



Distribuição do tamanho de poros de um Latossolo cultivado com pastagem em recuperação com estilosantes⁽¹⁾.

Carolina dos Santos Batista Bonini⁽²⁾; Alfredo Bonini Neto⁽³⁾; Reges Heinrichs⁽⁴⁾; Cecílio Viegas Soares Filho⁽⁵⁾; Marlene Cristina Alves⁽⁶⁾; Diego Gonçalves Feitosa⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e PROPE.

⁽²⁾ professora assistente doutora; Universidade Estadual Paulista (UNESP) – campus de Dracena; Dracena, SP; carolbonini@dracena.unesp.br; ⁽³⁾ professor assistente doutor; Universidade Estadual Paulista (UNESP) – campus de Tupã; Tupã, SP; ⁽⁴⁾ professor adjunto, Universidade Estadual Paulista (UNESP) – campus de Dracena; Dracena, SP; ⁽⁵⁾ professor adjunto; Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária, Campus de Araçatuba, Araçatuba, SP; ⁽⁶⁾ professora titular; Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP; ⁽⁷⁾ técnico do laboratório de Física do solo; Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP.

RESUMO: As pastagens são as formas mais utilizadas na alimentação animal, sendo que grande parte encontram-se em processo de degradação, especialmente no estado de São Paulo. O presente trabalho objetivou estudar a distribuição do tamanho de poros de um Latossolo cultivado com pastagem de *Brachiaria decumbens* em recuperação desde 2012, com diferentes formas de introdução de Estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*). Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições e compostos por sete estratégias em plantio direto da leguminosa na pastagem: testemunha capim braquiária; braquiária + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ de glifosato; braquiária + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ de glifosato; braquiária + estilosantes com plantio direto; braquiária + estilosantes com escarificação do solo; braquiária + estilosantes com gradagem e braquiária + estilosantes com aração + gradagem. O experimento foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios – APTA do Extremo Oeste, no município de Andradina/SP em solo classificado como Latossolo Vermelho. Foi avaliado a macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo, pela metodologia da Embrapa (1997), nas camadas de solo de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e de 0,20-0,40 m. Os resultados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Scott-Knott (5%) para a comparação de médias. Verificou-se que os tratamentos utilizados não modificou a distribuição do tamanho de poros. Conclui-se que as estratégias de manejo ainda não foram eficientes para modificar a macroporosidade do solo e estão abaixo do valor considerado crítico para o desenvolvimento das culturas.

Termos de indexação: porosidade do solo, leguminosas, matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

Os sistemas agrícolas que associam a monocultura ao uso de equipamentos inadequados de preparo do solo resultam em rápida degradação

do solo. O mesmo ocorre nas pastagens num regime extensivo de manejo. O uso de forrageiras mais rústicas, como as do gênero *Brachiaria*, tem amenizado o problema da degradação, mas com o tempo, nem mesmo estas forrageiras têm conseguido bom desenvolvimento nesses solos, pois o consumo da massa verde pelo animal, a falta de reposição dos nutrientes, a acidificação do solo, a perda da matéria orgânica e a compactação do solo diminuem a eficiência das pastagens. Segundo Santos (1993), dependendo do estágio de degradação das pastagens e, conseqüentemente, do índice de cobertura do solo, têm sido relatadas perdas do solo ao redor de 17 t ha⁻¹ ano⁻¹. A partir desse cenário, torna-se evidente a necessidade de recuperação das áreas de pastagens degradadas, tanto do ponto de vista químico como físico.

A adoção de sistemas de manejo do solo considerados conservacionistas, como o plantio direto, têm se apresentado como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo, principalmente nos Latossolos (Silva et al., 2000). A área de plantio direto no Brasil é de aproximadamente 20 milhões de hectares, dos quais 25% estão localizados na região do Cerrado (Cervi, 2003). Este sistema é constituído pelos seguintes componentes: culturas de cobertura, formação de palhada, rotação de culturas e não mobilização do solo (Ribeiro et al., 2001).

A escolha das espécies a serem empregadas na recuperação de áreas degradadas é fundamental para a obtenção de resultados positivos. Em fases iniciais de restauração, o objetivo prioritário é a reabilitação da função e dos serviços do ecossistema. Isso significa que, muitas vezes, torna-se impossível reabilitar a estrutura original de um ecossistema em um primeiro momento, sendo urgente a amenização dos agentes impactantes, por meio da cobertura imediata do solo (Rovedder & Eltz, 2008).

Com a melhoria na qualidade do solo aumenta a produtividade das pastagens e permite intensificar a sua utilização com maior taxa de lotação animal (Lugão et al., 2003). Esta melhoria pode ser



alcançada com o consórcio de gramíneas e leguminosas que representa uma alternativa para a recuperação ou manutenção de solos de baixa fertilidade (Silva & Saliba, 2007) e contribui para a melhoria da qualidade da forragem oferecida aos animais (Paciullo et al., 2003).

Por sua vez, uma pastagem melhor qualidade permite intensificar a sua utilização com maior taxa de lotação o que acarreta a qualidade física da camada superficial do solo. A densidade e a porosidade do solo são as propriedades físicas mais amplamente utilizadas na quantificação da qualidade física do solo, em pastagem sob pastejo, a qual é mais afetada nos primeiros 150 mm de profundidade (Greenwood & McKenzie, 2001; Lanzaova et al., 2007). O aumento da pressão de pastejo, relação entre o peso animal e a massa de forragem disponível [kg(animal) kg⁻¹(massa seca de forragem) dia⁻¹], em consequência do aumento da taxa de lotação animal em pastagens de baixa produtividade, compromete a qualidade física do solo, pois resulta em maior carga de animais sobre o solo (Silva et al., 2003), independentemente do sistema de produção (pastejo rotacionado, contínuo e integração lavoura-pecuária), conforme Leão et al. (2006), Lanzaova et al. (2007) e Marchão et al. (2007).

As operações de preparo do solo, como a escarificação, criam um micro relevo na superfície do solo, sendo o índice de rugosidade superficial do mesmo o critério mais utilizado para a sua determinação. Essas alterações afetam o escoamento superficial e o armazenamento temporal de água (Vasquez & De Maria, 2003). A descompactação do solo utilizando implementos de hastes, como escarificadores, que produzem superfícies mais rugosas que os implementos de discos, como grades pesadas, tem por objetivo aumentar a porosidade, reduzir a densidade e, ao mesmo tempo, romper as camadas superficiais encrostadas e camadas subsuperficiais compactadas (Kochhann & Denardin, 2000).

Aliado às práticas de plantio direto e escarificação do solo, a utilização de consórcio entre gramíneas e leguminosas vem se destacando. As gramíneas adaptam-se às diferentes condições edafoclimáticas, sendo importantes na revitalização do solo, proteção e recuperação destas áreas. Já as leguminosas possuem grande potencial ambiental e econômico devido a sua capacidade de fixar nitrogênio e, em pastos consorciados, funcionam como fonte deste nutriente às gramíneas a que estão associadas, mantendo-se a produtividade das pastagens e a sustentabilidade dos sistemas de produção a um custo mais baixo, e que oferece menores danos ao meio ambiente (Werner et al., 2001).

O presente trabalho objetivou estudar a recuperação da qualidade física do solo de

pastagem degradada em recuperação com diferentes formas de introdução de Estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) em pastagem de *Brachiaria decumbens*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento está instalado na Apta/ Polo Andradina, no município de Andradina-SP (379 metros de altitude, latitude 20°55'S e longitude 51°23'W). A precipitação e a temperatura média anual são de 1.150 mm e de 23°C, respectivamente. O solo em estudo é um Latossolo Vermelho (Santos; Jacomine & Anjos, 2006).

Foi realizada a caracterização física química da área, foram coletadas amostras na camada de 0,00 a 0,20m e apresentaram os seguintes atributos: pH = 4,5; MP = 21,5 g dm⁻³; P = 3,5 mg dm⁻³; S = 11 mg dm⁻³; K = 4,6 mmolcdm⁻³; Ca = 18mmolc dm⁻³; Mg = 7,5 mmolc dm⁻³; CTC = 53,6 mmolc dm⁻³; SB = 56%; m%=15,5%; B = 0,84 mg dm⁻³; Cu = 0,80 mg dm⁻³; Fe = 53 mg dm⁻³; Mn = 13,25 mg dm⁻³; Zn = 1,2 mg dm⁻³; Na = 10,35 mg dm⁻³; condutividade elétrica = 0,12 dS m⁻¹; argila = 17%; silte = 6%; areia= 77%.

O experimento foi instalado no ano de 2012, em uma área de 3.500 m² de pasto degradado de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk estabelecida há cerca de dez anos, com baixa produção, mas sem grandes infestações de plantas invasoras, onde foi introduzida a leguminosa estilosantes cv. Campo Grande (*S. capitata* 80% e *S. macrocephala* 20%), na quantidade de 5 kg ha⁻¹ de sementes com valor cultural de 92% e espaçamento de 0,225 m entre linhas.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições e compostos por sete estratégias em plantio direto da leguminosa na pastagem: testemunha capim braquiária; braquiária + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ de glifosato; braquiária + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ de glifosato; braquiária + estilosantes com plantio direto; braquiária + estilosantes com escarificação do solo, braquiária + estilosantes com gradagem e braquiária + estilosantes com aração + gradagem.

Foram realizadas as seguintes análises físicas do solo: A porosidade total pela saturação do solo (volume de poros totais do solo ocupado pela água), a microporosidade pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 0,060 kPa e a macroporosidade foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade, segundo EMBRAPA (1997).

Para as análises especificadas anteriormente, foram coletadas amostras indeformadas de solo, com anel volumétrico, em três camadas de solo: 0,00–0,10; 0,10–0,20 e de 0,20–0,40 m e em três repetições por parcela, no ano de 2014.

Foi utilizado o programa SISVAR (Ferreira, 2011)



para realizar a anova e teste de Scott-Knott (5%) para a comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo, nas camadas estudadas, estão apresentados na Tabela 1.

O teste F foi não significativo para todos os atributos estudados, em todas as camadas estudadas (0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40m).

Em relação a macroporosidade do solo, em todas as camadas estudadas, os valores encontrados estão acima do valor considerado crítico por Greenland (1981) que considera para um bom desenvolvimento das plantas, valor superior a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Kiehl (1979) menciona que o solo ideal deve apresentar 1/3 de macroporosidade, dos 50 % ocupados pelo espaço poroso, isto é $0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e em todas as camadas estudadas os valores estão abaixo do recomendado por Kiehl, indicando degradação.

Alves e Suzuki (2004) que verificaram que as propriedades físicas de solos degradados respondem lentamente à recuperação com plantas de cobertura, em um processo de recuperação de solo.

Quando um solo apresenta altos valores de microporosidade, significa que está degradado, o ideal segundo Kiehl (1979) é que o solo deve ter 2/3 de microporosidade, dos 50% ocupados pelo espaço poroso do solo. Alves (2001) menciona que a microporosidade e a porosidade total são alteradas a medida que as condições de macroporosidade são modificadas. Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, o efeito imediato é o aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade (Bonini, 2012). Foi verificado por Kitamura et al. (2008) que a redução da macroporosidade nos solos degradados decorre do aumento da sua compactação, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo.

A porosidade total nada mais é do que a soma da macro e microporosidade, então não se pode afirmar que altos valores de porosidade do solo, indicam que o solo está em condição adequada. A distribuição do tamanho de poros é de extrema importância para avaliar a qualidade da estrutura do solo. E segundo Taboada-Castro et al. (2009) a perda de estrutura do solo implica uma diminuição da qualidade do solo e produtividade.

Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, há modificações no arranjo de suas partículas, provocando diminuição no tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanho maior (macroporos) (Souza & Alves, 2003).

As modificações na qualidade física do solo ocorrem ao longo do tempo e como esse experimento foi instalado em 2012, ainda não foi

possível detectar modificações. Resultados discordantes foram encontrados por Marchão et al (2007) que verificou mudanças, possivelmente pelo tempo de avaliação (1991 a 1999).

Lanzanova et al (2007) e Flores (2007) também obtiveram modificações na distribuição do tamanho de poros com o uso de diferentes estratégias de manejo, diferentemente deste experimento. Vale ressaltar que os solos estudados pelos autores Marchão et al (2007), Lanzanova et al (2007) e Flores (2007) são de textura média e neste experimento o solo é arenoso. Com isso, o impacto do pastejo foi muito maior, ou seja, a desestruturação do solo ficou mais evidente. Também verificaram os efeitos do manejo do solo: Pariz et al (2011); Alves & Sukuzi (2004) e Souza & Alves (2003).

CONCLUSÕES

As estratégias de manejo não modificou a distribuição do tamanho de poros.

A macroporosidade do solo está abaixo do valor considerado ideal para o desenvolvimento das plantas.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio e incentivo financeiro do CNPQ e PROPE e colaboradores deste trabalho,

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C. Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP. 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- 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*, 26: 27-34, 2004.
- BONINI, C.S.B. Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17 anos. 2012. 152f. Tese (Doutorado em sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.
- CERVI, E. U. A. A revolução da palha. *Revista Plantio Direto*, 73:8-12. 2003.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:1039-1042, 2011.
- FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D.B. & FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:771-780, 2007.
- GREENLAND, D. J. Soil management and soil degradation. *Journal of Soil Science*, 31:301-322, 1981.
- GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41:1231-1250, 2001.



- KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relação solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.
- KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:405-416, 2008.
- KOCHHANN, R. A. & DENARDIN, J. E. Implantação e manejo do sistema plantio direto. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 2000. 36p.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1131-1140, 2007.
- LEÃO, T.P.; SILVA, A.P. da; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V.P.B. Least limiting water range: a potential indicator of changes in near-surface soil physical quality after the conversion of Brazilian Savanna into pasture. Soil Tillage and Research, 88:279-285, 2006.
- LUGÃO, S.M.B.; RODRIGUES, L.R. de A.; ABRAHÃO, J.J. dos S.; MALHEIROS, E.B.; MORAIS, A. de. Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 25:371-379, 2003.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M. da; SANTOS JUNIOR, J. de D.G. dos; SÁ, M.A.C. de; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42: 873-882, 2007.
- PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; ALVIM, M.J.; CARVALHO, M.M. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38:421-426, 2003.
- PARIZ, C.M.; CARVALHO, M.P.; CHIODEROLI, C.A.; NAKAYAMA, F.T.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Spatial variability of forage yield and soil physical attributes of a *Brachiaria decumbens* pasture in Brazilian Cerrado. Revista Brasileira de Zootecnia, 40:2111-2120. 2011.
- RIBEIRO, M.F.S., F.S. NETO & J.A.B. SANTOS. Plantio Direto na pequena propriedade. Informe Agropecuário, 22:100-108, 2001.
- ROVEDDER, A. P. M & ELTZ, F. L. F. Desenvolvimento de *Pinus elliotti* e do *Eucalyptus tereticornis* consorciado com plantas de cobertura, em solos degradados por arenização. Ciência Rural, 38: 84-89, 2008.
- SANTOS, D. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epiálico) dos Campos da Mantiqueira (MG). Tese de Mestrado. Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, Minas Gerais. 99 p. 1993.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. (Ed.), Sistema brasileiro de classificação de solos, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.
- SILVA, A.P. da; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. Soil Tillage and Research, 70:83-90, 2003.
- SILVA, J.J. da; SALIBA, E. de O.S. Pastagens consorciadas: uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos. Veterinária e Zootecnia, 14:8-18, 2007.
- SILVA, V. R.; REINERT, D.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 24:191-199, 2000.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 7:18-23, 2003.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27: 133-139, 2003.
- TABOADA-CASTRO, M. M.; ALVES, M. C.; NASCIMENTO, V.; TABOADA-CASTRO, T. Revegetation on a removed topsoil: effect on aggregate stability. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40: 771-786, 2009.
- VASQUEZ, E.V. & DE MARIA, I.C. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de agua en un Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Resumo expandido. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- WERNER, J.C., PAULINO, V.T., CANTARELLA, H., ANDRADE, N.de O., QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2 ed. Campinas, Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. (Boletim técnico, 100) p. 263-273.

Tabela 1 – Valores de F, CV (%) e valores medios de macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total do solo (PT), dos tratamentos estudados nas camadas de solos (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40), 2014.

Tratamento*	Ma	Mi	PT	Ma	Mi	PT	Ma	Mi	PT
	0,00-0,10 m			0,10-0,20 m			0,20-0,40m		
1	0,05	0,24	0,29	0,04	0,24	0,28	0,04	0,24	0,28
2	0,04	0,26	0,29	0,03	0,22	0,25	0,05	0,25	0,30
3	0,03	0,26	0,29	0,06	0,24	0,30	0,05	0,24	0,29
4	0,03	0,27	0,31	0,04	0,22	0,26	0,06	0,23	0,29
5	0,03	0,24	0,28	0,06	0,24	0,30	0,05	0,24	0,29
6	0,04	0,25	0,29	0,03	0,24	0,27	0,05	0,24	0,29
7	0,02	0,23	0,25	0,04	0,24	0,28	0,05	0,24	0,30
F (5%)	0,790 ^{ns}	1,304 ^{ns}	0,943 ^{ns}	1,695 ^{ns}	1,090 ^{ns}	1,708 ^{ns}	0,354 ^{ns}	0,315 ^{ns}	0,234 ^{ns}
CV(%)	12,83	9,69	12,96	27,55	6,92	9,45	27,06	5,91	7,86

* 1: plantio direto com dessecação, 2: plantio direto sem dessecação, 3: plantio direto com escarificação do solo, 4: gradagem rome + plantio direto, 5: aração + gradagem (convencional), 6: testemunha – braquiária e 7: plantio direto com dessecação total.
ns= não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade.