

SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O RENDIMENTO DO MILHO

SOIL MANAGEMENT SYSTEMS AND THEIR EFFECTS ON CORN YIELD

Cimélio Bayer¹ João Mielniczuk² Aurélio Pavinato³

RESUMO

Uma das metas da pesquisa em manejo de solos deve ser a definição de sistemas de produção adequados à produtividade das culturas, conservação e recuperação do solo. Nesse sentido, realizou-se este estudo que teve por objetivo avaliar o efeito da inclusão de leguminosas como culturas de cobertura, e da incorporação ou não de seus resíduos ao solo, sobre o rendimento do milho. Utilizou-se dois experimentos instalados na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS. Esses experimentos, instalados há sete e nove anos, são constituídos de métodos de preparo (convencional, reduzido e plantio direto), sistemas de cultura (pousio/milho, aveia/milho, aveia+vica/milho, aveia+vica/milho+caupi, vica+gorga/milho e lablabe+milho) e doses de N (0 e 120kg/ha). Os métodos de preparo, realizados na implantação da cultura do milho, não afetaram o seu rendimento. Os sistemas de cultura somente afetaram o rendimento do milho quando não foi aplicado N mineral. Nos diferentes sistemas de cultura, sem aplicação de N, o rendimento do milho variou entre 1,46t/ha e 5,02t/ha. As culturas de cobertura do solo apresentaram um efeito no rendimento do milho equivalente a aplicação de 4 a 90kg/ha de N. A associação de culturas de cobertura leguminosas ao sistema de plantio direto resultou em maiores rendimentos de milho e maior produção de resíduos vegetais, permitindo a economia em N mineral e podendo acelerar o processo de recuperação de solos degradados.

Palavras-chave: milho, rendimento, culturas de cobertura, preparos do solo, recuperação do solo.

SUMMARY

One aim of soil management systems research is the definition of production systems adequate to crop productivity, soil conservation and amelioration. The objective of this study was to evaluate the effect of legume cover crops utilization and incorporation or not of their residues in the soil on corn yield. Two

experiments were carried out, including soil tillage methods (conventional, reduced and no tillage), crop systems (fallow/corn, oats/corn, oats+vetch/corn, oats+vetch/corn+cowpea, vetch+spergula/corn and lablabe+corn), and rates of nitrogen (0 and 120kg/ha), installed seven and nine years ago, both at the Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul in Eldorado do Sul, RS, Brazil. Soil tillage methods had no effect on corn yield. The crop systems affected corn yield only in absence of mineral N application. For these crop systems, without N application, corn yield varied between 1.46t/ha and 5.02t/ha. The different cover crops increased corn yield in a magnitude equivalent to the addition of 4 to 90kg/ha of mineral nitrogen. Legume crops associated with no tillage had the greatest corn yields and residue production, saved nitrogen mineral, and may accelerate the soil amelioration process.

Key words: corn yield, cover crops, soil tillage, soil amelioration.

INTRODUÇÃO

Em solos degradados, uma das causas do baixo rendimento das culturas, principalmente de gramíneas, é a baixa disponibilidade de N do solo às plantas (TEIXEIRA *et al.*, 1994). No solo, a quantidade de N mineralizado é determinado pelo conteúdo de N orgânico e pela sua taxa de mineralização (STEVENSON, 1982).

A utilização de sistemas de preparo com mínimo ou nenhum revolvimento do solo promove melhoria da estrutura, porosidade, retenção e infiltração de água (SILVA, 1980), atividade biológica (CATTELAN & VIDOR, 1990a), conteúdo de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, capacidade de

¹Professor do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina, Caixa Postal 281, 88520-000, Lages, SC. E-mail: Bayer@cav.udesc.br. Autor para correspondência.

²Professor Titular aposentado do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

³Assessor Técnico da Empresa Schneider Loghman Company, Horizontina, RS.

troca de cátions e conteúdo de nutrientes (BAYER & MIELNICZUK, 1997a), entre outros.

Entretanto, no início da utilização destes sistemas conservacionistas, as melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo não se expressam no rendimento de culturas, especialmente naquelas exigentes em nitrogênio, pois a redução do revolvimento resulta numa menor taxa de mineralização do N orgânico do solo (BAYER, 1996) e dos resíduos vegetais das culturas anteriores.

A hipótese é de que a utilização de culturas leguminosas para cobertura do solo em plantio direto, num sistema de sucessão ou rotação com culturas comerciais não leguminosas, resultará num incremento da disponibilidade de N, devido aos altos conteúdos desse nutriente presente na sua biomassa (NUTMAN *et al.*, 1976), e à rápida decomposição dos seus resíduos devido a baixa relação C/N. Desta forma, a inclusão de leguminosas promoverá um aumento nos rendimentos obtidos e na produção de resíduos, permitindo economia em N mineral e acelerando a recuperação de solos degradados.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de leguminosas como culturas de cobertura do solo, e da incorporação ou não de seus resíduos ao solo, no rendimento do milho, a fim de determinar os sistemas de manejo mais adequados a produção vegetal e conservação do solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dois experimentos, instalados num solo podzólico vermelho-escuro, com sinais visíveis de degradação pelo mau uso e manejo, localizado na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, em Eldorado do Sul, RS.

O experimento I, instalado em 1985, consta de três métodos de preparo de solo e três sistemas de cultura, dispostos segundo um delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas, e duas doses de N mineral, em faixas nos blocos, com três repetições.

Os métodos de preparo (parcela principal, com 15 x 20m) foram aplicados anteriormente à cultura do milho, e variam quanto à intensidade de revolvimento e incorporação dos resíduos das culturas de inverno ao solo. Assim, os resíduos foram totalmente incorporados ao solo através de lavra e gradagem no preparo convencional, semi-incorporados com escarificador no preparo reduzido, e deixados totalmente na superfície do solo no plantio direto.

Os sistemas de cultura (subparcelas, com 5 x 20m) utilizados foram A/M (aveia(*Avena strigosa*)/milho), A+V/M (aveia+vica(*Vicia sativa*)/milho) e A+V/M+C (aveia+vica/milho+caupi (*Vigna unguiculata*)). A vica passou a ser utilizada a partir do inverno de 1991 em substituição ao trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*) devido à dificuldade na obtenção de sementes e seu pequeno desenvolvimento.

As doses de N (0 e 120kg/ha), distribuídas em faixas nos blocos (45 x 10m), foram aplicadas em cobertura no milho, aplicando-se 1/3 da dose aos 15-20 dias, e os 2/3 restantes, aos 40-45 dias após a emergência da cultura.

O experimento II foi instalado em 1983, segundo delineamento de blocos casualizados e três repetições. Os tratamentos consistem em 10 sistemas de cultura (5 x 16m) estabelecidas em semeadura direta, dois níveis iniciais de compactação (descompactado com lavra a 25cm de profundidade e não descompactado), e duas doses de N (0 e 120kg/ha), aplicadas segundo os mesmos procedimentos e épocas utilizadas no experimento I. Os níveis de compactação e as doses de N foram dispostas em faixas nos blocos, ocupando áreas de 8 x 50m e 5 x 4m, respectivamente. No presente trabalho foram analisados somente seis sistemas de cultura: pousio/milho (P/M), aveia/milho (A/M), aveia+vica/milho (A+V/M), vica+gorga (*Spergula arvensis*)/milho (V+G/M), aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) e lablabe (*Dolichos lablab*) +milho (LL+M). A vica foi introduzida nos sistemas A+V/M e V+G/M, a partir do inverno de 1991, em substituição ao trevo subterrâneo.

Em ambos experimentos, o milho foi semeado em setembro e as culturas de inverno, em abril. O caupi e o lablabe foram semeados entre as fileiras do milho em covas distanciadas 30cm, sendo o caupi semeado anualmente em torno de 40 dias após a emergência do milho, e o lablabe foi mantido como cultura semiperene, rebrotando a cada ano, sendo semeado a cada 3-4 anos, com o objetivo de restabelecer a uniformidade na distribuição de plantas na parcela. A gorga foi de aparecimento espontâneo na parcela. Detalhes sobre a implantação e manejo das culturas no Experimento I podem ser obtidos em FREITAS *et al.* (1996), e no Experimento II, em TESTA *et al.* (1992).

Os resultados apresentados são da safra 1992/93 (7ª safra do Experimento I e 9ª safra do Experimento II). Avaliaram-se as quantidades de matéria seca e nitrogênio contidas nas culturas de inverno (experimento I) e na biomassa total (resíduo+cultura de inverno) sobre o solo (experimento II), e rendimento do milho.

As culturas de inverno foram amostradas numa área de 1m². No experimento I, a amostragem foi realizada somente nas subparcelas sem aplicação de N, e no experimento II, nas subparcelas descompactadas e sem aplicação de N. As amostras, secas em estufa a 60°C até peso constante, foram subamostradas e moídas em moinho de facas e analisadas quanto aos seus teores de carbono e nitrogênio no tecido, segundo TEDESCO *et al.* (1985).

A colheita do milho foi realizada manualmente numa área de 9m² sendo o rendimento de grãos corrigido para uma umidade de 13%. A partir dos dados de rendimento de milho foram estimadas as Equivalências em N mineral (EqN) das culturas de cobertura. A EqN de uma cultura de cobertura corresponde à quantidade de N necessária aplicar no milho cultivado após pousio, ou cobertura de gramínea, para obter os mesmos rendimentos obtidos pelo milho após a respectiva cultura de cobertura. Nesse sentido, no experimento I as estimativas das EqN foram realizadas em relação ao sistema A/M, e no experimento II, em relação ao sistema P/M, pressupondo-se incremento linear no rendimento do milho à dose de 120kg/ha de N nestes sistemas.

A análise estatística consistiu na análise da variância dos efeitos dos métodos de preparo, sistemas de cultura, níveis de compactação e aplicação de N mineral, segundo os respectivos delineamentos experimentais. As diferenças entre médias foram testadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela I são apresentados a produção de matéria seca, nitrogênio contido na biomassa e relação C/N das cultu-

ras de inverno, o rendimento do milho e a EqN, em três métodos de preparo de solo e três sistemas de cultura.

Os preparos de solo, realizados na implantação da cultura do milho, não afetaram a produção de matéria seca e a quantidade de N na biomassa das culturas de inverno. Entre os sistemas de cultura, a produção de matéria seca variou entre 3,50t/ha e 7,44 t/ha, decrescendo na seguinte ordem: A+V/M+C, A+V/M e A/M. O nitrogênio nas culturas de inverno variou de 35,8 kg/ha a 91,4kg/ha, apresentando a mesma tendência da matéria seca. A relação C/N foi maior no sistema A/M, e menor nos sistemas que incluem leguminosas (A+V/M e A+V/M+C).

O rendimento do milho não foi afetado pelos preparos de solo. Resultados semelhantes foram obtidos por FREITAS *et al.* (1996) nos anos anteriores, o que reflete que, nas condições de solo e clima do presente estudo, o grau de revolvimento do solo e incorporação de resíduos vegetais não afetaram quantitativamente o fornecimento de nutrientes ao milho, podendo-se obter os benefícios adicionais de conservação do solo com a adoção do plantio direto ou preparo reduzido.

Tabela I - Quantidade de matéria seca, nitrogênio e relação C/N da biomassa das culturas de inverno, rendimento do milho e equivalência em N mineral (EqN) em três métodos de preparo do solo e três sistemas de cultura. Médias de três repetições.

Preparo de Solo	Sistemas de Cultura*	Culturas de Inverno**			Milho		EqN***
		Matéria Seca	Nitrogênio	Relação C/N	Rendimento		
					0 kg N/ha	120 kg N/ha	
		---t/ha---	---kg/ha---		-----t/ha-----	---kg/ha---	
Plantio direto	A/M	4,19 b	46,0 b	36a	1,46 b	4,23a	-
	A+V/M	5,74ab	91,4a	25 b	2,53a	4,19a	46
	A+V/M+C	7,22a	88,8a	32a	2,68a	4,71a	53
Preparo reduzido	A/M	3,50 b	35,8 b	39a	1,60 b	4,40a	-
	A+V/M	5,86a	92,3a	25 c	2,48ab	5,04a	38
	A+V/M+C	7,44a	89,1a	33 b	2,90a	4,77a	56
Preparo convencional	A/M	4,89a	53,1 b	37a	1,51 b	4,38a	-
	A+V/M	5,77a	82,6a	28 b	2,29 b	5,93a	33
	A+V/M+C	6,77a	89,5a	30 b	3,38a	5,43a	78

* A=Aveia, M=Milho, V=Vica e C=Caupi

** Avaliadas na subparcela sem aplicação de N.

*** EqN A+V/M+C = $\frac{120}{\text{Rend. A/M } 120\text{N}_{(\text{kg/ha})} - \text{Rend. A/M } 0\text{N}_{(\text{kg/ha})}} \times \text{Rend. A+V/M+C } 0\text{N}_{(\text{kg/ha})} - \text{Rend. A/M } 0\text{N}_{(\text{kg/ha})}$

Valores não seguidos de letras iguais na coluna, dentro de cada preparo de solo, diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

O efeito dos sistemas de cultura foi dependente da aplicação de N mineral. Com aplicação de 120kg/ha de N, não houve diferença no rendimento do milho entre os sistemas de cultura, produzindo em média 4,79t/ha. Sem aplicação de N, na média dos três preparos de solo, os rendimentos foram maiores nos sistemas A+V/M+C (2,98t/ha), intermediário no A+V/M (2,43t/ha) e menores no A/M (1,52t/ha), sendo estes provavelmente resultantes da quantidade de nitrogênio e menor relação C/N da biomassa das culturas de inverno anteriores ao milho (Tabela 1).

Em relação à EqN, a utilização da cultura da ervilhaca resultou num rendimento de milho equivalente à aplicação de 33-46kg/ha de N mineral no sistema A/M. A inclusão de ervilhaca e caupi resultou numa EqN de 54-78kg/ha de N, relativamente ao sistema A/M. O maior fornecimento de N ao milho nos sistemas com inclusão de leguminosas deve-se à mineralização do N contido na biomassa das culturas antecessoras ao milho, e provavelmente ao incremento do conteúdo de N do solo, o que foi observado por BAYER & MIELNICZUK (1997b). No caso do caupi, o N contido na sua biomassa, no verão anterior à safra considerada, possivelmente foi reciclado pelas culturas da aveia e ervilhaca, contribuindo para o seu maior desenvolvimento (Tabela 1), sendo o N contido na biomassa destas culturas tornado disponível no verão seguinte para o milho, aumentando o seu rendimento.

Na Tabela 2 são apresentadas as quantidades de matéria seca, nitrogênio e a relação C/N da biomassa sobre o solo e o rendimento do milho em diferentes sistemas de cultura em plantio direto.

A biomassa sobre o solo, a qual compreende resíduos anteriores e as culturas de inverno em desenvolvimento, apresentou entre 3,43 e 13,68t/ha de matéria seca e de 46,8 a 208,7kg/ha de N, e relação C/N variando de 20 a 50. De maneira geral, os maiores valores de matéria seca e N e as menores

relações C/N podem ser observados nos sistemas que incluem leguminosas.

Em relação ao milho, a descompactação do solo na implantação do experimento não afetou o rendimento de grãos, comparativamente ao solo não descompactado. Desta forma, os resultados foram apresentados e discutidos na média dos tratamentos de compactação inicial do solo.

O efeito dos sistemas de cultura sobre o rendimento do milho foi dependente da aplicação ou não de N mineral. Com aplicação de 120kg/ha de N, os sistemas de cultura não afetaram o rendimento do milho, produzindo em média 5,74t/ha. Sem aplicação de nitrogênio, o rendimento do milho foi maior nos sistemas que incluem vica+gorga, lablabe e aveia+vica/caupi, intermediário no sistema com aveia+vica, e menor nos sistemas aveia/milho e pousio/milho os quais são resultantes provavelmente da quantidade de nitrogênio e relação C/N da biomassa sobre o solo (Tabela 2).

A EqN variou de 4kg/ha, no sistema A/M, a 90kg/ha, no sistema V+G/M, ou seja, o cultivo da aveia antes do milho produziu o efeito equivalente a aplicação de 4kg/ha de N no sistema P/M, enquanto a presença da vica e da gorga produziu efeito equivalente a aplicação de 90kg/ha de N mineral.

Trabalhos desenvolvidos no estado do Mato Grosso indicam que o cultivo de ervilhaca-peluda ou

Tabela 2 - Quantidade de matéria seca, nitrogênio e relação C/N da biomassa sobre o solo, rendimento do milho e equivalência em N mineral (EqN) em seis sistemas de cultura em plantio direto. Médias de três repetições.

Sistemas de Cultura*	Biomassa sobre o solo**			Milho		EqN****
	Matéria Seca	Nitrogênio	Relação C/N	Rendimento***		
				0 kg N/ha	120 kg N/ha	
---t/ha---	---kg/ha---		-----t/ha-----	---kg/ha---		
P/M	3,43 c	46,8 c	25 bc	2,45 bc	5,80a	-
A/M	7,68 bc	60,9 c	50a	2,55 bc	6,00a	4
A+V/M	8,64abc	107,7 bc	31 b	3,44ab	5,91a	35
A+V/M+C	8,77abc	114,5 bc	30 b	4,25a	6,14a	64
V+G/M	5,86 bc	105,0 bc	20 c	4,96a	6,04a	90
LL+M	13,68a	208,7a	26 bc	4,57a	6,47a	76

* P= Pousio, A= Aveia, M=Milho, V=Vica e C=Caupi, G=Gorga e LL=Labelabe

** Avaliação realizada nas subparcelas descompactadas e sem aplicação de N.

*** Rendimentos médios de 6 repetições (três repetições e dois níveis de compactação).

**** $EqN_{A+V/M+C} = \frac{120}{(Rend. Pousio_{120N_{(kg/ha)}} - Rend. Pousio_{0N_{(kg/ha)}})} \times Rend. A+V/M+C_{0N_{(kg/ha)}} - Rend. Pousio_{0N_{(kg/ha)}}$

Valores não seguidos de letras iguais na coluna, diferem pelo de Tukey em nível de 5% de significância.

do nabo forrageiro antecedendo ao milho apresentam uma EqN em torno de 60kg/ha, ou seja, podem produzir efeitos semelhantes à aplicação de 60kg/ha de N (ERNANI *et al.*, 1995). OLIVEIRA (1994) também obteve redução na necessidade de adubação nitrogenada pelo algodoeiro cultivado em sucessão ao tremoço, ou ao nabo forrageiro, demonstrando que altas EqN se estendem à outras espécies de adubos verdes, e não apenas às leguminosas. Estes resultados ressaltam a necessidade de estudos específicos no sentido de definir a origem deste N presente na biomassa destas culturas.

Nos sistemas de cultura que incluem leguminosas, a maior disponibilidade de N para o milho, adicionalmente à maior quantidade de N, se deve a menor relação C/N da biomassa sobre o solo (Tabela 2). Nesse sentido, a relação C/N de 30 pode ser tomada como referência para os processos de imobilização e mineralização líquida N (STEVENSON, 1982).

Na presença de leguminosas, a decomposição dos resíduos, e conseqüentemente, a reciclagem de nutrientes, é mais rápida comparativamente a sistemas exclusivamente com gramíneas. Isto pode ser importante em condições de não revolvimento do solo, onde a menor taxa de decomposição dos resíduos poderia ser limitante em relação ao fornecimento de nutrientes para a cultura posterior.

Além da importância econômica das leguminosas, substituindo em parte o N a ser aplicado na cultura do milho, outro aspecto que se destaca é o maior aporte de resíduos vegetais ao solo, tanto pelas culturas de cobertura como pelas culturas comerciais (Tabelas 1 e 2), o que acelera o processo de recuperação do solo. Este efeito adicional tem sido verificado experimentalmente. Por exemplo, nos sistemas aveia+vica/milho+caupi e lablabe+milho, além de maiores rendimentos (TEIXEIRA *et al.*, 1994), tem sido verificada um maior recuperação nos teores de matéria orgânica, CTC e conteúdo de nutrientes, porosidade, retenção e infiltração de água, estabilidade de agregados (MIELNICZUK, 1988; MIELNICZUK *et al.* 1998) e atividade e biomassa microbiana (CATTELAN VIDOR, 1990a; CATTELAN & VIDOR, 1990b).

CONCLUSÕES

Os métodos de preparo do solo não afetam o rendimento do milho, podendo-se obter benefícios adicionais de conservação do solo com a adoção plantio direto ou preparo reduzido. O efeito dos sistemas de cultura sobre o rendimento de grãos do

milho deve-se, principalmente, ao suprimento de N ao milho pelas leguminosas. A associação de leguminosas ao sistema de plantio direto possibilita obter maiores rendimentos de milho com menor investimento em N mineral, e maior produção de resíduos vegetais, o que pode acelerar o processo de recuperação de solos degradados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAYER, C., MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. v. 21, p.105-112, 1997a.
- BAYER, C., MIELNICZUK, J. Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. v. 21, 235-239, 1997b.
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, RS. 241 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.
- CATTELAN, A., VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. v.14, p. 133-142, 1990a.
- CATTELAN, A., VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, p. 125-132, 1990b.
- ERNANI, L. C., ENDRES, V. C., PITOL, C., *et al.* **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. 1995. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 93p. (EMBRAPA-CPAO. documentos, 4).
- FREITAS, V. H., ROSSO, A. de, BAYER, C., *et al.* Efeito de métodos de preparo do solo e sistemas de cultura na absorção de nitrogênio e rendimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*. Porto Alegre, v. 2, p. 69-77, 1996.
- MIELNICZUK, J., TESTA, V. M., TEIXEIRA, L. A. J., *et al.* Recuperação da produtividade do solo por, sistemas de cultivos. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 1993, Salamanca, Espanha. **Resumos...** Sociedade Latinoamericana de Ciência do Solo, 1993. p. 744-750.
- MIELNICZUK, J. Desenvolvimento de sistemas de culturas adaptadas à produtividade, conservação e recuperação de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988. **A Responsabilidade Social da Ciência do Solo**, p. 109-116.
- NUTMAN, P. S. IBP field experiments on nitrogen fixation by nodulated legumes. In: NUTMAN, R. S. **Symbiotic nitrogen fixation in plants, IPR synthesis**. Cambridge, Cambridge University Press. v. 7, p.211-217, 1976.
- OLIVEIRA, E. L. Coberturas verde de inverno e adubação nitrogenada em algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 235-241, 1994.

- SILVA, I. F. **Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo.** Porto Alegre, 1980. 76 p. Tese (Mestrado em Agronomia)-Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry - genesis, composition, reaction.** New York: J. Wiley, 1982. 443 p.
- TEDESCO, M. J., WOLKWEISS, S. J., BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico, 5).
- TEIXEIRA, L. A. J., TESTA, V. M., MIELNICZUK, J. Nitrogênio no solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, v. 18, p. 207-214, 1994.
- TESTA, V. M., TEIXEIRA, L. A. J., MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-escuro afetadas por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.

Ciência Rural, v. 28, n. 1, 1998.