



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-2518

Dezembro, 2006

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 36***

versão  
**ON-LINE**

## ***Adubação Nitrogenada para o Milho em Sucessão a Culturas de Cobertura de Solo no Sistema Plantio Direto***

***Walkyria Bueno Scivittaro  
Cláudio Alberto Souza da Silva  
José Carlos Leite Reis***

Pelotas, RS  
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

***Embrapa Clima Temperado***

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8199

Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221

Home page: [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)

E-mail: [sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)

***Comitê de Publicações da Unidade***

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

***Membros:*** Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro

***Suplentes:*** Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper/Antônio Luiz Oliveira Heberlê

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

Fotos da capa: Claudio Alberto Souza da Silva/Walkyria Bueno Scivittaro/Maria Laura Turino Mattos

Composição e impressão: Embrapa Clima Temperado

Arte da capa: Ana Paula Mesquita (estagiária)

***1ª edição***

1ª impressão (2006): 50 exemplares

***Todos os direitos reservados***

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Scivittaro, Walkyria Bueno.

Adubação nitrogenada para o milho em sucessão a culturas de cobertura de solo no sistema plantio direto / Walkyria Bueno Scivittaro, Cláudio Alberto Souza da Silva, José Carlos Leite Reis -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006.

24 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 36).

ISSN 1678-2518

Cobertura do solo - Inverno - Sucessão de cultura - Adubo verde - Fertilizante - Nitrogênio - Solo - Várzea - Plantio direto. I. Silva, Cláudio Alberto Souza da. II. Reis, José Carlos Leite. III. Título. IV. Série.

---

CDD 631.452

# Sumário

|   |    |
|---|----|
| <b>Resumo</b> .....                     | 5  |
| <b>Abstract</b> .....                   | 7  |
| <b>Introdução</b> .....                 | 9  |
| <b>Material e Métodos</b> .....         | 10 |
| <b>Resultados e Discussão</b> .....     | 13 |
| <b>Conclusões</b> .....                 | 23 |
| <b>Referências Bibliográficas</b> ..... | 23 |



# ***Adubação nitrogenada para o milho em sucessão a culturas de cobertura de solo no sistema plantio direto***

---

***Walkyria Bueno Scivittaro<sup>1</sup>  
Cláudio Alberto Souza da Silva<sup>2</sup>  
José Carlos Leite Reis<sup>1</sup>***

## ***Resumo***

O uso de culturas de cobertura de solo no inverno em sistemas de culturas tem se mostrado uma alternativa promissora ao fornecimento de nitrogênio (N) para o milho. Normalmente, seu emprego está associado à adoção do sistema plantio direto, onde a permanência de restos culturais sobre a superfície do solo altera os processos de mineralização e imobilização, requerendo manejos diferenciados da adubação nitrogenada, em função da quantidade e da qualidade do material vegetal constituinte da palhada. Realizou-se, em Planossolo Hidromórfico, um experimento para avaliar o efeito de culturas de cobertura de solo no inverno sobre a resposta do milho à adubação nitrogenada. Avaliaram-se, em duas safras agrícolas consecutivas (2000/01 e 2001/02), seis coberturas de solo (vegetação espontânea, azevém (*Lolium multiflorum*), trevo-branco (*Trifolium repens*), trevo-persa (*Trifolium resupinatum*), e as consorciações de azevém com trevo-branco e com trevo-persa) e quatro doses

---

<sup>1</sup>Eng. Agrôn.(a), Dr.(a), Pesquisador(a) da Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Cx. Postal 403 - 96001-970 Pelotas, RS. (wbscivit@cpact.embrapa.br); (reis@cpact.embrapa.br)

<sup>2</sup>Eng. Agrôn., MSc. Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Cx. Postal 403 - 96001-970 Pelotas, RS. (claudio@cpact.embrapa.br)

de nitrogênio aplicadas ao milho cultivado em sucessão (0; 80; 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup>). Tanto as culturas de cobertura de solo quanto as doses de nitrogênio influenciaram o crescimento e desempenho produtivo do milho. A resposta do milho à adubação nitrogenada mineral variou em função do aporte de nitrogênio proporcionado pela cultura antecedente, independentemente do teor de N no tecido vegetal. O crescimento e a produção do milho foram limitados pela deficiência de nitrogênio do solo, requerendo a suplementação mineral com o nutriente para atingir um desempenho satisfatório, independentemente da cultura de cobertura de solo.

Termos para indexação: espécie de cobertura de solo, *Zea mays* L., nitrogênio, dose, solo de várzea.

# ***Nitrogen fertilization to corn grown in succession to winter cover crops in no-tillage system***

---

## ***Abstract***

The use of winter cover crops in culture systems is a promising alternative for supplying nitrogen to corn. Usually, the use of winter cover crops is associated to no-tillage system, where the permanence of cultural residues on soil surface modifies the processes of immobilization and mineralization, requiring different management of nitrogen fertilization depending of the residue quantity and quality. An experiment was carried out to evaluate the effect of winter cover crops on corn response to nitrogen fertilization. Treatments were formed by residues of native vegetation, ryegrass (*Lolium multiflorum*), white clover (*Trifolium repens*), persian clover (*Trifolium resupinatum*), and the combinations of ryegrass/white clover and ryegrass/persian clover. Subtreatments were made with four rates of nitrogen (0; 80; 160 and 240 kg ha<sup>-1</sup>) applied to corn. These treatments were arranged in a split-plot with completely randomized block design, during growing seasons of 2000/01 and 2001/02. Both, winter cover crops and nitrogen rates, affected corn grown and corn yield. Corn response to nitrogen fertilization varied with the quantity of N incorporated to soil by the winter cover crops, despite of their content of nitrogen in vegetal tissue. Corn grown and corn yield was limited by nitrogen deficiency of the soil, requiring mineral fertilization with nitrogen to get an adequate performance, despite of the winter cover crop.

*Index terms:* winter cover crop, *Zea mays* L., nitrogen, rate, lowland soil.





## ***Introdução***

O milho é uma alternativa importante para a diversificação do uso das várzeas de clima temperado, contribuindo significativamente para a sustentabilidade do sistema produtivo. Seu cultivo, em rotação ao arroz irrigado, favorece o controle de plantas daninhas, contribui para a melhoria da qualidade do solo e promove o aumento da rentabilidade do sistema.

No entanto, o êxito do cultivo de milho em áreas de várzea depende da adoção de práticas diferenciadas em relação ao arroz irrigado, especialmente no que se refere ao manejo do solo e da água. Neste sentido, a nutrição adequada da cultura assume particular importância, uma vez que essa é bastante exigente em fertilidade do solo e, normalmente, depende da suplementação com fertilizantes minerais para alcançar produtividades satisfatórias.

A adubação nitrogenada constitui-se em uma das práticas de manejo que melhores resultados proporciona sobre a produtividade das culturas (Isherwood, 2003). No caso específico do milho, convencionalmente o suprimento de nitrogênio (N) é feito por fontes minerais, as quais apresentam uma complexa dinâmica no solo, estando sujeito a perdas, que limitam bastante a eficiência agrônômica do fertilizante, além de constituírem um risco potencial de contaminação do meio ambiente (Ceretta et al., 2002). Em consequência, o manejo do nutriente deve ser estabelecido visando não apenas suprir as exigências da cultura, mas também minimizar os riscos de poluição ambiental.

A utilização de espécies de inverno em sistemas de sucessão de culturas tem se mostrado uma alternativa promissora ao fornecimento de nitrogênio para o milho (Pöttker & Roman, 1994). Normalmente, seu emprego está associado à adoção do

sistema plantio direto, onde a permanência de restos culturais sobre a superfície do solo altera os processos de mineralização e imobilização (Argenta et al., 1999a), requerendo manejos diferenciados da adubação nitrogenada, em função da quantidade e da qualidade do material vegetal constituinte da palhada.

Nesse sentido, tem-se que a resposta do milho à adubação nitrogenada em sucessão a leguminosas é reduzida, uma vez que estas incorporam nitrogênio ao solo e apresentam baixa relação C/N, proporcionando maior liberação de N, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta (Muzilli et al., 1983; Kantack et al., 1991; Ceretta et al., 1994; Ambrosano, 1995; Argenta et al., 1999a,b). Por outro lado, o cultivo em sucessão a gramíneas geralmente condiciona maior resposta do milho à aplicação de N, em razão de a adição de quantidades elevadas de resíduos culturais com relação C/N alta proporcionar imobilização microbiana do N presente na palhada e, também, de parte do N mineral do solo (Argenta et al., 1999a), reduzindo a disponibilidade de nitrogênio para o milho.

Em solos de várzea, ainda são restritos os resultados de pesquisa disponíveis tratando do efeito de resíduos de culturas de cobertura de solo sobre a resposta do milho à adubação nitrogenada. Tal informação é fundamental ao estabelecimento de recomendações de adubação nitrogenada específicas para a cultura nesse ambiente.

Com base no exposto, realizou-se, em solo de várzea, um experimento para avaliar o efeito de culturas de cobertura de solo no inverno sobre a resposta do milho à adubação nitrogenada.

### ***Material e Métodos***

O experimento foi realizado em duas safras agrícolas consecutivas, a partir de 2000/01, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, sobre um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico solódico (Embrapa, 1999), com as seguintes características: 220 mg dm<sup>-3</sup>

de argila; pH em água = 4,9; índice SMP = 5,5; 18,5 g dm<sup>-3</sup> de M.O.; 14,0 mg dm<sup>-3</sup> de P; 74 mg dm<sup>-3</sup> de K; 18,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al; 16,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca e 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg.

No primeiro ano, as culturas de cobertura de solo foram implantadas em sistema convencional de cultivo, o qual compreendeu uma aração e duas gradagens. Na ocasião, procedeu-se à correção do solo, seguindo recomendação para a cultura do milho (Comissão, 1995), aplicando-se 6,1 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT=100%). Os demais cultivos de inverno e verão foram implantados em sistema plantio direto. Após a calagem, realizou-se a adequação da área experimental, com a implantação de sistema de drenagem superficial e de taipas, visando garantir a drenagem e irrigação por inundação intermitente, respectivamente.

Os tratamentos compreenderam seis coberturas de solo no inverno: vegetação espontânea; azevém cv. comum (*Lolium multiflorum*); trevo-persa cv. Kyambro (*Trifolium resupinatum* var. *resupinatum*); trevo-branco cv. Estanzuela Zapican (*Trifolium repens*) e as consorciações de azevém com trevo-persa e com trevo-branco e quatro doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho (0; 80; 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup>). Utilizou-se um delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as coberturas de solo dispostas nas parcelas (96 m<sup>2</sup>) e as doses de nitrogênio, nas subparcelas (24 m<sup>2</sup>).

As culturas de cobertura de solo foram semeadas em junho de 2000 e maio de 2001. Em ambas as safras, a semeadura foi realizada a lanço, utilizando-se as seguintes densidades nos cultivos solteiros: 40 kg ha<sup>-1</sup> de azevém; 5 kg ha<sup>-1</sup> de trevo-persa e 4 kg ha<sup>-1</sup> de trevo-branco. Já para as consorciações, reduziram-se as quantidades de cada espécie a 50% da utilizada no cultivo solteiro. Visando favorecer a fixação biológica de N, as sementes das leguminosas foram previamente inoculadas com inóculo específico.

Em ambas as safras, as adubações básicas de semeadura para as culturas de coberturas de solo foram definidas de acordo com os resultados da análise de solo e seguindo as recomendações de

Comissão (1995), considerando-as como primeiro cultivo. Estas consistiram na aplicação, a lanço, de fontes de fósforo (superfósforo triplo) e de potássio (cloreto de potássio). Apenas para as parcelas com cultivo solteiro de azevém, realizou-se, por ocasião do perfilhamento, cobertura nitrogenada, na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), parcelada em duas aplicações.

As espécies de cobertura de solo foram cultivadas até o final do mês de novembro, quando realizou-se a amostragem de planta para a avaliação das produções de matéria fresca e seca e a determinação do teor de N no tecido vegetal. Com estes dados, calcularam-se as quantidades de nitrogênio acumuladas pelas coberturas de solo. Em seguida, procedeu-se ao dessecamento químico das coberturas com Glyfosate (5 L ha<sup>-1</sup>).

A semeadura do milho cv. AG5011 foi realizada em 11/12/2000 e 20/12/2001, na primeira e segunda safra, respectivamente. Utilizou-se um espaçamento entre linhas de 70 cm e uma densidade de semeadura que garantisse atingir uma população de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Utilizaram-se sementes tratadas com Furasin (2,25 L 100 kg<sup>-1</sup> de sementes).

As adubações de semeadura para o milho consistiram na aplicação de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-20-30 (Comissão, 1995), no primeiro e segundo anos, respectivamente. Para os tratamentos que previam o uso de nitrogênio mineral, realizou-se uma complementação da adubação de semeadura, com a aplicação, a lanço, de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia. Para os tratamentos com doses de 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, o restante da adubação nitrogenada foi aplicado em cobertura, parcelado metade no estádio de 4 a 5 folhas e metade, no estádio de 8 a 9 folhas. Por sua vez, para os tratamentos com dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, parcelou-se a cobertura nitrogenada em três aplicações de quantidades iguais, nos estádios de 4 a 5 folhas, 8 a 9 folhas e 11 a 12 folhas. Como fonte de N, utilizou-se uréia.

Os tratos culturais realizados consistiram no controle químico de plantas daninhas e de insetos praga, especialmente a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e na irrigação das parcelas por aspersão e por inundação intermitente, respectivamente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura ou em fases

mais adiantadas, para garantir o suprimento adequado de água à cultura. Em ambos os anos agrícolas, especialmente na fase posterior ao florescimento, ocorreram períodos de excesso de chuva, provocando o encharcamento do solo, a despeito da presença de sistema de drenagem superficial do terreno. O dano por encharcamento do solo afetou o crescimento e a produtividade da milho.

Em ambos os anos, o cultivo de milho estendeu-se até o final do mês de abril, quando foi colhido. As variáveis medidas foram: estatura de planta, número de espigas, índice de espigas, rendimento (13% de umidade) e peso de 100 grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias do fator cultura de cobertura de solo pelo teste de Duncan a 5% e de doses de nitrogênio, por análise de regressão polinomial.

## ***Resultados e Discussão***

### ***Produção de massa, teor e acumulação de nitrogênio pelas culturas de cobertura de solo***

Nas Tabela 1 e 2, são apresentados os resultados de produção de matéria seca, teor e quantidade de nitrogênio acumulado pelas culturas de cobertura de solo, avaliadas por ocasião do deferimento, em 2000 e 2001, respectivamente.

As produções de matéria seca foram aproximadamente semelhantes nos dois anos, exceção feita para o trevo-branco, cujo desempenho melhorou bastante do primeiro para o segundo cultivo, em razão, principalmente, da re-infestação natural a partir do início do outono, em 2001, garantindo seu estabelecimento pleno antes do início do inverno, quando o frio e a condição de encharcamento do solo provocado pelas chuvas freqüentes prejudicam seu desenvolvimento. Por outro lado, houve um aumento expressivo da quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das culturas de cobertura de 2000 para 2001. Este esteve associado ao maior conteúdo de N no tecido vegetal, especialmente para os tratamentos contendo leguminosas em cultivo solteiro ou consorciado, demonstrando

aumento da fixação biológica de N quando da manutenção do cultivo em uma mesma área, por mais de uma safra.

Em ambos os cultivos, a vegetação espontânea, azevém e azevém/trevo-branco acumularam menores quantidades de N, o que se deve, principalmente, ao menor teor de nutriente no tecido vegetal, uma vez que, apresentaram produções satisfatórias de matéria seca. Por sua vez, as leguminosas trevo-branco e trevo-persa destacaram-se pelo teor elevado de nitrogênio no tecido vegetal, condicionando acumulações do nutriente variáveis em função da quantidade de matéria seca produzida. Neste sentido, ressalta-se a adaptação do trevo-persa ao cultivo em solos de várzea durante o inverno, demonstrada pela elevada produção de massa seca.

Com relação as consorciações de azevém com trevo-branco e trevo-persa, ressalta-se que, no primeiro cultivo, foram dominadas pela gramínea. Já no segundo cultivo, este comportamento se manteve apenas para a consorciação azevém/trevo-branco, visto que no caso da consorciação com trevo-persa esta passou a ser a espécie predominante, justificando a elevada incorporação de nitrogênio ao sistema.

**Tabela 1.** Produção de matéria seca, teor e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das culturas de cobertura de solo. Capão do Leão, RS, 2000.

| Cobertura de solo    | Matéria seca           | Teor de N              | N acumulado             |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                      | — t ha <sup>-1</sup> — | — g kg <sup>-1</sup> — | — kg ha <sup>-1</sup> — |
| Vegetação espontânea | 2,13d                  | 17,0ab                 | 36,2b                   |
| Azevém               | 4,07ab                 | 12,0b                  | 48,8ab                  |
| Trevo-branco         | 2,03d                  | 21,3a                  | 43,6ab                  |
| Trevo-persa          | 3,00c                  | 20,7a                  | 61,7a                   |
| Azevém/trevo-branco  | 3,36bc                 | 13,5b                  | 43,8ab                  |
| Azevém/trevo-persa   | 4,66a                  | 12,7b                  | 59,5ab                  |
| CV, %                | 19                     | 19                     | 21                      |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

**Tabela 2.** Produção de matéria seca, teor e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das culturas de cobertura de solo. Capão do Leão, RS, 2001.

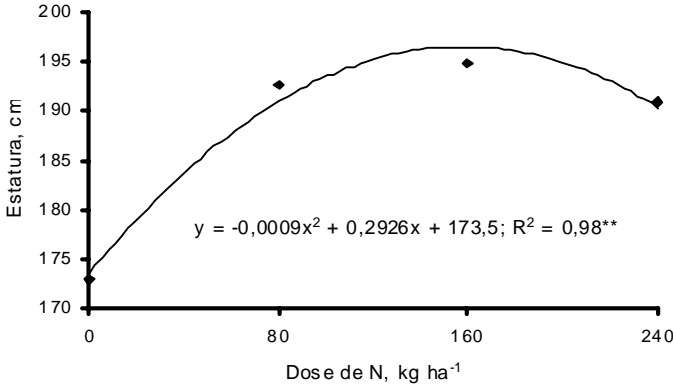
| Cobertura de solo    | Matéria seca                   | Teor de N                      | N acumulado                     |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|                      | ----- t ha <sup>-1</sup> ----- | ----- g kg <sup>-1</sup> ----- | ----- kg ha <sup>-1</sup> ----- |
| Vegetação espontânea | 2,66d                          | 21,8b                          | 59,5c                           |
| Azevém               | 4,30ab                         | 12,8c                          | 54,8c                           |
| Trevo-branco         | 3,92ab                         | 27,2a                          | 106,3a                          |
| Trevo-persa          | 3,09cd                         | 25,4ab                         | 78,0b                           |
| Azevém/trevo-branco  | 3,58bc                         | 15,5c                          | 53,7c                           |
| Azevém/trevo-persa   | 4,62a                          | 24,4ab                         | 112,3a                          |
| CV, %                | 13                             | 12                             | 16                              |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

### ***Desempenho agrônômico e produtivo do milho***

Na primeira safra, o efeito dos tratamentos sobre a estatura das plantas de milho restringiu-se à variação na dose de N aplicada. O efeito médio das diferentes coberturas de solo foi descrito pelo modelo quadrático  $y = 173,498 + 0,293x - ,0009x^2$ ;  $R^2 = 0,98^{**}$ , com valor máximo de 197 cm, correspondente à dose de 162 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 1). Já na safra seguinte, esta variável foi influenciada pela interação entre os fatores cultura de cobertura de solo e dose de N. Neste sentido, há que se considerar o melhor desempenho das coberturas de solo no segundo ano, em razão do melhor estabelecimento inicial. Sob omissão de N, o uso de azevém propiciou plantas de menor estatura relativamente às demais coberturas, que foram semelhantes entre si. Com a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, sobressaiu-se o trevo-branco, que proporcionou plantas de maior estatura. O efeito desta cobertura diferiu apenas daquele propiciado pelo azevém, com pior desempenho, porém equiparou-se ao das demais. Para a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, não houve efeito da cultura antecedente. Já com a aplicação da maior dose de N, plantas de maior estatura foram obtidas no cultivo em sucessão ao trevo-branco, que se equiparou à vegetação espontânea, ao trevo-persa e à consorciação azevém/trevo-persa, que também não diferiram do azevém. A consorciação azevém/trevo-persa propiciou plantas de menor estatura que as demais (Tabela 3). O efeito da dose de N sobre a estatura das plantas de milho não

foi determinado, apenas, quando cultivado em sucessão ao trevo-persa. Para a vegetação espontânea, trevo-branco e a consorciação azevém/trevo-persa, os efeitos determinados foram ajustados a modelos lineares crescentes. Mas para o azevém e a consorciação azevém/trevo-branco, os modelos ajustados foram quadráticos, com valores máximos correspondentes às doses de 187 e 114 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Figura 2).



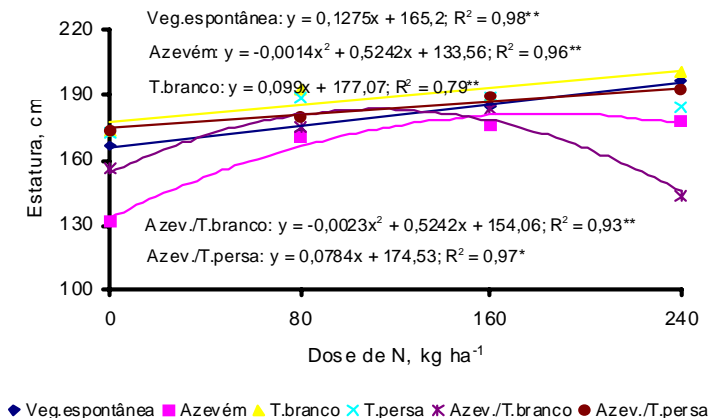
**Figura 1.** Estatura das plantas de milho em função da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2000/01.

**Tabela 3.** Estatura das plantas de milho em função da cultura de cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2001/02.

| Cobertura de solo             | Dose de N, kg ha <sup>-1</sup> |       |                     |       |
|-------------------------------|--------------------------------|-------|---------------------|-------|
|                               | 0                              | 80    | 160                 | 240   |
|                               | cm                             |       |                     |       |
| Vegetação espontânea          | 167a                           | 173ab | 185a                | 197ab |
| Azevém                        | 132b                           | 171b  | 176a                | 178b  |
| Trevo-branco                  | 173a                           | 192a  | 189a                | 201a  |
| Trevo-persa                   | 172a                           | 189ab | 190a                | 185ab |
| Azevém/Trevo-branco           | 156a                           | 175ab | 184a                | 143c  |
| Azevém/Trevo-persa            | 174a                           | 180ab | 189a                | 192ab |
| CV (cultura antecedente) = 4% |                                |       | CV (dose de N) = 7% |       |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).





**Figura 2.** Estatura das plantas de milho em função da cultura de cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Safra agrícola 2001/02.

O índice de espigas ( $N^{\circ}$  de espigas/ $N^{\circ}$  de plantas) não sofreu efeito dos tratamentos no primeiro ano agrícola, apresentando como média geral para o experimento o valor 0,82. No ano seguinte, porém, determinou-se efeito significativo da interação entre a cultura de cobertura de solo e a dose de N. A influência da cultura antecedente ficou restrita aos tratamentos com omissão de N ou com aplicação de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Para o primeiro, maior índice de espigas foi determinado quando as coberturas foram: vegetação espontânea; trevo-persa e azevém/trevo-branco. Estas foram equiparadas, também, pelo trevo-branco e pela consorciação azevém/trevo-persa, com desempenho intermediário, não diferindo, porém, do azevém, que propiciou menor índice de espigas. Na dose de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, maiores índices de espigas foram determinados para o azevém e a consorciação azevém/trevo-persa. Estas coberturas não diferiram da vegetação espontânea, trevo-branco e trevo-persa que, por sua vez, foram equiparadas também pela consorciação azevém-trevo-branco, com menor índice de espigas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Índice de espigas de milho em função cultura de cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2001/02.

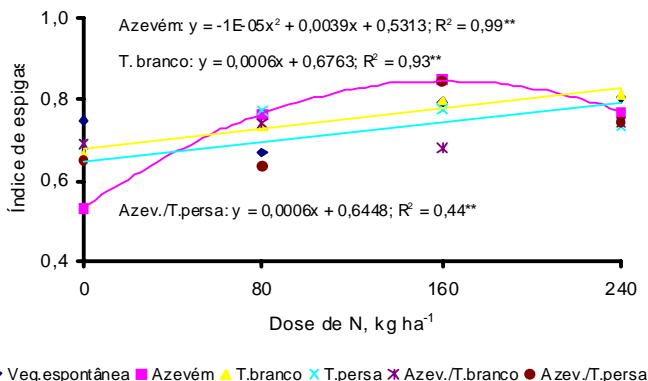
| Cobertura de solo              | Dose de N, kg ha <sup>-1</sup> |       |                      |       |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|----------------------|-------|
|                                | 0                              | 80    | 160                  | 240   |
| Vegetação espontânea           | 0,75a                          | 0,67a | 0,80ab               | 0,80a |
| Azevém                         | 0,53b                          | 0,76a | 0,85a                | 0,77a |
| Trevo-branco                   | 0,66ab                         | 0,74a | 0,80ab               | 0,81a |
| Trevo-persa                    | 0,69a                          | 0,77a | 0,78ab               | 0,73a |
| Azevém-T. branco               | 0,69a                          | 0,74a | 0,68b                | 0,74a |
| Azevém-T. persa                | 0,65ab                         | 0,64a | 0,84a                | 0,74a |
| CV (cultura antecedente) = 10% |                                |       | CV (dose de N) = 11% |       |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Quanto ao efeito da dose de N, verificou-se efeito significativo para as coberturas azevém, trevo-branco e consorciação azevém/trevo-persa. Os dados referentes ao azevém foram descritos por modelo quadrático e os das demais, por modelos lineares crescentes (Figura 3). É importante ressaltar que, independentemente do tratamento, os valores obtidos para a variável índice de espigas não foram altos, indicando haver um número considerável de plantas que não produziram espigas. Este fato está relacionado aos danos por encharcamento do solo, resultantes de períodos prolongados de chuva ocorridos em ambos os ciclos de cultivo do milho, associados a deficiente drenagem natural do solo, prejudicando o desempenho produtivo do milho.

Em ambas as safras, o rendimento de grãos de milho foi influenciado pela cultura de cobertura de solo e dose de N, não havendo efeito da interação entre esses fatores. Na safra 2000/01, menor rendimento de grãos foi obtido quando cultivado em sucessão ao trevo-branco; as demais coberturas não diferiram entre si (Tabela 5). Contrariamente, no ano seguinte, o milho cultivado em sucessão ao trevo-branco apresentou maior rendimento de grãos, sendo equiparado, apenas, pela vegetação espontânea e pelo trevo-persa, que não diferiram, também, do azevém e da consorciação azevém-trevo-persa. Estas últimas foram semelhantes, ainda, à consorciação azevém/trevo-branco, que propiciou menor rendimento de grãos (Figura 4). Tais resultados indicam que os efeitos determinados estiveram

associados mais às quantidades de nitrogênio incorporadas ao sistema pelas culturas de cobertura de solo que, propriamente, à sua composição química (Tabelas 1 e 2).

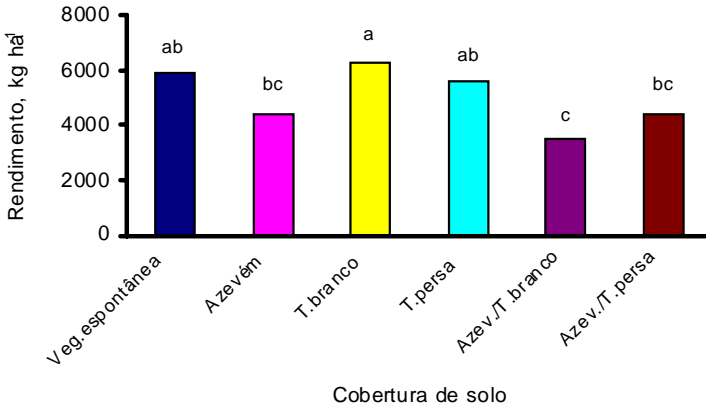


**Figura 3.** Índice de espigas de milho em função cultura de cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2001/02.

**Tabela 5.** Rendimento e peso de 100 grãos de milho em função da cultura de cobertura de solo. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2000/01.

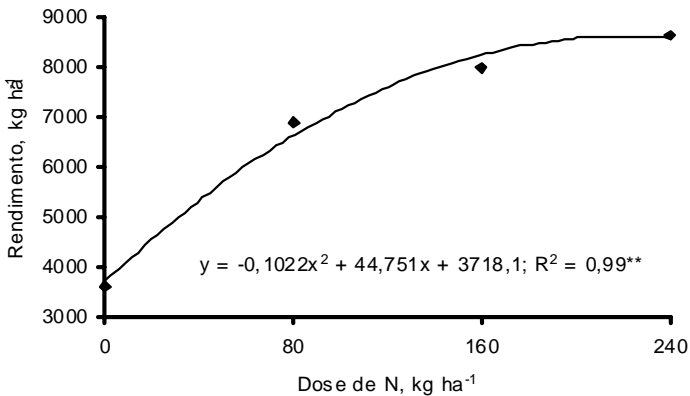
| Cobertura de solo     | Rendimento de grãos | Peso de 100 grãos |
|-----------------------|---------------------|-------------------|
|                       | kg ha <sup>-1</sup> | g                 |
| Vegetação espontânea  | 6678a               | 34,21d            |
| Azevém                | 7394a               | 36,01a            |
| Trevo-branco          | 5856b               | 35,60abc          |
| Trevo-persa           | 6940a               | 35,78ab           |
| Azevém + trevo-branco | 7191a               | 34,65cd           |
| Azevém + trevo-persa  | 6729a               | 34,92bcd          |
| CV, %                 | 12                  | 4                 |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

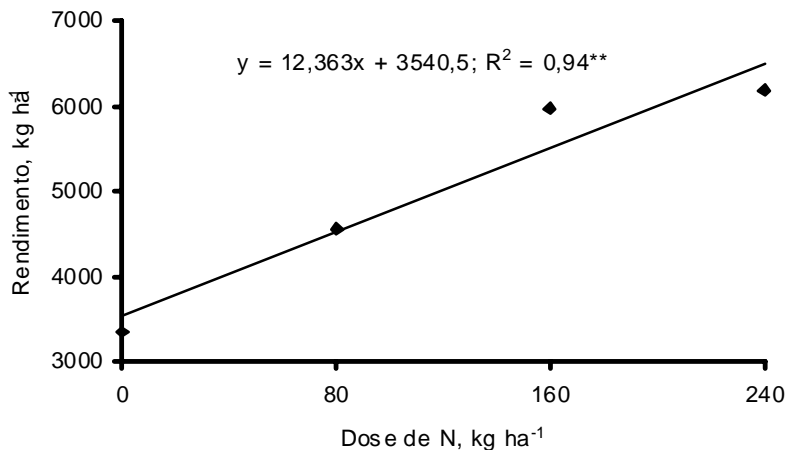


**Figura 4.** Rendimento de grãos de milho em função da cultura de cobertura de solo. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2001/02.

O efeito da dose de N sobre o rendimento de grãos de milho, na safra 2000/01, foi descrito por modelo quadrático com valor máximo de 8726 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionado pela dose de 224 kg de N (Figura 5). Na safra subsequente, os dados foram ajustados a um modelo linear, demonstrando resposta positiva à utilização de doses de N maiores que as recomendadas para a cultura (Comissão, 1995; Amado et al., 2002) (Figura 6).



**Figura 5.** Rendimento de grãos de milho em função da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2000/01.

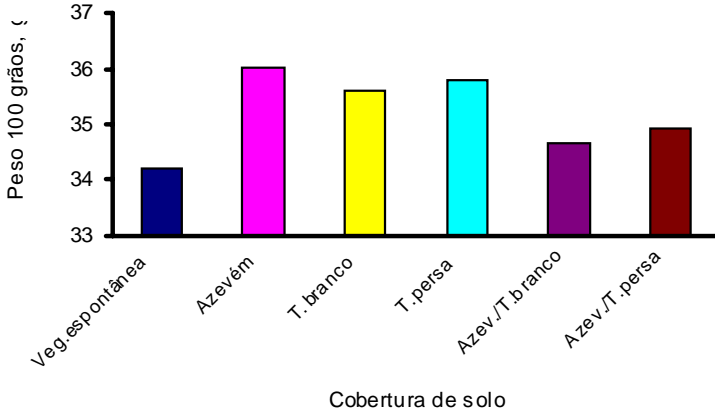


**Figura 6.** Rendimento de grãos de milho em função da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, safra agrícola 2001/02.

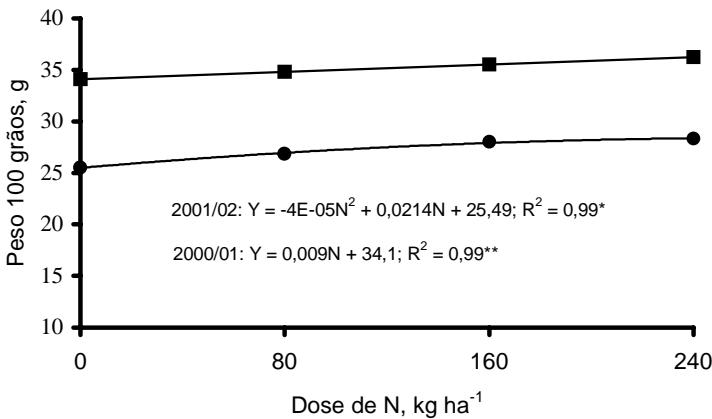
Os resultados obtidos evidenciam a importância da suplementação mineral com nitrogênio sobre o desempenho produtivo do milho em solo de várzea, visto que, em sua ausência, o rendimento da cultura foi severamente limitado, independentemente da cultura antecedente, o que se explica pelas pequenas quantidades de N incorporadas ao solo pelas diferentes espécies, relativamente à exigência do milho e ao baixo conteúdo de matéria orgânica do solo. Cabe, porém, a realização de uma análise econômica, visto que os rendimentos de milho alcançados em ambos os anos ficaram aquém dos pretendidos com base nas doses de N aplicadas. Isto demonstra a limitação de uso do solo trabalhado, devida principalmente à presença de características físicas indesejáveis (elevada relação micro:macroporos e baixa condutividade hidráulica), dificultando sua drenagem e prejudicando o estabelecimento e desempenho produtivo do milho, cultura bastante sensível ao encharcamento do solo.

Na safra 2000/01, o peso de 100 grãos foi influenciado pela cultura antecedente e dose de N. O maior valor foi obtido com o cultivo de milho em sucessão ao azevém, que não diferiu das coberturas trevo-branco e trevo-persa, sendo superior às demais, que foram semelhantes entre si (Figura 7). O efeito dos níveis de N foi ajustado a modelo linear crescente. Por sua vez, na safra

seguinte, apenas a dose de N aplicada ao milho influenciou esta variável, sendo os dados ajustados a um modelo quadrático, com valor máximo correspondente à dose de 267 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 8).



**Figura 7.** Peso de 100 grãos de milho em função da cultura de cobertura de solo. Capão do Leão, RS, safra 2000/01.



**Figura 8.** Peso de 100 grãos de milho em função da dose de N e da safra agrícola. Capão do Leão, RS.

## **Conclusões**

O crescimento e desempenho produtivo do milho são limitados pela deficiência de nitrogênio em solos de várzea com baixa fertilidade natural, requerendo a suplementação mineral com o nutriente.

A resposta do milho à adubação nitrogenada mineral varia em função da cultura antecedente, estando este efeito associado mais ao aporte de N ao sistema, do que propriamente à sua composição química.

## **Referências Bibliográficas**

AMADO, T.J.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo sob sistema plantio direto.

**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

AMBROSANO, E. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes crotalária juncea (*Crotalaria juncea*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho**. Piracicaba, 1995. 83 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; RIZZARDI, M.; BARUFFI, M.J.; LOPES, M.C.B. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais. I - efeito sobre a absorção de N. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 577-586, 1999a.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; RIZZARDI, M.; BARUFFI, M.J.; LOPES, M.C.B. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais. II - efeito sobre o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 587-593, 1999b.

CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A.; SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 215-220, 1994.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. **Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS, Núcleo Regional Sul, 1995. 224 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ISHERWOOD, K.F. **Mineral fertilizer use and the environment**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2003. 63 p. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/portug>>. Acesso em: 29 maio 2005.

KANTHACK, R.A.D.; MASCARENHAS, H.A.A.; CASTRO, O.M. de; TANAKA, R.T. Nitrogênio aplicado em cobertura no milho após tremoço. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 99-104, 1991.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 23-27, 1983.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 763-770, 1994.