

ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE SOLO EM FLORESTA NATIVA, PLANTIO DIRETO E EM *VERTICAL MULCHING*¹

SOIL AGGREGATES STABILITY IN NATIVE FOREST, NO-TILLAGE SISTEM AND VERTICAL MULCHING

Róbson Ilha², Raone Puntel Bernadi², Juliana Ferreira Soares² e Afranio Almir Righes³

RESUMO

Solos com baixa estabilidade de agregados são facilmente degradáveis, com problemas de infiltração, retenção de água, aeração, resistência à penetração de raízes, selamento, encrostamento superficial e erosão hídrica. O Rio Grande do Sul situa-se numa região geográfica susceptível à degradação ambiental quando a cobertura vegetal é removida, tornando o sistema de plantio direto uma ação extremamente necessária, no controle da erosão. O trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nos atributos físicos em função de diferentes usos e manejos do solo agrícola. Os atributos físicos determinados foram: densidade do solo; densidade de partículas; porosidade total; microporosidade; macroporosidade e estabilidade dos agregados em água. Os resultados indicam que diferentes usos agrícolas e manejos do solo, reduzem o conteúdo de matéria orgânica, porosidade total e macroporosidade, e como consequência ocorre aumento na densidade do solo, e que quanto maior é a média dos diâmetros médios geométricos do solo, maior é a estabilidade dos agregados em água.

Palavras-chave: degradação do solo, decomposição, matéria orgânica.

ABSTRACT

Soils with low aggregate stability are easily degradable, with problems on: infiltration rate, water retention, aeration, root penetration resistance, sealing, surface crusting and hydro erosion. Rio Grande do Sul State is located on a geographic region that is susceptible to environmental degradation when the natural vegetation is removed, which makes the no-tillage system an important action to control soil erosion. This study aims to evaluate the changes of physical characteristics due to soil usage in agriculture. The characteristics are soil density, particle density, total porosity, micro-porosity, macro-porosity and water aggregate stability. The results indicate that different agricultural uses and soil management reduce the content of soil organic matter, total porosity and macro-porosity, and consequently there is an increased soil bulk density, and that the greater the average of mean geometric diameter of a soil is, the greater will be the stability of hydro-aggregates.

Keywords: soil degradation, decomposition, organic matter.

¹Trabalho Final de Graduação - TFG.

²Acadêmicos do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. E-mail: ilha.robson@gmail.com

³Orientador - Centro Universitário Franciscano. E-mail: righes@unifra.br

INTRODUÇÃO

Solos com baixa estabilidade de agregados são facilmente degradáveis, alteram a estrutura e apresentam problemas de infiltração de água, retenção, aeração e resistência à penetração de raízes, selamento, encrostamento superficial e erosão hídrica, ocasionando a poluição de mananciais e a falta de água no solo em períodos de estiagens. O Rio Grande do Sul situa-se numa região geográfica suscetível à degradação ambiental quando a cobertura vegetal é removida (HUDSON, 1977). De acordo com Sotério et al. (2006), a precipitação média anual no estado do RS é de 1.721 mm. Nessas condições de regime pluviométrico, o sistema de plantio direto se faz extremamente necessário no controle da erosão do solo, a camada de cobertura morta que fica sobre a superfície do solo, absorve a energia cinética do impacto das gotas de chuva, reduzindo as perdas de solo, entretanto, as perdas de água continuam mais altas. O conhecimento das alterações dos atributos físicos do solo pelo cultivo em sistema plantio direto associado à técnica do *vertical mulching* poderá contribuir para o melhor manejo do solo e da água, reduzindo os impactos ambientais provocados pela agricultura intensiva.

A agricultura, com o passar dos anos, tem procurado formas para suprir de forma sustentável as metas de produção que satisfaçam as necessidades da população. O plantio direto foi o sistema de cultivo encontrado e utilizado para preservar a estrutura do solo ao máximo, reduzindo a mobilização do solo e a degradação da estrutura. Aliada ao plantio direto, uma nova técnica, o *vertical mulching* pode ser de grande importância para aumentar a infiltração de água no solo. O *vertical mulching* consiste em substituir parte do solo por material mais poroso que aumenta o fluxo de água para dentro do solo, reduz o escoamento superficial, aumenta o conteúdo de matéria orgânica e aumenta a disponibilidade de água (RIGHES et al., 2002). Para que isso ocorra é necessário que o referido *mulching* ultrapasse a camada de impedimento “pé-de-arado” ficando na superfície do solo em contato com a atmosfera.

A formação dos agregados começa com a aproximação de partículas minerais do solo (areia, silte e argila), os pequenos agregados formados, por sua vez, formam agregados sucessivamente maiores, constituindo-se cada um destes estágios de agregação em um nível hierárquico (FERREIRA et al., 2007). A agregação do solo é uma das propriedades que pode ser utilizada para avaliar a qualidade do solo, uma vez que a manutenção de sua estrutura facilita a aeração, infiltração de água e reduz a erodibilidade (NEVES et al., 2006).

A utilização dos resíduos culturais como cobertura do solo é uma maneira simples, eficaz e econômica de controlar a erosão em áreas cultivadas (BARRETO et al., 2010). No sistema de cultivo plantio direto a camada de palha que cobre o solo, protege-o contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo a degradação da estrutura, a formação de crosta e o desenvolvimento do “pé-de-arado” (RIGHES; BURIOL; BOER, 2009).

O trabalho tem como objetivo determinar as alterações físicas da unidade de mapeamento Santo Ângelo e São Pedro, em função do uso e manejo, e determinar a estabilidade dos agregados em

água em solo da unidade de mapeamento Santo Ângelo em condições de Floresta nativa e com 40 anos de uso agrícola, e no solo São Pedro em sistema plantio direto com *vertical mulching*.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Santa Maria, na Estação Experimental da FEPAGRO, e no Município de Joia, localizados no estado do Rio Grande do Sul, com clima caracterizado como “Cfa” úmido. No experimento, foram utilizados solos pertencentes à unidade de mapeamento São Pedro, classificado como Argissolo vermelho amarelo distrófico e a unidade de mapeamento Santo Ângelo classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (STRECK et al., 2002).

A estabilidade dos agregados no solo que sofreram influência da decomposição aeróbica da palha, em sistema plantio direto, foram avaliados nos seguintes tratamentos:

(T₁) - Solo unidade de mapeamento São Pedro, em sistema plantio direto; (T₂) - Solo unidade de mapeamento São Pedro, nas paredes do *vertical mulching*; (T₃) - Solo unidade de mapeamento Santo Ângelo, em sistema plantio direto com 40 anos de uso agrícola e (T₄) - Solo unidade de mapeamento Santo Ângelo, em floresta nativa.

As caracterizações físicas e químicas das unidades de mapeamento de solos estudadas foram realizadas na camada superficial de 0 a 10 e de 10 a 20 cm de profundidade, com 4 repetições. Foram determinadas: densidade do solo, usando o método do anel volumétrico seguindo metodologia descrita por Forsythe (1975); densidade de partículas (D_p), determinada pelo método do balão volumétrico com álcool aplicando a equação 1 (EMBRAPA, 1997).

$$D_p = M_s/V_p \quad [1]$$

sendo: M_s a massa seca do solo a (105°C); e V_p o volume total das partículas do solo (cm³);

A Microporosidade do solo foi determinada em amostras de solo com estrutura não deformada, aplicando-se uma tensão de 6 kPa de coluna de água, em mesa de tensão seguindo metodologia descrita por (OLIVEIRA, 1968) e aplicando a equação 2.

$$M_p = U_g \cdot D_s \quad [2]$$

sendo: M_p microporosidade em % de volume; U_g conteúdo gravimétrico de água retido na amostra (%), após aplicação da tensão de 6 kPa e D_s a densidade do solo.

A Porosidade total do solo foi determinada pela equação 3.

$$P_t = 100 - \left(\frac{100 \cdot D_s}{D_p} \right) \quad [3]$$

sendo: P_t porosidade total em % de volume; D_s densidade do solo e D_p densidade de partículas.

Macroporosidade do solo foi determinada aplicando-se a equação 4.

$$M_{ap} = P_t - M_p, \quad [4]$$

sendo: M_{ap} a macroporosidade (% de vol.); P_t a porosidade total (% de vol.) e M_p a microporosidade (% de vol.).

A estabilidade dos agregados em água foi determinada pelo método modificado de Kemper e Chepil (1965), por meio de tamizamento via úmida, utilizando a equação 5.

$$DMG = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right], \quad [5]$$

sendo: DMG o diâmetro médio geométrico (mm); x_i o diâmetro médio da classe (mm); w_i a massa de agregados da classe (g) e $\sum w_i$ a massa total da amostra de solo (g).

A determinação da porcentagem de matéria orgânica para os usos e manejos do solo estudados foi realizada no Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), seguindo metodologia tradicional utilizada em análise de rotina para recomendação e aplicação corretiva de calcário e de nutrientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os valores médios de densidade do solo e densidade de partículas, e na tabela 2 são apresentados os valores médios de porosidade total, micro e macroporosidade dos tratamentos estudados.

Tabela 1 - Valores médios de densidade do solo, de partículas, da unidade de mapeamento Santo Ângelo e São Pedro com diferentes manejos em duas profundidades.

Unidade de Mapeamento de solo	Manejo	Camada de solo (cm)	Densidade	
			Do solo	De partículas
			----- (g cm ⁻³) -----	
Santo Ângelo	Floresta	0-10	1,05a	2,47
		10-20	1,39a	2,66
		Média	1,22	2,56
	Lavoura 40 anos	0-10	1,31a	2,63
		10-20	1,48a	2,60
		Média	1,40	2,62
São Pedro	Superfície	0-10	1,53a	2,66a
	Sulco	<i>Mulching</i>	1,42a	2,59a
		Média	1,48	2,62

* Médias seguidas de mesma letra minúsculas na vertical não diferem significativamente pelos testes de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na tabela 1 constata-se que o menor valor de densidade do solo ocorreu em solo com floresta nativa, com 1,05 g cm⁻³ na camada de 0-10 cm de profundidade, e 1,39 g cm⁻³ na camada de 10-20 cm. Esse comportamento pode ser explicado na camada superficial pela maior percentagem de matéria orgânica com 8,5%, quando comparado com a camada de 10-20 cm de profundidade que apresenta 3,0% (Tabela 3). Na lavoura com 40 anos de uso agrícola, o valor médio de densidade foi de 1,58 g cm⁻³, aparentemente não diferindo entre as camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade.

A influência da matéria orgânica sobre a densidade do solo foi estudada por Andreola et al. (2000) em condições de campo. Trabalhando com cobertura vegetal de inverno e adubação orgânica e/ou mineral, os autores concluíram que a aplicação de adubo orgânico reduz a densidade do solo na camada de 0-10 cm, profundidade de maior influência da aplicação, sendo associada ao aumento da macroporosidade e à redução da microporosidade. No solo São Pedro com plantio direto e com *vertical mulching* a densidade média foi de 1,48 g cm⁻³, não variando significativamente dos manejos do solo Santo Ângelo. De acordo com Bertol et al. (2004), o preparo convencional degrada as propriedades físicas, pois o revolvimento rompe os agregados, compacta o solo abaixo da camada mobilizada e o deixa descoberto. Já o sistema plantio direto, com reduzida mobilização do solo, preserva os agregados e a cobertura, porém, não é revolvido, tendendo a compactação da camada superficial do solo.

Com relação à densidade de partículas constata-se que os valores variaram de 2,47 a 2,66 g cm⁻³ (Tabela 1). O menor valor ocorreu em solo de floresta nativa na superfície, devido à alta concentração de matéria orgânica nessa camada (Tabela 3).

Tabela 2 - Valores médios de porosidade total, micro e macroporosidade da unidade de mapeamento Santo Ângelo e São Pedro com diferentes manejos em duas profundidades.

Unidade de Mapeamento de solo	Uso e manejo	Camada de solo(cm)	Porosidade		
			Total	Micro	Macro
			----- (% vol) -----		
Santo Ângelo	Floresta	0-10	60,23a	25,78a	34,45a
		10-20	47,49b	19,98b	27,51a
		Média	53,86	22,88	30,98
	Lavoura 40 anos	0-10	50,50a	30,68b	20,22a
		10-20	44,04b	32,66a	11,37a
		Média	47,27	31,67	15,80
São Pedro	Superfície	0-10	42,30a	16,38a	25,95a
	Sulco	<i>Mulching</i>	46,40a	13,27a	33,13a
		Média	44,35	14,82	29,54

* Médias seguidas de mesma letra minúsculas na vertical não diferem significativamente pelos testes de Tukey (p ≤ 0,05).

Analisando de forma geral a variação da porosidade total no solo Santo Ângelo, percebe-se que os valores médios da porosidade total do solo com floresta nativa é 13,32% maior que o solo cultivado com 40 anos de uso agrícola (Tabela 2). Considerando que esse solo foi utilizado por 20

anos no sistema convencional (uma aração e duas gradagens) e por mais 20 anos no sistema plantio direto, a redução da porosidade total pode ser atribuída à degradação da matéria orgânica pelo cultivo intensivo desse solo. De acordo com a tabela 3, no manejo com floresta nativa, a porcentagem de matéria orgânica na camada de 0-10 cm de profundidade reduziu de 8,5% para 3,0% na camada de 10-20. Segundo Tisdall e Oades (1982), o revolvimento do solo expõe a matéria orgânica à ação dos microrganismos, provocando sua diminuição que, normalmente, é acompanhada por perdas na qualidade estrutural do solo. Operações de preparo do solo modificam o conteúdo de matéria orgânica causando mudanças na estabilidade estrutural.

No manejo com 40 anos de uso agrícola, a porosidade total variou apenas 1% entre a camada de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade, apresentando valor médio de 40,54% de volume. De acordo com IPEF (1977), em um solo normal esse valor deveria ficar em torno de 50% de porosidade total. Logo, pode-se inferir que o uso intensivo do solo provoca redução da porosidade total. De acordo com Conte et al. (2007), a porosidade total é inversamente proporcional à densidade do solo (D_s), em que os maiores valores de porosidade total correspondem aos menores valores de D_s . no solo São Pedro. Em plantio direto, a porosidade total foi de 42,3% de volume, e na parede do sulco do *vertical mulching* na profundidade de 10-20 cm obteve-se 46,4% de volume. A decomposição aeróbica da matéria orgânica em contato com as paredes do sulco, provavelmente tenha contribuído para a melhoria da agregação do solo, incrementando a porosidade.

Analisando o comportamento da macroporosidade em função do sistema de manejo para o solo Santo Ângelo, pode-se constatar na tabela 2 que os valores médios de macroporosidade na floresta nativa em relação ao solo com 40 anos de cultivo variaram de 30,98 a 4,84% de volume. Essa drástica redução pode ser atribuída, no sistema de cultivo convencional, pelo uso de arados e grades degradando a estrutura do solo. No sistema plantio direto provavelmente atribuída à compactação do solo decorrente do deslocamento de máquinas agrícolas. Pelos dados de densidade do solo, observa-se que na floresta nativa na camada de 0-10 cm de profundidade esse valor passou de 1,05 para 1,59 g cm⁻³ no solo com 40 anos de cultivo agrícola.

Sumarizando os resultados obtidos, pode-se concluir que os diferentes usos e manejos do solo agrícola reduzem o conteúdo de matéria orgânica do solo, porosidade total e macroporosidade, e como consequência aumenta a densidade.

Na tabela 3 são apresentados os valores de diâmetro médio geométrico úmido (DMG) e valores de matéria orgânica (MO) da unidade de mapeamento Santo Ângelo em floresta nativa e lavoura com 40 anos de uso agrícola, e no solo São Pedro, na superfície em plantio direto e nas paredes do sulco do *vertical mulching*. Verifica-se que os maiores valores de diâmetro médio geométrico úmido (DMG), no solo Santo Ângelo, ocorreram na camada de 0-10 cm de profundidade. No manejo em floresta nativa essa camada apresenta um DMG de 2,34 mm, e em lavoura com 40 anos de cultivo

agrícola um DMG de 2,31 mm. Na camada de 10-20 cm de profundidade o diâmetro médio geométrico úmido foi de 0,47 e 1,35 mm respectivamente, para o manejo com floresta nativa e para a lavoura com 40 anos de uso agrícola, não diferindo estatisticamente entre si.

Já no solo São Pedro, o maior valor do diâmetro médio geométrico ocorreu no sulco do *vertical mulching* com 3,21 mm, e na camada de 0-10 cm de profundidade obteve-se um valor médio de 2,41 mm. Segundo Campos et al. (1995) no sistema plantio direto o diâmetro médio dos agregados (DMG) é cerca de duas vezes maior do que no sistema de plantio convencional, e que essa diferença é diretamente relacionada ao incremento de carbono orgânico e da atividade microbiana no sistema plantio direto, fatores que provavelmente tenham influenciado no presente trabalho.

Tabela 3 - Valores médios do diâmetro médio geométrico úmido e valores de matéria orgânica da unidade de mapeamento Santo Ângelo em floresta nativa e em lavoura com 40 anos de uso agrícola, e no solo São Pedro na superfície em sistema plantio direto e nas paredes do sulco do *vertical mulching*.

Unidade de Mapeamento de solo	Manejo	Camada de solo (cm)	Diâmetro Médio Geométrico (mm)	MO (%)
Santo Ângelo	Floresta	0-10	2,34a	8,5
		10-20	0,47b	3,0
		Média	1,40	-
	Lavoura 40 anos	0-10	2,31a	5,4
		10-20	1,35b	2,4
		Média	1,83	-
São Pedro	Superfície	0-10	2,41a	3,2
	Sulco	<i>Mulching</i>	3,21a	4,9
		Média	2,81	-

* Médias seguidas de mesma letra minúsculas na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A figura 1 apresenta as percentagens de agregados estáveis para as classes de agregados retidos nas peneiras com aberturas de malha de 8,00-4,76; 4,76-2,00; 2,00-1,00; 1,00-0,25 e menor que 0,25mm para os diferentes solos e manejos.

A estabilidade dos agregados em água em solo da unidade de mapeamento Santo Ângelo em condições de Floresta nativa e 40 anos de uso agrícola, e no solo São Pedro em sistema plantio com *vertical mulching* aumenta com o conteúdo de matéria orgânica. Pela redução da matéria orgânica teve-se menor estabilidade dos agregados em água. Castro filho et al. (1998) concluíram que a matéria orgânica tem grande influência no mecanismo de formação das diferentes classes de tamanho dos agregados, a quantidade permitirá maior ou menor agregação, proporcionando maior ou menor perda de solo em decorrência da maior resistência à desagregação do solo e dispersão das partículas.

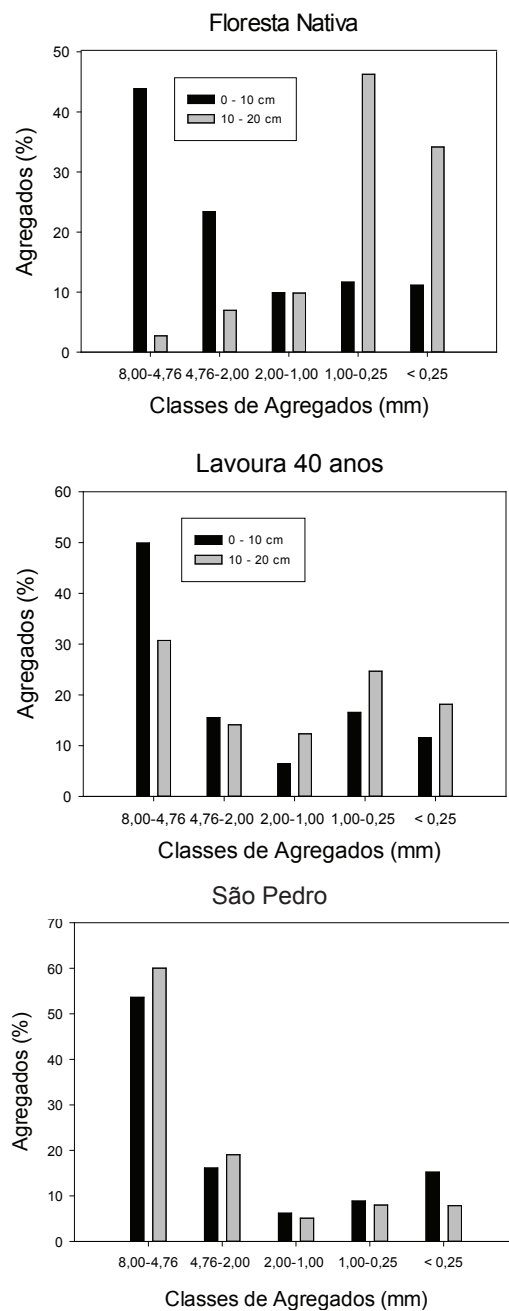


Figura 1 - Percentagens de agregados estáveis em água em cada abertura de malha 8,00-4,76 (classe I); 4,76-2,00 (classe II); 2,00-1,00 (classe III); 1,00-0,25 (classe IV) e menor que 0,25mm (classe V), em duas camadas de solo da unidade de mapeamento Santo Ângelo e unidade de mapeamento São Pedro.

CONCLUSÕES

O uso intensivo do solo reduz o conteúdo de matéria orgânica, a porosidade total e macroporosidade, com conseqüente aumento da densidade do solo pela degradação de agregados.

A estabilidade dos agregados em água em solo da unidade de mapeamento Santo Ângelo e São Pedro aumenta com a elevação do conteúdo de matéria orgânica.

REFERÊNCIAS

ANDREOLA, F. et al. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e/ou mineral sobre as propriedades de uma terra roxa estruturada. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.

BARRETO, V. C. M. et al. Índice de cobertura vegetal e sua modelagem para cultivares de soja no sul de minas gerais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1168-1175, 2010.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

CAMPOS, B.C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 19, p. 121-126, 1995.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.

CONTE, O. et al. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 220-228, 2007.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.

FERREIRA, F. P. et al. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul - Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 381-388, 2007.

FORSYTHE, W. M. **Física de suelos, manual de laboratório**. São José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1975. 212 p.

HUDSON, N. **Soil Conservation**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1977. 315 p.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis**. Part I. Madison, Wisconsin: ASA, p. 499-510, 1965.

IPEF. **Boletim informativo especial curso de atualização: herbicidas em florestas**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1977. (v. 2).

NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica em água quente na estabilidade de agregados de um Latossolo Argiloso. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1410-1415, 2006.

OLIVEIRA, L. B. Determinações da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostra de solo com estrutura não deformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agron., v. 3, p. 197-200, 1968.

RIGHES, A. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. et al. *Vertical mulching* e escoamento superficial no sistema plantio direto. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - Salvador, 2002. **Anais...** CD-ROM.

RIGHES, A. A.; BURIOL, G.; BOER, N. **Água e Educação, Princípios e Estratégias de Uso e Conservação**. Santa Maria: Centro Universitário Franciscano, 2009. 187 p.

SOTÉRIO, P. W.; PEDROLLO, M. C.; ANDRIOTTI, J. L. **Mapa de Isoietas do Rio Grande do Sul**. 2006. Disponível em: <<http://bit.ly/1ylih3>>. Acesso em: 9 jun. 2011.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER-RS/UFRGS, 2002. 107 p.

TISDALL, J. M.; OADES, L. Organic matter and water stable aggregates in soil. **The Journal of Soil Science**, London, v. 33, n. 2, p. 141-163, 1982.