



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrobiologia
Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Caixa Postal 74505 - CEP 23851-970 - Seropédica, RJ
Fone (021) 682-1500 Fax (021) 682-1230
E-mail: acn@cnpab.embrapa.br

COMUNICADO TÉCNICO

Nº 29, jul/99, p.1-7



Efeito da Sucessão Soja/Trigo no Balanço de N em Sistema de Plantio Direto e Convencional

Lincoln Zotarelli¹
Eleno Torres²
Segundo Urquiaga³
Robert Michael Boddey³
Bruno J. R. Alves³

A prática de plantio direto ganhou significativo espaço na Região Sul do País por ser bastante eficaz no controle da erosão, que trazia sérios problemas, destacando-se o assoreamento de mananciais e a perda da camada fértil do solo, o que resultava em uma menor renda líquida do produtor e maior risco da atividade agrícola. Os benefícios do sistema de plantio direto sobre a estrutura do solo está relacionado ao mínimo revolvimento do solo, que se restringe ao sulco de plantio feito em meio aos resíduos da cultura anterior.

Diversos estudos têm demonstrado que os resíduos culturais, deixados sobre o solo no sistema de plantio direto, têm contribuído para o aumento do conteúdo de matéria orgânica, da atividade microbiológica, disponibilidade de nutrientes, estoque e infiltração de água no solo, e produção de grãos (Doran et al 1984; Wilhelm et al 1986; Peixoto, 1997). Os resíduos culturais são uma fonte potencial de N em solos cultivados, entretanto, à parte dos efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades físicas e químicas do solo, ainda não se têm conhecimentos suficientes para compatibilizar esta fonte de nutrientes com a adubação de cultivos subsequentes.

É sabido que os resíduos da soja influenciam a disponibilidade de N para o trigo, pois a produção de grãos é sensivelmente maior em comparação à observada quando por exemplo plantado após a cultura do milho. Strong et al (1986) cultivaram trigo após culturas de leguminosas e cereais, e verificaram uma maior acumulação de N no trigo na sequência leguminosa-trigo.

¹ Bolsista de Mestrado da UFRRJ/Embrapa-Agrobiologia

² Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

³ Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Antiga Rodovia Rio-São Paulo, Km 47, CEP: 23 851.970 - Seropédica, RJ, Caixa Postal 74.505

A soja é uma leguminosa de alta capacidade produtiva e, normalmente, apresenta um sistema simbiótico com *Bradyrhizobium* sp. muito eficiente. Entretanto, tem sido demonstrado que a quantidade de N introduzido no solo através dos resíduos desta cultura não é muito expressivo, podendo, em algumas situações, deixar um balanço de N negativo no sistema (Peoples et al, 1995; Zotarelli et al, 1998; Zotarelli et al, 1999; Alves et al, 1999). Como os resíduos da soja são de baixa relação C:N, é possível que a cultura do trigo possa ser beneficiada de um efeito sinérgico sobre a mineralização de N da matéria orgânica do solo. Outra possibilidade é que a cultura sucessora possa se beneficiar do N do solo que deixou de ser utilizado pela soja (Chalk, 1998), pois grande parte do N utilizado por esta cultura é proveniente da fixação biológica de nitrogênio.

O estudo foi desenvolvido em Londrina, no campo experimental da EMBRAPA Soja, num Latossolo Roxo distrófico, textura muito argilosa. A área está sob plantio direto há três anos. O delineamento experimental adotado foi o de blocos completamente casualizados com 4 repetições, com parcelas de 6,0 x 12,0 m. A rotação de culturas adotada foi seguida pelas recomendações para as condições edafoclimáticas da região. As culturas antecessoras foram milho e aveia, e durante a realização do experimento foi avaliada a sequência soja/trigo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com 4 repetições. Foram realizadas amostragens de solo para caracterização da fertilidade e para a recomendação da adubação a ser utilizada nas culturas.

O plantio da cultura da soja foi realizado no dia 02/12/1997, com a variedade Embrapa 48, no espaçamento de 0,45 m entre linhas, utilizando como adubação de plantio: 44 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 44 kg.ha⁻¹ de K₂O na forma de adubo NPK (0-20-20). A soja foi inoculada com *Bradyrhizobium japonicum*, na proporção de 200 g de inoculante para cada 60 kg de sementes.

Foram feitas coletas de parte aérea e raízes de plantas de soja durante o ciclo da cultura, as quais foram secas em estufa a 60°C e avaliadas a matéria seca e o teor de N dos tecidos. No campo, foram instaladas redes de nylon, com malha de 2 mm, nas entre linhas de cultivo da soja, para coleta das folhas senescentes. Para a avaliação da contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN), utilizou-se a técnica de abundância relativa de ureídeos em amostras de material seco de caule (Peoples et al, 1989). Na ocasião da colheita, avaliaram-se a produção e o conteúdo de N dos grãos.

Na cultura do trigo, a variedade utilizada foi a Ocepar 18, plantada em 14/05/98, 38 dias após a colheita da soja. A adubação de plantio utilizada foi: 32 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 28 kg.ha⁻¹ de K₂O na forma de adubo NPK (0-18-16), e 40 kg.ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, dos quais metade aplicado no sulco de plantio e metade em cobertura, no início do perfilhamento. O trigo foi plantado numa área anteriormente cultivada com soja e em uma área adjacente que ficou em pousio no verão, com cobertura de aveia. Para a avaliação da contribuição da soja para o trigo, foram estabelecidos 5 tratamentos, em micro-parcelas de 2,0 x 1,0 m. Quatro destes tratamentos foram estabelecidos sob plantio direto, dos quais 2 foram implantados em área com resíduos de soja e 2 na área de pousio. Neste caso, em uma das parcelas da área de soja, manteve-se todo o resíduo da soja. Na outra, todo resíduo superficial foi removido. Na área em pousio no verão, uma das micro-parcelas foi mantida com resíduo remanescente da cultura de aveia e a outra teve todo resíduo de aveia removido. Por último, foi montado uma micro-parcela sob sistema convencional que recebeu uma aração e duas gradagens niveladoras. Todas as micro-parcelas foram adubadas com sulfato de amônio marcado com ¹⁵N (1% ¹⁵N em excesso), na dose utilizada para o plantio do trigo (40 kgN/ha). Nas micro-parcelas, foram feitas coletas de parte aérea e grãos, para avaliação da produção e análise de diluição isotópica de ¹⁵N. A disponibilidade de N do solo foi feita com base na técnica de Valor A (Fied & Dean, 1952). Para o cálculo do Valor A foi utilizada a seguinte equação:

$$ValorA = \left(\frac{Ndfs \times QNf}{Nddf} \right)$$

Onde: Ndfs = Percentagem de N derivado do solo; Nddf = Percentagem de N derivado do fertilizante; QNf = Quantidade de N aplicado como fertilizante.

Tabela 1. Caracterização química do solo antes da implantação do experimento, correspondente as ações no Sul do País, sob sistema de plantio direto há 3 anos, ou sob preparo convencional. EMBRAPA Soja. Londrina, PR.

Plantio Direto	pH (H ₂ O)	C total ¹	N total ²	Ca	Mg	K	P ³
Prof. (cm)		%		mmol/dm ³			µg/g
0-2,5	5,3			44,0	31,0	6,15	12,0
2,5-5	5,2	1,51	0,147	58,0	28,0	3,38	14,0
5-10	5,8			67,0	34,0	1,64	9,0
10-20	5,5	-	-	48,0	27,0	0,95	10,0
20-40	4,9	-	-	40,0	15,0	0,62	4,0

Plantio Convencional	pH (H ₂ O)	C total ¹	N total ²	Ca	Mg	K	P
Prof. (cm)		%		Mmol/dm ³			µg/g
0-20	5,8	1,25	0,118	69,0	25,0	3,72	7,0
20-40	5,6	-	-	61,0	26,0	1,95	5,0

¹Combustão. Analisador LECO CHN 600.

²Digestão Kjeldhal e destilação à vapor/titulometria.

³Extrator Merlich 1.

Nas macro-parcelas de trigo também foram feitas coletas de parte aérea durante todo ciclo, e foi quantificada a taxa de acumulação de N pela planta.

Os dados de fertilidade da área em ambos os m saistemas de cultivo se encontram na Tabela 1.

Não houve diferença na produção de grãos de soja em plantio direto e convencional e a produção média ficou ao redor de cerca de 5600 kg.ha⁻¹ (13% de umidade). A máxima acumulação de N pela planta em ambos os sistemas, aproximadamente 390 kg.ha⁻¹ de N, foi observada aos 110 dias após plantio (dap) (Fig. 1). Esta quantidade se manteve praticamente estável até a colheita.

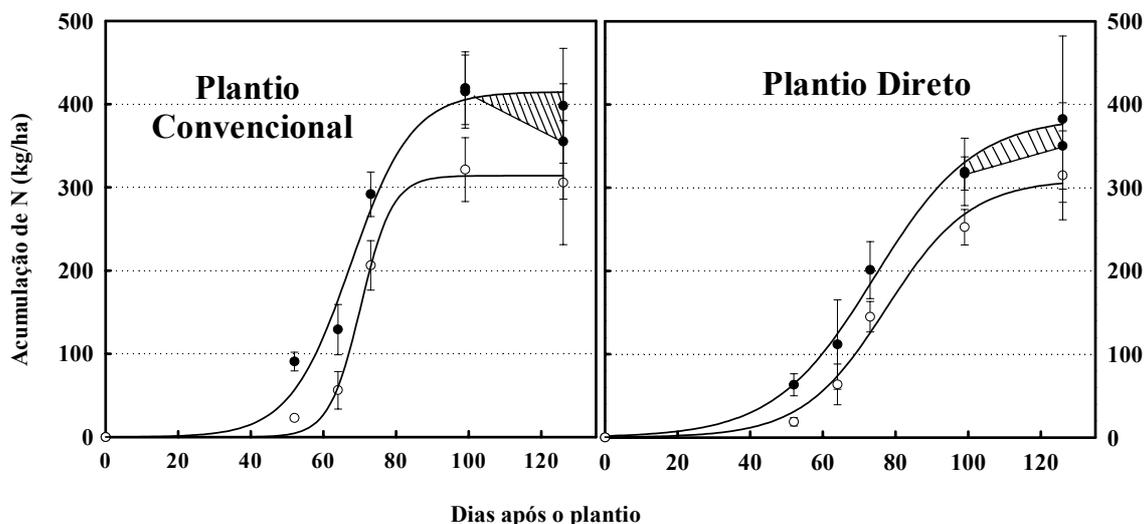


Figura 1. Acumulação de N total e do N derivado da FBN pela planta de soja estabelecida em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina, PR. A região hachurada corresponde a diferença atribuída às folhas senescentes.

Na colheita, mais de 80% do N da planta se encontravam nos grãos e o percentual do N acumulado derivado da FBN na planta esteve entre 81 e 74%, nos sistemas de plantio direto e convencional, respectivamente. No balanço de N, verificou-se que a FBN contribuiu com cerca de 315 e 306 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N para plantio direto e convencional, respectivamente.

Foram exportados nos grãos aproximadamente, em sistema direto e convencional, 330 e 320 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, respectivamente. Pelo balanço de N, verificou-se que cultura da soja extraiu do solo aproximadamente 6 e 24 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, quando sob plantio direto e convencional, respectivamente.

Na cultura do trigo, a colheita foi realizada aos 120 dap, quando o acúmulo médio de matéria seca alcançou $7.600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com uma produção de $2.400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de grãos (Fig. 2). A maior acumulação de N pelas plantas de trigo foi observada aos 80 dap (Fig. 2). Desta data até a colheita de grãos, detectou-se uma redução de N nas plantas em torno de $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, o que pode ser considerado como exsudado para o solo ou perdido por volatilização de amônia.

Nos sistemas de cultivos onde se plantou soja no verão, foram observadas as maiores produções de grãos. De modo geral a cultura da soja contribui com cerca de 30% no aumento da produção de grãos de trigo, quando se comparam as produções das micro-parcelas em pousio (Tabela 2).

Os resíduos da soja proporcionaram um aumento médio de $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na disponibilidade de N do solo para a cultura do trigo em ambos sistemas de produção (Tabela 2). A exportação de N nos grãos de trigo, observada nos tratamentos com resíduos de soja, em ambas as formas de plantio, foi, em média, $54 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. Considerando-se 100% da eficiência no uso dos $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N aplicados como fertilizante, foram exportados nos grãos $14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N do solo.

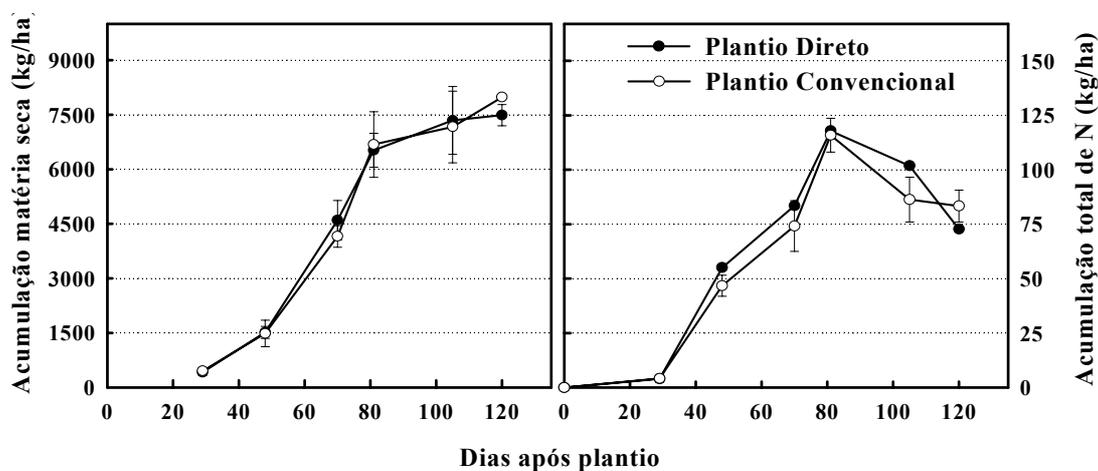


Figura 2. Acumulação de matéria seca e nitrogênio pelas plantas de trigo plantadas em sistema direto e convencional, em sucessão à soja. Valores médios de 6 repetições.

Tabela 2. Rendimento de grãos, N-total nos grãos e na palha de trigo, incremento na disponibilidade de N do solo (através do valor A) e balanço de N para o sistema após a colheita do trigo. Avaliaram-se o trigo plantado em sucessão à soja, ou ao pousio de verão, em área contendo, ou não, resíduos de soja deixados sobre o solo ou incorporados com arado. Valores médios de 5 repetições.

Condição de plantio do trigo	Rendimento (grãos com 13% umid.)	N total		Incremento de N do solo pelos resíduos ¹	Balanço de N para o sistema ²
		Grãos	Palha		
kg/haé					
Área de soja					
Com resíduos	2.463,9a ³	56,7a	30,0ab	29,7a	-16,7a
Resíduos incorporados	2.314,2 b	55,4a	22,6 b	30,2a	-15,4a
Resíduos superficiais removidos	2.219,4abc	52,2a	37,2a	23,5a	-12,2a
Área de pousio					
Com resíduos	1.776,1 bc	41,0 b	36,8a	4,3 b	-6,0 b
Resíduos superficiais removidos	1.858,6 bc	46,0 b	35,2a	0,0 b	-1,0 b

¹Diferença entre o N disponível do solo nos vários tratamentos e o N disponível no tratamento "Área de pousio/Resíduos superficiais removidos". O N disponível do solo foi estimado pela técnica de Valor A, utilizando-se sulfato de amônio, na dose de 40 kgN/ha, com 1% de átomos de ¹⁵N em excesso.

²Calculado pela diferença entre o N acumulado nos grãos (exportado com a colheita) e o N aplicado via fertilizante (40 kgN/ha como sulfato de amônio).

³Valores dentro de uma mesma coluna e seguidos pela mesma letra não são significativamente diferentes (Teste l.s.d, p < 0,05).

Considerando que a soja, plantada anteriormente ao trigo, deixou um balanço negativo de 6 e 24 kg.ha⁻¹ de N, para plantio direto e convencional respectivamente, e que o trigo, em sucessão à soja, retirou em média 13 kg.ha⁻¹ de N do solo, a sucessão soja-trigo, neste estudo, proporcionou um balanço negativo entre 20 e 38 kg.ha⁻¹ de N, quando sob sistema de plantio direto e convencional, respectivamente

Nas condições deste estudo, a mineralização do N existente nos resíduos da soja contribuiu para o aumento no rendimento de grãos do trigo, devendo-se destacar que o N computado nos resíduos deve ser considerado como o N retirado do solo pela soja, uma vez que todo o N proveniente da FBN, e mais uma parte do N do solo extraído pelas plantas, foi exportado do sistema na forma de grãos de soja.

Para balancear as reservas de N do sistema, poderia se aumentar a dose de N aplicada ao trigo na forma de fertilizante nitrogenado. No entanto, como a eficiência de utilização de fertilizante normalmente decresce com o aumento da dose, o balanceamento das reservas de N do sistema através de fontes solúveis de N poderia, por outro lado, trazer prejuízos ao ambiente. Esta aplicação de N também poderia ser distribuída na cultura do trigo e da soja, o que amenizaria o efeito da dose sobre a eficiência de uso de N pela planta. No entanto, a adição de N para a cultura da soja somente contribuiria para inibição do processo biológico de fixação de N, não causando qualquer incremento na produção de grãos (Hungria et al, 1997).

Os autores deste trabalho acreditam que a inclusão de uma leguminosa para adubação verde num sistema de rotação de culturas seria a melhor estratégia para contrabalançar as reservas de N do sistema, pois todo o N derivado da FBN, que normalmente ultrapassa os 100 kg.ha⁻¹ de N, são deixados no sistema. Através da mineralização destes resíduos, o N é liberado mais lentamente para o solo e as chances de prejuízo para o ambiente são menores do que na utilização dos fertilizantes solúveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, B.J.R.; CABEZAS, W.A.R.L.; DAVID, E.A.; URQUIAGA, S. Balanço de N em soja estabelecida em um Latossolo Vermelho Escuro do Triângulo Mineiro em condições de plantio direto e preparo convencional do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999. Brasília. Anais...Brasília: SBCS, 1999.
- CHALK, P.M. Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review. *Aust.J.Agric.Res.* 49:303-316.1998.
- DORAN, J.W.; WILHELM, W.W.; POWER, J.F. Crop residue removal and soil productivity with no-till corn, sorghum and soybean. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 48:640-645,1984.
- FRIED, M; DEAN, L.A. A concept concerning the measurement of available soil nutrient. *Soil Sci.* 73: 263-271. 1952.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J. & GALERANI, P.R. Adubação nitrogenada em soja? EMBRAPA-CNPSo, 1997. 4p.(CNPSo – Comunicado Técnico, 57).
- PEIXOTO, R.T.G. Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: *Plantio Direto: o caminho para a agricultura sustentável*. Ed. Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto, Dirk Claudio Ahrens e Michael Jorge Samaha. Ponta Grossa: IAPAR, PRP/PG, 1997, p.186.
- PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F.; LADHA, J.K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil:* 174, 1,p.3-28,1995.
- STRONG, W.M.; HARBISON, J. NIELSEN, R.G.H.; HALL, B.D. & BEST, E.K. Nitrogen availability in a Darling Downs soil following cereal, oilseed and grain legume crop 2. Effects of residual soil nitrogen and fertiliser nitrogen on subsequent wheat crops. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 26: 359-359. 1986.

- WILHELM, W.W.; DORAN, J.W.; POWER, J.F. Corn and soybean yield responses to crop residues management under no-tillage production systems. *Agron.J.* 78:184-189.1986.
- ZOTARELLI, L.; TORRES, E.; HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Efeitos dos resíduos de colheita da cultura da soja sobre a produtividade de trigo e sobre o balanço de N do sistema conduzido sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 345.
- ZOTARELLI, L.; RESENDE, A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. O papel da soja para as reservas de N de um Latossolo Roxo sob plantio direto na região de Londrina, PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Lavras. Anais... Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.863.