

Parâmetros físicos críticos ao desenvolvimento de plantas em um Planossolo Háplico

C.L.R. LIMA⁽¹⁾, C.N. PILLON⁽²⁾, L.E.A.S. SUZUKI⁽³⁾, L.E.C. CRUZ⁽⁴⁾, P.B. DUPONT⁽⁵⁾ & R. B. PEREIRA⁽⁶⁾

RESUMO - Sistemas de manejo podem influenciar as condições físicas do solo e a produtividade das culturas. Considerando que ainda existe carência de informações relacionadas a parâmetros do solo considerados restritivos e adequados ao desenvolvimento das culturas, o objetivo deste trabalho foi indicar valores de parâmetros físicos críticos ao desenvolvimento de plantas em um Planossolo Háplico. O estudo foi realizado na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Os sistemas de manejo testados foram o plantio direto e o preparo convencional em relação a uma área de referência (campo nativo). Sete meses após a instalação do experimento, foram coletadas amostras com estrutura preservada e não preservada para a determinação da densidade, da macroporosidade, da condutividade hidráulica e da agregação do solo. A variação da macroporosidade, da condutividade hidráulica e do diâmetro médio ponderado de agregados foram significativamente dependentes da densidade em, respectivamente, 63%, 37% e 20%. Nas condições deste estudo, propõem-se valores críticos ao desenvolvimento de plantas em um Planossolo Háplico, respectivamente de densidade, de condutividade hidráulica, de diâmetro médio ponderado de agregados, de aproximadamente 1,56 Mg m⁻³, 16,18 mm h⁻¹ e 2,49 mm.

Introdução

O interesse em avaliar a qualidade físico-hídrica do solo tem sido incrementado por considerá-lo um componente fundamental na manutenção e ou sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

Terras baixas apresentam limitações naturais, as quais são intensificadas pelo cultivo e pelo tráfego de máquinas agrícolas.

Sistemas de manejo inadequados têm alterado a qualidade estrutural destas áreas, mais especificamente, relacionadas à densidade, à porosidade [1, 2] e à agregação do solo [3, 4].

A estabilidade estrutural tem importância no que

se refere à disponibilidade de umidade e na dinâmica de nutrientes do solo e, por sua vez, na produtividade agrícola.

A estabilidade de agregados é um importante indicador para avaliar o uso sustentável de terras [5], não representando um parâmetro único na avaliação da degradação do solo [6].

A condutividade hidráulica tem sido útil na diferenciação dos efeitos de sistemas de preparo e na movimentação de água no perfil do solo [7].

Resultados obtidos por Grable & Siemer [8] sugerem uma porosidade de aeração de 10% como crítica ao crescimento radicular, em função da limitada difusão de oxigênio no solo para as plantas.

Estudos envolvendo solos de terras baixas do Rio Grande do Sul justificam-se pelo crescente interesse na identificação e no desenvolvimento de sistemas de uso e manejo que propiciem a manutenção ou o incremento da qualidade física e da produtividade agrícola. Nesta área de conhecimento, ainda não existem valores de parâmetros físicos e hídricos considerados críticos para o desenvolvimento de culturas e que já estejam adequadamente validados na avaliação da qualidade destes solos.

Considerando estes aspectos e, em busca de alternativas que viabilizem um melhor aproveitamento e conhecimento das áreas de terras baixas com vistas à manutenção ou incremento da qualidade do solo, o objetivo deste estudo foi indicar valores de parâmetros físicos críticos ao desenvolvimento de plantas, por meio da quantificação da densidade, da macroporosidade, da condutividade hidráulica saturada e do diâmetro médio ponderado de agregados em um Planossolo Háplico.

Palavras-Chave: densidade do solo, condutividade hidráulica de solo saturado, porosidade do solo.

Material e métodos

O estudo foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, em um Planossolo Háplico, de textura franco (170 g k⁻¹ de

⁽¹⁾ Pesquisadora visitante, convênio Petrobras/Fapeg/Embrapa. Br 392, km 78 Pelotas, RS, CEP 96001-970. E-mail: cirlima@yahoo.com.br

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, CFACT, Pelotas, RS.

⁽³⁾ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, CEP 97105-900.

⁽⁴⁾ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário s/nº, Caixa Postal 354, Pelotas, RS.

⁽⁵⁾ Estagiária da Embrapa Clima Temperado, bolsista PIBIC/CNPq.

⁽⁶⁾ Graduando do curso de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Apoio financeiro: Embrapa, CNPq.

argila), cujos sistemas de manejo e cultivo com culturas de coberturas no inverno e no verão foram implantados em 2005. Sete meses após a instalação do experimento (Junho de 2006), foram coletadas amostras com estrutura não preservada e preservada no sistema de cultura azevém (*Lolium multiflorum*) + cornichão (*Lotus corniculatus*) implantadas no inverno e rotação soja (*Glycine max*) - milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum vulgare*) no verão, sob plantio direto (PD), preparo convencional (PC) e numa área sob campo nativo (CN), adjacente ao experimento, adotada como referência. Para a determinação da densidade do solo (D_s) [9], da macroporosidade (M_A) [10] e da condutividade hidráulica de solo saturado (K_{es}), foram coletadas amostras com estrutura preservada de solo em cilindros metálicos até a profundidade de 0,275 m. A K_{es} foi quantificada com o auxílio de um permeâmetro de carga constante [11]. Para a determinação do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), utilizaram-se amostras com estrutura alterada e a metodologia descrita em Kemper & Rosenau [12], utilizando o aparelho de oscilação vertical [4].

Para avaliar os resultados obtidos, efetuaram-se análises de variância e comparação de médias pelo teste que considera a diferença mínima significativa (dms) e regressão linear simples a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

O intervalo de variação dos parâmetros físicos avaliados foi possivelmente influenciado pelos sistemas de manejo do solo (Tabela 1).

Houve significativa interação entre densidade, macroporosidade e camadas de solo (Tabela 2). O CN, com exceção da camada de 0,025 a 0,075 m, apresentou o menor valor de D_s . Valores similares de D_s foram obtidos no PD e no PC em todas as camadas de solo, com exceção da 0,125 a 0,175m. Um maior valor de densidade na camada de 0,125 a 0,175 m no PD em relação aos demais sistemas de manejo pode estar relacionada a não mobilização do solo com grade aradora e niveladora neste sistema. A maior D_s obtida a profundidades superiores, possivelmente deve-se ao efeito da pressão exercida sob o solo de camadas subjacentes e a diminuição do carbono orgânico.

Em todas as camadas de solo, o CN colaborou para uma maior M_A apresentando similaridade ao PD somente na camada de 0,025 a 0,075m (Tabela 2).

Em comparação aos sistemas de manejo PD e PC, o maior valor médio de DMPA foi observado no CN. Valores maiores deste parâmetro foram observados nas camadas de 0,075 a 0,125 m e de 0,125 a 0,175 m (Tabela 2) em função, possivelmente, do maior teor de argila nestas camadas.

Os valores médios de K_{es} foram influenciados pelos sistemas de manejo ($P < 0,0001$), não havendo diferença entre as camadas avaliadas. Resultados similares de K_{es} foram observados nos sistemas de PD e de PC, apresentando-se superiores no solo sob CN

(Fig. 1). A maior presença de raízes de plantas e a quantidade de matéria orgânica do solo sob CN, possivelmente, favoreceu uma maior K_{es} .

Estabelecendo-se relações simples e lineares entre D_s , M_A , K_{es} e DMPA, verificou-se que a variação da M_A , da K_{es} e do DMPA foram significativamente dependentes da densidade em, respectivamente, 63%; 37% e 20%.

A M_A , a K_{es} e o DMPA reduziram com um aumento da D_s , comprovado pelos valores negativos dos coeficientes angulares de ajuste (Fig. 2, Tabela 3). Os coeficientes angulares e lineares do ajuste dos modelos foram significativos (Tabela 3), podendo-se estimar adequadamente a partir destas relações os valores críticos dos parâmetros físico-hídricos.

A partir da estimativa da densidade crítica (Fig. 2), quantificaram-se os valores de K_{es} e de DMPA considerados limitantes ao desenvolvimento radicular.

Considerando-se de modo geral, os valores médios dos parâmetros obtidos e uma porosidade de aeração de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, admite-se que somente o solo sob CN apresentou condições mais adequadas ao desenvolvimento de plantas relacionadas a D_s , a K_{es} e ao DMPA.

Nas condições deste estudo (textura franco, umidade média de 16,50%) e pela relação significativa obtida, estimou-se uma densidade crítica ao desenvolvimento de culturas de, aproximadamente $1,56 \text{ Mg m}^{-3}$, na camada de 0,000 a 0,275 m (Fig. 1). Nesta mesma camada, estimou-se que valores médios de aproximadamente, $16,18 \text{ mm h}^{-1}$ e de 2,49 mm, respectivamente de K_{es} e de DMPA, são considerados críticos ao desenvolvimento de culturas (Tabela 3).

O crescimento da parte aérea é dependente da sensibilidade da cultura ao aumento da compactação do solo [13] e, para um melhor entendimento e validação dos níveis críticos de parâmetros físicos e hídricos quanto ao suprimento adequado de oxigênio para organismos animais e vegetais, estudos adicionais ainda devem ser implementados em diferentes tipos de solos e manejos.

Os resultados apresentados indicam o potencial da utilização de valores limitantes de M_A para o estabelecimento de culturas na estimativa da D_s , da K_{es} de solo saturado e do DMPA. A importância de estabelecer relações simples e quantitativas a partir da D_s advém do fato de que esta avaliação apresenta a vantagem de ser facilmente mensurável.

A D_s , a M_A , a K_{es} e agregação constituem medidas úteis do estado mecânico do solo para o seu uso, manejo e planejamento de sistemas de cultura e mecanização agrícola. Estudos adicionais ainda são necessários para verificar a relação existente entre D_s : M_A ; D_s : K_{es} e D_s : DMPA em outros tipos de solos nestas áreas.

O monitoramento da qualidade estrutural em ambiente de terras baixas constitui etapa importante na implementação de práticas conservacionistas adequadas e eficientes no controle da erosão e da qualidade do solo.

Agradecimentos

A todos os estagiários, pesquisadores e técnicos do Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima

Temperado, que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- [1] LIMA, C.L.R. de; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. da S.; SILVA, J.B. 2003. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:199-205.
- [2] REICHERT, J.M.; LIMA, C.L.R.; DALMOLIN, R.S.D.; REINERT, D.; GONÇALVES, C.; NUNES, M. 2006. Agregação de um Planossolo sistematizado há um ano e sob cultivo de arroz irrigado. *Ciência Rural*, Santa Maria, 36:837-844.
- [3] PEDROTTI, A. PAULETTO, E.A.; GOMES, A.da S.; TURATTI, A.L.; CRESTANA, S. 2001. Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a compactação de um Planossolo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36:709-715.
- [4] YODER, R. E. A 1936. direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal American Society of Agronomy*, 28:337-351.
- [5] CARTER, M.R. 2002. Soil quality for sustainable land management - organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal*, 94:38-47.
- [6] BOYX-FAYOS, C.; CALVO-CASES, A.; IMENSON, A.C.; SORIANO-SOTO, M.D. 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, 44:47-67.
- [7] ASSIS, R.L. de; LANÇAS, K.P. 2005. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:512-522.
- [8] GRABLE, A. R.; SIEMER, E. G. Effects of bulk density, aggregate size and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. *Soil Science Society of America Journal*. v.32, n.2, p.180-186, 1968.
- [9] BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.363-375.
- [10] EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- [11] LIBARDI, P.L. 2000. *Dinâmica da água no solo*. 2.ed. Piracicaba: LIBARDI, P.L. 509p.
- [12] KEMPER, W. D., ROSENAU, R. C. 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis*. 2.ed. Madison, Wisconsin USA: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p. 425-441.
- [13] FOLONI, J.S.S.; LIMA, S.L. de; BÜLL, L.T. 2006. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:49-57.

Tabela 1. Momentos estatísticos dos parâmetros físicos avaliados em um Planossolo Háplico.

Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	CV, %
1,61	0,16	Ds, Mg m ⁻³ 1,12	1,90	10,19
0,08	0,06	M _A , m ³ m ⁻³ 0,01	0,30	71,42
1,86	1,89	DMPA, mm 0,26	19,85	101,56
7,56	12,28	Kθs, mm h ⁻¹ 0,00	76,79	162,32

Ds= densidade do solo; M_A= macroporosidade do solo; DMPA= diâmetro médio ponderado de agregados, Kθs = condutividade hidráulica de solo saturado.

Tabela 2. Densidade (Ds), macroporosidade (M_A) e diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA) de um Planossolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo.

Camadas, m	Sistemas de manejo ¹			Média
	PD	PC	CN	
			Ds, Mg m ⁻³	
0,000-0,025	1,62 aB	1,61 aBC	1,29 bB	1,51
0,025-0,075	1,55 aB	1,56 aC	1,48 aA	1,53
0,075-0,125	1,66 aB	1,70 aAB	1,57 bA	1,64
0,125-0,175	1,81 aA	1,69 bAB	1,54 cA	1,68
0,175-0,275	1,82 aA	1,77 aA	1,48 bA	1,69
Média	1,69	1,67	1,47	
			M _A , m ³ m ⁻³	
0,000-0,025	0,16 bA	0,10 cA	0,24 aA	0,17
0,025-0,075	0,08 abB	0,05 bB	0,10 aB	0,07
0,075-0,125	0,06 bBC	0,04 bB	0,10 aB	0,07
0,125-0,175	0,03 bC	0,04 bB	0,11 aB	0,06
0,175-0,275	0,02 bC	0,03 bB	0,12 aB	0,06
Média	0,07	0,05	0,13	
			DMPA, mm	
0,000-0,025	1,08	0,86	3,08	1,67 B
0,025-0,075	1,25	0,97	2,81	1,68 B
0,075-0,125	1,65	3,22	2,93	2,60 A
0,125-0,175	1,46	1,01	3,74	2,07 AB
0,175-0,275	0,83	0,45	2,64	1,31 B
Média	1,25 b	1,30 b	3,04 a	

¹PD = plantio direto, PC= preparo convencional, CN= campo nativo.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste que considera a diferença mínima significativa a P < 0,05.

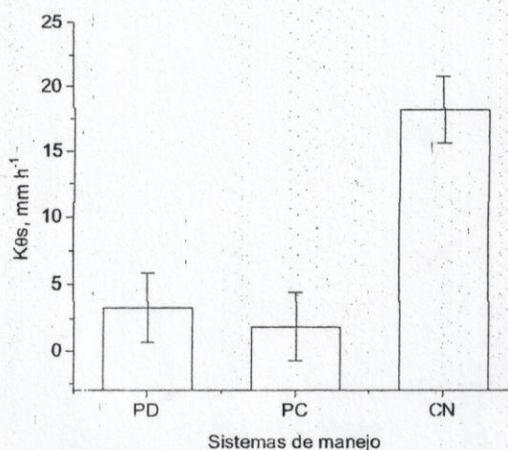


Figura 1. Condutividade hidráulica de solo saturado (Kθs) de um Planossolo Háplico sob os sistemas de manejo: PD = plantio direto, PC= preparo convencional e CN= campo nativo. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa entre os sistemas de manejo a 5% de probabilidade.

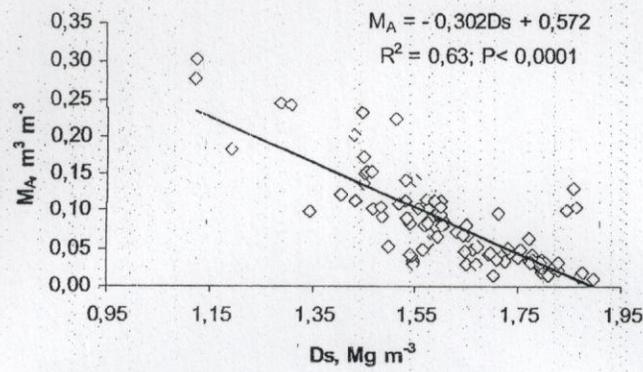


Figura 2. Relação linear entre a macroporosidade (M_A) e a densidade (D_s) de um Planossolo Háplico.

Tabela 3. Parâmetros dos modelos: (i) $D_s = a + b \times K\theta$ ($P < 0,0001$; $F = 52,40$; $CV = 8,08\%$; $R^2 = 0,37$) e (ii) $D_s = a + b \times DMPA$ ($P < 0,0001$; $F = 22,89$; $CV = 9,12\%$; $R^2 = 0,20$) de um Planossolo Háplico.

Parâmetros	Valor estimado	Erro Padrão		Valor t	Pr > t
			(i)		
a	1,6690	0,01592		104,85	< 0,0001
b	- 0,00677	0,0009		- 7,24	< 0,0001
			(ii)		
a	1,7272	0,0289		59,61	< 0,0001
b	- 0,0683	0,0142		- 4,78	< 0,0001