

Evolução da Fertilidade e do Nível de Matéria Orgânica do Solo em Sistemas de Produção Integração Lavoura-Pecuária (ILP) sob Plantio Direto Após Doze Anos

Henrique Pereira dos Santos¹

Renato Serena Fontaneli¹

Silvio Tulio Spera¹

Geizon Dreon²

Introdução

No sistema plantio direto, os fertilizantes são aplicados na linha de semeadura, na camada superficial do solo. Sendo assim, a dissolução dos fertilizantes fosfatados e a nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos po-

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br, renatof@cnpt.embrapa.br, spera@cnpt.embrapa.br

² Estagiário da Embrapa Trigo, Acadêmico de Agronomia da Universidade de Passo Fundo-UPF, Passo Fundo, RS.

dem contribuir para a acidificação da camada superficial do solo, principalmente quando se consideram longos períodos de cultivo sem reaplicação de calcário, ou quando altas doses destes fertilizantes são aplicadas (PAIVA et al., 1996; ERNANI et al., 2001; CIOTTA et al., 2002). Por outro lado, a integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, tem mostrado que é um sistema de produção técnica e economicamente viável (MELLO, 1996). Para tal, devem ser identificados sistemas de produção de média e longa duração, integrando a produção de grãos com a de pastagens perenes, os quais caracterizam-se pela maior sustentabilidade e melhor resultado econômico possível. Além disso, é importante incluir nas pastagens leguminosas, que fixem nitrogênio e melhorem o valor nutritivo da forragem, contribuindo para aumentar a produção animal e para melhorar as condições físico-químicas do solo. As leguminosas, sempre que possível, devem ser incluídas no planejamento de sistemas de produção ou de rotação de culturas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens anuais de inverno e pastagens perenes, em sistema plantio direto, após doze anos de cultivo, sobre a fertilidade química e teor de matéria orgânica do solo.

Metodologia

O estudo foi realizado num experimento conduzido na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, no período entre 1993 a 2005, em Latossolo Vermelho

Distrófico típico (STRECK et al., 2002).

Em abril de 1993, antes da semeadura das culturas de inverno foram coletadas amostras de solo em cada parcela, a uma profundidade de 0-20 cm, cujos valores médios de indicadores de fertilidade e de matéria orgânica foram: pH = 6,0; Al = 0,50 mmol_c/dm³; Ca = 68,2 mmol_c/dm³; Mg = 34,6 mmol_c/dm³; matéria orgânica = 23,0 g/kg; P = 5,3 mg/kg; e K = 60 mg/kg. Em 1990, três anos antes da instalação do experimento foi efetuada uma calagem com calcário dolomítico, com base no método SMP (pH 6,0). As parcelas semeadas com alfafa foram corrigidas com 6,0 t/ha de calcário (PRNT 100 %) para elevar o pH para 6,5, conforme Manual... (2004), aplicadas em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade de discos).

Os tratamentos consistiram de cinco sistemas de produção integração lavoura-pecuária (SPILP), sendo assim definidos: 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 [pastagens perenes da estação fria (festuca + trevo branco + cornichão)]; sistema IV [pastagens perenes da estação quente (pensacola + aveia preta + azevém + trevo vermelho + cornichão)]; e sistema V (alfafa para feno), estabelecido como tratamento adicional, com repetições em parcelas contíguas ao experimento, estabelecido em 1994 (Tabela 1). A metade das parcelas sob os sistemas III, IV e V retornaram ao sistema I, a partir do verão de 1996. Porém, no verão de 2002, nos sistemas III, IV e V, o que era lavoura retornou a ser

pastagem e que era pastagem, a ser lavoura. Todas as espécies, tanto no inverno como no verão, bem como as pastagens anuais de inverno foram manejadas com sistema plantio direto. As pastagens anuais de inverno e as pastagens perenes foram pastejadas por bovinos mestiços, duas e cinco vezes por ano, respectivamente, com carga animal equivalente a 15 a 20 UA ha⁻¹ por 12 h cada pastejo.

Em 2002 e 2005, um fragmento de floresta subtropical com araucárias, adjacente ao experimento, também foi amostrado, com o mesmo número de repetições, e admitindo como referencial do estado de fertilidade do solo antes deste ser submetido às alterações antrópicas.

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a recomendação para cada cultura (MANUAL..., 2004) e baseada nos resultados de análise de solo. As amostras de solo usadas para indicação foram coletadas a cada três anos, depois da colheita das culturas de verão.

Nos meses de maio de 1998, de 2000 e de 2002, e de setembro de 2005, 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. (1995).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições. A área de cada parcela foi de 20 m

de comprimento por 20 m de largura (400 m²). Os SPILP foram comparados, dentro de cada ano e análise conjunta dos anos, para cada propriedade química de solo, na mesma profundidade de amostragem (SAS, 2003). As profundidades de amostragem de solo foram comparadas no mesmo SPILP. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5 % de probabilidade.

Resultados

Foram realizadas quatro avaliações da fertilidade do solo e do teor de matéria orgânica: em maio de 1998, de 2000, de 2002 e em setembro de 2005. Nas avaliações de 2000, de 2002 e de 2005, o pH do solo (Tabela 2), em todas as camadas e sistemas de produção integração lavoura-pecuária (SPILP), apresentou, em valores absolutos, menores do que os verificados nas camadas amostradas, em 1998. Em todos os SPILP, observou-se perda gradual do efeito residual da calagem, que foi efetuada antes do estabelecimento do experimento. Nesse caso, constatou-se acidificação da camada 0-5 cm, requerendo nova calagem após doze anos, para corrigir a acidez e reduzir Al tóxico para as plantas, possibilitando o cultivo eficiente de leguminosas (MANUAL..., 2004).

Em 1998, não houve diferença entre o pH do solo, entre os SPILP, em todas as profundidades amostradas (Tabela 2). Os valores de pH aumentaram gradativamente com a profundidade do solo (0-5 cm e 10-15 cm), possível-

mente em razão do movimento de Ca para as camadas inferiores, mediante incorporação das bases Ca e Mg às camadas mais profundas, pelo crescimento de raízes das plantas e posterior mineralização após morte das mesmas. Em 2000, o sistema V apresentou maior valor de pH do solo do que os demais SPILP, na camada 0-5 cm. A aplicação de calcário no sistema V foi mais que suficiente para manter o pH em nível indicado (MANUAL..., 2004). Ainda, nesse ano, não houve diferença entre os SPILP, para as demais camadas de amostragem. Em 2002, os sistemas I, II e V mostraram valores de pH mais elevado do que os do sistema IV, na camada 0-5 cm. Também, em 2002, o sistema V apresentou maior valor de pH, em relação aos sistemas II e III, na camada de 5-10 cm. Em 2005, o sistema V mostrou valor de pH mais elevado do que os dos demais sistemas estudados, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. O fato da floresta subtropical (FST), em 2002 e em 2005, que ainda preserva a condição edáfica original, apresentou valor de pH menor do que os de todos os SPILP, em todas as camadas estudadas, em função da natureza ácida original do solo. Na comparação entre anos, em cada profundidade, foi observado diferença, no valor de pH solo, de todos os SPILP. O valor de pH diminuiu entre os anos de 1998 e 2002, em todas as camadas de amostragem.

O valor de Al trocável do solo, em 2000, em 2002 e em 2005 (Tabela 2), nas camadas de 0-5 a 10-15 cm, nos sistemas I, II, III e IV, foi mais elevado do que na avaliação de maio de 1998. O aumento no teor de Al é consequência da acidificação. Em 1998, não foram observadas diferenças entre teor de Al em todos SPILP,

em todas as camadas amostradas. Em 2000, com exceção da camada de 0-5 cm, não foram verificadas diferenças no teor de Al entre os SPILP. Nesta camada, o sistema III apresentou valor de Al do solo maior que os dos sistemas II e V. A neutralização do Al no tratamento V deveu-se à quantidade de calcário aplicada em abril de 1994. Em 2002 e 2005, não foram observadas diferenças entre os SPILP para o teor de Al, em todas as camadas de amostragem. Porém, como era de se esperar, todos os SPILP em todas as camadas de amostragem foram inferiores a FST, para os valores de Al. Na comparação entre anos, em cada profundidade, foi observado diferença, no valor de Al, de todos os SPILP. O valor de Al aumentou entre os anos de 1998 e 2002, nas três primeiras camadas amostradas. Nas avaliações de 2000, 2002 e 2005, em todos os SPILP, houve diminuição do valor de pH e aumento do teor de Al na camada de 0-5 cm, em relação ao observado em maio de 1998 (Tabela 2), caracterizando acidificação da camada superficial do solo. Isso pode ser atribuído à aplicação de fertilizantes nitrogenados, em todos os sistemas e à mineralização de resíduos vegetais na superfície do solo.

Os valores médio de Ca e de Mg do solo (Tabela 2), em todas as camadas em todos os anos estudados, atingem nível considerado alto para o crescimento e desenvolvimento de culturas na região (MANUAL..., 2004). A área estudada havia sido corrigida com calcário dolomítico três anos antes do início do referido experimento. A aplicação de calcário do tipo dolomítico, em que tanto o cálcio quanto o magnésio foram fornecidos em grandes quantidades, promoveu elevação dos respectivos teores acima dos níveis críticos exigidos pelas espécies que

compuseram os sistemas de produção: 40 e 10 mmol_c/dm³ (MANUAL..., 2004). Os valores de Ca e de Mg do solo, em 2000, em 2002 e em 2005 (Tabela 2), nas duas primeiras camadas e na maioria dos sistemas estudados, foram menores do que os observados na avaliação de maio de 1998.

No ano de 1998, o sistema V mostrou maior teor de Ca do que os demais SPILP, na camada de 0-5 cm. Em 2000, o sistema V apresentou maior teor de Ca em todas as camadas amostradas, em comparação aos sistemas I, II, III e IV. Isso pode ser devido à aplicação de calcário, em 1994, somente neste sistema. Assim, em 2002, o sistema V apresentou teor de Ca mais elevado do que o dos sistemas I, II, III e IV, nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm. Além disso, este sistema apresentou valor de Ca mais elevado do que o sistema II, na camada de 10-15 cm. Em 2005, os sistemas IV e V mostraram maior valor de Ca do que os sistemas I, II e III, na camada de 0-5 cm. No sistema V, o valor de Ca, foi superior aos demais SPILP, nas camadas de 5-10 e 10-15 cm.

Ainda em 1998, o sistema IV apresentou maior valor de Mg, em comparação aos sistemas I, II, III e V, na camada de 0-5 cm. Na camada de 5-10 cm, o teor de Mg, dos sistemas III e IV foram superiores aos dos sistemas I, II e V. Na camada de 10-15 cm, o sistema III mostrou maior valor de Mg, em comparação aos sistemas I, II, e IV, enquanto que, os sistemas IV e V manifestaram valor mais elevado de Mg, em relação sistema II, na camada de 15-20 cm. Em 2002, na camada de 0-5 cm, não houve diferença entre os sistemas para valor de Mg. O sistema V, na camada de 5-10 cm, foi superior aos siste-

mas I e II para o valor de Mg. Em 2005, o sistema V, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm foi superior aos sistemas I e II para o valor de Mg. Em 2002 e 2005, todos os SPILP mostraram valores de Mg mais elevado, em comparação a FST, nas camadas de 5-10, 10-15 e 15-20 cm. Na comparação entre anos, em cada profundidade, foi observado diferenças, nos teores de Ca e Mg do solo, entre alguns SPILP. Os teores de Ca e Mg diminuíram entre os anos de 1998 para 2002, em todas as camadas amostradas. Porém, de 2002 e 2005, os valores de Ca e Mg tornaram a mostrar maiores valores, em todas as camadas. Esses resultados são também respaldados pelos de pH e de Al.

O teor de matéria orgânica do solo (MOS), observado na maioria das camadas e dos sistemas de produção, em 2000, 2002 e 2005 (Tabela 3), foi igual ou superior ao valor registrado quatro anos antes, indicando que a adoção do plantio direto pode contribuir para aumento do nível de MOS e, conseqüentemente, da qualidade do solo, independente da quantidade de fertilizante aplicado e do manejo adotado. Nos primeiros anos de adoção do plantio direto, existe tendência à elevação do valor de MOS nas camadas próximas à superfície do solo, pois o nível de equilíbrio situa-se em valores intermediários entre aqueles sob vegetação natural e aqueles sob cultivo convencional.

Em 1998, o sistema IV mostrou teor de MOS maior do que o dos sistemas I e II, na camada de 0-5 cm. Nessa mesma camada, o sistema III foi superior ao II, quanto dos valores de MOS. Essa diferença entre os sistemas pode ser explicada, em parte, pela presença de

leguminosas perenes para pastejo (cornichão e trevo vermelho), nos sistemas III e IV, em comparação aos sistemas I (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho) e II (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho). O uso de leguminosas visando ciclagem de nutrientes e aumento do teor de N dos sistemas tem sido uma estratégia para atingir uma agricultura sustentável, pela elevação da matéria orgânica. Ainda, no ano de 1998, na camada de 10-15 cm, o teor de MOS do sistema V foi superior aos dos sistemas I, II e IV. Em 2000 e 2002, nos SPILP, em todas as camadas de amostragem, não houve diferenças entre os níveis médios de matéria orgânica do solo. Porém, em 2002, a FST apresentou maior teor de MOS do que todos os SPILP, na camada de 0-5 cm. Isso, pode ter sido, em virtude da seca que ocorreu na região de Passo Fundo, RS, em 2001 e 2002, prejudicando o desempenho das espécies tanto de inverno como de verão, propiciando, conseqüentemente menor acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo. Pelo observado, nesse experimento, com o passar dos anos, as pastagens perenes de estação fria e de estação quente, juntamente com a alfafa para feno, os valores de matéria orgânica, dos sistemas de grãos ou mesmos com pastagens anuais de inverno, se equiparam, na maioria das camadas estudadas. Houve acúmulo de MOS em todos os SPILP, principalmente na camada de 0-5 cm. Por sua vez, a FST continua sendo superior à todos os SPILP, em relação ao teor de MOS, somente na camada de 0-5 cm. Em 2005, o sistema IV mostrou teor de MOS mais elevado do que os sistemas I e V, na camada de 0-5 cm. Além disso, o sistema IV apresentou maior quantidade de MOS, em comparação

ao sistema II, na camada de 5-10 cm.

Na comparação entre anos, em cada profundidade, foi observado diferença, no teor de MOS, de todos os SPILP. O teor de MOS aumentou entre os anos de 1998 para 2002, em todas as camadas amostradas. A manutenção do teor de MOS em valores mais elevados somente na camada superficial do solo decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo sob plantio direto, como consequência da ausência de incorporação física destes pelo revolvimento do solo, a qual diminui a taxa de mineralização.

Nesses doze anos de estudos, o teor de P do solo, na primeira camada (0-5 cm), manteve-se acima do valor considerado crítico ($9,0 \text{ mg kg}^{-1}$), nesse tipo de solo, para o crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais (MANUAL..., 2004) (Tabela 3). Nos anos de 2000, 2002 e 2005, o teor de P do solo na maioria dos sistemas de produção (I, II e V) aumentou, nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, em relação ao teor medido em 1998. Em 1998, não houve diferenças do valor do P do solo, entre os SPILP em todas as camadas amostradas. Já em 2000, houve diferenças destes valores entre os SPILP, somente na camada de 0-5 cm. O teor de P do solo, nessa camada, foi maior no sistema V do que nos sistemas II, III e IV, em razão da maior quantidade aplicada de fertilizante fosfatado, na alfafa. Em 2002, também, houve diferenças entre os SPILP quanto ao valor do P, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. O teor de P do solo foi maior nos sistemas II e V do que nos sistemas III e IV, na camada de 0-5 cm. O sistema II apresentou maior teor de P do solo do que os sistemas III e IV, na camada de 5-10

cm. Em 2005, o sistema II apresentou valor de P mais elevado do que a maioria dos sistemas estudados, nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Em 2002 e 2005, a FST mostrou menor teor de P do que os SPILP, na maioria das camadas estudadas, indicando baixa disponibilidade desse nutriente no solo em condições naturais, em razão da natureza caulítica-oxídica Latossolo Vermelho distrófico.

Na comparação entre anos, em cada profundidade, foi observado diferença, no teor de P, entre os SPILP. O teor de P aumentou entre os anos de 1998 e 2005, nas três primeiras camadas amostradas. No ano de 1998, em todos os sistemas, o valor de P na camada de 0-5 cm foi 2,5 a 5,4 vezes superior ao teor verificado na camada de 15-20 cm. No ano de 2000, o valor de P na camada de 0-5 cm foi 5,1 a 7,7 vezes maior do que o teor registrado na camada de 15-20 cm. No ano de 2002, em todos os sistemas, o valor de P na camada de 0-5 cm foi 5,4 a 7,5 vezes maior, em relação ao valor verificado na camada de 15-20 cm. Finalmente, no ano de 2005, em todos os sistemas, o valor de P na camada de 0-5 cm foi 2,8 a 5,1 vezes maior, em comparação ao valor observado na camada de 15-20 cm.

Nesses anos de estudos, o teor de K trocável do solo observado nas camadas de 0-5 e 5-10 cm (Tabela 3), na maioria dos sistemas de produção, foi superior ao considerado crítico (80 mg kg^{-1}) ao crescimento e desenvolvimento das culturas (MANUAL..., 2004). Além disso, o teor de K observado em todos os sistemas de produção, nas camadas de 0-5 e 10-15 cm, em 2000, 2002 e 2005, foi maior que o obtido em 1998.

Em 1998, o teor de K na camada de 0-5 cm, dos sistemas I e V, foram superiores aos dos sistemas II, III e IV. Por sua vez, no sistema V, na camada de 5-10 cm os teores de K foram maiores que os dos sistemas II, III e IV. Os valores mais elevados de K observados nos sistemas I e V, deveram-se, provavelmente, à maior quantidade de K aplicada, principalmente, na cultura da alfafa, no sistema V, em relação aos sistemas III e IV, e eventualmente não extraída, removida ou reciclado pelas culturas. No sistema II foi aplicada a mesma quantidade de K que a dos demais sistemas, porém, parte desse elemento deve ter sido removido pelo pastejo, na consorciação aveia preta + ervilhaca. Em 2000 e 2002, o teor de K foi mais elevado no sistema V, em relação a maioria dos SPILP, em todas as camadas amostradas. Esta diferença, em favor do sistema V pode estar relacionada ao maior teor de K propiciado pela adubação de manutenção ou pelo resíduo vegetal da alfafa que antecedeu as culturas produtoras de grãos, de 1994 a 1997. Em 2002, a FST apresentou menor teor de K na maioria das camadas, em comparação com os sistemas I, II, IV e V, refletindo à baixa disponibilidade de K dos latossolos nativos. Em 2005, o valor de K nos sistemas I, II e V foi mais elevado do que os dos sistemas III e IV, em todas as camadas estudadas. Isso, pode ser reflexo, do período, em que as pastagens dos sistemas III e IV, receberam menores quantidades de K do que os sistemas produtores de grãos (I e II) e da alfafa, que requer maiores quantidade desse elemento químico, em comparação as culturas anuais.

Na comparação entre anos, em cada profundidade, foi observado diferenças no teor de K, de todos os SPILP. O

teor de K aumentou entre os anos de 1998 e 2002, em todas as camadas amostradas. A exemplo do verificado com P, também houve acúmulo de K nas camadas superficiais dos diferentes sistemas de produção. Em 1998, o teor de K da camada de 0-5 cm era 1,9 a 4,1 vezes maior que o da camada de 15-20 cm, enquanto que, em 2000, o teor de K, foi 3,2 vezes maior, em 2002, foi 2,8 a 4,7 vezes maior e em 2005, foi de 1,9 a 2,6 vezes maior.

Conclusões

Os valores de Ca trocável, de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável são afetados por todos os sistemas de produção integração lavoura-pecuária .

O nível de matéria orgânica e os teores de P extraível, de K trocável e Al trocável do solo, em todos os sistemas estudados, aumentam entre os anos de 1998 para 2002, em todas as camadas de amostragem, enquanto que os valores de pH, de Ca e de Mg trocáveis diminuem, indicando acidificação na camada superficial do solo.

Nos primeiros quatro anos, os sistemas com leguminosas perenes (sistemas III e IV) são mais eficientes no acúmulo de matéria orgânica na camada 0-5 cm. Nos anos seguintes, a manutenção de níveis de matéria orgânica é semelhante ao cultivo de culturas anuais (aveia branca, milho, soja e trigo).

Referências Bibliográficas

- 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 do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.
- 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 do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 939-946, 2001.
- MANUAL de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 394 p.
- MELLO, J. S. Fundamentos para integração lavoura-pecuária no sistema plantio. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 35, p. 12-13, 1996.
- 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 do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.
- SAS INSTITUTE. **SAS system for Microsoft Windows version 8.2**. Cary, 2003.
- 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, Universidade

Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 126 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.;
BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas
e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Uni-
versidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.
(Boletim técnico, 5).

Tabela 1. Sistemas de produção de integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2010.

Sistema de produção ¹	Sequência/ano												
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Sistema I	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S
	Ab/S	Ab/S	T/S	E/M									
	E/M	T/S	E/M	Ab/S									
Sistema II	T/S	Ap+E/M	Ab/S	T/S	Ap+E/M	Ab/S	T/S	Ap+E/M	Ab/S	T/S	Ap+E/M	Ab/S	T/S
	Ab/S	Ab/S	T/S	Ap+E/M									
	Ap+E/M	T/S	Ap+E/M	Ab/S									
Sistema III	T/PPF	PPF	PPF	PPF/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S
	T/PPF	PPF	PPF	PPF/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M
	T/PPF	PPF	PPF	PPF/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S
Sistema IV	T/PPQ	PPQ	PPQ	PPQ/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S
	T/PPQ	PPQ	PPQ	PPQ/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M
	T/PPQ	PPQ	PPQ	PPQ/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S
Sistema V	-	Al	Al	Al/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S
	-	Al	Al	Al/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M
	-	Al	Al	Al/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S	T/S	E/M	Ab/S

¹ Sistema I = produção de grãos; Sistema II = produção de grãos + pastagem anual de inverno; Sistema III = produção de grãos após pastagem perene de estação fria (festuca + cornichão + trevo branco + trevo vermelho); Sistema IV = produção de grãos após pastagem perene de estação quente (pensacola + cornichão + trevo branco + trevo vermelho); Sistema V = produção de grãos após alfafa.

Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; Al: alfafa; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; e T: trigo; PPF: pastagem perene de estação fria; PPQ: pastagem perene de estação quente.

Tabela 2. Valores médios de pH em água, de alumínio, de cálcio e magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de verão de 1998, 2000, 2002 e 2005, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção ILP.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	0-5				5-10			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
----- pH (água 1:1) -----								
Sistema I	5,87 aA	5,52 bB	5,54 aB	5,43 bB	6,13 aA	5,71 aB	5,72 abB	5,44 bB
Sistema II	5,95 aA	5,54 bB	5,58 aB	5,33 bC	6,19 aA	5,89 aB	5,48 bC	5,42 bC
Sistema III	5,83 aA	5,39 bB	5,39 abB	5,32 bB	6,32 aA	5,53 aB	5,51 bB	5,38 bB
Sistema IV	5,83 aA	5,43 bB	5,20 bC	5,37 bBC	6,30 aA	5,63 aB	5,56 abB	5,30 bC
Sistema V	6,30 aA	5,74 aB	5,58 aB	5,70 aB	6,50 aA	6,00 aB	5,83 aB	5,81 aB
Floresta	-	-	4,63 cA	5,00 cA	-	-	4,73 cA	4,78 cA
----- Alumínio (mmol _c dm ⁻³) -----								
Sistema I	0,38 aB	1,78 abcA	1,03 bAB	1,96 bA	0,00 aB	1,36 aB	0,48 bB	4,26 bA
Sistema II	0,54 aC	1,51 bcB	1,92 bAB	2,72 bA	0,13 aB	0,83 aB	1,21 bB	4,87 bA
Sistema III	0,63 aB	2,66 aA	2,90 bA	3,49 bA	0,13 aB	1,63 aB	2,52 bAB	5,23 bA
Sistema IV	0,38 aB	2,43 abA	3,54 bA	1,93 bAB	0,13 aC	1,91 aBC	2,40 bB	4,64 bA
Sistema V	0,13 aB	0,83 cAB	1,50 bA	1,15 bAB	0,00 aA	0,68 aA	1,46 bA	1,88 bA
Floresta	-	-	11,30 aA	12,68 aA	-	-	17,50 aA	23,38aA

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	0-5				5-10			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
	----- Cálcio (mmol _c dm ⁻³) -----							
Sistema I	56 bA	40 bC	49 bB	48 bcB	59 aA	46 bC	53 bB	44 bC
Sistema II	58 bA	36 bC	44 bB	45 cB	58 aA	45 bBC	48 bB	41 bC
Sistema III	54 bA	38 bC	48 bB	49 bcB	62 aA	43 bC	50 bB	47 bBC
Sistema IV	57 bA	40 bB	45 bB	55 abA	59 aA	45 bB	49 bB	44 bB
Sistema V	73 aA	53 aC	59 aBC	63 aB	70 aA	59 aB	63 aAB	62 aB
Floresta	-	-	34 cA	42 cA	-	-	23 cA	23 cA
	----- Magnésio (mmol _c dm ⁻³) -----							
Sistema I	28 dA	22 abB	29 aA	23 bB	30 bA	25 aB	30 bA	22 bcB
Sistema II	29 cdA	20 bB	27 aA	22 bB	30 bA	26 aB	28 bAB	21 cC
Sistema III	34 bA	26 aB	29 aAB	26 abB	38 aA	27 aC	31 abB	26 abC
Sistema IV	38 aA	25 aC	30 aB	28 aB	39 aA	28 aB	31 abB	24 abcC
Sistema V	32 bcAB	26 aC	34 aA	28 aBC	33 bAB	29 aB	36 aA	28 aB
Floresta	-	-	26 aA	22 bA	-	-	14 cA	14 dA

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	10-15				15-20			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
----- pH (água 1:1) -----								
Sistema I	6,34 aA	6,21 aAB	5,98 aBC	5,86 aC	6,16 aA	6,09 aA	5,97 aA	6,05 aA
Sistema II	6,37 aA	6,18 aAB	5,97 aBC	5,83 aC	6,14 aA	6,03 aA	6,06 aA	6,07 aA
Sistema III	6,60 aA	6,12 aB	5,92 aB	5,80 aB	6,20 aA	5,93 aA	6,13 aA	6,00 aA
Sistema IV	6,50 aA	6,13 aB	6,10 aB	5,68 aC	6,47 aA	6,28 aAB	5,98 aB	5,99 aB
Sistema V	6,57 aA	6,39 aAB	6,06 aBC	5,94 aC	6,37 aA	6,33 aA	6,04 aA	5,98 aA
Floresta	-	-	4,50 bA	4,60 bA	-	-	4,43 bA	4,65 bA
----- Alumínio (mmol _c dm ⁻³) -----								
Sistema I	0,00 aB	0,36 aB	0,16 bB	1,02 bA	0,13 aA	0,52 aA	0,27 bA	0,48 bA
Sistema II	0,00 aB	0,40 aAB	0,32 bB	1,56 bA	0,17 aA	0,92 aA	0,16 bA	0,37 bA
Sistema III	0,00 aA	0,20 aA	0,75 bA	1,43 bA	0,38 aA	0,36 aA	0,63 bA	0,88 bA
Sistema IV	0,00 aB	0,40 aB	0,56 bB	2,40 bA	0,00 aA	0,33 aA	0,70 bA	0,57 bA
Sistema V	0,00 aA	0,04 aA	0,91 bA	2,63 bA	0,00 aA	1,15 aA	2,13 bA	3,71 bA
Floresta	-	-	27,95 aA	33,18 aA	-	-	33,13aA	33,28aA

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	10-15				15-20			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
	----- Cálcio (mmol _c dm ⁻³) -----							
Sistema I	63 aA	50 bB	58 abA	51 bB	59 aA	48 bB	55 aA	54 aA
Sistema II	61 aA	47 bC	55 bB	50 bBC	58 aA	46 bB	54 aA	55 aA
Sistema III	60 aA	49 bB	58 abA	53 bAB	69 aA	47 bC	59 aB	56 aB
Sistema IV	61 aA	48 bB	58 abA	50 bB	60 aA	51 bB	56 aAB	55 aAB
Sistema V	71 aA	62 aA	65 aA	64 aA	62 aA	60 aA	61 aA	62 aA
Floresta	-	-	11 cA	12 cA	-	-	7 bA	10 bA
	----- Magnésio (mmol _c dm ⁻³) -----							
Sistema I	32 bcA	29 aB	32 aA	26 aB	31abAB	29 aBC	33 aA	27 aC
Sistema II	31 cA	28 aB	32 aA	24 aC	29 bAB	28 aB	31 aA	26 aB
Sistema III	41 aA	31 aBC	36 aAB	28 aC	35 ab AB	30 aBC	37 aA	28 aC
Sistema IV	35 bcA	30 aB	36 aA	27 aB	36 aA	32 aAB	35 aA	28 aB
Sistema V	38 abA	33 aAB	37 aA	29 aB	37 aA	34 aAB	37 aA	29 aB
Floresta	-	-	9 bA	8 bA	-	-	6 bA	8 bA

1998 - I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: pastagem perene de inverno;

ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de inverno; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de verão; e V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa. Médias seguidas da mesma letra minúscula por ano, na vertical e mesma letra maiúscula por profundidade e sistemas de produção ILP, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan a 5%.

Tabela 3. Valores médios de matéria orgânica, de fósforo extraível, de potássio trocável e de carbono, avaliados após as culturas de verão de 1998, 2000, 2002 e 2005, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção ILP.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	0-5				5-10			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
	----- Matéria orgânica (g/kg ³) -----							
Sistema I	30 bcC	34 aB	44 bA	36 cB	25 aC	29 aB	32 aA	27 abBC
Sistema II	28 cD	33 aC	44 bA	37 bcB	24 aC	27 aB	31 aA	27 bB
Sistema III	33 abC	37 aBC	45 bA	39 abcAB	26 aC	30 aAB	33 aA	28 abBC
Sistema IV	37 aB	35 aB	44 bA	42 abA	25 aB	30 aA	31 aA	31 aA
Sistema V	32 bcB	35 aB	46 bA	35 cB	25 aC	30 aB	34 aA	27 abC
Floresta	-	-	58 aA	44 aA	-	-	36 aA	30 abA
	----- Fósforo (mg/kg ³) -----							
Sistema I	17,5 aB	18,4 bcB	30,3abA	27,8 bcA	10,0 aB	12,3 aB	16,5 abB	30,1abA
Sistema II	14,9 aB	21,3 abB	34,0 aA	38,0 aA	13,1 aB	11,5 aB	21,2 aB	37,9 aA
Sistema III	11,0 aB	15,1 cAB	21,2 bA	21,3 cA	4,3 aB	8,8 aB	12,2 bB	20,6 bA
Sistema IV	14,4 aB	14,8 cB	23,4 bA	24,9 bcA	7,9 aB	9,8 aB	12,0 bB	20,6 bA
Sistema V	18,6 aB	24,6 aAB	34,5 aA	31,7 abA	5,2 aB	13,0 aAB	16,9 abA	20,9 bA
Floresta	-	-	6,3 cA	3,6 dB	-	-	3,4 cA	2,4 cA

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	0-5				5-10			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
	Potássio (mg/kg ³)							
Sistema I	142 aC	194 bB	263abA	229 aAB	84 abC	116 bB	165 bA	167 aA
Sistema II	97 bC	174 bB	219bcA	202 aAB	68 bcD	109 bC	137bcB	169 aA
Sistema III	58 bD	157 bB	208 cA	93 bC	23 dC	98 bA	119 cA	67 bB
Sistema IV	82 bC	158 bAB	206 cA	130 bBC	50 cB	86 bA	113cdA	98 bA
Sistema V	150 aC	275 aAB	290 aA	228 aB	102 aB	178 aA	214 aA	200 aA
Floresta	-	-	106 dA	117 bA	-	-	73 dA	67 bA

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	10-15				15-20			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
	----- Matéria orgânica (g/kg³) -----							
Sistema I	23 bC	25 aB	28 aA	23 aC	23 aBC	24 aB	28 aA	22 aC
Sistema II	22 bB	24 aB	28 aA	23 aB	23 aBC	24 aB	27 aA	22 aC
Sistema III	24 abA	25 aB	29 aA	24 aB	25 aAB	25 aAB	27 aA	23 aB
Sistema IV	23 bB	25 aB	28 aA	24 aB	23 aBC	25 aB	27 aA	22 aC
Sistema V	25 aBC	27 aB	31 aA	25 aC	24 aC	27 aB	30 aA	24 aC
Floresta	-	-	30 aA	25 aA	-	-	26 aA	25 aA
	----- Fósforo (mg/kg³) -----							
Sistema I	6,8 aB	5,7 aB	6,3 aB	13,6 aA	5,6 aAB	3,5 aB	4,5 aB	8,0 aA
Sistema II	7,8 aB	5,4 aB	6,9 aB	14,0 aA	5,9 aAB	3,9 aB	5,0 aAB	7,4 aA
Sistema III	2,9 aB	4,9 aB	6,5 aAB	11,2 aA	3,0 aB	3,3 aB	4,5 aB	7,6 aA
Sistema IV	4,9 aB	4,3 aB	5,3 aB	12,2 aA	2,7 aB	2,9 aB	4,3 ^a AB	6,1 aA
Sistema V	3,9 aB	4,5 aB	7,1 aAB	10,7 aA	3,4 aB	3,2 aB	4,6 aB	7,0 aA
Floresta	-	-	2,6 aA	2,2 aA	-	-	2,0 bA	2,1 bA

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Sistema de Produção	Profundidade (cm)							
	10-15				15-20			
	1998	2000	2002	2005	1998	2000	2002	2005
	----- Potássio (mg/kg ³) -----							
Sistema I	59 aB	74 bB	110 bA	131 aA	53 aB	51 bB	77 bB	108 aA
Sistema II	52 aC	74 bBC	90 bcB	126 aA	49 aB	55 bB	65 bcB	92 aA
Sistema III	15 bB	58 bA	68 cA	48 bA	14 aB	50 bA	44 cdA	49 bA
Sistema IV	45 aA	53 bA	73 cA	72 bA	35 aA	42 bA	54 cdA	51 bA
Sistema V	63 aB	130 aA	148 aA	145 aA	46 aB	85 aA	103 aA	93 aA
Floresta	-	-	59 cA	44 bA	-	-	38 dA	36 bA

1998 - I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: pastagem perene de inverno; e IV: pastagem perene de verão. 2000, 2002 e 2005 - I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de inverno; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de verão; e V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa. Médias seguidas da mesma letra minúscula por ano, na vertical e mesma letra maiúscula por profundidade e sistemas de produção ILP, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan a 5%.