

Compressibilidade de um Gleissolo Háptico cultivado com arroz e sob vegetação natural

Mentges, M. I.¹; Reichert, J. M.¹; Mentges, L. R.¹; Xavier, A.¹; Gelain, N. S.¹; Gubiani, P. I.¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, e-mail: marcelomentges@gmail.com
(apresentador), reichert@smail.ufsm.br, lenisementges@yahoo.com.br, alensexav@gmail.com,
neivaengenhaira@gmail.com, paulogubiani@gmail.com.

Resumo

Solos de terras baixas, também chamadas de várzeas, naturalmente apresentam limitações ao adequado crescimento das plantas, principalmente em suas propriedades físicas, que podem ser potencializadas quando essas áreas são cultivadas. Propriedades físicas têm sido estudadas, mas o estudo do comportamento mecânico dos solos de várzea, especialmente em Gleissolos, é incipiente. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do cultivo de arroz irrigado na compressibilidade de um Gleissolo Háptico em relação ao solo mantido sem uso agrícola. Este trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. O solo foi classificado como Gleissolo Háptico. Os tratamentos constaram da combinação de dois níveis de fatores: o uso e os horizontes do solo. Foram realizadas determinações de densidade do solo, pressão de preconsolidação, índice de compressão e grau de saturação. O uso do solo com cultivo de arroz irrigado, avaliado em amostras com elevado teor de água no solo, não alterou a pressão de preconsolidação e o índice de compressão quando comparado à condição de ausência de uso agrícola, apesar de causar diferenças na densidade do solo.

Introdução

A atividade antrópica, principalmente associada a cultivos agrícolas, altera as propriedades físico-hídricas dos solos, sendo a magnitude dessas mudanças variável conforme o tipo de solo, condições climáticas, tempo de uso e sistemas de manejo adotados (Kay, 1990). Naturalmente, solos de terras baixas, também chamadas de várzeas, apresentam limitações quanto à suas propriedades físicas, que podem ser potencializadas quando essas áreas são cultivadas. Pelo fato de estarem sujeitas à saturação por água ou alagamentos periódicos, alterações no equilíbrio dos elementos e dos compostos do solo ocorrem, desencadeando uma série de mudanças, que fazem com que o comportamento desses solos seja completamente diferente do observado em ambientes bem drenados (Sousa et al., 2006).

Nessas áreas, encontram-se associados Gleissolos e Planossolos, ocupando considerável porcentagem das áreas do Rio Grande do Sul (Streck et al., 2008). Por suas características físicas e morfológicas marcantes, especialmente a sua deficiente drenagem, esses solos são favoráveis ao cultivo do arroz irrigado, cultura com alta participação na produção de grãos no RS. Segundo

informações do Irga (2010), no ano agrícola 2009/2010 foram cultivados 1.095.600 ha com esta gramínea.

Algumas pesquisas vêm sendo realizadas com solos de várzea, sendo que grande parte dos trabalhos têm avaliado propriedades físicas do solo. No entanto, o estudo do comportamento mecânico dos solos de várzea, especialmente em Gleissolos, é incipiente. Através da curva de compressão do solo e dos parâmetros por ela estimados, é possível avaliar o processo de compactação (Dias Junior & Pierce, 1996), ou seja, a capacidade de suporte de carga e a suscetibilidade à compactação. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do cultivo de arroz irrigado na compressibilidade de um Gleissolo Háptico em relação ao solo mantido sem uso agrícola.

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, situada na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), o solo foi classificado como Gleissolo Háptico.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento. Os tratamentos constaram da combinação de dois níveis de fatores. O fator A refere-se ao uso do solo: (i) cultivado com arroz irrigado por inundação (GXc) (desde 2002 sob o sistema de cultivo convencional) e (ii) com vegetação natural, sem uso agrícola (GXs). O fator D refere-se aos horizontes do solo: (i) horizontes Ap (0,0 – 0,17 m), A (0,17 – 0,40 m), Cg1 (0,40 – 0,70 m) e Cg2 (0,70 – 1,00+ m) para a condição de cultivo com arroz irrigado por inundação e (ii) horizontes A1 (0,0 – 0,25 m), A2 (0,25 – 0,51 m), Cg1 (0,51 – 0,92 m) e Cg2 (0,92 – 1,20+ m) para a condição de ausência de uso agrícola. Foram realizadas amostragens no centro de cada horizonte, em maio de 2009 (período de entressafra). Amostras de solo indeformadas foram coletadas em cilindros de aço inoxidável de 0,03 m de altura e 0,0612 m de diâmetro. Nestes, determinações de densidade e compressibilidade foram realizadas. Além disso, utilizando amostras de solo deformadas, foi determinada a granulometria (Embrapa, 1997), a densidade de partículas (Gubiani et al., 2006) e o teor de carbono total (Tedesco et al., 1995), cujos resultados estão na Tabela 1.

A compressibilidade do solo foi determinada segundo a norma NBR-12007/90 (ABNT, 1990), com alteração no tempo de aplicação das cargas. Para tal, utilizou-se um consolidômetro modelo S-450 Terraload (Durham Geo-Interprises) com indicador digital da carga aplicada e leitura analógica da deformação da amostra. Foram aplicadas cargas sucessivas e estáticas de 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1.600 kPa, com aplicação de pressão por meio de ar comprimido. Cada carga foi aplicada durante cinco minutos, pois, de acordo com Silva et al. (2000), mais de 99 % da compactação é alcançada nesse tempo de aplicação de carga. Para a realização dos ensaios, as amostras foram homogeneizadas quanto ao seu teor de água na tensão de 33 kPa em câmaras de pressão de Richards. Os dados obtidos no ensaio foram processados no programa computacional COMPRESS (Reinert et

al., 2003), com o qual foi calculada a curva de compressão uniaxial para cada amostra, conforme método de Casagrande (Holtz & Kovacs, 1981), utilizando a opção manual de ajuste (método 2).

Tabela 1. Composição granulométrica, densidade de partículas (dp), teor de carbono total (C) e classe textural do Gleissolo Háplico⁽¹⁾.

Horizontes	Areia	Silte	Argila	dp	C	Classe Textural
	-----g kg ⁻¹ -----			g cm ⁻³	%	
-----GXc-----						
AP	136	508	356	2,32	2,74	franco argila siltosa
A	199	487	315	2,41	1,92	franco argila siltosa
Cg1	324	398	278	2,42	1,40	franco argilosa
Cg2	333	374	293	2,44	1,28	franco argilosa
-----GXs-----						
A1	129	637	234	2,37	1,92	franco siltosa
A2	110	587	303	2,41	1,49	franco siltosa
Cg1	104	578	317	2,43	1,32	argilo siltosa
Cg2	102	436	461	2,46	1,22	argilo siltosa

(1) GXc: Gleissolo Háplico cultivado com arroz irrigado por inundação; GXs: Gleissolo Háplico sem uso agrícola.

O efeito dos tratamentos em relação à compressibilidade foi avaliado pela significância dos contrastes ortogonais [1 GXc x -1GXs], [GXc (1Ap 1A x -1Cg1 -1Cg2)], [GXc (1Ap x -1A)], [GXc (1Cg1 x -1Cg2)], [GXs (1A1 1A2 x -1Cg1 -1Cg2)], [GXs (1A1 x -1A2)], [GXs (1Cg1 x -1Cg2)]. Cabe esclarecer, também, que os horizontes constituem os tratamentos, os quais foram avaliados em solo sob duas condições de uso (sem e com uso agrícola), e os tratamentos que formam um contraste são os indicados dentro de colchetes, exceto quando os usos são contrastados. A estatística *t* avalia qual a probabilidade (P<t) para a igualdade entre contrastes.

Resultados e discussão

Os valores de densidade do solo, pressão de preconsolidação, índice de compressão, grau de saturação, juntamente com os contrastes, a estimativa dos contrastes, o valor *t* e a significância dos contrastes avaliados estão dispostos na Tabela 2. O cultivo aumentou significativamente a densidade do solo. Esse comportamento se deve às práticas de cultivo realizadas na área cultivada, em especial ao tráfego intenso das máquinas agrícolas, principal responsável pela ocorrência da compactação do solo, além da utilização errônea da pressão de inflação dos pneus agrícolas e da realização das operações agrícolas com teores inadequados de água no solo (Reichert et al., 2007). Em ambos os usos, a densidade aumentou significativamente em profundidade, como indicado pelos contrastes GXc[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)] e GXs[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]. Esses contrastes avaliam o efeito da estrutura e, apesar dos horizontes superficiais estarem sujeitos à influência de fatores externos, como o manejo do solo e o tráfego de máquinas agrícolas, a densidade não aumentou ao ponto de ser semelhante à

densidade dos horizontes subjacentes. Esse comportamento se deve à ausência de estrutura dos horizontes mais profundos (Cg1, Cg2), que foram pouco afetados por processos pedogenéticos (Streck et al., 2008), pois apresentam-se na forma maciça, enquanto que, nos horizontes superficiais, uma estrutura prismática foi observada.

Os contrastes entre os horizontes superficiais em ambos os usos, GXc[A x Ap] e GXs[A1 x A2], indicam que ocorreram diferenças significativas. Essas se devem às diferentes profundidades de amostragem amostradas, além do efeito das práticas de manejo, como arações e gradagens, que desestruturaram o solo e reduzem a densidade e a atividade biológica, geralmente maior nos horizontes superficiais. Não houve significância dos contrastes quando comparados os horizontes mais profundos (Cg1 e Cg2).

Apesar de terem ocorrido diferenças significativas nos valores de densidade do solo, diferenças significativas na pressão de preconsolidação para o contraste GXc x GXs não aconteceram (Tabela 2), ou seja, a capacidade de suporte de carga não foi influenciada pela densidade. Ocorreram diferenças estatísticas no contraste GXc[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)] para a variável pressão de preconsolidação. Os horizontes Ap e A apresentaram os maiores valores quando comparados aos horizontes Cg1 e Cg2. A umidade do solo parece ser o fator que contribuiu para a maior capacidade de suporte dos horizontes superficiais, pois estes apresentaram uma saturação média inferior aos horizontes mais profundos. De maneira geral, a pressão de preconsolidação aumenta à medida que o solo fica mais seco.

Não houve diferença significativa no contraste que compara as duas condições de uso (GXc x GXs) para a variável índice de compressão (Tabela 2). Nas duas condições de uso (contrastos GXc[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)] e GXs[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]), os horizontes superficiais (Ap e A, A1 e A2) apresentaram os maiores valores de índice de compressão, diferindo estatisticamente dos demais horizontes (Cg1 e Cg2). Além disso, houve diferença significativa no contraste GXc[A x Ap], sendo que a suscetibilidade à compactação foi maior nos horizontes superficiais. Quanto maior a densidade inicial do solo, menor à suscetibilidade a compactação (Suzuki et al., 2008). Os horizontes superficiais apresentaram a menor densidade, o que explica o comportamento descrito, além de maior macroporosidade quando comparado aos demais horizontes (Mentges, 2010), já que são os macroporos que são reduzidos quando um solo é compactado (Reichert et al., 2007). Outro fator que deve ser considerado é o teor de carbono orgânico do solo, sendo que os maiores valores ocorreram nos horizontes superficiais, tendo em vista que o índice de compressão aumenta com o teor de carbono (Veiga et al., 2007).

O grau de saturação foi maior e significativo nos horizontes mais profundos para o contraste GXs[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)], sendo que esses apresentaram os maiores valores e os horizontes superficiais estavam menos saturados. Esse comportamento decorre da maior macroporosidade dos horizontes superficiais que, após a aplicação das tensões, drenaram mais água quando comparados aos horizontes mais profundos (Mentges, 2010). Isso também explica o maior índice de compressão

observado nos horizontes superficiais, pois a suscetibilidade do solo é reduzida à medida que a umidade aumenta, devido ao surgimento de pressões neutras, evitando que maiores deformações ocorram (Braida et al., 2010).

Tabela 2. Densidade do solo (Ds), pressão de preconsolidação (σ_p), índice de compressão (IC), grau de saturação (GS), contrastes avaliados, estimativa dos contrastes, valor t e significância dos contrastes do Gleissolo Háplico.

Perfil*	Horizontes	Médias	Contraste	Estimativa	t	Pr > t
----- Ds (g cm ⁻³) -----						
GXc	Ap	1,19	GXc x GXs	0,4645	4,61	0,0003
	A	1,34	GXc[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	-0,3963	-5,57	<,0001
	Cg1	1,43	GXc[A x Ap]	0,1513	3,01	0,0084
	Cg2	1,50	GXc[Cg1 x Cg2]	-0,0731	-1,45	0,1659
GXs	A1	1,09	GXs[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	-0,2846	-4,00	0,0010
	A2	1,27	GXs[A1 x A2]	-0,1807	-3,59	0,0025
	Cg1	1,37	GXs[Cg1 x Cg2]	0,0954	1,90	0,0761
	Cg2	1,27				
----- σ_p (kPa) -----						
GXc	Ap	145,1	GXc x GXs	49,3500	0,84	0,4106
	A	103,0	GXc[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	103,1767	2,50	0,0238
	Cg1	74,0	GXc[A x Ap]	-42,0900	-1,44	0,1688
	Cg2	70,9	GXc[Cg1 x Cg2]	3,0800	0,11	0,9173
GXs	A1	102,4	GXs[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	85,6067	2,07	0,0547
	A2	112,2	GXs[A1 x A2]	-9,7833	-0,34	0,7420
	Cg1	75,7	GXs[Cg1 x Cg2]	22,4100	0,77	0,4540
	Cg2	53,3				
----- IC -----						
GXc	Ap	0,42	GXc x GXs	0,0467	0,37	0,7149
	A	0,24	GXc[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	0,2900	3,27	0,0048
	Cg1	0,20	GXc[A x Ap]	-0,1767	-2,81	0,0125
	Cg2	0,18	GXc[Cg1 x Cg2]	0,0200	0,32	0,7541
GXs	A1	0,39	GXs[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	0,3367	3,79	0,0016
	A2	0,28	GXs[A1 x A2]	0,1033	1,65	0,1192
	Cg1	0,17	GXs[Cg1 x Cg2]	0,0067	0,11	0,9167
	Cg2	0,16				
----- GS (%) -----						
GXc	Ap	73,97	GXc x GXs	16,0833	1,28	0,2200
	A	85,44	GXc[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	-16,0933	-1,81	0,0897
	Cg1	84,10	GXc[A x Ap]	11,4633	1,82	0,0876
	Cg2	91,40	GXc[Cg1 x Cg2]	-7,2967	-1,16	0,2638
GXs	A1	68,40	GXs[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	-24,9633	-2,80	0,0128
	A2	78,53	GXs[A1 x A2]	-10,1333	-1,61	0,1273
	Cg1	82,51	GXs[Cg1 x Cg2]	-6,8767	-1,09	0,2912
	Cg2	89,39				

* Os perfis representam as condições com (GXc) e sem uso agrícola (GXs).

Conclusões

O uso do solo com cultivo de arroz irrigado não alterou a pressão de preconsolidação e o índice de compressão quando comparado à condição de ausência de uso agrícola, apesar de causar diferenças na densidade do solo.

Literatura Citada

- ABNT. NBR 12007. Ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 1990. 13p.
- BRAIDA, J.A. et al. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.131-139, 2010.
- DIAS JUNIOR., M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 20, p.175-182, 1996.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em solos. Manual de métodos de análise de solos. Brasília - DF: EMBRAPA. 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília - DF: EMBRAPA. 2006. 412p.
- GUBIANI, P.I. et al. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo - exatidão, precisão e tempo de processamento. *Ciência Rural*, v.36, p.664-668, 2006.
- HOLTZ, R.D.; KOVACS, W.D. An introduction to geotechnical engineering. New Jersey: Prentice-Hall, 1981. 733 p.
- IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. Porto Alegre, RS. Capturado em 25 jun. 2010. Online. Disponível na internet http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=dados_safra_detalhes&cod_dica=224.
- KAY, B.D. Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Advances in Soil Science*, v.12, p.1-41, 1990.
- MENTGES, M.I. Implicações do uso do solo nas propriedades físico-hídricas e mecânicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo e de um Gleissolo Háptico. 2010. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- REICHERT, J.M. et al. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. Tópicos em Ciência do Solo, volume 5. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 49-134, 2007.
- REINERT, D.J. et al. *COMPRESS* – Software e proposta de modelo para descrever a compressibilidade dos solos e seus parâmetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. Viçosa. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM, 2003.
- SILVA, V.R. et al. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 239-249, abr./jun., 2000.
- SOUSA, R. et al. Solos alagados (reações de Redox). In: MEURER, E.J. Fundamentos de química do solo. 3. Ed. Porto Alegre: Evangraf, p. 185-211, 2006.
- STRECK, V.D et al. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, EMATER/RS, UFRGS, 2008.
- SUZUKI, L.E.A.S. et al. Estimativa da susceptibilidade a compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32,p.963-973, 2008.
- TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de solos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (BOLETIM TÉCNICO, 5).
- VEIGA, M. et al. Soil compressibility and penetrability of na Oxisol from southern Brazil, as affected by long – term tillage systems. *Soil and Tillage Research.*, v. 92, p.104-113, 2007.