentes sistemas de cultivo, compreendido como rotação e sucessão com culturas de cobertura em somente um ciclo de produção, concluindo que seria provável a necessidade de realizar experimentos por período de tempo mais longo para poder verificar os resultados da ação das plantas sobre as propriedades físicas do solo.

Estudos realizados por Aguiar et al. (2010), com aração e incorporação de biomassa com plantas de cobertura no perfil do solo, em um ciclo na cultura de arroz, não foram observadas diferenças significativas para densidade do solo, entre as profundidades de 0,00 a 0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20 a 0,30 m, e para as diferentes plantas estudadas. Em trabalho realizado por Cubilla et al. (2002), também não se verificou efeito significativo nos valores de densidade do solo para diferentes sistemas de sucessão-rotação de culturas ao final de três anos, assim

como as pesquisas apresentadas por Abrão et al. (1979), onde consideraram que o benefício da inclusão de plantas de cobertura está ligado principalmente a criação de poros biológicos de alta funcionalidade na aeração e infiltração de água no solo.

Tabela 2 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total do solo (Pt) avaliados antes da instalação do experimento, e no estágio de florescimento das diferentes espécies de plantas de cobertura de inverno.

Cobertura	Camada de 0,00 – 0,10 m			
	Ds	Ma	Mi	Pt
	----- g cm ⁻³ -----	----- % -----		
Aveia	1,12 a ¹	13 a	48 a	62 a
Azevém	1,11 a	14 a	48 a	62 a
Nabo	1,10 a	13 a	48 a	61 a
Ervilhaca	1,12 a	13 a	49 a	62 a

CV (%) ²	2,50	7,04	1,87	1,65
DMS ³	0,06	2,00	1,02	2,00
Média após cultivo ⁴	1,11 a	13 a	48 a	61 a
Média antes da instalação	1,17 a	13 a	48 a	61 a
Camada de 0,10 – 0,20 m				
Aveia	0,97 a	17 a	50 a	67 a
Azevém	0,98 a	16 a	52 a	68 a
Nabo	1,03 a	13 b	53 a	66 a
Ervilhaca	1,04 a	13 b	53 a	66 a
CV (%)	5,40	13,80	4,52	2,53
DMS	0,10	3,00	4,00	3,00
Média após cultivo	0,99 a	14 a	52 a	66 a
Média antes da Instalação	0,94 a	15 a	53 a	68 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ²Coefficiente de variação; ³Diferença Mínima Significativa; ; ⁴Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste F ($P < 0,05$).

Os resultados de porosidade do solo, dividida em volume de macroporos, volume de microporos e porosidade total, são apresentados na Tabela 2. Na camada de 0,00 a 0,10 m, os dados demonstram que todos os resultados dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas, em um ciclo de culturas de coberturas de inverno, até o momento de seu florescimento. Resultados semelhantes foram obtidos por Aguiar et al. (2010) que, mesmo com a incorporação da biomassa das plantas de cobertura, não foram observadas diferenças significativas para a porosidade total, macroporosidade e microporosidade.

No entanto, para a camada de 0,10 a 0,20 m, observamos que os tratamentos com aveia e azevém apresentaram os maiores volumes de macroporos, sendo uma diferença significativa em relação ao volume apresentado pelos outros tratamentos. Foloni et al. (2006), observaram a ação dessas espécies de culturas de cobertura, afirmando que as espécies vegetais com sistema radicular agressivo e abundante, como o azevém e aveia, provocam alterações no solo e, ao sofrer decomposição, deixam canais que contribuem para a infiltração de água e difusão de gases,

melhorando a qualidade física do solo para as próximas culturas.

Como observado por Ferreira et al. (2000) a melhoria na estrutura do solo promovida pelas plantas de cobertura, resulta em benefícios quanto à porosidade e aeração do solo, somente após a decomposição das raízes, formando-se galerias no solo e facilitando a infiltração da água das chuvas. Segundo Abreu, (2000), a quantidade de poros que as raízes formam, é em razão da decomposição das mesmas, e são mais estáveis, e o processo de decomposição e a ação dos microorganismos criam um material cimentante que os torna mais estáveis que os formados por processos de descompactação mecânica.

Conforme Tabela 2, verifica-se o pequeno volume de macroporos (média de 13%) na camada de 0,00 a 0,10 m, e próximo do limite crítico restritivo de 10%, conforme apontado por Andrade e Stone (2009), para o desenvolvimento radicular adequado para as culturas. Estes resultados são corroborados por Giarola et al. (2007) e Souza et al. (2005), afirmando que a redução nos macroporos tem grande efeito sobre o desenvolvimento radicular das plantas, imprimindo ao solo condições de baixa aeração.

Um solo ideal para a produção agrícola deve apresentar porosidade total próxima a 50% e uma distribuição percentual de 34% de macroporos e 66% de microporos (ANDRADE e STONE, 2009). Kiehl (1979) afirma que, idealmente, um solo deve possuir 50% do seu volume ocupado por poros; deste volume, 1/3 deve corresponder aos macroporos e 2/3 aos microporos, e 50% de sólidos (45% de matéria mineral e 5% de matéria orgânica), e, concordando com Brady e Weil (2002), também consideram a relação micro/macroporos ideal para as culturas agrícolas em 2:1. Os baixos valores de macroporosidade e altos valores na relação micro/macroporos implicam em uma aeração deficiente do solo, o que pode prejudicar

o desenvolvimento das culturas. Assim, a proporção média ideal de macroporos para as camadas de 0,00 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, seriam respectivamente de 20% e 22%. No entanto têm-se os dados de 13% e 14% respectivamente (Tabela 2), sendo, na média, 36% menor em relação ao volume ideal de macroporos.

Verifica-se na Tabela 3, que a cultura do azevém apresentou a menor relação micro/macroporos na camada de 0,00 a 0,10 m, e a aveia na camada de 0,10 a 0,20 m demonstrando que estas culturas, em sistema de rotação, podem contribuir para o equilíbrio proporcional da porosidade do solo.

Tabela 3 - Relação Micro/Macroporosidade do solo, em função das plantas de cobertura e camada avaliada do solo cultivado com diferentes espécies de plantas de cobertura de inverno no estágio de florescimento.

Camadas (m)	Aveia	Azevém	Nabo	Ervilhaca	Média	CV(%) ²	DMS ³
0,00 – 0,10	3,7/1 a	3,4/1 b	3,7/1 a	3,8/1 a	3,6/1	1,36	0,14
0,10 – 0,20	2,9/1 b	3,2/1 b	4,1/1 a	4,1/1 a	3,6/1	3,22	0,32

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$);

²Coeficiente de variação; ³Diferença Mínima Significativa.

Já no volume de microporos encontrados (Tabela 2), onde o ideal para as camadas amostradas seria de 40% e 43% respectivamente, observou-se o volume de 48% e 52%, um aumento médio de 19% no volume considerado ideal dos microporos.

A produtividade média da cultura de soja na região é de 3,00 Mg ha⁻¹, sendo que neste trabalho, em sucessão às plantas de cobertura, a produtividade não apresentou diferença significativa entre as médias obtidas. Isso

demonstra que, após o primeiro ciclo de cultivo das plantas de cobertura, roçadas no momento de seu florescimento, não há influência direta no aumento ou diminuição do potencial produtivo da cultura de verão (Tabela 4). Os dados indicam que todas estas plantas de cobertura podem ser incluídas, sem prejuízos na produtividade, num sistema de rotação com a cultura de soja, uma vez que o rendimento de grãos não mostrou diferença significativa.

Tabela 4 - Produtividade da cultura de soja (Mg ha⁻¹) em sucessão das diferentes espécies de plantas de cobertura de inverno.

	Aveia	Azevém	Nabo	Ervilhaca	Média	CV(%) ²	DMS ³
Produtividade	2,56 a ¹	2,68 a	2,82 a	3,18 a	2,81	14,40	0,76

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05);

²Coefficiente de variação; ³Diferença Mínima Significativa.

Em estudos realizados por Gazola e Cavariani (2011), avaliando o desempenho de cultivares de soja transgênica em sucessão a culturas de inverno (aveia branca, nabo forrageiro, cevada, trigo e ervilhaca), verificaram que a produtividade de grãos de soja da cultivar BRS 243 RR, foi influenciada pelas culturas de inverno semeadas anteriormente, e que entre estas, o nabo forrageiro se destacou, tanto no número de nódulos nas raízes, como para a massa de matéria seca de nódulos em planta de soja, sendo este aumento na nodulação, a possibilidade de estar diretamente ligado a maior produtividade. Respostas positivas da produtividade de soja ao uso de plantas de cobertura, também foram obtidos em estudos de Nicoloso et al. (2008) com o consórcio aveia+nabo forrageiro, assim como Debiasi et al. (2010) obtiveram maior produtividade de soja nos tratamentos aveia preta + ervilhaca, em relação ao pousio.

Na cultura da ervilhaca foi observada boa nodulação radicular com *Rhizobium* naturalmente existente na área, fixando nitrogênio que ficou disponível para a cultura posterior. Como a soja é uma leguminosa que também realiza associação simbiótica com *Bradyrhizobium*, foi afetada pela boa disponibilidade de nitrogênio durante seu ciclo produtivo, comprovando as afirmações de Hungria e Stacey (1997) observando que a

rotação de culturas favorece a população simbiótica, melhorando assim a nodulação, a fixação biológica de nitrogênio e o rendimento na cultura da soja.

Em seus estudos, Santos e Reis (1990) concluíram que as culturas antecessoras tiveram efeito sobre a altura de plantas de soja, número de vagens e de grãos, peso de grãos por planta e de 1000 sementes. No entanto, Fontaneli et al. (2000), verificaram que a cultura antecessora de aveia-branca; aveia-preta; trigo e aveia-preta em

consórcio com ervilhaca peluda, não influenciou significativamente sobre a produção de grãos de soja.

Conclusões

A utilização de plantas de cobertura, no seu primeiro ciclo de cultivo, não promoveu alterações na densidade do solo, microporosidade e porosidade total. Entretanto, na camada de 0,10 a 0,20 m foram verificados maiores valores de macroporosidade nos tratamentos com aveia e azevém.

A produtividade de soja foi semelhante após o ciclo de todas as plantas de cobertura.

Referências

ABRÃO, P. U. R.; GOEPFERT, C. F.; GUERRA, M.; ELTZ, F. L. F. e CASSOL, E. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 3:169-172, 1979.

ABREU, S. L. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um argissolo**. 2000, Santa Maria, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 65 p.

AGUIAR, R. A.; MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BERNARDES, T. G.; JESUS, R. P. Sustentabilidade de sistemas orgânicos com plantas de cobertura na cultura do arroz, por meio de alterações físicas do solo, **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, UFG, Goiânia, v.40, n.2, p. 142-149, 2010.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HUBNER, A. P.; CHIAPINOTTO, I. C.; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura no outono/inverno antecedendo o milho em plantio direto: Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.28, p.739-749, 2004.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. e FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo – efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 19:115-119, 1995.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, V.13, n.4, p.382-388, 2009.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; da; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia preta no milho em sucessão e no controle do capim papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.851-860, 2001.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. e ZOLDAN JR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas as do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.155-163, 2004.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo a penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.975-983, 2008.

BRADY, N. C.; WEILL, R. Y. **The nature and properties of soils**. 13^a edição. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 958p.

CATTELAN, A. J.; GAUDÊNCIO, C. A.; SILVA, T. A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os organismos do solo, na cultura da soja,

em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.293-301, 1997.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.163-171, 2002.

CUBILLA, M. M. A.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M. e RANNO, S. K. **Plantas de cobertura do solo em sistema de plantio direto – uma alternativa para aliviar a compactação**. Universidade Federal de Santa Maria, Dep. de Solos, CCR, CNPQ, Santa Maria-RS, 2002.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p. 603-612, 2010.

EMBRAPA, **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 2^a ed. rev. Atualizada - Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. **Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L.; BÜLL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.49-57, 2006.

FONTANELI, R. S.; PIOVEZAN, A. J. Efeito de cortes no rendimento de forragem e grãos de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.26, p.691-697, 1991.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; VOSS, M.; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa**

Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.2, p.349-355, 2000.

GAZOLA, E.; CAVARIANI, C. Desempenho de cultivares transgênicas de soja em sucessão a culturas de inverno em semeadura direta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.5, p.748-763, 2011.

GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; DUTRA, A. C. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para a produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31 n.5, 2007.

HUNGRIA, M. da C.; STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology & Biochemistry**. Oxford, v.29, n.5-6, p.819-830, 1997.

IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina, 2000. v.1.0. CD ROM.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

KISSMANN, K. G. Avena strigosa Schreb. In: **Plantas infestantes e nocivas**. BASF, São Paulo, 1ª ed., 1991, 603 p.

KLEIN, V. A., Física do Solo. Passo Fundo-RS, Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212p.
MEDEIROS, G. B. de; CALEGARI, A. Rotação de culturas. Cap. 9, p.135-142, In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, Fóz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006, 200p.

NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; SCHENEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1723-1734, 2008.

OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de;

MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1079-1087, 2002.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba, SAEAFS, 1996, 446 p.

REZENDE, C. P.; CARDOSO PINTO, J.; EVANGELHISTA, A. R.; SANTOS, I. P. A. Alelopátia e suas interações na formação e manejo de pastagens. **Boletim Agropecuário**, Lavras, n.54, p.1-55, 2003.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.11, p.1637-1645, 1990.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.313-319, 1997.

SILVA, F.A.S. Assistência estatística – **ASSISTAT** versão 7.6 beta (2011), Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN, Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Campina Grande – PB. Disponível em <<http://www.assistat.com>>, 2011.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.11, 2005.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402p.

Recebido em: 19/09/2012
Aceito em: 15/10/2013