

Propriedades físicas e químicas do solo em diferentes usos avaliadas por meio da análise de componentes principais

Consensa, C. O. B.¹; Gubiani, P. I.¹; Reichert, J. M.¹; Reinert, D. J.¹; Xavier, A.¹; Kaminski, J.¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (UFSM), RS, e-mail: claudineohana@gmail.com,
Apresentadora; paulogubiani@gmail.com; jmreichert@googlemail.com; dalvan@smail.ufsm.br;
alenvav@gmail.com; jk@smail.ufsm.br.

Resumo

A utilização da análise de componentes principais (ACP) pode ser empregada para discriminar o efeito do uso na qualidade dos solos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação do uso com as propriedades físicas e químicas do solo em duas propriedades de dois municípios da região central do Rio Grande do Sul, com auxílio da análise de componentes principais. O trabalho foi realizado nos municípios de Faxinal do Soturno e Sobradinho (Rio Grande do Sul). Em duas propriedades de cada município, os teores de carbono e nitrogênio, porosidade do solo (total, microporosidade, macroporosidade), condutividade hidráulica, densidade do solo, umidade gravimétrica e estrutura do solo (teor de argila, silte e areia) foram avaliados na camada 0-10 cm em distintos usos do solo. Exceto a condutividade hidráulica de solo saturado e o teor de silte, todas as demais variáveis foram importantes para discriminar os solos. A análise de componentes principais evidenciou que os solos do município de Faxinal do Soturno são mais frágeis que os solos do município de Sobradinho, e que se um mesmo padrão de manejo for usado nos dois municípios, os solos de Faxinal do Soturno seriam degradados mais intensamente.

Introdução

Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do solo tem crescido, pois o uso e a mobilização intensiva podem diminuir sua capacidade de manter uma produção biológica sustentável. O desenvolvimento das plantas é determinado pela capacidade do solo em fornecer água, nutrientes e oxigênio em proporções adequadas. Sua capacidade para funcionar no desempenho dessas funções define o seu grau de qualidade (Doran & Parkin, 1994).

A capacidade de o solo exercer suas funções na natureza está relacionada com seus atributos físicos, químicos e biológicos. Os atributos químicos são responsáveis pelo fornecimento de nutrientes às plantas, porém os atributos físicos e o teor de matéria orgânica merecem grande importância, pois condicionam os processos responsáveis pela nutrição das plantas.

As propriedades físicas relacionadas à qualidade do solo são, principalmente, aquelas que melhoram a infiltração, a retenção e a disponibilidade de água para as plantas, proporcionando as

trocas de calor e de gases do solo com a atmosfera (Reichert et al., 2003). Como a infiltração da água e a aeração do solo dependem da condição do espaço poroso do solo, a avaliação da estrutura por meio de propriedades como granulometria (areia, silte e argila), densidade e porosidade, que também são indicadores de qualidade, permite que se avalie o efeito do uso do solo sobre sua condição de qualidade para o desenvolvimento das plantas (Carvalho et al., 2004). De forma mais abrangente, a matéria orgânica atua tanto na melhoria das condições físicas quanto nas propriedades químicas, pois fornece nutrientes às plantas e aumenta a capacidade de troca catiônica do solo (Castro Filho et al., 1998). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a relação do uso com as propriedades físicas e químicas do solo em duas propriedades de dois municípios da região central do Rio Grande do Sul, com auxílio da análise de componentes principais.

Material e Métodos

Os dados usados neste trabalho foram obtidos de um conjunto de análises efetuadas nas cidades de Sobradinho e Faxinal do Soturno, Rio Grande do Sul. Em duas propriedades de cada município, variáveis físicas e químicas foram medidas em distintos usos, tendo em vista a diversificação da produção nas propriedades avaliadas, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Definição das siglas representando o município (Fx=Faxinal do Soturno; Sb=Sobradinho), as propriedades (1 e 2) e os usos do solo (descritos na tabela).

----- Siglas -----									
Fx.1.Ar.	Fx.1.Md.	Fx.1.Mn.	Fx.1.Pa.	Fx.1.So.	Fx.2.Ar.	Fx.2.Md.	Fx.2.Mn.	Fx.2.Mi.	Fx.2.Pt.
Sb.1.Fu.	Sb.1.Mn.	Sb.1.Mi.	Sb.1.Pa.	Sb.1.So.	Sb.2.Eu.	Sb.2.Fu.	Sb.2.Mi.	Sb.2.Pa.	
----- Usos -----									
So = Soja; Ar = Arroz irrigado; Md = Mandioca; Mn = Mata nativa; Mi = Milho; Eu = Eucalipto; Fu = Fumo; Pa = Pastagem; Pt = Potreiro									

Em cada município, as coletas de solo foram realizadas na camada de 0-10, em locais representativos dos usos descritos na tabela 1. As variáveis medidas e respectivas técnicas usadas foram: condutividade hidráulica de solo saturado (Ksat), conforme o método de carga decrescente; porosidade total (Pt) e microporosidade (Mi), desidade do solo (Ds), umidade gravimétrica (Ug), pelo método da Embrapa (1997); areia, silte, argila; pelo método da pipeta (Embrapa, 1997), carbono orgânico total (C); conforme Yeomans & Bremner (1988) e nitrogênio (N), conforme Tedesco et al. (1995).

Os dados foram agrupados por município, propriedade e uso do solo para aplicação da análise de componentes principais (ACP). Os usos do solo associados à sua respectiva propriedade constituíram os indivíduos em cada município (siglas da Tabela 1), cujas variáveis foram representadas pelo valor médio. Dessa maneira, foi organizada uma matriz de dados $X_{(n \times p)}$ de ordem 19x10, com as solos (n=19) dispostos nas linhas e as variáveis (p = 10) dispostas nas colunas. Os

dados da matriz $X_{(19 \times 10)}$ foram autoescalados, isto é, normalizados (escores z). O autoescalamento dos dados se justifica pelo fato de que as variáveis apresentam diferentes unidades de medida.

Resultados e discussão

A densidade do solo e o teor de areia (de 19,23 a 46,35) foram, de maneira geral, menores nos solos do município de Sobradinho (Tabela 2). Ao contrário, nos solos do município de Faxinal do Soturno, os menores valores foram observados para a condutividade hidráulica, porosidade total, umidade gravimétrica, carbono, nitrogênio e silte.

Tabela 2. Médias das variáveis analisadas nos diferentes solos.

Solos	Ksat	Areia	Silte	Argila	Pt	Ug	Mi	Ds	C	N
	mm h ⁻¹	----- % -----	----- % -----	----- % -----	cm ³ cm ⁻³	kg kg ⁻¹	cm ³ cm ⁻³	g cm ⁻³	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Fx.1.Ar	53,15	81,03	14,18	4,80	0,42	0,07	0,22	1,31	0,61	0,08
Fx.1.Md	26,45	90,46	5,28	4,26	0,38	0,12	0,16	1,40	0,94	0,09
Fx.1.Mn	237,60	78,58	11,88	9,69	0,57	0,12	0,20	1,31	1,38	0,16
Fx.1.Pa	11,75	67,33	21,55	11,12	0,50	0,21	0,32	1,06	1,65	0,16
Fx.1.So	7,55	45,03	39,00	15,97	0,43	0,15	0,26	1,26	1,04	0,13
Fx.2.Ar	81,80	56,28	31,22	12,50	0,38	0,10	0,25	1,47	0,87	0,10
Fx.2.Md	66,15	70,38	22,12	7,50	0,37	0,08	0,21	1,45	0,72	0,07
Fx.2.Mi	18,40	58,42	32,96	8,62	0,41	0,18	0,31	1,55	0,86	0,16
Fx.2.Mn	78,05	54,36	31,70	13,94	0,43	0,13	0,26	1,21	1,42	0,22
Fx.2.Pt	4,35	53,97	33,83	12,20	0,36	0,18	0,30	1,46	0,90	0,14
Sb.1.Fu	235,00	24,55	48,15	27,30	0,49	0,23	0,35	1,17	2,16	0,53
Sb.1.Mi	129,45	19,23	44,94	35,83	0,48	0,25	0,34	1,20	2,08	0,58
Sb.1.Mn	160,60	27,05	50,35	22,60	0,55	0,30	0,32	1,04	1,68	0,60
Sb.1.Pa	354,55	46,35	31,33	22,31	0,50	0,20	0,28	1,28	1,48	0,38
Sb.1.So	170,25	37,12	43,05	19,83	0,50	0,24	0,36	1,17	1,83	0,54
Sb.2.Eu	178,65	37,00	29,59	33,42	0,50	0,27	0,33	1,19	1,52	0,38
Sb.2.Fu	380,65	39,10	42,75	18,15	0,43	0,19	0,29	1,37	0,98	0,25
Sb.2.Mi	418,85	28,96	29,83	41,20	0,45	0,31	0,32	1,14	1,31	0,39
Sb.2.Pa	310,45	37,68	42,29	20,02	0,49	0,21	0,29	1,13	0,97	0,26

As duas primeiras componentes principais contêm 78,18% da variância dos dados (a soma da variância dos três primeiros autovalores) e representam o padrão geral dos solos (Tabela 3). Todas as outras oito componentes explicaram juntas 21,82 % da variância dos dados, e foram consideradas de pouca importância para descrever a estrutura principal dos dados. Dessa forma, foram usadas as duas primeiras componentes, simbolizadas por CP1 e CP2.

Tabela 3. Descritores de variabilidade e do padrão de relação dos solos e variáveis.

Autovalores			Autovetores		
Autovalor	Variância parcial	Variância acumulada	Variáveis	1	2

--	%	%		--	--
6,55	65,52	65,52	Ksat	-0,2178	-0,1416
1,27	12,66	78,18	Areia	0,3566	-0,3262
0,89	8,95	87,13	Silte	-0,2947	0,4513
0,41	4,13	91,26	Argila	-0,3408	0,0939
0,34	3,38	94,65	Pt	-0,2578	-0,5832
0,25	2,49	97,13	Mi	-0,3555	0,0358
0,13	1,31	98,44	Ug	-0,3343	0,2809
0,11	1,10	99,54	Ds	0,2855	0,4276
0,05	0,46	100,00	C	-0,3194	-0,2395
0,00	0,00	100,00	N	-0,3664	-0,0223

Os escores de cada solo (ver siglas na Tabela 1) para a CP1 são obtidos pela soma dos produtos das coordenadas do primeiro autovetor pelo valor das respectivas variáveis (p.ex.: Escore dos solos para a CP1 = $-0,2187 \cdot Ksat + 0,3566 \cdot Areia + \dots - 0,3664 \cdot N$). O procedimento se repete para o cálculo dos escores da CP2. Assim, verifica-se que o autovetor é uma matriz de pesos aplicados sobre as variáveis. As variáveis que recebem maior peso têm maior contribuição para o posicionamento dos solos no plano ortogonal formado pelas componentes (Figura 1).

A CP1 é basicamente um contraste entre variáveis que definem as características do solo com base na granulometria e atributos químicos associados àquela (Tabela 3 e Figura 1). Os maiores pesos negativos estão relacionados às variáveis argila, Mi, Ug, C e N, que contrastam com o teor de areia, que recebe peso positivo (Tabela 3). Assim, solos posicionados à esquerda em relação à origem da CP1 podem ser considerados com melhor qualidade físico-química (valores mais altos para argila, Mi, Ug, C e N) (Figura 1). Ao contrário, solos com menor qualidade físico-química são posicionadas à direita da origem da CP1.

O conjunto de dados usado neste trabalho provém de distintos ambientes edafoclimáticos e se distinguem sob vários aspectos particulares. A CP1 indica que os solos do município de Faxinal do Soturno são mais frágeis fisicamente, por serem mais arenosos, ou são mais degradados estruturalmente, por apresentarem maior densidade (Tabela 2 e Figura 3). Diferentemente, os solos de Sobradinho apresentam melhor condição em termos de composição da fração sólida do solo e de indicadores de nutrição, pois estão relacionados com maiores teores de argila, microporos, carbono e nitrogênio, o que aumenta a retenção de água (indicada pela Ug), a porosidade total e a condutividade hidráulica de solo saturado (Tabela 2 e Figura 3).

Os teores de argila, silte, Ug, Ksat e Mi foram positivas e significativamente relacionados com o teor de carbono e nitrogênio (matéria orgânica) (Figura 3). Esse aspecto ressalta a importância do aporte de carbono e nitrogênio no solo para a melhoria da estrutura do solo, pois a união mecânica das partículas de solo e o efeito agregante de produtos derivados da síntese microbiana melhoram a agregação do solo (Baver et al, 1973). Solos que apresentam maior teor de argila e matéria orgânica são solos que possuem melhor qualidade física, influenciando no desenvolvimento das plantas por

meio da capacidade de infiltração da água no solo, aeração e pela nutrição. Já solos que apresentam maior teor de areia, são solos pouco estruturados. Além disso, verifica-se que o manejo pode agravar a degradação do solo, pois os solos da mata nativa (Fx.1.Mn e Fx.2.Mn) apresentam quantidade de areia semelhante a solos usados para o cultivo de mandioca e arroz (Fx.1.Md, Fx.2.Md, Fx.1.Ar e Fx.2.Ar), porém os segundos estão posicionados numa condição de maior fragilidade física, de acordo com a CP1 (Figura 3). Contudo, para a maioria dos solos avaliados não se verificou uma relação clara do manejo com as propriedades físicas e químicas. Solos com usos bem diferentes (Sb.1.Mn comparado com Sb.1.Fu ou Sb.1.Mi) estão bastante próximos na CP1 (Figura 3).

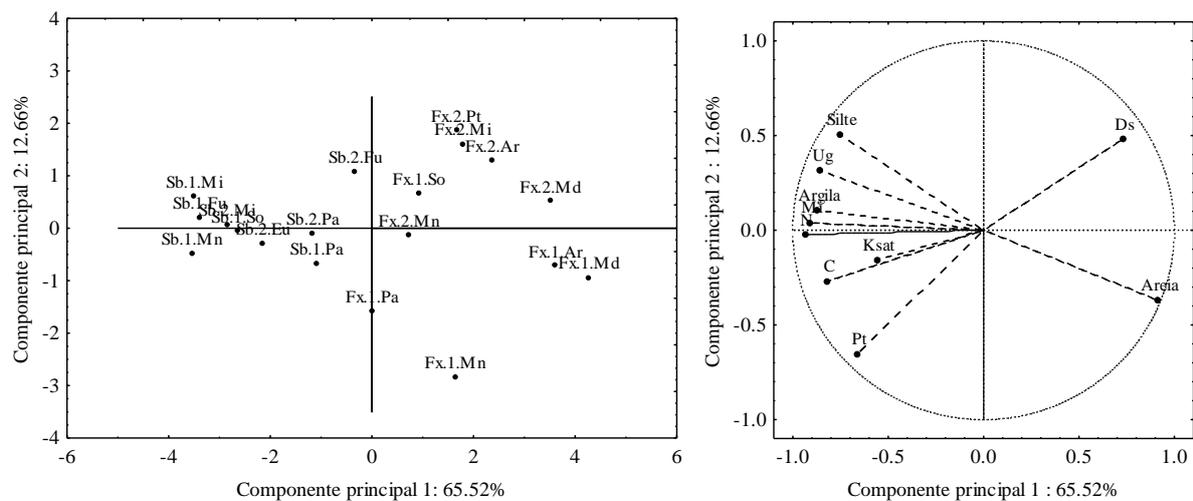


Figura 3. Correlação entre as variáveis e as componentes principais (A) e escores das áreas para a primeira e segunda componentes (B).

A CP2 é um contraste entre variáveis descritoras da condição estrutural do solo (Tabela 3 e Figura 3), porém pouco discrimina os solos com base na Pt (maior peso negativo) e na Ds (um dos maiores pesos positivos), pois contribui com apenas 12,66% da variabilidade dos dados. Assim, solos melhor estruturados (valores mais altos para Pt) são posicionadas acima da origem da CP2 (Figura 3). Ao contrário, solos com menor qualidade estrutural são posicionados abaixo da origem da CP2.

O posicionamento dos solos na CP2 mostra que os solos Fx.1.Pa e Fx.1.Mn são solos mais estruturadas fisicamente (maior porosidade total), enquanto que os solos Fx.2.Pt, Fx.2.Mi e Fx.2.Ar são solos com pior condição estrutural, pois apresentam maior densidade (Tabela 3) e que a qualidade estrutural é melhor no solo sem intervenção antrópica (Fx1.Mn).

Conclusões

A análise de componentes principais evidenciou que os solos do município de Faxinal do Soturno são mais frágeis que os solos do município de Sobradinho. Se um mesmo padrão de manejo for usado nos dois municípios, os solos de Faxinal do Soturno seriam degradados mais intensamente.

A relação do uso com as propriedades físicas e químicas dos solos foi pouco discriminada por meio da análise de componentes principais, devido à heterogeneidade dos solos.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro por meio do edital MCT/CNPq/SEAP-PR/CT-AGRONEGÓCIO/CT-VERDE-AMARELO/CT-SAÚDE/CT-HIDRO - Nº 07/2008 - Projeto "Tecnologias apropriadas de uso e manejo do solo visando à proteção dos recursos hídricos em unidades de produção familiar". Aos bolsistas do projeto, acadêmicos do curso de graduação Tecnológica em Agricultura Familiar e Sustentabilidade da Universidade Aberta do Brasil e aos bolsistas do laboratório de Física do Solo que realizaram as análises.

Literatura Citada

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos a qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:1153-1155, 2004.

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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.3, p.527-538, 1998.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. (eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Spec. Publ. nº.35. Madison, WI: ASA, CCSA e SSSA, 1994. p.3-21.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. 2ª ed. Rio de Janeiro:EMBRAPA, 1997. 212 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Ciência & Ambiente*, Santa Maria, n. 27, p. 29- 48, 2003.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H.v& VOLKWEISS, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 19:1467-1476, 1988.