

Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia⁽¹⁾.

Afrânio Ferreira Neves Junior⁽²⁾; Alvaro Pires da Silva⁽³⁾; Norberto Cornejo Noronha⁽⁴⁾; Carlos Clemente Cerri⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Extraído da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ. Apoio Financeiro: CNPq.

⁽²⁾ Professor Adjunto; Centro de Educação a Distância – CED, Universidade Federal do Amazonas – UFAM; Manaus, AM; E-mail: anevesjr@gmail.com; ⁽³⁾ Professor Titular; Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ – USP; Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq – 1D; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA; ⁽⁵⁾ Professor Titular; Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA – USP; Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq – 1A.

RESUMO: Na região amazônica, pastagens formadas e manejadas inadequadamente perdem a produtividade após alguns anos de uso. O objetivo deste estudo foi quantificar as modificações ocasionadas por diferentes sistemas de manejo nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem degradada em Rondônia. Os sistemas de manejo utilizados foram: testemunha; gradagem + NPK + micronutrientes; herbicida + NK + micronutrientes; plantio direto de arroz + NPK + micronutrientes e plantio direto de soja + NPK + micronutrientes. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Amostras com estrutura indeformada foram coletadas nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m para a determinação da curva de retenção da água no solo, densidade do solo, resistência do solo à penetração de raízes, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e, estimativa do intervalo hídrico ótimo (IHO), densidade máxima do solo (D_{smax}) e densidade relativa do solo (D_{srel}). Os sistemas de manejo do solo não proporcionaram melhorias significativas nos atributos físicos do solo, 40 meses após a implantação dos tratamentos. Em todos os sistemas de manejo foram encontrados valores de densidade do solo acima do considerado ideal ($1,40 \text{ Mg m}^{-3}$) e abaixo do crítico ($1,75 \text{ Mg m}^{-3}$). Todos os sistemas de manejo apresentaram valores de densidade do solo relativa (D_{srel}) acima do valor adotado como crítico ($D_{srel} = 86\%$), exceto no sistema em que foi realizado o preparo do solo na profundidade de 0-0,10 m. A qualidade física do solo, avaliada pelo IHO, diminuiu com o aumento da profundidade do solo.

Termos de indexação: Propriedades físicas do solo, grau de compactação, intervalo hídrico ótimo.

INTRODUÇÃO

A instalação de pastagens no Brasil teve expressiva expansão nas décadas de 70 e 80, quando políticas públicas de desenvolvimento e

financiamentos apoiavam a ocupação do território nacional e o avanço da agropecuária no país, incluindo a abertura de novas fronteiras agrícolas na Amazônia. As pastagens formadas e manejadas inadequadamente perdem a produtividade após alguns anos de uso (Serrão et al., 1982; Veiga & Falesi, 1986; Veiga & Serrão, 1987). O superpastejo, a ausência de adubação e o emprego de espécies inadequadas para as condições edafológicas da região são apontadas como as principais causas de degradação (Dias & Griffith, 1998). A degradação de solos com pastagem é um processo contínuo de alterações, iniciado com a perda de vigor e produtividade. A degradação física do solo é um dos últimos estágios deste processo (Leão, 2002).

Dentre os parâmetros físicos do solo mais utilizados para avaliar a degradação de pastagens, destacam-se a densidade do solo (Muller et al., 2001; Fidalski et al., 2008), o sistema poroso (Fidalski et al., 2008; Cardoso et al., 2011), a resistência do solo à penetração de raízes (Imhoff et al., 2000; Ralisch et al., 2008; Cardoso et al., 2011) e características da água no solo (Bell et al., 1997; Dias Junior & Estandislau, 1999; Fidalski et al., 2008). Além dos parâmetros citados anteriormente, outras abordagens tem sido propostas para avaliar com mais acurácia a qualidade física do solo e a compactação do solo em pastagens, dentre as quais o grau de compactação do solo (Dias Junior & Estandislau, 1999) e o intervalo hídrico ótimo – IHO (Leão et al., 2004; Lima et al., 2009; Neves Junior et al., 2013).

Nesse contexto, é necessário transformar os recursos naturais degradados em áreas produtivas, com potencial econômico sustentável, ajustando melhorias na qualidade de vida humana à capacidade de suporte dos ecossistemas (Avila, 1992; Goodland, 1995). Para este propósito, devem-se buscar alternativas de uso e manejo do solo que sejam simples, economicamente viáveis e que contenham tecnologias acessíveis, objetivando a recuperação das áreas degradadas.

O objetivo deste estudo foi quantificar as

modificações ocasionadas por diferentes sistemas de manejo nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem degradada em Rondônia - RO.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na fazenda Nova Vida (10° 10'05" S e 62° 49' 27" W), município de Ariquemes, Estado de Rondônia - RO. O clima da região, segundo critério de classificação de Köppen, é Ami. O solo da área do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura média (Moraes et al., 1996) A composição granulométrica foi obtida pelo método da pipeta (Gee & Bauder, 1986) e o teor de carbono orgânico foi determinado utilizando um analisador elementar (LECO CN 2000). (Tabela 1).

Tabela 1. Composição granulométrica, carbono orgânico e classe textural em três profundidades de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob pastagem

Prof. m	Argila	Silte	Areia	C	Classe textural
	g kg ⁻¹				
0-0,10	260	90	650	13,80	fr.arg. arenosa
0,10-0,20	300	80	620	8,40	fr.arg. arenosa
0,20-0,30	320	120	560	6,30	fr. arg. arenosa

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e cinco sistemas de manejo utilizados nos tratamentos, totalizando 20 parcelas com tamanho individual de 40 x 40 m (1.600 m²). O experimento consistiu nos seguintes sistemas de manejo: T = Testemunha: pastagem degradada sem nenhum tipo de manejo, apenas com a *Brachiaria brizantha* + *Panicum maximum* + plantas invasoras; H = Herbicida: controle manual de invasoras e aplicação de herbicidas Padron no toco das lenhosas e Garlon nas palmáceas + adubação NK e micronutrientes; G = Gradagem: duas gradagens com grade aradora e uma com grade niveladora "plana" + adubação com NPK e micronutrientes seguido do plantio da *Brachiaria brizantha*; A = Plantio direto de arroz: dessecação de toda a área com Glifosato e Gramoxone, seguido de semeadura direta de arroz + adubação com NPK e micronutrientes + controle de plantas invasoras e insetos, seguido do plantio da *Brachiaria brizantha* após a colheita do arroz; S = Plantio direto de soja: dessecação de toda a área com Glifosato e Gramoxone, seguido de semeadura direta de soja + adubação com NK e micronutrientes + controle de plantas invasoras e insetos, seguido do plantio da *Brachiaria brizantha* após a colheita da soja.

A amostragem de solo foi realizada aproximadamente 40 meses após a semeadura da gramínea. Amostras com estrutura indeformada foram coletadas no centro de cada parcela, em três profundidades (0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m). Ao total foram retiradas 60 amostras (05 sistemas de manejo x 03 profundidades x 04 repetições). No laboratório as amostras foram saturadas, divididas em grupos de quatro e submetidas aos potenciais de -10, -50, -1000 e -1500 kPa por meio de pressões aplicadas em placas porosas (Klute, 1986). Em seguida as amostras foram pesadas e posteriormente levadas à estufa onde foram secas a 105°C por 24 horas, para a determinação do conteúdo de água em cada tensão e da densidade do solo (Blake & Hartge, 1986). Os dados de macroporosidade e microporosidade foram obtidos a partir da curva de retenção da água no solo. A microporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total (PT) e a macroporosidade. A porosidade total foi obtida por $PT = 1 - (\text{densidade do solo/densidade de partículas})$. A densidade de partículas (Dp) foi determinada por meio de um picnômetro a gás, modelo ACCUPYC 1330 (Micromeritics Instrument Corporation[®]). Os atributos utilizados para estudo do grau de compactação do solo, densidade máxima do solo (Dsmax) e densidade relativa do solo (Dsrel), foram estimados conforme Stolf et al. (2011). O intervalo hídrico ótimo (IHO) foi determinado conforme Silva et al. (1994).

Análise estatística

A análise estatística dos resultados consistiu da análise da variância por meio do PROC GLM e comparação de médias pelo teste LSD (SAS, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ocasião da amostragem, 40 meses após o plantio da gramínea, não foram observadas diferenças entre tratamentos e profundidades para os atributos densidade do solo, densidade de partículas, microporosidade, macroporosidade, porosidade total e resistência do solo à penetração de raízes (Tabela 2). Mesmo no tratamento G, onde se poderiam esperar alterações na densidade e porosidade devido às operações de gradagem por ocasião da instalação do experimento, não foram observadas diferenças nestes atributos. Carvalho (1999) também não encontrou mudanças significativas nos valores de densidade no sistema de manejo onde se empregou gradagem para a recuperação de pastagem dois anos após a instalação dos tratamentos, porém observou aumento de macroporos na camada superficial.

Tabela 2. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob pastagem

Trat.	Densidade		Porosidade		PT	*RPCC
	Ds	Dp	Micro	Macro		
	Mg m ⁻³		m ³ m ⁻³			MPa
	0-0,10 m					
T	1,55 Aa	2,65 Aa	0,27 Aa	0,14 Aa	0,41 Aa	0,37 Aa
H	1,54 Aa	2,64 Aa	0,28 Aa	0,13 Aa	0,41 Aa	0,36 Aa
G	1,52 Aa	2,64 Aa	0,30 Aa	0,12 Aa	0,42 Aa	0,37 Aa
A	1,60 Aa	2,65 Aa	0,27 Aa	0,12 Aa	0,40 Aa	0,38 Aa
S	1,54 Aa	2,63 Aa	0,31 Aa	0,11 Aa	0,41 Aa	0,42 Aa
	0,10-0,20 m					
T	1,59 Aa	2,66 Aa	0,27 Aa	0,13 Aa	0,40 Aa	0,34 Aa
H	1,57 Aa	2,67 Aa	0,26 Aa	0,15 Aa	0,41 Aa	0,35 Aa
G	1,61 Aa	2,66 Aa	0,26 Aa	0,13 Aa	0,39 Aa	0,44 Aa
A	1,57 Aa	2,67 Aa	0,27 Aa	0,14 Aa	0,41 Aa	0,32 Aa
S	1,62 Aa	2,66 Aa	0,27 Aa	0,12 Aa	0,39 Aa	0,39 Aa
	0,20-0,30 m					
T	1,60 Aa	2,67 Aa	0,27 Aa	0,13 Aa	0,40 Aa	0,35 Aa
H	1,51 Aa	2,69 Aa	0,26 Aa	0,18 Aa	0,44 Aa	0,26 Aa
G	1,56 Aa	2,68 Aa	0,28 Aa	0,14 Aa	0,42 Aa	0,32 Aa
A	1,53 Aa	2,68 Aa	0,26 Aa	0,16 Aa	0,43 Aa	0,33 Aa
S	1,54 Aa	2,67 Aa	0,27 Aa	0,15 Aa	0,42 Aa	0,25 Aa

Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; micro: microporosidade; macro: macroporosidade; pt: porosidade total e RPcc: resistência do solo à penetração de raízes. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, e pela mesma letra minúscula, entre camadas, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% ($P \leq 0,05$). * Determinada com a umidade do solo na capacidade de campo (água retida a - 10 kPa).

Os valores da densidade do solo observados na área variaram entre os mínimos de 1,35 Mg m⁻³ e o máximo de 1,67 Mg m⁻³ nas três profundidades. De acordo com Arshad et al. (1996), para solos com textura franco argilo arenosa, valores acima de 1,60 Mg m⁻³ podem afetar o crescimento do sistema radicular e 1,75 Mg m⁻³ é o valor correspondente à densidade crítica, a qual impõe restrições severas ao crescimento das raízes. Ainda de acordo com os autores, o valor de 1,40 Mg m⁻³ seria ideal para a classe textural do solo deste trabalho. No presente estudo, todos os sistemas de manejo apresentaram valores acima do ideal e abaixo do crítico. No espaço poroso, representado pela macro e microporosidade do solo, predomina uma proporção maior de microporos em todos os tratamentos. Apesar das diferenças nas proporções de macroporosidade e microporosidade, a porosidade total que reflete o somatório de ambas não foi influenciada pelos sistemas de manejo. Os valores observados variaram de 0,37 a 0,49 m³ m⁻³. A faixa de RP obtida neste estudo variou entre 0,11 a 0,54 MPa e não ultrapassou o valor de 2 MPa, considerado como limitante ao crescimento do sistema radicular (Silva et al., 1994; Tormena et al., 1998). De acordo com Arshad et al. (1996), a faixa de RP encontrada no estudo pode ser considerada baixa, a qual abrange valores compreendidos entre 0,1 e 1,0 MPa.

A avaliação da qualidade física do solo por meio do IHO não evidenciou diferenças entre os sistemas de manejo. Entretanto, observaram-se diferenças entre as profundidades (Tabela 3). O IHO

apresentou uma diminuição com o aumento da profundidade do solo, variando entre 0,10 e 0,17 m³. Estes resultados implicam em uma diminuição da qualidade física do solo em profundidade, pois representam a faixa ou conteúdo de água na qual os fatores que afetam diretamente o crescimento de plantas são menos limitantes. Para avaliar o grau de compactação da pastagem foram estimados os parâmetros densidade máxima do solo (Dsmax) e densidade relativa do solo (Dsrel). Em ambos os parâmetros foram encontradas diferenças entre as profundidades avaliadas (Tabela 3). Todos os sistemas de manejo apresentaram valores de densidade do solo relativa (Dsrel) acima do valor adotado como crítico (Dsrel = 86%) (Arvidsson & Håkansson, 1991), com exceção do sistema de manejo em que foi realizada a gradagem, na camada de 0-0,10 m. Valores de Dsrel acima de 86% estão associados a reduções na produtividade das culturas e condições adversas no solo.

Tabela 3. Intervalo hídrico ótimo (IHO), densidade máxima do solo (Dsmax) e densidade relativa do solo (Dsrel) de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob pastagem

Tratamento	IHO	Dsmax	Dsrel
	m m ⁻³	Mg m ⁻³	%
	0-0,10 m		
T	0,14 Aa	1,80 Aa	86 Ab
H	0,15 Aa	1,79 Aa	86 Ab
G	0,17 Aa	1,81 Aa	84 Ab
A	0,14 Aa	1,76 Aa	90 Ab
S	0,16 Aa	1,79 Aa	86 Ab
	0,10-0,20 m		
T	0,13 Ab	1,76 Ab	90 Aa
H	0,12 Ab	1,76 Ab	89 Aa
G	0,12 Ab	1,76 Ab	91 Aa
A	0,12 Ab	1,76 Ab	89 Aa
S	0,12 Ab	1,76 Ab	91 Aa
	0,20-0,30 m		
T	0,11 Ac	1,76 Ab	91 Aa
H	0,10 Ac	1,73 Ab	87 Aa
G	0,11 Ac	1,76 Ab	89 Aa
A	0,11 Ac	1,74 Ab	89 Aa
S	0,11 Ac	1,74 Ab	89 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, e pela mesma letra minúscula, entre camadas, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% ($P \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo do solo, compostos por dois sistemas de plantio direto, controle químico de plantas invasoras e preparo do solo, não proporcionaram melhorias significativas nos

atributos físicos do solo após 40 meses de implantação.

Em todos os sistemas de manejo foram encontrados valores de densidade do solo acima do considerado ideal ($1,40 \text{ Mg m}^{-3}$) e abaixo do crítico ($1,75 \text{ Mg m}^{-3}$) para solos com classe textural franco argilo arenosa.

Todos os sistemas de manejo apresentaram valores de densidade do solo relativa (D_{srel}) acima do valor adotado como crítico ($D_{srel} = 86\%$), exceto no sistema em que foi realizado o preparo do solo na profundidade de 0-0,10 m.

A qualidade física do solo, avaliada pelo IHO, diminuiu com o aumento da profundidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ARSHAD, M.A.; LOWER, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141.
- ARVIDSSON, J. & HÅKANSSON, I. A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. *Soil Till. Res.*, 20:319-332, 1991.
- AVILA, M. The economics of agroforestry systems. PAIA: Financial and economic analysis of agroforestry systems. 1992. p.77-94.
- BELL, M.J.; BRIDGE, B.J.; HARCH, G.R. & ORANGE, D.N. Physical rehabilitation of degraded Krasnozems using ley pastures. *Aust. J. Soil Res.*, 35:1093-1113, 1997.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. ed., *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.363-375.
- CARDOSO, E.L.; Silva, M.L.N.; Curi, N.F.; Ferreira, M.M. & Freitas, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:613-622, 2011.
- CARVALHO, M.C.S. Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1999. 103p. (Tese de Doutorado).
- DIAS JUNIOR, M.S. & ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:45-51, 1999.
- DIAS, L.E. & GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E.; FIDALSKI, J.; Tormena, C.A.; Cecato, U.B. et al. *Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo*. *Pesq. Agropec. Bras.*, 43:1583-1590, 2008.
- GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.383-411.
- GOODLAND, R.G. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of ecology and systematics*, 26:1-25, 1995.
- IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:1493-1500, 2000.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. ed., *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.635-660.
- LEÃO, T.P. Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2002. 58p. (Dissertação de Mestrado).
- LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M. et al. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:415-423, 2004.
- LIMA, V.M.P.; OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C. et al. Intervalo hídrico ótimo e porosidade de solos cultivados em área de proteção ambiental do sul de Minas Gerais. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:1087-1095, 2009.
- MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma*, 70:63-81, 1996.
- MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T. et al. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:1409-1418, 2001.
- NEVES JUNIOR, A.F.; SILVA, A.P.; NORONHA, N.C. et al. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. *R. Bras. Ci. Solo*, 37:232-241, 2013.
- NORONHA, N.C.; ANDRADE, C.A.; LIMONGE, F.C.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; PICCOLO, M.C. et al. Recovery of degraded pasture in Rondônia: macronutrients and productivity of *Brachiaria brizantha*. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1711-1720, 2010.
- RALISCH, R.; MIRANDA, T.M.; OKUMURA, R.S. et al. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Eng. Agr. Amb.*, 12:381-384, 2008.
- SAS Institute. SAS® (Statistical Analysis System). User's guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC; 2000.
- SERRÃO, E.A.S.; FALES, I.C.; VEIGA, J.B. et al. Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta amazônica brasileira. In: TERGAS, L.E.; SANCHEZ, P.A. & SERRÃO, E.A.S. *Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos*. Brasília, CIAT/Embrapa, 1982. p.219-251.
- SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1775-1781, 1994.
- STOLF, R.; THURLER, A.M.; BACCHI, O.O.S. et al. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:447-459, 2011.
- TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:573-581, 1998.
- VEIGA, J.B. & FALES, I.C. 1986. Recomendação e prática da adubação de pastagens na Amazônia brasileira. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Eds). *Calagem e adubação de pastagens*. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Ferro, Piracicaba, SP. p.256-282.
- VEIGA, J.B. & SERRÃO, E.A.S. Recuperación de pastures em la region este de la Amazonia brasileña. *Pasturas Tropicales*, 9:40-43, 1987.