

# **Efeito de Sistemas de Produção com Cereais de Inverno sobre a Fertilidade Química do Solo, sob Plantio Direto**

*Henrique Pereira dos Santos, Renato  
Serena Fontaneli, Silvio Tulio Spera*

*Capítulo 4*

## **Introdução**

Em solos tropicais e subtropicais, quando há intenso revolvimento, normalmente, a perda da matéria orgânica equivale a 50% do estoque original, num período de 15 a 23 anos de cultivo (BAYER et al., 2003; SANTI et al., 2007). Essas altas perdas, possivelmente, seriam consequências de elevada taxa de decomposição da matéria orgânica e do intenso processo erosivo nos solos submetidos ao preparo convencional.

No sul do Brasil, o sistema plantio direto, ao preconizar adição de matéria seca ao solo, deve ser amplamente indicado, principalmente, diante de conjunturas que pregam a adequada conservação de princípios básicos de manejo do solo. Por sua vez, a pesquisa tem demonstrado que, indubitavelmente,

a manutenção do C, da matéria orgânica, do P e do K do solo cultivado é intrínscico ao manejo dispensado ao solo e às culturas (SANTOS et al., 1995; DE MARIA et al., 1999; SISTI et al., 2004; SANTI et al., 2007). Porém, esses resultados de pesquisa só podem ser obtidos quando se compara diferentes sistemas de manejo de solo. Nesse caso, a utilização do estoque de C na floresta subtropical, como referência de situação estável ao longo do tempo, permite inferir a contribuição dos diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas ou de sistemas de produção de grãos na emissão ou no seqüestro de CO<sub>2</sub> pelo solo.

No sistema plantio direto, os fertilizantes são aplicados na linha de semeadura, na superfície do solo. Sendo assim, a dissolução dos fertilizantes fosfatados e a nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos podem 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 de fertilizantes são aplicadas (PAIVA et al., 1996; ERNANI et al., 2001; CIOTTA et al., 2002).

A inclusão de plantas leguminosas em sistemas de rotação de culturas ou de sistemas de produção de grãos é uma estratégia que deve ser avaliada em relação ao seu efeito nos estoques de matéria orgânica do solo. É provável que o aumento do rendimento de grãos das culturas comerciais em sucessão às plantas leguminosas também ocasione um incremento da adição de resíduos vegetais não colhidos ao solo, favorecendo a acumulação de matéria orgânica ou de C orgânico (CORAZZA et al., 1999; BAYER et al., 2000; AMADO et al., 2001). Portanto, o uso de plantas leguminosas para

cobertura do solo ou pastagens, além de seu efeito no rendimento de grãos das culturas, pode, potencialmente, resultar na melhoria da qualidade ambiental, em comparação aos sistemas tradicionais. A seguir serão apresentados trabalhos sobre sistemas de rotação de culturas ou sistemas de produção integração lavoura + pecuária, ou ainda sobre sistemas de manejo de solo e rotação de culturas, envolvendo cereais de inverno, destacando-se os aspectos da fertilidade química do solo.

## **Efeito de sistemas de manejo e rotação de culturas na fertilidade química do solo**

A reciclagem de nutrientes é muito importante nos sistemas agrícolas que mantêm resíduos vegetais na superfície do solo, especialmente nos climas tropicais e subtropicais, condição que favorece a intensa lixiviação de cátions (Ca, Mg e K).

A reciclagem mais eficiente ocorre, principalmente com emprego de plantas leguminosas em sistemas de rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos, como adubação verde ou como pastagens perenes (SANTOS & PEREIRA, 1994; SANTOS et al., 2001). O uso de leguminosas para reciclagem de nutrientes e o conseqüente aumento do teor de N dos sistemas pode ser uma estratégia para atingir sustentabilidade na agricultura, pela elevação da matéria orgânica (BAYER et al., 2000).

No trabalho de Santos & Tomm (1996), com sistemas de ro-

tação de culturas para cereais de inverno, envolvendo triticale, sob plantio direto, em Latossolo Vermelho distrófico típico, no município de Passo Fundo, RS, verificou-se que o solo do sistema I (monocultura triticale/soja) continha teor de matéria orgânica (22,7 g/kg) menor do que os dos sistema II: triticale/soja e aveia branca/soja (24,2 g/kg); sistema III: triticale/soja e ervilhaca/milho (24,3 g/kg); sistema IV: triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja (24,3 g/kg); e sistema V: triticale/soja, triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja (24,1 g/kg), na camada de 10 a 15 cm. A substituição de triticale por aveia branca, no sistema II, foi suficiente para determinar acréscimo significativo no teor de matéria orgânica.

Segundo Roman (1990), a cultura de aveia branca produz mais do dobro de biomassa do que a do triticale (7,7 e 3,0 t/ha de biomassa na parte aérea da planta, respectivamente). A diferença cumulativa no aporte de biomassa de aveia branca, provavelmente, tenha contribuído para o acréscimo no teor de matéria orgânica, determinando a diferença significativa nas amostras coletadas na camada de 10-15 cm.

Por outro lado, Santos & Tomm (1996), observaram valores mais elevados de K disponível no sistema I (71 mg/kg), em comparação aos sistemas II (54 mg/kg), IV (53 mg/kg) e V (48 mg/kg), porém, na camada de 15 a 20 cm. Isto, no solo desse estudo, poderia ser atribuído à maior quantidade de K disponível aplicado como adubação de manutenção.

Santos & Tomm (1998, 1999), trabalhando com sistemas de rotação de culturas com cereais de inverno, envolvendo trigo e cevada, sob plantio direto, em Latossolo Bruno aluminoférrico, no município de Guarapuava, PR, verificaram em alguns sistemas diferenças significativas entre Ca + Mg

trocáveis, P extraível e K disponível do solo. O efeito de maior destaque foi constatado por Santos & Tamm (1999), em que a monocultura trigo/soja mostrou maior valor de P extraível na camada de 0 a 5 cm (12,0 mg/kg) do que os sistemas trigo/soja e aveia branca (6,4 mg/kg), trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca (7,0 mg/kg) e trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca (7,1 mg/kg). Isso pode ter sido consequência da adubação de manutenção, que acumulou mais P na monocultura, enquanto que nos sistemas de rotação de culturas o efeito ficou diluído pela diversificação de espécies com maior capacidade de aproveitar o nutriente (CORRÊA et al., 2004).

Ainda, no trabalho de Santos & Tamm (1999), não foi observado diferenças significativas dos valores de pH, matéria orgânica e K disponível do solo. A explicação para isto estaria relacionada à aplicação de 11,7 t/ha de calcário cinco anos antes dessa aviação. Por outro lado, nos trabalhos relatados por Santos & Tamm (1996, 1998, 1999) observou-se que valores de matéria orgânica, de P extraível e de K disponível tiveram aumentos proporcionalmente maiores na superfície (0-5 cm), em comparação com camadas mais profundas (15-20 cm).

Em trabalho de Franchini et al. (2000), com sistemas de rotação de culturas para cereais de inverno, envolvendo trigo, nos municípios de Campo Mourão e Londrina, PR, sob plantio direto, ambos em Latossolo Vermelho distroférrico, após sete anos, foi verificada diferença significativa dos valores de pH, Al, Ca e Mg trocáveis e N. O sistema tremoço/milho promoveu diminuição do pH (4,8) e dos teores de Ca (52 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e Mg trocáveis (20 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>), em relação ao sistema trigo/soja (5,2; 77 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; e 26 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectiva-

mente). De acordo com os mesmos autores, as perdas de Ca trocável, no sistema que incluía leguminosa como cultura de cobertura de solo e adubação verde, poderiam ser superiores às do Ca aplicado como calcário. Por outro lado, os mesmos autores observaram aumento nos teores de Al trocável ( $1,8 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$ ) e de N ( $19 \text{ g/kg}$ ) no sistema tremoço/milho, em comparação ao sistema trigo/soja ( $0,8 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$  e  $18 \text{ g/kg}$ , respectivamente).

Os sistemas de manejo conservacionistas de solo, como plantio direto e o cultivo mínimo têm sido referendados porque geralmente retêm mais água no solo, dentre outras condições desejáveis para o crescimento e desenvolvimento das espécies rentáveis economicamente, por exemplo, em virtude do não revolvimento do solo e da manutenção de cobertura morta. Um dos fatores imprescindíveis à introdução e à manutenção dos sistemas conservacionistas é a manutenção da cobertura morta na superfície para proteger o solo. Nesse caso, torna-se necessário introduzir sistemas compostos por gramíneas e leguminosas, de inverno e de verão, em rotação de culturas, para gerar maior quantidade de cobertura morta.

No trabalho de Santos et al. (1995) com sistemas de manejo de solo e rotação de culturas para cereais de inverno, envolvendo cevada, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, no município de Passo Fundo, RS, foi observado que, após sete anos, o pH, o Al trocável, o Ca + Mg trocáveis e o K disponível não foram alterados pela sequência de culturas ou pelo manejo de solo, após aplicação de calcário. Neste estudo, o calcário foi aplicado ( $2,0 \text{ t/ha}$ ) quatro anos após o início do experimento, sendo que nas parcelas sob plantio direto, foi aplicado em superfície e sob

manejo convencional com arado de discos, o calcário foi incorporado. A aplicação de corretivo nas parcelas sob plantio direto foi suficiente para a manutenção do pH, evitando-se a readificação superficial do solo, principalmente em função do uso de fertilizantes nitrogenados.

Ainda, no trabalho de Santos et al. (1995), observou-se que o teor de matéria orgânica e o de P extraível, nas três sequências de culturas estudadas, na camada de 0 a 5 cm, foram consistentemente mais elevados no manejo sob plantio direto (cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja: 38 g/kg e 23,7 mg/kg; ervilhaca/milho, aveia branca/ e cevada/soja: 38 g/kg e 19,5 mg/kg; e aveia branca/soja, cevada/soja e ervilhaca/milho: 37 g/kg e 20,1 mg/kg) do que sob preparo convencional de solo (cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja: 35 g/kg e 21,7 mg/kg; ervilhaca/milho, aveia branca/ e cevada/soja: 35 g/kg e 18,7 mg/kg; e aveia branca/soja, cevada/soja e ervilhaca/milho: 35 g/kg e 18,7 mg/kg). Provavelmente, neste caso, o sistema plantio direto manteve teores adequados de matéria orgânica, suprimindo desta forma, a capacidade de N do solo, que é o nutriente mais limitante ao rendimento das culturas anuais.

Silveira & Stone (2001), estudando sistemas manejo de solo (plantio direto; preparo convencional de solo com arado de discos; preparo convencional de solo com arado e grade de discos; e preparo convencional com grade de discos) e rotação de culturas (Sistema I: soja/trigo; Sistema II: soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão; Sistema III: arroz/feijão; Sistema IV: milho/feijão; Sistema V: arroz consorciado com calopogônio/feijão; e Sistema VI: milho/feijão/milho/feijão/arroz/feijão), envolvendo cereais de inverno, em Latossolo Vermelho

distroférico, no município de Santo Antônio de Goiás, GO, durante seis anos, observaram teores de Ca + Mg trocáveis mais elevados nos sistemas I (29, mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e II (27,2 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>), em comparação com os sistemas III (22,6 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e V (22,4 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) na camada de 0 a 10 cm. Não foram verificadas diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas, referentes ao teor de matéria orgânica, de P extraível e de K disponível do solo. Porém, foi observado que os sistemas: soja/trigo e soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão propiciaram maiores valores de pH e de Ca + Mg trocáveis e menor teor de Al trocável que os sistemas: III e V, nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Além disso, os sistemas de rotação de culturas afetaram significativamente o teor de K disponível somente na camada de 10 a 20 cm. Os sistemas IV e VI mostraram teor de K disponível maiores do que os sistemas I, III e V. O teor deste nutriente foi menor nos sistemas que incluíram soja. Isto pode ser devido, provavelmente, às diferenças na exportação de K pelos grãos da cultura de soja.

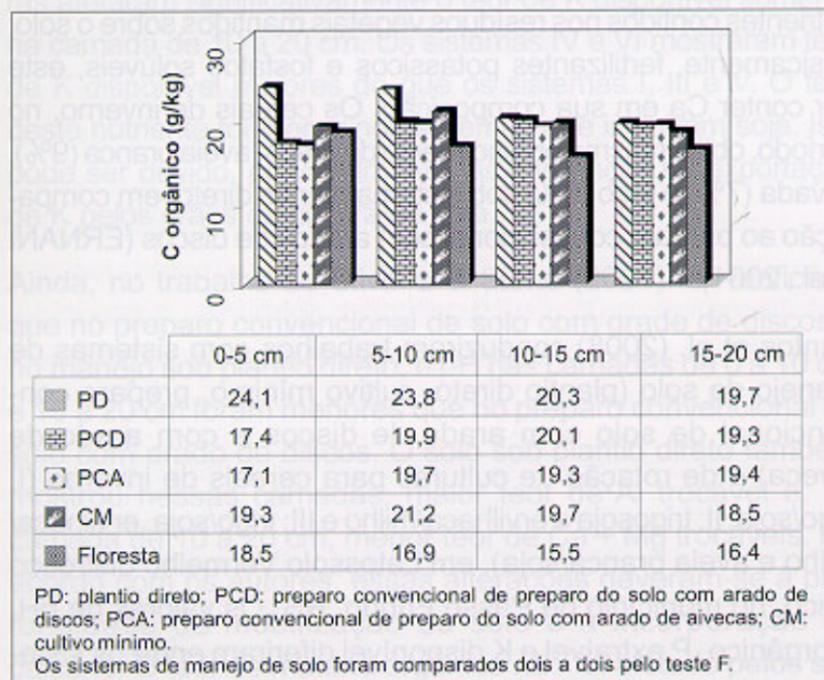
Ainda, no trabalho de Silveira & Stone (2001) foi verificado que no preparo convencional de solo com grade de discos e no manejo sob plantio direto, o pH nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm foram menores que no preparo convencional de solo com arado de discos. O solo sob plantio direto também mostrou nessas camadas, maior teor de Al trocável e, na camada de 10 a 20 cm, menor teor de Ca + Mg trocáveis. De acordo com os autores, essas alterações deveram-se à profundidade de mobilização do solo e à incorporação de calcário. O teor de matéria orgânica não foi afetado pelos sistemas de manejo de solo mesmo quando se promoveu revolvimento do solo. Por outro lado, o preparo convencional do solo com grade de discos propiciou maior acúmulo de P extraível na camada superficial, em comparação ao preparo

convencional de solo com arado de discos e não diferiu do plantio direto.

Em trabalho de Ciotta et al. (2002) com sistemas de manejo de solo e rotação de culturas para cereais de inverno, incluindo trigo, em Latossolo Bruno aluminoférrico, no município de Guarapuava, PR, foi verificado após dez anos, acidificação na camada de 0 a 5 cm, sob plantio direto, em relação ao preparo convencional de solo com arado de discos. Por outro lado, os teores de Ca + Mg trocáveis e de K disponível sob plantio direto chegaram a ser cerca de duas vezes maiores do que sob preparo convencional. O acúmulo de bases trocáveis na camada superficial no solo sob plantio direto resultou da ciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais mantidos sobre o solo, basicamente, fertilizantes potássicos e fosfatos solúveis, este por conter Ca em sua composição. Os cereais de inverno, no período, obtiveram maior rendimento de grãos: aveia branca (9%), cevada (7%) e trigo (6%) sob sistema plantio direto, em comparação ao preparo convencional com arados de discos (ERNANI et al., 2001).

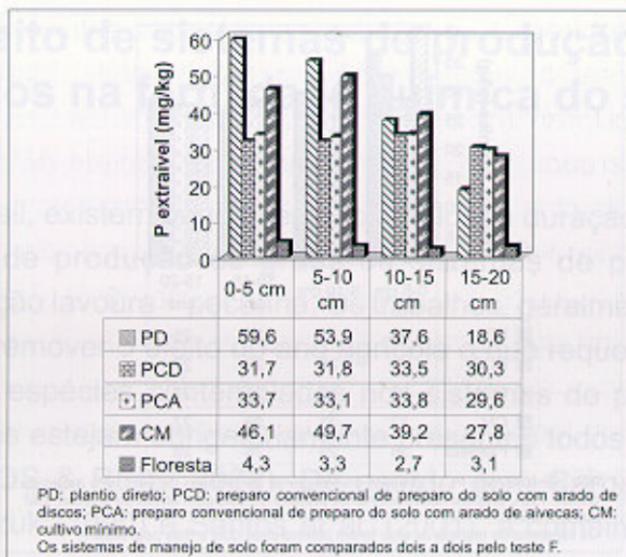
Santos et al. (2008) conduziram trabalhos com sistemas de manejo de solo (plantio direto, cultivo mínimo, preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aiveca) e de rotação de culturas para cereais de inverno (I: trigo/soja, II: trigosoja e ervilhaca/milho e III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja), em Latossolo Vermelho distrófico típico, no município de Passo Fundo, RS. Os valores de pH, C orgânico, P extraível e K disponível diferiram entre os sistemas de manejo de solo. No sistema plantio direto, houve acúmulo de C orgânico, P extraível e K disponível, na camada superficial (Fig. 1, 2 e 3). Não houve diferença significativa do teor de matéria orgânica entre o sistema plantio direto e a

floresta subtropical, em todas as camadas estudadas (Fig. 4). Os teores de matéria orgânica (Fig. 5), de P extraível e K disponível foram mais elevados na camada de 0 a 5 cm, quando comparados com os observados na camada de 15 a 20 cm, sob plantio direto e sob sistemas de rotação de cultura (II e III). Verificou-se que no solo da floresta subtropical os valores de pH, Ca trocável, P extraível e K disponível eram muito menores do que os dos sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, indicando que os sistemas de produção agrícola tendem a acumular nutrientes, nas condições de clima e solo do Planalto Médio do Rio Grande do Sul.



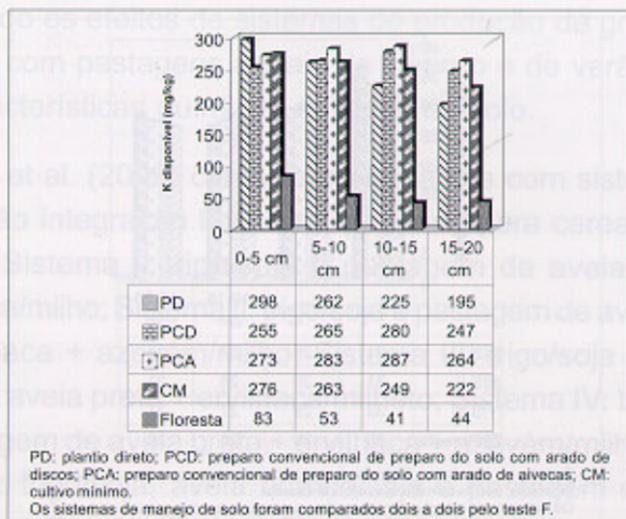
**Fig. 1.** Valores de C orgânico, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo, em 2005.

Fonte: Santos et al., 2008.



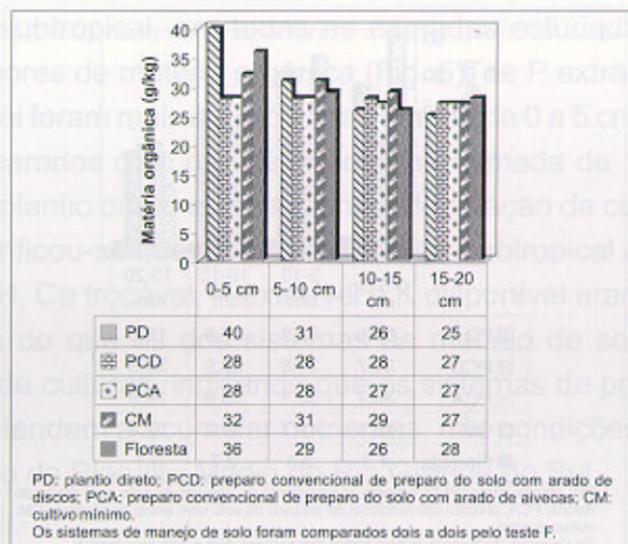
**Fig. 2.** Valores de P extraível, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo, em 2005.

Fonte: Santos et al., 2008.



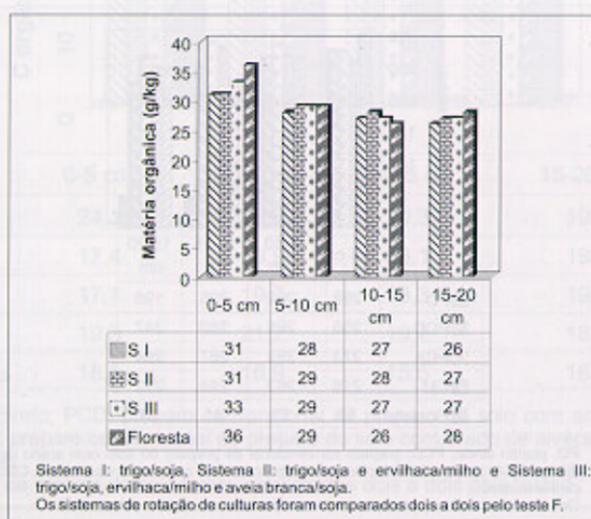
**Fig. 3.** Valores de K disponível, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo, em 2005.

Fonte: Santos et al., 2008.



**Fig. 4.** Valores de matéria orgânica, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo, em 2005.

Fonte: Santos et al., 2008.



**Fig. 5.** Valores de matéria orgânica, em diferentes camadas e sistemas de rotação de culturas, em 2005.

Fonte: Santos et al., 2008.

## Efeito de sistemas de produção de grãos na fertilidade química do solo

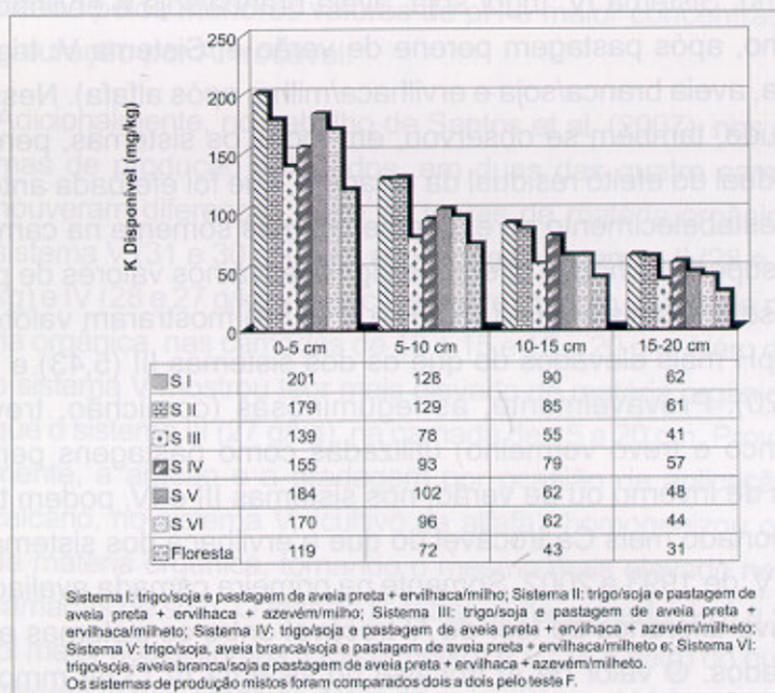
No Brasil, existem poucos estudos de longa duração em sistemas de produção de grãos ou sistemas de produção integração lavoura + pecuária. Os trabalhos, geralmente, permitem remover o efeito do ano agrícola o que requer que todas as espécies contempladas nos sistemas de produção de grãos estejam obrigatoriamente presentes todos os anos (SANTOS & REIS, 2003). De acordo com Carpenedo & Mielniczuk (1990) e Santos et al. (2001), a combinação de pastagens perenes seguidas de culturas anuais para produção de grãos é mais eficiente na manutenção das propriedades físico-químicas do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Entretanto, são raros no sul do Brasil, trabalhos avaliando os efeitos de sistemas de produção de grãos integrados com pastagens anuais de inverno e de verão, sobre as características químicas e físicas do solo.

Santos et al. (2006) conduziram trabalhos com sistemas de produção integração lavoura + pecuária para cereais de inverno (Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho e; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho), em Latossolo Vermelho distrófico, no município de Coxilha, RS. Em todos os sistemas estudados, observou-se

perda gradual do efeito residual da calagem, que foi efetuada antes do estabelecimento do experimento. Não houve diferenças significativas entre os sistemas de produção integração lavoura + pecuária dos valores de pH, Al trocável, Ca e Mg trocáveis do solo, em todas as camadas estudadas. Isso pode ser reflexo da uniformidade da aplicação do calcário, quatro anos antes da instalação do experimento. Nos sistemas de produção integração lavoura + pecuária, em todas as camadas estudadas, não houve diferença significativa entre o teor de matéria orgânica do solo. Tal fato pode ser explicado pela quantidade de resíduo vegetal presente em todos os sistemas de produção integração lavoura + pecuária, mesmos naquelas parcelas que haviam sido pastejadas.

Ainda, no trabalho de Santos et al. (2006), houve diferença no valor de P extraível dos sistemas de produção integração lavoura + pecuária. Os sistemas de produção integração lavoura + pecuária mostraram valores muito superiores ao da floresta subtropical no teor de P extraível, nas camadas de 0 a 5 cm e 15 a 20 cm, indicando pouca fixação do nutriente ao solo, exceto para no sistema IV, na camada de 15 a 20 cm. Além disso, os sistemas I e II mostraram teores de P extraível mais elevados do que os da floresta subtropical, nas camadas de 5 a 10 cm e 10 a 15 cm. O sistema I mostrou maior teor de K disponível do que o sistema III, em todas as camadas estudadas (Fig. 6). A diferença entre esses sistemas era somente a presença da cultura do milho, no caso do sistema I e a de milheto, no sistema III. É possível que a cultura de milheto tenha extraído nos grãos e na parte aérea, mais K do solo que a cultura de milho. Além disso, o teor de K disponível, dos sistemas I e II foram superiores aos da floresta subtropical na maioria das camadas estudadas. O mesmo

ocorreu com o sistema IV, nas camadas de 10 a 15 cm e 15 a 20 cm. Houve redução nos valores da matéria orgânica, de C orgânico, de P extraível e de K disponível com a profundidade do solo. Efeito contrário ocorreu com o pH e o Al trocável.



**Fig. 6.** Valores de K disponível, em diferentes camadas e sistemas produção mistos, em 2003.

Fonte: Santos et al., 2006.

Santos et al. (2007), trabalhando por dez anos em um Latossolo Vermelho distrófico típico, sob plantio direto, no município de Passo Fundo, RS, verificaram que os valores de pH, Al trocável, Ca trocável, Mg trocável, matéria orgânica, P extraível e K disponível foram influenciados pelos sistemas produção integração lavoura + pecuária para cereais de in-

verno (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: trigo/ soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, após pastagem perene de inverno; Sistema IV: trigo/ soja, aveia branca/soja e ervilhaca/ milho, após pastagem perene de verão e; Sistema V: trigo/ soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, após alfafa). Nesse estudo, também se observou, em todos os sistemas, perda gradual do efeito residual da calagem, que foi efetuada antes do estabelecimento do experimento, mas somente na camada superficial houve diferença significativa nos valores de pH do solo. Os sistemas II (5,58) e V (5,58) mostraram valores de pH mais elevados do que os dos sistemas III (5,43) e IV (5,20). Provavelmente, as leguminosas (cornichão, trevo branco e trevo vermelho) utilizadas como pastagens perenes de inverno ou de verão, nos sistemas III e IV, podem ter exportado mais Ca trocável do que a ervilhaca dos sistemas II e V, de 1993 a 2002. Somente na primeira camada avaliada houve diferença de teor de Al trocável entre os sistemas estudados. O valor de Al trocável no sistema IV ( $3,54 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ ) foi maior do que o obtido no sistema I ( $1,03 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ ), na camada de 0 a 5 cm. O sistema I ( $49 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ ) foi maior que o sistema II ( $43 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ ) em teor de Ca trocável do solo, na camada 0 a 5 cm. Provavelmente, a aveia preta + ervilhaca, no sistema II, podem ter exportado mais Ca via pastejo do que a ervilhaca do sistema I, que permaneceu como cobertura de inverno, de 1993 a 2002. O sistema V mostrou teor de Ca trocável mais elevado do que o dos sistemas I, II, III e IV, nas camadas de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 15 cm. Isso pode ser atribuído à aplicação de calcário, em 1994, no sistema V, o que não foi feito nos demais sistemas. As-

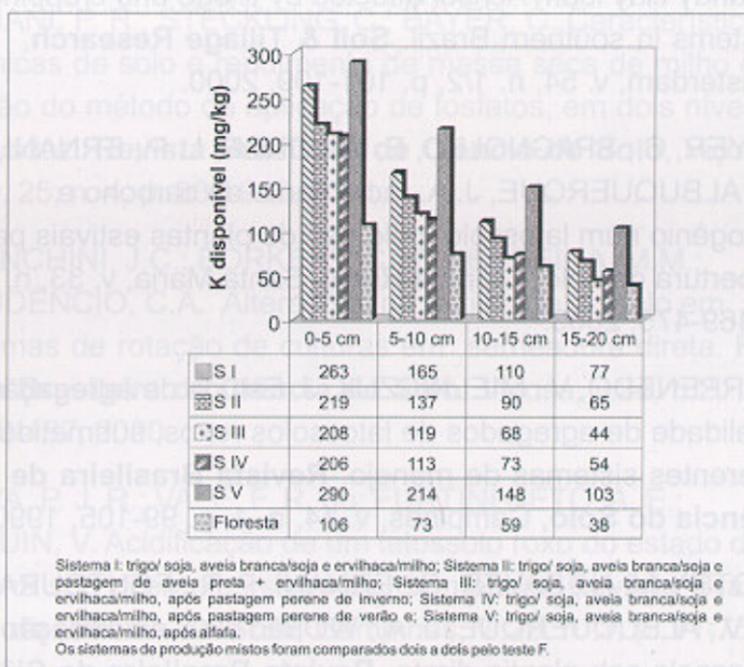
sim, o sistema V mostrou também, em relação ao sistema II, maior teor de Mg trocável do solo, nas mesmas camadas citadas anteriormente. Em todos os sistemas de produção estudados, ocorreu acidificação em todas as camadas, constatada pelos menores valores de pH e maior concentração e saturação por Al trocável.

Adicionalmente, no trabalho de Santos et al. (2007), nos sistemas de produção estudados, em duas das quatro camadas houveram diferenças entre os teores de matéria orgânica. O sistema V (31 e 30 g/kg) foi superior aos sistemas II (28 e 27 g/kg) e IV (28 e 27 g/kg, respectivamente) quanto ao teor de matéria orgânica, nas camadas de 10 a 15 e 15 a 20 cm. Além disso, o sistema V mostrou teor mais elevado de matéria orgânica do que o sistema III (27 g/kg), na camada de 15 a 20 cm. Provavelmente, a aração e a gradagem por ocasião da aplicação de calcário, no sistema V, (cultivo da alfafa), homogenizou o teor de matéria orgânica, tornando o mesmo mais elevado nessas camadas de solo. O teor de P extraível na camada de 0 a 5 cm foi maior nos sistemas II (34,0 mg/kg) e V (34,5 g/kg) do que no sistema III (21,2 mg/kg). Além disso, o sistema V foi superior ao sistema IV (23,4 mg/kg), na mesma camada. Por sua vez, o sistema II (34,0 e 21,2 mg/kg) mostrou maior teor de P extraível do solo, em relação aos sistemas III (21,2 e 12,2 mg/kg) e IV (23,4 e 12,0 mg/kg, respectivamente), nas camadas de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm. Houve maior acúmulo de P extraível, nos sistemas I e II, que vinham sendo adubados (adubação de manutenção) duas vezes ao ano, desde 1993, enquanto que os sistemas III e IV, era feita somente uma adubação ao ano. A partir do verão de 1996/97, todos os sistemas foram adubados com a mesma quantidade de fertilizantes. O teor de K disponível, na camada de 0 a 5 cm, foi mais elevado no sistema I do que no

sistema II. Além disso, o sistema I mostrou teor de K disponível superior aos dos sistemas III e IV, em todas as camadas estudadas. Por sua vez, o sistema V mostrou maior teor de K disponível do que o sistema I, nas camadas de 5 a 10 cm, 10 a 15 cm e 15 a 20 cm. Da mesma forma, o teor de K disponível no sistema V foi maior do que os dos sistemas II, III e IV, em todas as camadas estudadas. Essas diferenças, com maior valores no sistema V podem estar relacionadas ao maior teor de K disponível resultantes da adubação de manutenção ou do resíduo cultural da alfafa que antecedeu as culturas produtoras de grãos, de 1994 a 1997. Os teores de matéria orgânica, de P extraível e de K disponível foram maiores na camada de 0 a 5 cm diminuindo até a a camada de 15 a 20 cm, em todos os sistemas de produção estudados (Fig. 7).

Sumarizando o conteúdo abordado neste capítulo, observa-se que, o teor de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável foram maiores na camada superficial (0 a 5 cm), em relação a camada mais profunda (15 a 20 cm), em quase todas os sistemas de rotação de culturas ou de produção integração lavoura + pecuária, sob plantio direto, de cereais de inverno estudados. Houve, neste caso, acúmulo desses elementos na camada superficial do solo. Isso indica que essa prática de manejo de solo pode contribuir para o aumento do teor de matéria orgânica, e, conseqüentemente, da fertilidade de solo. Os sistemas de rotação de culturas ou de produção integração lavoura + pecuária contendo leguminosas foram os mais eficientes no acúmulo de matéria orgânica na camada superficial. A manutenção do teor de matéria orgânica na camada superficial de solo nos sistemas conservacionistas, decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície de solos sob plantio direto, em virtude da ausência de

incorporação física realizada pelo revolvimento de solo, o que diminui a taxa de mineralização no plantio direto.



**Fig. 7.** Valores de K disponível, em diferentes camadas e sistemas produção mistos, em 2002.

Fonte: Santos et al., 2007.

## Referências Bibliográficas

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L.; BRUM, A. C. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio do solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTINETO, L.; FERNANDES, S. B. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 101-109, 2000.

BAYER, C.; SPAGNOLLO, E; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 469-475, 2003.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estudo de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

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.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja, influenciado pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. 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.

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.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, 2000.

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.

ROMAN, E. S. Effect of cover crops on the development of weeds. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, Passo Fundo, 1990. **Coservation tillage for subtropical areas**. Passo Fundo, Embrapa Trigo: CIDA, 1990. p. 258-262.

SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; DENARDIN, J. E. **Potencial de seqüestro de carbono pela agricultura brasileira e a mitigação do efeito estufa**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 8 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 78). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do\\_do78.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do_do78.htm)>.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.;

TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e nível de matéria orgânica em função de modelos de produção com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. In: EMBRAPA TRIGO. **Soja: resultados de pesquisa 2005/2006**. Passo Fundo, 2006. p. 165-182. (Embrapa Trigo. Documentos, 68).

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de pastagens sobre o nível de fertilidade do solo em sistemas de produção de grãos sob plantio direto após dez anos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 13, n. 1/2, p. 69-78, 2007.

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 fertilidade do solo após cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 645-653, 2001.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas em Guarapuava. XIV. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agronômicas de milho, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 11, p. 1691-1699, 1994.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Cap. 1, p. 11-132.

SANTOS, H. P. dos; 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**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 441-454, 2008.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Fertilidade do solo em rotação de culturas com tritcale. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 415-421, 1996.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. 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.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. 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.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio direto *versus* convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos em rotação de culturas com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 449-454, 1995.

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 do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P. dos; KOCHHANN, R. A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.

