Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um latossolo vermelho

Influence of different plants of soil covering in the physical properties of an red oxisol

Patrícia Pretto Pessotto, Vanderlei Rodrigues da Silva, Cícero Ortigara, Ezequiel Koppe, Tiago Strojaki, Antonio Luis Santi

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *campus* de Frederico Westphalen, Programa de Pós-graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente. Linha 7 de Setembro, s/n, BR 386 Km 40, CEP: 98400-000, Frederico Westphalen, RS. E-mail: paty.pessotto@hotmail.com

Recebido em: 15/10/2015 Aceito em:14/03/2017

RESUMO – A utilização de plantas de cobertura objetiva minimizar impactos agrícolas e climáticos, além de auxiliar na melhoria da qualidade do solo. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dediferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas do solo. Foram analisadosa densidade e agregação do solo, porosidade total, micro e macroporosidade. Foram coletadas amostras de um Latossolo Vermelho cultivado com diferentes manejos de plantas de cobertura em semeadura solteira ou consorciada. O experimento foi constituído de dez tratamentos: 1) Aveia Preta (AP); 2) Aveia Branca (AB); 3) Azevém (AZ); 4) Nabo Forrageiro (N); 5) Ervilhaca (E); 6) Tremoço (T); 7) AP+E+N; 8) AP+N; 9) AP+E; e 10) pousio. Os resultados encontrados mostram que as propriedades físicas do solo são pouco influenciadaspelo uso de diferentes plantas de cobertura de solo, o que é justificado pelo pouco tempo de implantação das mesmas. A utilização do pousio diminuiu significativamente a quantidade de agregados estáveis em água na classe entre 8 e 4,75 mm em 2011, porém o mesmo não ocorreu no ano seguinte.

Palavras-chave: porosidade total, qualidade do solo, relação solo-planta

ABSTRACT - The use of cover plants aim to minimize agricultural and climate impacts and assist soil quality improvement. In this context, the study goal was to evaluate the effect of different cover crops on soil physical properties. Bulk density, soil aggregation, porosity, micro and macroporosity were analyzed throght sampling procedures in an Red Oxisol cultivated with different cover crops in no-till single or consortium. The experiment consisted of ten treatments: 1) Black oat (AP); 2) White oat (AB); 3) Ryegrass (AZ); 4) Radish (N); 5) Vetch (E); 6) Lupine (T); 7) AP + E + N; 8) AP + N; 9) AP + E and 10) Fallow. The results found show that physics properties of the soil suffered little influence by testing the different treatments. The use of fallow reduced significantly the amount of stable aggregates on water in the class 8 to 4,75 mm during 2011.

Keywords: total porosity, soil quality, soil-plant relationship

Introdução

A utilização de plantas de cobertura sobre o solo é uma prática de conservação amplamente difundida e visa manter ou melhorar a qualidade física, química e biológica (Carvalho, 2010). Conforme a literatura, o manejo inadequado do solo pode impactar negativamente em suas características, como o aumento da resistência mecânica à penetração, redução na porosidade e aumento da densidade (Stone et al., 2006) repercutindo em decréscimo na produtividade de culturas agrícolas como a soja (Valicheski et al., 2012).

Nos sistemas de cultivo as plantas de cobertura são consideradas benéficas por contribuir para melhoria da estrutura do solo (Abreu et al., 2004). Conforme Abreu et al. (2004), plantas de cobertura possuem a capacidade de se desenvolver e criar poros por onde as raízes de culturas

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

subsequentes possam crescer, possibilitando incrementos de produtividade e favorecendo o fluxo de ar e água no solo, sobretudo na camada superficial.

Conforme Ferreira et al. (2000) e Silva et al. (1999) as espécies de plantas de cobertura ideais deveriam apresentar um elevado potencial de produção de massa seca, tanto da parte aérea quanto radicular, com elevada velocidade de crescimento e de cobertura do solo. Além disso, os mesmos autores inferem que efeitos alelopáticos das plantas de cobertura também contribuiríam com a produção de culturas subsequentes através da supressão de plantas invasoras (Ferreira et al., 2000; Silva et al., 1999).

Várias espécies de plantas de cobertura de solo apresentam características adequadas para a melhora dos solos agrícolas a partir do fornecimento de matéria seca e desenvolvimento do sistema radicular, ocasionando incrementos na produtividade de grãos dos cultivos em sucessão (Medeiros & Calegari, 2007). Segundo Andrade et al. (2009) e Calonego et al. (2011), gramíneas podem favorecer a agregação do solo na camada superficial o que também contribui para evitar problemas relacionados à erosão. Segundo Cruz (2006) é importante a utilização de plantas de cobertura de diferente sistema radicular (fasciculado e pivotante) para causar um aporte contínuo de matéria orgânica no sistema.

Alterações benéficas têm sido observadas na estruturação do solo em médio e longo prazo com a utilização de plantas de cobertura com alto potencial de fixação de carbono e que possuam sistema radicular volumoso e agressivo (Dias Júnior, 2000, Calonego et al., 2011). Todavia, relatos de efeitos positivos em propriedades físicas do solo utilizando plantas de cobertura por curtos períodos de tempo não são facilmente encontrados. De acordo com Bertol et al. (2004) e Sanchez (2012), melhorias em propriedades como a porosidade total tendem a não ocorrer em apenas um ciclo de cultivo.

Objetivou-se avaliar a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e agregação do solo em diferentes sistemas de manejo com plantas de cobertura de solo nos ciclos produtivos de 2011 e 2012.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen, latitude 27°23'44" S; longitude 53°25'47" W e altitude 490 m. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Santos et al., 2013), com textura muito argilosa. O clima dessa região, segundo a classificação de Koppën, é subtropical úmido, tipo Cfa.

O delineamento experimental foi blocos completos casualizados, com dez tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por: 1) Aveia Preta (AP); 2) Aveia Branca (AB); 3) Azevém (AZ); 4) Nabo Forrageiro (N); 5) Ervilhaca (E) e 6) Tremoço (TR) em semeadura exclusiva, e em consorcio foram utilizadas: 7) Aveia Preta, Ervilhaca e Nabo (AP+E+N); 8) Aveia Preta e Nabo (AP+N); 9) Aveia Preta e Ervilhaca (AP+E) e 10) tratamento sem plantas de cobertura (Pousio).

Para análise das propriedades físicas do solo foram coletadas amostras com anéis metálicos, variando de 4,8 a 5,3 cm de altura e 4,8 a 4,9 cm de diâmetro em dois períodos: no ano de 2011 (ano de implantação do experimento) após a dessecação das plantas de cobertura de inverno e antes da semeadura da cultura de verão; e no ano de 2012 antes da implantação das plantas de cobertura de inverno.

As coletas foram realizadas em três pontos por parcela e em três profundidades: 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,15 m. Estas foram utilizadas para determinação da microporosidade, macroporosidade, porosidade total e densidade do solo conforme Donagema et al. (2011). Foram, ainda, coletadas amostras de solo de aproximadamente 500g, na camada de 0,00 a 0,15 metros, em cada tratamento, para determinar a agregação do solo (Kemper & Chepil, 1965).

Em laboratório, as amostras foram levadas para estufa, a 105ºC, por aproximadamente 24 horas, até peso constante (Donagema et al., 2011). A densidade do solo foi determinada através da equação:

$$Ds = Mss/Vt$$

onde: Ds = Densidade do solo (Mg m^{-3}); Mss = massa da amostra de solo seca à 105ºC; Vt = volume total do anel.

A porosidade total do solo é o volume vazio do solo que pode estar ocupado por água e/ou ar e foi

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

obtido através da relação existente entre a Ds e a Dp, obtida pela equação:

$$Pt = 1 - (Ds/Dp)$$

Onde: Pt = porosidade total ($m^3\ m^{-3}$), Ds = densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) e Dp = densidade de partículas ($Mg\ m^{-3}$).

Para determinação da microporosidade do solo, utilizou-se 3 repetições por tratamento em 3 camadas (0 – 5, 5 – 10 e 10 – 15 cm), totalizando 90 amostras, as quais foram saturadas por capilaridade durante 48 horas, posteriormente, foram pesadas e levadas à mesa de tensão, onde foram submetidas à tensão de sucção de -0,006 MPa por mais 48 horas, para que a água presente nos macroporos do solo (poros > 50 µm) fosse drenada. Após o equilíbrio do conteúdo de água nesta tensão, determinou-se a massa do solo úmido e encaminhou-se a amostra para estufa a 105 ºC (Donagema et al., 2011). A microporosidade foi determinada através da relação entre o conteúdo de água retido na tensão de -0,006 MPa e o volume total ocupado pelo solo, conforme a equação:

$$Mi = (MS_{-0,006MPa} - mss) / Vt$$

onde: Mi = Microporosidade do solo ($m^3\ m^{-3}$), $MS_{-0,006}$MPa = massa de solo após a tensão de -0,006 MPa (Mg), mss = massa de solo seco (Mg) e Vt = volume total do anel (m^3).

A macroporosidade do solo foi calculada por diferença, subtraindo-se o conteúdo de água equivalente à microporoidade do conteúdo de água equivalente à porosidade total, pela equação:

$$Ma = Pt - Mi$$

Onde: Ma = Macroporosidade do solo ($m^3\ m^{-3}$), Pt=Porosidade total do solo ($m^3\ m^{-3}$), Mi = Microporosidade do solo ($m^3\ m^{-3}$).

As amostras foram desagregadas de forma manual e com auxilio de peneiras sendo reduzidos a agregados com tamanho entre 8,00 e 4,76 milímetros. A análise da distribuição do tamanho de agregados estáveis em água foi realizada de acordo com Kemper e Chepil (1965). Esse método utiliza peneiramento dos agregados em água com movimento de oscilação vertical durante dez minutos, com trinta oscilações por minuto com peneiras de malha de 4,75, 2,00, 1,00 e 0,21mm, separando agregados nas seguintes classes: CAg1 (entre 8,00 e 4,75 mm), CAg2 (entre 4,75 e 2,00 mm), CAg3 (entre 2,00 e 1,00 mm), CAg4 (entre 1,00 e 0,21 mm) e CAg5 (menor 0,21mm). O diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) foram obtidos da seguinte maneira:

$$DMP = \sum_{i=1}^{n} (yi\ .\ xi)$$

em que: DMP = diâmetro médio ponderado (mm); yi = diâmetro médio entre classes (mm); xi = proporção de cada classe em relação ao peso da amostra total;

$$DMG = EXP\ \frac{\sum_{i=1}^{n} yp \log xi}{\sum_{i=1}^{n} yi}$$

onde: DMG = diâmetro médio geométrico (mm); yp = peso dos agregados de cada classe (g).

Os dados obtidos foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, utilizando o software estatístico Statistical Analysis System – SAS.

Resultados e discussão

No ano de 2011 a maioria dos tratamentos apresentaram agregados com elevada estabilidade em água, concentrando mais de 60% do solo na classe entre 8 e 4,75 mm (CAg1) (Tabela 1).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 1. Distribuição do tamanho de agregados estáveis em água.

T	CAg1	CAg2	CAg3	CAg4	CAg5
			-----%-----		
			-----2011-----		
AP	73,74 A	12,47 AB	5,79 AB	5,66 CD	2,34 A
AB	70,86 A	12,72 AB	6,59 AB	6,23 CD	3,61 A
AZ	88,83 A	5,01 C	1,09 B	2,26 D	2,81 A
N	78,91 A	8,55 B	3,27 AB	4,89 CD	4,38 A
E	60,65 AB	14,57 AB	8,73 AB	12,51 AB	3,54 A
TR	60,25 AB	19,47 AB	8,54 AB	6,97 BCD	4,78 A
AP+E+N	71,85 A	11,26 AB	5,90 AB	8,49 BC	2,49 A
AP+N	83,11 A	7,51 B	3,51 AB	3,75 CD	2,12 A
AP+E	79,39 A	8,35 B	3,80 AB	5,42 CD	3,04 A
Pousio	36,62 B	27,39 A	10,47 A	17,70 A	7,82 A
CV(%)	10,36	35,67	38,01	20,10	40,95
			-----2012-----		
AP	82,30 A	7,08 A	3,12 BC	3,94 B	3,56 A
AB	85,08 A	3,78 A	2,95 BC	4,39 B	3,97 A
AZ	75,22 A	9,32 A	5,07 AB	6,67 AB	3,73 A
N	85,29 A	3,77 A	3,15 BC	5,16 AB	2,62 A
E	69,88 A	10,29 A	6,59 A	9,18 A	4,07 A
TR	76,45 A	7,14 A	4,48 ABC	7,19 AB	4,74 A
AP+E+N	81,67 A	5, 90 A	2,92 BC	5,11 AB	4,40 A
AP+N	89,22 A	2,51 A	1,68 C	3,28 B	3,32 A
AP+E	75,53 A	9,38 A	4,28 ABC	6,09 AB	4,73 A
Pousio	73,22 A	8,71 A	5,61 AB	6,24 AB	6,226 A
CV(%)	6,36	35,37	20,41	20,60	36,09

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Todavia, o Pousio concentrou menos de 37% do solo nesta classe de maior tamanho, o que indica uma menor capacidade deste sistema de manejo para diminuir problemas relacionados à desagregação do solo. Conforme a literatura, a utilização de pousio pode contribuir para acelerar a mineralização da matéria orgânica contida neste solo e, associada à falta de cobertura vegetal, contribuir para sua degradação estrutural (Carpenedo & Mielniczuk, 1990).

Em 2012 não ocorreu variação entre o uso de diferentes plantas de cobertura e o pousio nas classes de agregados de maior tamanho, CAg1 e CAg2 (Tabela 1). Provavelmente, isto ocorreu devido à ausência de revolvimento do solo no segundo cultivo (2012). O tratamento com AZ apresentou o maior diâmetro médio, tanto geométrico quanto ponderado (Tabela 2), diferindo do pousio, no ano de implantação do experimento. Na segunda avaliação, realizada em 2012, não foi encontrado variação entre os tratamentos, motivo este, que pode ser explicado pelo curto período em que estas culturas foram cultivadas na área.

Segundo Basso e Reinert (1998) os valores de agregados de maior tamanho tendem a aumentar ao longo do tempo em sistemas com o incremento de carbono orgânico, devido à utilização de plantas de cobertura em sistema plantio direto (Torres et al., 2015) e, consequentemente, originando maior diâmetro médio geométrico e ponderado de agregados (Bertol, et al., 2004; Perreira, et al., 2011). Desta forma, são necessárias avaliações de médio e longo prazo para avaliar tais efeitos nas propriedades físicas do solo.

Quanto maior a quantidade de material vegetal depositado em cobertura maior vai ser a

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

agregação do mesmo (Torres et al., 2015) e menor a suscetibilidade a processos erosivos provocados pelo impacto da gota da chuva (FERREIRA et al., 2000). Porém em apenas dois anos de implantação ainda não é possível definir qual planta de cobertura proporciona a formação de agregados de maior tamanho e de maior estabilidade.

Tabela 2. Estabilidade de agregados em água. Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Diâmetro Médio Ponderado (DMP).

T	DMG		DMP	
	2011	2012	2011	2012
		.....mm.....		
AP	4,34 ABC	4,59 A	5,25 AB	5,56 A
AB	4,02 ABC	4,61 A	5,09 AB	5,63 A
AZ	5,17 A	4,12 A	5,87 A	5,23 A
N	4,33 ABC	4,73 A	5,41 AB	5,65 A
E	3,34 CD	3,71 A	4,58 BC	4,97 A
TR	3,58 BCD	3,98 A	4,68 ABC	5,24 A
AP+E+N	4,06 ABC	4,36 A	5,11 AB	5,49 A
AP+N	4,88 AB	4,97 A	5,64 AB	5,83 A
AP+E	4,48 ABC	4,05 A	5,44 AB	5,24 A
Pousio	2,25 CD	3,74 A	3,54 C	5,09 A
CV(%)	9,39	5,83	9,56	4,23

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Na tabela 3 é possível verificar diferença entre os tratamentos, apenas quanto à microporosidade na profundidade de 0 a 5 cm, onde o tratamento com aveia preta diferiu significativamente do pousio não mantendo essa diferença no ano seguinte. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Bertol et al. (2004) e Sanchez (2012), os quais também não obtiveram diferença significativa para porosidade total, macro e microporosidade em diferentes manejos de sucessão de culturas e de plantas de cobertura em apenas um ciclo de produção.

Pode-se observar que nas três camadas avaliadas (Tabela 3 e Tabela 4), que todos os tratamentos obtiveram resultados semelhantes para densidade do solo, demonstrando que, em seu primeiro ciclo de cultivo, as espécies utilizadas não promoveram efeitos significativos, não havendo assim, possibilidades de diferenciar as espécies mais eficazes na melhoria deste atributo físico do solo, o que concorda com os resultados encontrados por Alves e Suzuki (2004) e Sanchez (2012).

Na segunda coleta, realizada no ano de 2012 (Tabela 4), não houve diferença estatística entre os tratamentos, em nenhuma das propriedades físicas avaliadas. Desta forma, pode-se observar que as plantas de cobertura não influenciaramas características de estrutura do solo. Segundo Minatel et al. (2006) e Ferreira et al. (2012), para se ter resultados positivos é necessário implantar, frequentemente, plantas de cobertura, acumulando resíduos vegetais no solo, o que melhora suas propriedades físicas e torna-o menos suscetível a degradação

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 3. Porosidade total (PT), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma) e densidade do solo (DS), em diferentes manejos com plantas de cobertura de solo (T) e diferentes profundidades, avaliado no ano de 2011.

T	Pt	Mi	Ma	Ds
		.....m^3 m^{-3}.....		$Mg\ m^{-3}$
		.....0 - 5 cm.....		
AP	0,58*	0,41 A	0,17*	1,11*
AB	0,56	0,37 AB	0,19	1,17
AZ	0,59	0,37 AB	0,22	1,09
N	0,54	0,36 AB	0,18	1,23
E	0,61	0,35 AB	0,25	1,05
TR	0,54	0,35 AB	0,19	1,21
AP+E+N	0,59	0,38 AB	0,21	1,08
AP+N	0,60	0,37 AB	0,22	1,06
AP+E	0,57	0,36 AB	0,22	1,14
Pousio	0,51	0,34 B	0,17	1,30
CV(%)	6,67	5,58	20,26	8,74
		.....5 - 10 cm.		
AP	0,54*	0,38*	0,16*	1,21*
AB	0,56	0,37	0,19	1,16
AZ	0,57	0,39	0,18	1,14
N	0,54	0,36	0,18	1,22
E	0,54	0,36	0,18	1,23
TR	0,54	0,36	0,18	1,22
AP+E+N	0,55	0,36	0,18	1,21
AP+N	0,54	0,38	0,15	1,23
AP+E	0,54	0,36	0,18	1,22
Pousio	0,55	0,37	0,17	1,20
CV(%)	5,73	7,86	16,31	6,89
		.....10 - 15 cm.		
AP	0,56*	0,37*	0,19*	1,17*
AB	0,57	0,37	0,19	1,15
AZ	0,53	0,36	0,17	1,24
N	0,55	0,38	0,17	1,20
E	0,54	0,37	0,17	1,22
TR	0,55	0,37	0,18	1,19
AP+E+N	0,55	0,37	0,17	1,19
AP+N	0,52	0,36	0,16	1,28
AP+E	0,51	0,35	0,16	1,30
Pousio	0,55	0,38	0,17	1,20
CV(%)	4,43	4,24	14,21	5,25

Para cada profundidade, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). * Não significativo. AP=aveia preta; AB=aveia branca; AZ=Azevém; N=nabo; E=ervilhaca; TR=tremoço; Pousio=sem plantas de cobertura.

.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 4. Porosidade total (PT), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma) e densidade do solo (DS), em diferentes manejos com plantas de cobertura de solo (T) e diferentes profundidades, avaliado no ano de 2012.

T	Pt	Mi	Ma	Ds
	.....$m^3\ m^{-3}$.....			$Mg\ m^{-3}$
	.....0 - 5 cm.....			
AP	0,54*	0,23*	0,24*	1,22*
AB	0,59	0,30	0,28	1,09
AZ	0,58	0,34	0,23	1,13
N	0,60	0,34	0,26	1,05
E	0,59	0,34	0,25	1,08
AP+E+N	0,61	0,34	0,27	1,05
AP+N	0,64	0,34	0,29	0,97
AP+E	0,57	0,34	0,22	1,15
TR	0,56	0,34	0,23	1,16
Pousio	0,60	0,32	0,28	1,05
CV(%)	7,44	8,55	14,69	10,48
	.....5 - 10 cm.....			
AP	0,49*	0,32*	0,17*	1,35*
AB	0,54	0,33	0,22	1,21
AZ	0,51	0,34	0,18	1,29
N	0,54	0,34	0,20	1,21
E	0,53	0,34	0,19	1,25
AP+E+N	0,53	0,31	0,22	1,24
AP+N	0,57	0,34	0,23	1,13
AP+E	0,54	0,34	0,21	1,21
TR	0,53	0,33	0,21	1,24
Pousio	0,49	0,31	0,18	1,35
CV(%)	6,42	4,85	16,44	9,55
	.....10 - 15 cm.....			
AP	0,53*	0,33*	0,20*	1,25*
AB	0,53	0,33	0,20	1,25
AZ	0,53	0,31	0,22	1,25
N	0,52	0,34	0,18	1,27
E	0,51	0,33	0,18	1,29
AP+E+N	0,53	0,32	0,21	1,23
AP+N	0,51	0,34	0,17	1,29
AP+E	0,55	0,34	0,20	1,20
TR	0,50	0,33	0,17	1,34
Pousio	0,50	0,31	0,18	1,34
CV(%)	6,03	6,94	16,32	6,56

Para cada profundidade, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). * Não significativo.
AP=aveia preta; AB=aveia branca; AZ=Azevém; N=nabo; E=ervilhaca; TR=tremoço; Pousio=sem plantas de cobertura.

Conclusões

O tempo de uso de plantas de cobertura sobre o solo pouco influenciou suas propriedades físicas.

Nas condições estudadas mais de 60% do solo ficou retido na classe de agregados de maior tamanho em todos os tratamentos, exceto no pousio no ano de implantação das plantas de cobertura.

Referências

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M. & REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 519-531, maio/jun. 2004.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 27-34, 2004.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. & SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.

BASSO, C. J.; REINERT, D. J. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um solo podzólico. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 567-571, 1998.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, 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, n.1, p. 155-163, 2004.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2183-2190, 2011.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, A. M. de. **Adubação Verde e qualidade do solo no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

CRUZ, E. S. da. **Influência do preparo do solo e de plantas de cobertura na erosão hídrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo.** 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo)–Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. ed. 2. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2011. 230 p.

DIAS JÚNIOR, M.S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., H.V. & SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 55-94, 2000.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P. de.; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde**, Mossoró, v.7, n.1, p. 33–38, 2012.

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

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D. & WHITE, J.L., eds. **Methods of soil analysis**. Pat 1. Madison, American Society of Agronomy, p. 499-509, 1965.

MEDEIROS, G. B. de; CALEGARI, A. Sistema Plantio Direto com qualidade: a importância do uso de plantas de cobertura num planejamento cultural estratégico. **Revista Plantio Direto**, ed. 102, 2007.

MINATEL, A. L. G. et al. Efeitos da subsolagem e adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 86-95, 2006.

PEREIRA, R. A. et al. Influência da cobertura de aveia preta e milheto sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2011.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** 2012. 59 p. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal)–Universidade Estadual do Centro-Oeste. Guarapuava, 2012.

SANTOS, H. G. dos.; 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. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SILVA, J. A. A. da; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde em citros. **Boletim Citrícola**. Jabuticabal, n. 9, jun. 1999.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A. **Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 39 p. – (Documentos 191).

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L. de.; SOUZA, Z. M. de. Atributos físicos de um latossolo vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 428-437, 2015.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUSS, F.; STURMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** , v. 16, p. 969-977, 2012.