



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

RESTRIÇÕES QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO SOB TRÊS TIPOS DE MANEJO DE SOLO E DE CULTURAS

Silvio Tulio Spera⁽¹⁾; Pedro Alexandre Varella Escosteguy⁽²⁾; José Eloir Denardin⁽³⁾; Vilson Antonio Klein⁽²⁾
Henrique Pereira dos Santos⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Agrossilvipastoril, Av. das Itaúbas, 2.639, Sinop, MT, CEP 78550-003; silvio.spera@embrapa.br; ⁽²⁾ Professor; Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia; Universidade de Passo Fundo, BR 285, km 291, Passo Fundo, RS, CEP 99052-900, Caixa Postal, 661; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Trigo, BR 285, km 294, Passo Fundo, RS, CEP 99001-970, Caixa Postal 451.

Resumo – O experimento foi conduzido em campo, em Passo Fundo, após mais de duas décadas de cultivo sem aplicação de calcário. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos dos fatores tipos de manejo de solo e de culturas nos atributos químicos de duas camadas de solo situadas entre 0 a 20 cm. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com três tipos de manejo e três rotações de culturas. O efeito destes fatores nos atributos químicos dos solos também foi avaliado em função da camada de solo analisada. Os atributos químicos do solo não foram afetados pela interação dos fatores estudados, sendo pouco influenciados pela rotação de culturas. Em todos os tratamentos, os resultados indicaram uma camada superficial (0 a 6,7 cm) com concentração de nutrientes e outra subsuperficial (6,8 a 20 cm) compactada e mais ácida. Na camada superficial os valores dos atributos químicos foram mais adequados para o desenvolvimento das culturas avaliadas nos manejos conservacionistas. Não houve diferenças entre os valores de matéria orgânica e a fração particulada desta. Na camada subsuperficial, em todos os tratamentos, os atributos de acidez do solo foram restritivos ao desenvolvimento de plantas.

Palavras-Chave: solo; química; plantio direto, preparo convencional, escarificação, acidez do solo.

INTRODUÇÃO

Os Latossolos Vermelhos distróficos são os principais solos agrícolas da região do Planalto do RS, e estão sob uso agrícola há mais de 50 anos, sendo que, neste período foram submetidos a uma mudança no tipo de manejo: eram manejados com revolvimento por arados e grades, a cada safra, e partir do fim dos anos 1980, passaram a ser manejados com plantio direto.

Nesta mudança de manejo, alterações nos atributos químicos podem ter ocorrido em razão das diferenças entre cada tipo de manejo (Santos et al., 2008). Estes solos, quando passaram a ser manejados com plantio direto, deixaram de ser revolvidos em toda a camada cultivada (0 a 20 cm), ocorrendo mobilização somente na linha de semeadura. O manejo com cultivo mínimo com escarificador de hastes também não mais promoveu revolvimento desta camada (Secco et al.,

2009). Assim, relevantes alterações nos atributos químicos destes solos têm sido observadas com o passar dos anos de uso. Santos et al. (2008) observaram em um Latossolo Vermelho distrófico, acumulação de P, K e de matéria orgânica do solo (MOS) na camada superficial de parcelas submetidas aos manejos conservacionistas plantio direto e cultivo mínimo em relação às parcelas manejadas com arados de discos e de aivecas. Verificaram também aumento da acidez nas camadas abaixo de 10 cm. Nessas condições, o monitoramento da acidificação, com vistas à correção do solo deve ser mais freqüente (Vieira et al., 2008). Costa et al. (2004) encontraram maiores teores de MOS em solo manejado com plantio direto, enquanto Tomm et al. (2007) não observaram diferenças desses teores entre os tipos de manejo.

Apesar de os solos manejados com plantio direto mostrarem, principalmente nas camadas subsuperficiais, restrições nos atributos químicos mais relevantes relativos à acidificação, estes não têm sido menores que os das parcelas manejadas com preparo convencional (Santos et al., 2008). Neste mesmo tipo de solo e de manejos, Santos et al. (2006) constataram, em algumas safras, maiores rendimentos de grãos de trigo, mas atribuíram aos efeitos benéficos da rotação de culturas na sanidade da cultura.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os atributos químicos com níveis restritivos, de duas camadas de um Latossolo Vermelho distrófico de Passo Fundo, RS, manejado com diferentes tipos de manejo de solo e de culturas, por mais de 22 anos, sem a reaplicação de calcário neste período.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, foram selecionadas parcelas de um experimento instalado em 1985 em um Latossolo Vermelho distrófico de Passo Fundo. O experimento foi conduzido durante 22 anos, em delineamento de blocos casualizados, com esquema de subparcelas, envolvendo tratamentos de manejo de solo: plantio direto; preparo mínimo de solo com escarificador de hastes e; revolvimento com arado e grades, uma vez ao ano, antecedendo a cultura de inverno. Cada um dos tratamentos de manejo de solo continha, como subparcela, as rotações de culturas trigo/soja; trigo/soja e ervilhaca/sorgo; trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja.

Na instalação do experimento em 1985, a camada de solo de 0-20 cm foi amostrada, e os resultados das análises

foram: pH: 4,8; Al: 1,2 cmol_c dm⁻³; Ca: 3,0 cmol_c dm⁻³; Mg: 1,9 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica: 34 g dm⁻³; P: 23 mg dm⁻³ e, K: 104 mg dm⁻³. O solo foi submetido à correção de acidez, com 7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 100%), visando a elevar o pH a 6,0. Na época da instalação do experimento o teor de matéria orgânica na camada de 0 a 20 cm foi de 34 g dm⁻³.

As amostras foram coletadas em dois ambientes edáficos representando as camadas de 0 a 6,7 cm e de 6,8 a 20 cm, amostras estas destinadas às análises químicas de rotina. As adubações das culturas foram feitas segundo CQFS-RS/SC (2004). Entretanto, o presente estudo foi conduzido em um experimento de longa duração cujos tratamentos possuíam como característica a não realização da calagem quando a saturação por alumínio e por bases estipuladas pela recomendação oficial já estavam ocorrendo.

As amostras foram analisadas segundo métodos indicados em Tedesco et al. (1995).

Os resultados das análises dos atributos de solo foram submetidos à análise de variância e de correlação com o programa CoStat, enquanto as médias dos valores das camadas de 0 a 6,7 cm e de 6,8 a 20 cm, comparadas por teste t pareado (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações estatísticas indicaram diferenças entre as médias dos tratamentos de somente alguns dos atributos avaliados. As principais diferenças foram observadas quando se comparou as duas camadas estudadas.

A Tabela 1 mostra que os valores de pH variaram entre os tipos de manejo na camada de 6,8 a 20 cm, enquanto que os valores de índice SMP variaram em ambas as camadas. Não houve diferenças entre as médias destes atributos nas rotações de culturas. Entretanto, em todos os tratamentos, ocorreram diferenças nos valores de pH e índice SMP entre das camadas avaliadas, sendo os valores de pH e do índice SMP menores na camada de 6,8 a 20 cm. Vieira et al. (2008) encontraram valores de pH de mesma magnitude, porém, com diferenças entre os tratamentos, até a profundidade de 25 cm de um Argissolo distrófico sob PD no RS manejados sob diferentes seqüências de cultivos após mais de vinte anos sem calagem. Os autores atribuíram estas diferenças de intensificação de acidificação aos distintos graus de remoção de bases alcalinas pelas culturas.

Os baixos valores de pH conforme a CQFS-RS/SC (2004) foram atribuídos a não reaplicação de calcário nos últimos 22 anos. No presente estudo, os valores de pH se estabilizaram próximos de 5,0, pois, de acordo com Ernani (2008), mesmo na ausência de calagem, adições de grande quantidade de sais fertilizantes ocasionam reações que afetam os níveis de atividade relativa do H⁺ da solução.

Na Tabela 1 também são mostrados os valores médios de Al, Ca e Mg. Os valores de Al e de Mg não diferiram, na mesma camada, entre os tratamentos e ocorreram níveis elevados de Al, e médios de Mg. Os valores de Ca, na camada de 0 a 6,7

cm, variaram entre os tipos de manejo sendo maior no PD em relação ao PC. Os teores de Al foram maiores que os níveis considerados tóxicos às plantas. Os menores valores de Al coincidiram com os maiores de pH, havendo forte correlação inversa entre estes parâmetros (r = -0,70; p <0,0001). Em todos os tratamentos, a saturação por Al foi maior que 10% e, isto sugere que após anos sem calagem, o Al neutralizado foi solubilizado, mas não retornando a valores menores que 4,5.

Verificou-se redução do pH, do valor V, dos teores de cátions de reação básica e aumento do teor de Al trocável, em função do tempo de cultivo sem reaplicação de calcário. Oliveira et al. (2002) relatam a ocorrência de alterações nos indicadores de acidez das camadas superficiais, principalmente em solos sob PD. Estes autores destacam como determinantes da magnitude dessas mudanças, os teores iniciais dos cátions de reação básica trocáveis, o tempo de cultivo, os teores de cátions e de carbono solúvel dos resíduos culturais em superfície, da capacidade de acidificação das raízes das culturas que compõem as rotações de culturas e do manejo da adubação nitrogenada.

Os teores de Ca, em todos os tratamentos, foram ligeiramente menores que os da condição inicial do experimento. Isso indica que a reacidificação do solo dos tratamentos testados não se deveu somente a perdas de Ca. Os teores de Ca foram maiores na camada 0 a 6,7 cm em comparação ao PC. Constatou-se, também, nas rotações, maior teor de Ca nessa camada. Os teores de Ca trocáveis foram menores na camada 6,8 a 20 cm do que nas camadas superficiais, em todos os tipos de manejo de solo, ou seja, na camada compactada. Em todos os tratamentos, os valores de Ca foram menores que o valor crítico conforme CQFS-RS/SC (2004), enquanto que os valores de Mg foram ligeiramente maiores que o valor crítico estabelecido.

Os maiores teores de Mg do solo foram observados na camada de 0 a 6,7 cm (Tabela 1). Em razão da pouca solubilidade do calcário, quando este é aplicado em superfície, e da pouca estabilidade de ânions carbonáticos derivados da dissolução do calcário, não é esperado que ocorra correção da acidez, e aumento da disponibilidade de Ca e Mg nas camadas subsuperficiais, principalmente, aquelas situadas abaixo de uma camada compactada (Oliveira et al., 2002). Isso explica o fato da correção da acidez e o suprimento de Ca e Mg, mesmo em solo com revolvimento, ficar restrita às camadas superficiais do solo.

Na Tabela 1 constam os resultados de saturação por bases em função dos fatores avaliados no experimento. Os valores de saturação por bases dos tratamentos, em ambas as camadas, foram menores que os valores críticos de 80% e 65%, indicados pela CQFS-RS/SC (2004), para se proceder a calagem, tanto em solo manejados com PC, como com PD, respectivamente.

A saturação por Al nos tratamentos foi maior que o valor crítico de 10%, que é um dos critérios secundários de decisão de calagem (CQFS-RS/SC, 2004), em solos sob PD, quando a interpretação do valor do pH em água discorda do valor de saturação por bases. Mesmo na camada 0 a 6,7 cm, onde, geralmente, há maior acúmulo de material orgânico, e de cátions de reação básica trocáveis, que são os principais responsáveis pela menor expressão do

Al tóxico (Oliveira et al., 2002). Os valores de Al, saturação por bases e saturação por Al diferiram entre as camadas de 0 a 6,7 e de 6,8 a 20 cm.

Os valores médios de saturação por bases dos tratamentos, em ambas as camadas, foram menores que os valores críticos indicados pela CQFS-RS/SC (2004), para se proceder a calagem, tanto em solo manejado com PC, como com PD, respectivamente. Como em ambas as camadas foram constatadas, em todos os tratamentos, valores de saturação por alumínio maior que 10%, isso indica que, após vários anos sem calagem, o Al neutralizado pelos ânions carbonáticos, foi solubilizado.

Os teores de P do solo foram maiores nos manejos PD e PM em relação ao PC, mas não houve diferenças entre ambas as camadas (Tabela 1). Não houve diferenças entre os teores deste nutriente em função das rotações de culturas. Na camada de 0 a 6,7 cm o teor de P no PD foi o dobro do PC, sendo interpretado como muito altos (CQFS-RS/SC, 2004).

Em ambas as camadas, o teor de P nos sistemas de manejo conservacionistas foram maiores que no PC. Em todos os tipos de manejo de solo e de rotações de culturas avaliadas, até a profundidade de 20 cm, o teor de P foi maior que o considerado crítico, na classe de textura do solo estudado (CQFS-RS/SC 2004).

O teor muito alto de P na camada agricultável indica que os níveis biodisponíveis desse nutriente não estão sendo afetados pelo pH do solo e que a fixação de P no solo não foi suficiente para reduzir a biodisponibilidade abaixo do nível crítico. Por outro lado, a elevação da disponibilidade de P, promovida por adubações sucessivas, que também foi verificada no presente estudo, também melhora as condições de solo que promovem o crescimento e desenvolvimento de plantas (Ernani, 2008). Os maiores valores de P foram constatados no PD e no PM, onde também foram observados maiores teores de Ca. Apesar de não ter sido constatada diferenças entre as camadas pelo teste t pareado, os resultados confirmaram a tendência de acúmulo de P na superfície de solos sob manejo conservacionistas, que também foi verificada em outros trabalhos (Oliveira et al., 2002).

Os teores K extraídos do solo foram maiores na camada de 0 a 6,7 cm, independente do tipo de manejo do solo ou de rotação de culturas (Tabela 1). Porém, diferiu entre as duas camadas avaliadas e a interpretação desse nutriente correspondeu, nas duas camadas, à classe de K muito alto (CQFS - RS/SC, 2004), indicando que o K não necessita ser aplicado, ao menos na safra seguinte, nestes tratamentos.

Os altos teores de P e K que acumularam na camada superficial dos tratamentos avaliados podem estar relacionados a um menor nível de absorção destes nutrientes pelas plantas. A elevada acidez, a baixa disponibilidade de Ca, o excesso de Al e inadequada quantidade de fertilizantes aplicados, podem ter promovido este acúmulo (Bernardi et al., 2009). Por outro lado, isto poderia ter sido evitado, com o monitoramento destes atributos no solo e a utilização do sugerido em CQFS-RS/SC (2004), pois ao menos uma vez deve ter ocorrido aplicação de fertilizantes em

quantidade maiores que as recomendadas, ao longo do experimento.

Os resultados do teor de matéria orgânica do solo (MOS) mostraram que não houve interações entre os fatores estudados. Porém, houve diferenças entre os teores de MOS de ambas as camadas avaliadas (Tabela 1). A MOS não mostrou diferenças entre os fatores estudados e a Tabela 1 mostra que os maiores teores de MOS foram observados na camada de 0 a 6,7 cm, e que houve diferenças entre as camadas. Entretanto, tem sido constatado na maioria dos trabalhos realizados sobre o PD (Costa et al., 2004), que os valores de MOS são geralmente maiores neste tipo de manejo.

Os teores de MOS observados indicaram que, após 22 anos de cultivo sem reaplicação de calcário, independente do tipo de manejo ou de rotação, mantiveram-se estáveis, não havendo incrementos em relação aos teores do início do experimento.

De acordo com Calegari et al. (2008), nas rotações com maior número de espécies leguminosas, os teores de MOS tem sido maiores, pois as espécies de poáceas, aveia, trigo e sorgo, que demandam mais N e mostram sistema radicular mais profundo, absorvem maior quantidade de N do solo e, portanto, desfavorecem a formação de matéria orgânica. No entanto, no presente trabalho, as rotações contaram com números equilibrados de espécies das duas famílias botânicas.

CONCLUSÕES

1. Os atributos químicos relativos à acidez indicam que o solo de todos os tratamentos, após 22 anos sem calagem, se acidifica novamente. A acidez é maior na camada subsuperficial e os teores Ca e Mg se concentram na camada superficial dos manejos PD e PM.

2. O P e o K acumulam nas camadas superficiais dos tipos de manejo conservacionista, sendo muito altos.

3. Os teores de matéria orgânica do solo não são afetados pelos tratamentos. O teor de matéria orgânica do solo dos tratamentos se mantém igual ao de 22 anos atrás.

REFERÊNCIAS

- BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA JR., J.P.; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G.S.; FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.39, p.158-167, 2009.
- CALEGARI, A.; HARGROVE, W.L.; RHEINHEIMER, D.S.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M.F. Impact of long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an Oxisol: a model for sustainability. *Agronomy Journal*, v.100, p.1.013-1.019, 2008.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: SBCS. CQFS, 2004. 400p.
- COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. *Ciência Rural*, v.34, p.587-589, 2004.
- ERNANI, P.R. Química do solo e disponibilidade de nutrientes. Lages: O autor, 2008. 230p.

- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ- VENEGAS, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (eds.). Tópicos de ciência do solo. Viçosa: SBCS, v.2, p.393-486, 2002.
- SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; SPERA, S.T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais sobre o rendimento e outras características agronômicas de trigo. *Bragantia*, v.65, p.669-677, 2006.
- SANTOS, H.P.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O.; KOCHHANN, R.A.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. *Bragantia*, v.67, p.441-454, 2008.
- SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. *Ciência Rural*, v.39, p.58-64, 2009.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. rev. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS. 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- TOMM, G.O.; SANTOS, H.P.; SPERA, S.T.; KOCHHANN, R.A. Efeito de sistemas de manejo de solo em atributos químicos do solo. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.13, p.47-59, 2007.
- VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; ZANATTA, J.; BISSANI, C.A. Long-term acidification of a Brazilian Acrisol as affected by no till cropping systems and nitrogen fertilizer. *Australian Journal of Soil Research*, v.46, p.17-26, 2008.

Tabela 1. Médias de pH em água, índice SMP, Al, Ca, Mg trocáveis, saturação por bases, por alumínio, fósforo e potássio de duas camadas de Latossolo Vermelho distrófico com três tipos de manejo de solo e de culturas

Camada, cm	PD	PC	PM	R1	R2	R3	CV %
pH em água							
0- 6,7	4,96	5,08	5,02	5,04	5,03	4,98	1,7
6,8-20	4,95b	5,07a	4,97b	5,02	4,98	4,99	2,2
Valor de t	5,49*	4,13*	5,00*	6,00*	5,77*	3,58*	-
Índice SMP							
0- 6,7	5,37b	5,53a	5,46ab	5,48	5,46	5,42	1,2
6,8-20	5,33b	5,46a	5,38ab	5,44	5,35	5,39	2,3
Valor de t	7,62*	4,10*	3,33*	5,55*	4,08*	4,44*	-
Al, mmol _c kg ⁻¹							
0- 6,7	0,97	0,96	0,94	0,87	0,99	1,02	5,2
6,8-20	1,56	1,21	1,41	1,29	1,41	1,48	5,5
Valor de t	13,58*	5,28*	14,26*	7,33*	5,56*	7,00*	-
Ca, mmol _c kg ⁻¹							
0- 6,7	2,91a	2,49b	2,69ab	2,82	2,66	2,61	8,0
6,8-20	2,51	2,49	2,35	2,62	2,36	2,37	9,6
Valor de t	6,15*	2,83*	6,38*	3,36*	4,40*	3,94*	-
Mg, mmol _c kg ⁻¹							
0- 6,7	1,42	1,17	1,12	1,20	1,24	1,27	11,8
6,8-20	1,08	1,05	0,93	1,04	0,99	1,04	13,6
Valor de t	5,69*	3,83*	3,72*	6,13*	3,92*	3,64*	-
Saturação por bases,%							
0- 6,7	37	37	37	38	37	37	8,1
6,8-20	31	33	31	33	30	31	14,5
Valor de t	12,22*	4,88*	4,84*	6,10*	5,71*	5,86*	-
Saturação por alumínio,%							
0- 6,7	16	18	17	15	17	17	5,2
6,8-20	27	23	27	23	27	27	5,5
Valor de t	17,16*	5,68*	11,88*	9,18*	6,30*	8,42*	-
P, mg kg ⁻¹							
0- 6,7	50a	24b	44a	39	40	40	13,5
6,8-20	36a	21b	34a	32	29	29	5,9
Valor de t	1,76 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,92 ^{ns}	-
K, mg kg ⁻¹							
0- 6,7	383	356	329	339	340	390	5,4
6,8-20	224	232	170	207	204	216	12,6
Valor de t	10,92*	2,81*	6,00*	4,00*	5,43*	3,95*	-
Matéria orgânica do solo, g kg ⁻¹							
0- 6,7	33,1	26,2	28,9	28,6	29,8	29,9	5,5
6,8-20	29,4	24,6	26,5	26,2	26,3	27,9	4,5
Valor de t	6,53*	3,87*	3,35*	3,11*	3,30*	6,98*	-

PD: plantio direto; PC: preparo convencional com arado de discos e grades; PM: preparo mínimo com escarificador de hastes; R1: rotação trigo/soja; R2: rotação trigo/soja e ervilhaca/sorgo; R3: rotação trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja. Valores seguidos de letras diferentes, na horizontal, indicam diferenças entre os tratamentos pelo teste Tukey. *valores do teste t pareado indicam diferenças entre os valores dos atributos nas camadas estudadas.