



Efeito de pastagens sobre o nível de fertilidade do solo em sistemas de produção de grãos sob plantio direto após dez anos

Henrique Pereira dos Santos¹, Renato Serena Fontaneli²,
Silvio Tulio Spera³ e Gilberto Omar Tomm⁴

Resumo - O objetivo do presente estudo foi avaliar a fertilidade de um Latossolo Vermelho Distrófico típico, em Passo Fundo, RS, dez anos após o estabelecimento de quatro sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto: sistema I -- trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; sistema II – trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III – pastagem perene de estação fria (festuca + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); sistema IV – pastagem perene de estação quente (pensacola + aveia preta + azevém + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); e sistema V – alfalfa para feno, que foi acrescentado como tratamento adicional, com repetições em áreas contíguas ao experimento, em 1994. As áreas sob os sistemas III, IV e V retornaram ao sistema I a partir do verão de 1996. Os sistemas I, II, III, IV e V elevaram o nível de matéria orgânica e os teores de P extraível e de K trocável, principalmente na camada de solo 0-5 cm. Nos sistemas I, II, III, IV e V, os níveis de matéria orgânica e os teores de Al trocável, P extraível e de K trocável diminuíram da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, enquanto para os valores de pH e de Ca e Mg trocáveis ocorreu o inverso.

Palavras-chave: rotação de culturas, integração lavoura-pecuária, pastagem anual, pastagem perene.

Effect of pastures on soil fertility in crop production systems under no-tillage after ten years

Abstract - The objective of this study was to assess the soil fertility on a typical dystrophic Red Latosol (Typic Haplorthox) located in Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul, Brazil, ten years after the introduction of mixed production systems, using production systems integrating grain production with pastures under no-tillage. Four production systems were evaluated: system I (wheat/soybean, white oat/soybean, and common vetch/corn); system II (wheat/soybean, white oat/soybean, and grazed black oat + grazed common vetch/corn); system III [perennial-cool season pastures (fescue + white clover + red clover + birdsfoot trefoil)]; system IV [perennial-warm season pastures (bahiagrass + black oat + rye grass + white clover + red clover + birdsfoot trefoil)]; and system V (alfalfa as hay crop), which was established in an adjacent area in 1994. The areas under systems III, IV, and V returned to system I after the summer of 1996. The systems I, II, III, IV e V increased the soil contents of organic matter, extractable P, and exchangeable K, mainly at 0-5 cm depth. The systems I, II, III, IV e V organic matter, exchangeable Al, extractable P, and exchangeable K levels decreased from the 0-5 cm layer to the 20-30 cm layer, while the opposite occurred with pH and exchangeable Ca and Mg contents.

Key words: crop rotation, ley farming, annual pasture, perennial pasture.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo (RS). E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ.

² Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Trigo, e Professor Titular da UPF-FAMV. E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ.

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Trigo. Doutorando do Curso de Sistema de Produção da UPF/FAMV. E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Trigo. E-mail: tomm@cnpt.embrapa.br

Recebido para publicação em 24/03/2006



Introdução

O conjunto de práticas que constituem a agricultura conservacionista representa notável progresso no desenvolvimento agrícola das últimas duas décadas no Brasil. A redução ou eliminação do revolvimento para preservar os resíduos vegetais sobre a superfície do solo, a ampliação da biodiversidade por meio de rotação de culturas e cultivos múltiplos, o uso de plantas de cobertura, a integração lavoura-pecuária e os sistemas agroflorestais constituem os pilares de sustentação de um modelo holístico de produção, principalmente pelos seus benefícios na proteção do solo, da água, do ar e da biota em terras cultivadas.

No contexto da agricultura conservacionista, uma das modalidades mais eficazes para garantir a sustentabilidade e combater os problemas da degradação ambiental é o plantio direto, que hoje ocupa aproximadamente 70 milhões de hectares em todo o mundo. Nesse sistema de manejo de solo, tem sido observado acúmulo de matéria orgânica, Ca, Mg, P e K, principalmente na camada superficial do solo (SÁ, 1993; DE MARIA et al., 1999; MATOWO et al., 1999; SANTOS e TOMM, 1999; SILVEIRA e STONE, 2001). Ademais, tem sido verificada, igualmente na camada superficial, acidificação do solo (SALET, 1994; PAIVA et al., 1996).

Nesse contexto, a integração lavoura-pecuária sob plantio direto destaca-se como uma estratégia promissora para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e mais sustentáveis a longo prazo. Tem sido relatado que o uso de pastagens perenes pode beneficiar as culturas produtoras de grãos subsequentes, em razão da melhoria da fertilidade do solo, por meio da reciclagem de nutrientes, adicionando N ao solo via leguminosas (GIACOMINI et al., 2003).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens anuais de inverno e pastagens perenes, sob sistema plantio direto, após dez anos de cultivo, sobre os atributos de fertilidade de solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), município de Passo Fundo, RS (longitude 28° 15' S, latitude 52° 24' W e altitude 684 m), no período de 1993 a 2002, em Latossolo Vermelho Distrófico típico (STRECK et al., 2002), textura muito argilosa e relevo suave-ondulado.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de produção integrando culturas de grãos: aveia branca (*Avena sativa* L.), milho (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e trigo (*Triticum aestivum* L.); forrageiras anuais de inverno: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* L.) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.); e

forrageiras perenes: alfafa (*Medicago sativa* L.), cornichão (*Lotus corniculatus* L.), festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.), pensacola (*Paspalum notatum* Flüggé), trevo branco (*Trifolium repens* L.) e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). Compararam-se os seguintes sistemas: sistema I – trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; sistema II – trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III – pastagem perene de estação fria (festuca + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); sistema IV – pastagem perene de estação quente (pensacola + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); e sistema V – alfafa para feno, acrescentado como tratamento adicional, com repetições em áreas contíguas ao experimento, em 1994. As áreas sob os sistemas III, IV e V retornaram ao sistema I, a partir do verão de 1996. Todas as espécies, tanto no inverno como no verão, foram estabelecidas sob plantio direto.

Em abril de 1993, antes da semeadura das culturas de inverno, foram coletadas amostras de solo em cada parcela, à profundidade de 0-20 cm, e os valores médios observados foram: argila = 480 g kg⁻¹; pH = 6,0; Al trocável = 0,5 mmol_c dm⁻³; Ca + Mg trocáveis = 102,8 mmol_c dm⁻³; matéria orgânica = 23,0 g kg⁻¹; P extraível = 5,3 mg kg⁻¹; e K trocável = 60 mg kg⁻¹. Três anos antes da instalação do experimento, foi efetuada calagem com calcário dolomítico, baseada no método SMP (pH 6,0). As parcelas semeadas com alfafa foram corrigidas novamente com 6,0 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 100%), para elevar o pH para 6,5, aplicadas em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade de disco). Um fragmento de floresta subtropical com araucárias, adjacente ao experimento, também foi amostrado, com o mesmo número de repetições, e admitido como referencial do estado de fertilidade do solo antes de este ser submetido às alterações antrópicas.

A adubação de manutenção foi baseada na média dos valores observados nas análises químicas da área experimental. Amostras de solo foram coletadas após cada três anos, depois da colheita das culturas de verão. Em maio de 2002, após a colheita das culturas de verão, foram coletadas amostras de solo compostas de duas subamostras por parcela, em cada uma das seguintes profundidades: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm. As análises (pH em água, P extraível, K trocável, matéria orgânica, Al trocável e Ca + Mg trocáveis) seguiram os métodos descritos por Tedesco et al. (1985).

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas de 400 m². Os diversos sistemas de produção integrando forrageiras anuais de inverno e forrageiras perenes com culturas produtoras de grãos foram comparados para cada atributo de fertilidade de solo em uma determinada profundidade de amostragem. As profundidades de amostragem de solo foram comparadas em cada sistema de produção estudado. Todas as comparações foram realizadas por meio de

EFEITO DE PASTAGENS SOBRE O NÍVEL DE FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS SOB PLANTIO DIRETO APÓS DEZ ANOS

contrastes com um grau de liberdade (STEEL e TORRIE, 1980). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro.

Resultados e discussão

Após quatro anos de cultivo, o atributo pH do solo (Tabela 1), para todas as camadas e sistemas de produção, apresentou valores absolutos menores do que os verificados nas camadas estudadas (0-5 cm: 5,96; 5-10 cm:

6,29; 10-15 cm: 6,48; e 15-20 cm: 6,27) (SANTOS et al., 2001). Em todos os sistemas estudados, observou-se perda gradual do efeito residual da calagem, que foi realizada antes do estabelecimento deste experimento. Em todos os sistemas, houve acidificação da camada 0-5 cm, requerendo nova calagem após dez anos, para possibilitar o cultivo eficiente de leguminosas (SOCIEDADE, 2004). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Tomm (1996), por Paiva et al. (1996) e por Ciotta et al. (2002). A nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos provavelmente contribuíram para a acidifica-

Tabela 1 - Valores médios de pH em água e de alumínio trocável, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	pH (água 1:1)				Contraste entre profundidades (P > F)					
Sistema I	5,54	5,72	5,98	5,97	ns	**	**	*	*	ns
Sistema II	5,58	5,48	5,97	6,06	ns	**	**	**	**	ns
Sistema III	5,43	5,51	5,92	6,13	ns	**	**	**	**	*
Sistema IV	5,20	5,56	6,10	5,98	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	5,58	5,83	6,06	6,04	*	**	**	ns	ns	ns
Floresta (F)	4,63	4,73	4,50	4,43	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	**	*	**						
II x III	**	ns	ns	ns						
II x IV	**	ns	ns	ns						
II x V	ns	ns	ns	ns						
II x F	**	**	*	**						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	**	ns	ns	ns						
III x F	**	ns	*	**						
IV x V	**	ns	ns	ns						
IV x F	**	ns	*	*						
V x F	**	**	*	**						
	Al (mmol _c dm ⁻³)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	1,03	0,48	0,16	0,27	**	**	**	ns	ns	ns
Sistema II	1,92	1,21	0,32	0,16	ns	**	**	*	**	ns
Sistema III	2,90	2,52	0,75	0,63	ns	**	**	**	**	ns
Sistema IV	3,54	2,40	0,56	0,70	ns	**	**	*	*	ns
Sistema V	1,50	1,46	0,91	2,13	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Floresta (F)	11,30	17,50	27,95	30,63	ns	**	**	*	*	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	*	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	**	**	**						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
II x V	ns	ns	ns	ns						
II x F	**	**	**	**						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	ns	ns	ns	ns						
III x F	**	**	**	**						
IV x V	ns	ns	ns	ns						
IV x F	**	**	**	**						
V x F	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

ção da camada superficial de solo, principalmente quando se consideraram longos períodos de cultivo sem aplicação de calcário ou quando elevada dose de fertilizante foi aplicada (PAIVA et al., 1996; FRANCHINI et al., 2000; ERNANI et al., 2001).

Apenas na camada superficial houve diferença significativa entre os sistemas estudados para os valores de pH do solo. Os sistemas II (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia preta + ervilhaca/milho) e V (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa) mostraram valores de pH superiores aos dos sistemas III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente) na camada 0-5 cm. Provavelmente, as leguminosas (cornichão, trevo branco e trevo vermelho) utilizadas para pastagem perene de estação fria ou de estação quente, nos sistemas III e IV, podem ter perdido mais Ca trocável do que a ervilhaca dos sistemas II e V, de 1993 a 2002. Por sua vez, a floresta subtropical, que ainda preserva a condição edáfica original, apresentou valor de pH menor do que os de todos os sistemas na maioria das camadas estudadas. O valor de pH do solo nos sistemas estudados, exceto no sistema II, aumentou gradativamente da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. Provavelmente, deva ter ocorrido nitrificação da camada superficial pelo não – revolvimento do solo. Santos e Tomm (1996), estudando durante 4 anos e meio os sistemas de rotação de culturas para trigo sob plantio direto, em Latossolo Bruno álico do Paraná, observaram que o pH aumentou da camada 0-5 cm (4,8) para a camada 15-20 cm (5,2).

Parte da resposta positiva das culturas à calagem pode ocorrer pelo aumento de absorção de N pelas plantas, tendo em vista que a diminuição da acidez proporciona ambiente mais favorável à atividade de microrganismos decompositores liberando N e outros nutrientes (EDMEADES et al., 1981).

O valor de Al trocável do solo (Tabela 1), em todas as camadas amostradas e sistemas de produção estudados, foi mais elevado do que na avaliação de maio de 1998 (0-5 cm: 0,54; 5-10 cm: 0,09; 10-15 cm: 0,00; e 15-20 cm: 0,14 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) (SANTOS et al., 2001). O aumento no teor de Al é consequência da acidificação. Somente na primeira camada avaliada houve diferença significativa entre os sistemas estudados. O valor de Al trocável do solo no sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente) foi maior do que o obtido no sistema I (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho) na camada 0-5 cm. Provavelmente, as leguminosas (cornichão, trevo branco e trevo vermelho) utilizadas para pastagem perene de estação quente, no sistema IV, podem ter perdido mais Ca trocável do que a ervilhaca do sistema I, de 1993 a 2002, o que alteraria o valor de Al. Para as demais camadas, não houve diferença para o valor de Al trocável entre os sis-

temas estudados. Santos e Tomm (1998; 1999), Franchini et al. (2000) e Santos et al. (2003), usando sistemas de rotação de culturas, em Latossolo Bruno álico, em Latossolo Roxo distrófico e em Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob plantio direto, respectivamente, não observaram diferença significativa para o valor de Al trocável nas camadas estudadas. Ademais, a floresta subtropical apresentou Al trocável do solo superior ao de todos os sistemas estudados, por não ter recebido calagem.

Nos cinco sistemas de produção, exceto no sistema V, foram observadas diferenças significativas no nível de Al trocável entre as profundidades de amostragem de solo. Nos sistemas I, II, III e IV, o valor de Al trocável do solo diminuiu da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. Esses valores de Al estão relacionados aos de pH. Além disso, o sistema IV favoreceu maior acidificação, pois há relação entre o aumento do nível de Al trocável e a diminuição do pH. Santos e Tomm (1996) obtiveram dados semelhantes somente em um sistema de rotação de culturas para trigo sob plantio direto, em Latossolo Bruno álico, no Paraná (trigo/soja: de 10,4 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ para 4,9 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$). Em trabalho conduzido por Sidiras e Pavan (1985), usando sistemas de rotação de culturas incluindo trigo sob plantio direto em Latossolo Roxo distrófico, em Rolândia, PR, e em Terra Roxa Estruturada, em Londrina, PR, os resultados foram inversos, ou seja, houve incremento no teor de Al trocável da camada 0-10 cm para a 10-20 cm.

Nesta avaliação e em todos os sistemas de produção estudados, houve diminuição do valor de pH e aumento do teor de Al trocável na camada 0-5 cm, em relação ao observado em maio de 1998, cujos valores foram de 5,95-6,30 e 0,13-0,63 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente (SANTOS et al., 2001), caracterizando acidificação nos primeiros centímetros do solo. Isso pode ser atribuído à aplicação de fertilizantes nitrogenados em todos os sistemas e à mineralização de resíduos culturais na superfície do solo (SALET, 1994).

Os valores de Ca e Mg trocáveis do solo (Tabela 2), em todas as camadas, são considerados elevados para o crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais da região (SOCIEDADE, 2004). Entretanto, os valores de Ca + Mg estiveram abaixo do observado quatro anos antes, em todas as camadas estudadas (0-5 cm: 92 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; 5-10: 95 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; 10-15 cm: 99 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; e 15-20 cm: 94 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) (SANTOS et al., 2001). A aplicação de calcário dolomítico, antes da instalação do experimento, forneceu Ca e Mg em quantidades adequadas para que ultrapassassem o nível crítico exigido pelas espécies vegetais dos sistemas estudados, que são 40 e 10 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente (SOCIEDADE, 2004).

O sistema I superou o sistema II em teor de Ca trocável do solo na camada 0-5 cm. Provavelmente aveia preta + ervilhaca, no sistema I, podem ter retirado mais Ca via pastagem do que a ervilhaca do sistema I, que perma-

EFEITO DE PASTAGENS SOBRE O NÍVEL DE FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS SOB PLANTIO DIRETO APÓS DEZ ANOS

neceu como cobertura de inverno, de 1993 a 2002. O sistema V apresentou teor de Ca trocável mais elevado do que o dos sistemas I, II, III e IV nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm. Isso pode ser atribuído à aplicação de calcário, em 1994, no sistema V, o que não foi efetuado nos demais sistemas. Assim, o sistema V foi superior ao sistema II para teor de Mg trocável do solo nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm. Além disso, o sistema V apresentou teor de Mg trocável mais elevado do que o do sistema I na camada 5-10 cm, provavelmente em razão da calagem em 1994. Resultados semelhantes foram ob-

tidos por Franchini et al. (2000), em estudos de sistemas de rotação de culturas em dois tipos de solo, no Paraná. Na floresta subtropical, evidentemente, os teores de Ca e de Mg trocáveis foram menores em relação aos de todos os sistemas de produção na maioria das camadas estudadas. Silveira e Stone (2001), estudando sistemas de rotação de culturas, em Latossolo Vermelho distrófico perférico, durante cinco anos, observaram teores de Ca + Mg trocáveis mais elevados nos dois sistemas soja/trigo (29,7 mmol_c dm⁻³) e soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão (27,2 mmol_c dm⁻³), em comparação com os sistemas ar-

Tabela 2 - Valores médios de cálcio e magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5				5-10				10-15			
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	
	Ca (mmol _c dm ⁻³)				Contrastes entre profundidades (P > F)							
Sistema I	49	53	58	55	*	**	**	**	ns	ns		
Sistema II	43	48	55	54	*	**	**	**	**	ns		
Sistema III	48	50	58	59	ns	**	**	**	**	ns		
Sistema IV	45	49	58	56	*	**	**	**	**	ns		
Sistema V	59	63	65	61	ns	*	ns	ns	ns	ns		
Floresta (F)	34	23	11	7	*	**	**	ns	*	ns		
	Contrastes entre sistemas											
I x II	*	ns	ns	ns								
I x III	ns	ns	ns	ns								
I x IV	ns	ns	ns	ns								
I x V	**	**	*	ns								
I x F	**	**	**	**								
II x III	ns	ns	ns	ns								
II x IV	ns	ns	ns	ns								
II x V	**	**	**	ns								
II x F	*	**	**	**								
III x IV	ns	ns	ns	ns								
III x V	**	**	*	ns								
III x F	**	**	**	**								
IV x V	**	**	*	ns								
IV x F	**	**	**	**								
V x F	**	**	**	**								
	Mg (mmol _c dm ⁻³)				Contrastes entre profundidades (P > F)							
Sistema I	29	30	31	33	ns	*	**	ns	*	ns		
Sistema II	27	28	32	31	ns	**	**	*	*	ns		
Sistema III	29	31	36	37	ns	**	**	**	**	ns		
Sistema IV	30	31	36	35	ns	**	**	**	**	ns		
Sistema V	34	36	37	37	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Floresta (F)	26	14	9	6	*	**	**	ns	ns	ns		
	Contrastes entre sistemas											
I x II	ns	ns	ns	ns								
I x III	ns	ns	ns	ns								
I x IV	ns	ns	ns	ns								
I x V	ns	*	ns	ns								
I x F	ns	**	**	**								
II x III	ns	ns	ns	*								
II x IV	ns	ns	ns	ns								
II x V	**	**	*	ns								
II x F	ns	**	**	**								
III x IV	ns	ns	ns	ns								
III x V	ns	*	ns	ns								
III x F	ns	**	**	**								
IV x V	ns	ns	ns	ns								
IV x F	ns	**	**	**								
V x F	*	**	**	**								

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

roz/feijão ($22,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e arroz consorciado com calopogônio/feijão ($22,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na camada 0-10 cm.

Em todos os sistemas de produção, exceto no sistema V e na floresta subtropical, foram verificadas diferenças significativas para a maioria das profundidades de amostras quanto aos teores de Ca e Mg trocáveis do solo, com exceção das duas camadas mais profundas. Nos sistemas I, II, III e IV, os teores de Ca e Mg trocáveis aumentaram da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm, enquanto para floresta subtropical ocorreu o inverso. Apesar, desses sistemas serem conduzidos sob plantio direto, provavelmente houve maiores perdas desses elementos químicos pela enxurrada na camada superficial do que nas demais camadas. Santos e Tomm (1996), estudando sistemas de rotação de culturas para trigo, em Latossolo Bruno álico, após 4 anos e meio no Paraná, nas mesmas profundidades, obtiveram dados semelhantes para o teor de Ca + Mg trocável (de $70,0$ para $85,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Por outro lado, Silveira e Stone (2001), avaliando sistemas de rotação de culturas para arroz e feijão, no estado de Goiás, observaram valores de Ca + Mg que decresciam de $25,4$ para $24,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, na camada 0-10 cm em relação aos da camada 10-20 cm. No presente estudo, o sistema V não diferiu entre as profundidades de amostragem para o teor de Mg trocável.

O valor de matéria orgânica do solo (Tabela 3), em todas as camadas e sistemas de produção em 2002, foi superior ao valor registrado quatro anos antes (0-5 cm: 32 g kg^{-1} ; 5-10 cm: 25 g kg^{-1} ; 10-15 cm: 23 g kg^{-1} ; e 15-20 cm: 24 g kg^{-1}) (SANTOS et al., 2001). Isso, pode ser devido à menor taxa de decomposição dos resíduos vegetais, o que aumenta a fertilidade de solos ácidos com cargas dependentes de pH associado à matéria orgânica. Na maioria dos estudos sob plantio direto, tem sido observado acúmulo de matéria orgânica nas camadas próximas à superfície do solo. Por sua vez, esse acúmulo de matéria orgânica no sistema plantio direto aumenta a força iônica da solução de solo na camada superficial (SALET, 1994). A menor atividade iônica do alumínio explica, em parte, a não – ocorrência de toxicidade de alumínio.

Nos sistemas de produção estudados, em duas das quatro camadas houve diferenças significativas entre os níveis médios de matéria orgânica do solo. O sistema V foi superior aos sistemas II e IV para o nível de matéria orgânica nas camadas 10-15 cm e 15-20 cm. Além disso, o sistema V apresentou nível mais elevado de matéria orgânica do que o sistema III na camada 15-20 cm. Provavelmente, a aração e a gradagem por ocasião da aplicação de calcário, no sistema V, para o cultivo da alfafa, uniformizou o nível de matéria orgânica do solo, tornando o mesmo mais elevado nessas camadas de solo. Santos et al. (2003), estudando sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, no mesmo tipo de solo do presente ensaio, verificaram que o nível de matéria orgânica do sistema trigo/soja, pastagem de aveia preta +

ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (36 g kg^{-1}) e do sistema trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja (29 g kg^{-1}) foi superior ao do sistema trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (32 e 27 g kg^{-1}) nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, respectivamente. Pelo observado, com o passar dos anos, as pastagens perenes de estação fria e de estação quente, juntamente com a alfafa para feno, tornaram-se semelhantes, em valores de matéria orgânica, aos sistemas de produção de grãos ou com pastagens anuais de inverno na maioria das camadas estudadas. Todavia, houve, em todos os sistemas estudados, acúmulo de matéria orgânica, principalmente na camada 0-5 cm. Por sua vez, a floresta subtropical foi superior a todos os sistemas estudados para o nível de matéria orgânica na camada 0-5 cm. Além disso, a floresta subtropical apresentou nível de matéria orgânica mais elevado do que o sistema II na camada 5-10 cm.

Foram observadas diferenças no nível de matéria orgânica na maioria das camadas de solo em todos os sistemas de produção e na floresta subtropical. O nível de matéria orgânica do solo diminuiu da camada superficial para a camada mais profunda. Como todos os sistemas foram conduzidos sob plantio direto, exceto o sistema V, que foi preparado convencionalmente para incorporação de calcário, em 1994, ao acumular resíduo vegetal na superfície, apresentaram maior nível de matéria orgânica nessa camada em relação às demais. Resultado semelhante entre comportamento dos níveis de matéria orgânica da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm foram obtidos por Sá (1993), de 53 para 35 g kg^{-1} , por Santos e Tomm (1999), de $72-74$ para $69-71 \text{ g kg}^{-1}$, e por Santos et al. (2003), de $32-36$ para $23-24 \text{ g kg}^{-1}$, em sistemas de rotação de culturas para trigo sob plantio direto. A manutenção do nível de matéria orgânica em valores mais elevados apenas na camada superficial do solo decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo sob plantio direto, resultante da ausência de incorporação física destes por meio do revolvimento, que é praticado no preparo convencional de solo, a qual diminui a taxa de mineralização. Resultados similares foram obtidos por Bayer e Mielniczuk (1997).

O teor de P extraível do solo (Tabela 3) nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, em todos os sistemas estudados, foi superior ao valor considerado crítico ($9,0 \text{ mg kg}^{-1}$), nesse tipo de solo, para crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (SOCIEDADE, 2004). O teor de P na floresta subtropical foi inferior a esse nível, atestando a melhoria advinda de fertilizantes. O teor de P extraível do solo em todos os sistemas estudados aumentou nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm em relação ao teor medido em 1998, cujos valores foram $15,3$, e $8,1 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente (SANTOS et al., 2001). Conforme tem sido observado, o plantio direto provoca alterações nas propriedades químicas do solo, as quais, por sua vez, refle-

EFEITO DE PASTAGENS SOBRE O NÍVEL DE FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS SOB PLANTIO DIRETO APÓS DEZ ANOS

tem-se na fertilidade e na eficiência de uso de nutrientes pelas espécies (SÁ, 1993; PAIVA et al., 1996). A rotação de culturas tem importante papel na ciclagem de nutrientes, uma vez que as espécies vegetais diferem entre si no que se refere à quantidade e à qualidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades de solo pelo sistema radical (MENGEL e KIRKBY, 1979).

Houve diferenças significativas entre os sistemas de produção estudados para o valor do P extraível do solo nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm. O teor de P extraível do

solo foi maior nos sistemas I e V do que no sistema III na camada 0-5 cm. Além disso, o sistema V foi superior ao sistema IV na mesma camada. Por sua vez, o sistema II apresentou maior teor de P extraível do solo do que os sistemas III e IV nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm. Provavelmente, houve mais acúmulo de P nos solos, nos sistemas I e II, que vinham sendo adubados (adubação de manutenção) duas vezes ao ano, desde 1993, do que os sistemas III e IV, com somente uma vez ao ano. A partir do verão de 1996/97, todos os sistemas foram adubados com a mesma quantidade de fertilizante. Resultados si-

Tabela 3 - Valores médios de matéria orgânica e de fósforo extraível, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	Matéria orgânica (g kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	44	32	28	28	**	**	**	**	**	ns
Sistema II	44	31	28	27	**	**	**	**	**	ns
Sistema III	45	33	29	27	**	**	**	*	**	ns
Sistema IV	44	31	28	27	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	46	34	31	30	**	**	**	**	**	*
Floresta (F)	58	36	30	26	*	**	**	ns	ns	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
II x V	ns	ns	*	*						
II x F	**	*	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	ns	ns	ns	*						
III x F	**	ns	ns	ns						
IV x V	ns	ns	*	*						
IV x F	**	ns	ns	ns						
V x F	**	ns	ns	ns						
	P (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	30,3	16,5	6,3	4,5	**	**	**	**	**	ns
Sistema II	34,0	21,2	6,9	5,0	**	**	**	**	**	ns
Sistema III	21,2	12,2	6,5	4,5	**	**	**	*	**	ns
Sistema IV	23,4	12,0	5,3	4,3	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	34,5	16,9	7,1	4,6	**	**	**	**	**	ns
Floresta (F)	6,3	3,4	2,6	2,0	**	**	**	ns	*	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	*	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	**	*	**						
II x III	**	**	ns	ns						
II x IV	**	**	ns	ns						
II x V	ns	ns	ns	ns						
II x F	**	**	*	**						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	**	ns	ns	ns						
III x F	**	ns	*	**						
IV x V	**	ns	ns	ns						
IV x F	**	ns	ns	**						
V x F	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveiabranca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

Tabela 4 - Valores médios de potássio trocável, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
					x 5-10	x 10-15	x 15-20	x 10-15	x 15-20	x 15-20
	K (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	263	165	110	77	**	**	**	**	**	*
Sistema II	219	137	90	65	**	**	**	**	**	*
Sistema III	208	119	68	44	**	**	**	**	**	*
Sistema IV	206	113	73	54	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	290	214	148	103	**	**	**	**	**	**
Floresta (F)	106	73	59	38	*	**	**	ns	*	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	*	ns	ns	ns						
I x III	**	**	**	**						
I x IV	**	**	**	*						
I x V	ns	**	**	**						
I x F	**	**	*	**						
II x III	ns	ns	ns	*						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
II x V	**	**	**	**						
II x F	**	*	ns	*						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	**	**	**	**						
III x F	**	ns	ns	ns						
IV x V	**	**	**	**						
IV x F	**	ns	ns	ns						
V x F	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

milares foram obtidos por Santos e Tomm (1999) e por Santos et al. (2003), usando sistemas de rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, respectivamente. Ademais, a floresta subtropical mostrou menor teor de P extraível do que todos os sistemas de produção na maioria das camadas estudadas, indicando baixa disponibilidade desse nutriente no solo em condições naturais, em razão da natureza oxidante (que retém o P nos óxidos de Fe e Al) do Latossolo Vermelho distrófico (BRASIL, 1973).

Todos os sistemas de produção avaliados diferiram significativamente quanto ao teor de P extraível em cada profundidade de amostragem. Em todos os sistemas, o teor de P extraível na camada 0-5 cm foi 5,4 a 7,5 vezes maior do que o valor registrado na camada 15-20 cm. Sob plantio direto, o fertilizante fosfatado praticamente permanece imóvel e concentrado onde é depositado, diminuindo a possibilidade de adsorção específica pelas partículas do solo, mas aumentando a probabilidade de ser carregado enquanto partícula de fertilizante. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos em plantio direto: Sá (1993) observou redução com a profundidade de 87,8 para 6,4 mg kg⁻¹; Matowo et al. (1999), de 87,7 para 14,6 mg kg⁻¹; Santos e Tomm (1999), de 9,6 para 3,4 mg kg⁻¹; e Santos et al. (2003), de 28,6 para 2,0 mg kg⁻¹. O acúmulo de P extraível próximo à superfície do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados na camada superficial, da liberação de P durante a decomposição de

resíduos vegetais e da menor fixação de P em razão do menor contato deste elemento com os constituintes inorgânicos do solo, uma vez que não há incorporação de resíduos vegetais por meio do revolvimento de solo no plantio direto (WISNIEWSKI e HOLTZ, 1997).

O teor de K trocável do solo (Tabela 4) observado nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm em todos os sistemas estudados foi superior ao valor considerado crítico (80 mg kg⁻¹) para crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (SOCIEDADE, 2004). Além disso, o teor de K trocável observado em todos os sistemas de produção e camadas estudadas manteve-se acima do teor encontrado na avaliação de 1998 (0-5 cm: 106 mg kg⁻¹, 5-10 cm: 65 mg kg⁻¹, 10-15 cm: 47 mg kg⁻¹ e 15-20 cm: 38 mg kg⁻¹) (SANTOS et al., 2001).

Neste período de estudo, os valores de K trocável do solo diferiram entre todos os sistemas de produção, com exceção dos sistemas III e IV. O teor de K trocável na camada 0-5 cm foi mais elevado no sistema I do que no sistema II. Além disso, o sistema I foi superior aos sistemas III e IV para o teor de K trocável em todas as camadas estudadas. Por sua vez, o sistema V apresentou teor de K trocável maior do que o do sistema I nas camadas 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm. Da mesma forma, o sistema V foi superior aos sistemas II, III e IV para o teor de K trocável em todas as camadas estudadas. Essas diferenças a favor do sistema V podem estar relacionadas ao maior teor de K trocável propiciado pela adubação de

manutenção ou pelo resíduo cultural da alfafa que antecedeu as culturas produtoras de grãos, de 1994 a 1997. A floresta subtropical apresentou menor teor de K trocável na maioria das camadas, em comparação com os sistemas I, II e V. Silveira e Stone (2001) encontraram diferenças significativas para K trocável entre sistemas de rotação de culturas somente na camada 10-20 cm, em Latossolo Vermelho distrófico perférico, no município de Santo Antônio de Goiás, GO.

Foram verificadas diferenças significativas no teor de K trocável entre a maioria das profundidades de amostragem de solo de todos os sistemas de produção avaliados. A exemplo do verificado com P extraível, também houve acúmulo de K trocável na camada próxima à superfície nos diferentes sistemas avaliados. O teor de K trocável na camada 0-5 cm foi de 2,8 a 4,7 vezes maior que a concentração verificada na camada 15-20 cm. Acúmulos semelhantes de K trocável na camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm, em sistemas de rotação de culturas sob plantio direto, foram observados por De Maria et al. (1999), de 47 para 17 mg kg⁻¹; por Bayer e Bertol (1999), de 21 para 16 mg kg⁻¹; e por Santos e Tomm (1999), de 189 para 79 mg kg⁻¹. Nos sistemas conservacionistas, os fertilizantes à base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura

e, além disso, os resíduos vegetais são deixados na superfície, o que permite que esse elemento se acumule na camada superficial do solo. Os resultados observados apontam que poderá haver redução na quantidade de fertilizantes à base de P e K indicada para aplicação em plantio direto.

Conclusões

Os valores de Ca trocável, de matéria orgânica do solo, de P extraível e de K trocável do solo foram afetados pelos sistemas I, II, III, IV e V, após quatro anos de cultivos.

Os níveis de matéria orgânica do solo e os teores de P extraível e de K trocável, principalmente na camada de solo 0-5 cm, nos sistemas I, II, III, IV e V, aumentaram em relação aos valores observados quatro anos antes.

O nível de matéria orgânica do solo e os teores de Al trocável, de P extraível e de K trocável diminuíram progressivamente da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, enquanto para os valores de pH e de Ca e Mg trocáveis ocorreu o inverso nos sistemas I, II, III, IV e V.

O efeito das pastagens perenes (sistemas III, IV e V) sobre a manutenção de níveis de matéria orgânica é semelhante ao de cultivo de culturas anuais (aveia branca, milho, soja e trigo) nos sistemas I e II.

Referências

- BAYER, C.; BERTOL, I. Características Químicas de um Cambissolo Húmico Afetadas por Sistemas de Preparo com Ênfase à Matéria Orgânica. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio Total de um Solo Submetido a Diferentes Métodos de Preparo e Sistemas de Cultura. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 235-239, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. Boletim Técnico, 30.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de Latossolo sob Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.
- DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. de. Long-term Tillage and Crop Rotation Effects on Soil Chemical Properties of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.
- EDMEADES, D. C.; JUDO, M.; SARATHCHANDRA, S. U. The Effect of Lime on Nitrogen Mineralization as Measured by Grass Growth. **Plant & Soil**, The Hague, v. 60, n. 2, p. 177-186, 1981.
- ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características Químicas de Solo e Rendimento de Massa Seca de Milho em Função do Método de Aplicação de Fosfatos, em dois Níveis de Acidez. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 939-946, 2001.
- FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAU-DÊNCIO, C. A. Alterações na Fertilidade do Solo em Sistemas de Rotação de Culturas em Semeadura Direta. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 24, n.2, p. 459-467, 2000.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M.R. Matéria Seca, Relação C/N e Acúmulo de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em Misturas de Plantas de Cobertura de Solo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.
- MATOWO, P. R.; PIERZYNSKI, G. M.; WHITNEY, D.; LAMOND, R. E. Soil Chemical Properties as Influenced by Tillage and Nitrogen Source, Placement, and Rates after 10 Years of Continuous Sorghum. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 11-19, 1999.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of Plant Nutrition**. 2. ed. Bern. International Potash Institute, 1979. 593 p.
- PAIVA, P. J. R.; VALE, F. R. do; FURTINI NETO, A. E.; FAQUIN, V. Acidificação de um Latossolo Roxo do Estado do Paraná sob Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.
- SÁ, J. C. M. Manejo da Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo, 1993. p. 37-60.
- SALET, R.L. **Dinâmica de Íons na Solução de um Solo Submetido ao Sistema Plantio Direto**. Porto Alegre, 1994. 111 p. Tese (Doutorado em Fertilidade do Solo) – Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1994.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de Sistemas de Produção de Grãos e de Pastagens sob Plantio Direto sobre o Nível de Fertilidade do Solo após Cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 25, n.3, p. 645-653, 2001.
- _____; _____. ; _____. ; DENARDIN, J. E. Atributos Químicos e
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.13, n.1-2, p.69-78, 2007.

- Físicos de Solo em Sistemas de Produção com Pastagens Anuais de Inverno, sob Plantio Direto. In: Embrapa Trigo. **Soja: Resultados de Pesquisa 2001/2002 e 2002/2003**. Passo Fundo, 2003. p. 214-234. Embrapa Trigo. Documentos, 39.
- _____. ; TOMM, G. O. Estudo da Fertilidade do Solo sob quatro Sistemas de Rotação de Culturas envolvendo Trigo em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n.3, p. 407-414, 1996.
- _____. ; _____. ; Rotação de Culturas para Cevada, após Dez anos: Efeitos na Fertilidade do Solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 573-580, 1998.
- _____. ; _____. ; Rotação de Culturas para Trigo, após Quatro anos: Efeitos na Fertilidade do Solo em Plantio Direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do Sistema de Manejo do Solo no seu Nível de Fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 9, n.3, p. 249-254, 1985.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de Nutrientes e de Matéria Orgânica Afetados pela Rotação de Culturas e Sistemas de Preparo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: 2004. 394 p.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 126 p.
- STEEL, G. D.; TORRIE, J.H. **Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.
- TEDESCO, M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de Solos, Plantas e outros Materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 32 p. Boletim Técnico, 5.
- WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da Palhada com Liberação de Nitrogênio e Fósforo numa Rotação Aveia-Soja sob Plantio Direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.11, p.1191-1197, 1997.