

## CULTURAS ANTECESSORAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO, EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

DENIS AUGUSTO DA SILVA<sup>1</sup>, ANTONIO CARLOS TADEU VITORINO<sup>2</sup>, LUIZ CARLOS FERREIRA DE SOUZA<sup>2</sup>, MANOEL CARLOS GONÇALVES<sup>2</sup>, RENATO ROSCOE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, M.Sc., aluno do Programa de Pós Graduação em Agronomia da UFMS. Rua General Osório, 3200 Jardim Tropical CEP 79824-060 Dourados, MS. Fone: (67) 422-3666 e (67) 9971-7167. E-mail: denisaugusto@douranet.com.br (autor para correspondência)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor adjunto do Departamento de Ciências Agrárias da UFMS. Departamento de Ciências Agrárias/UFMS, Caixa Postal 533, CEP: 79804-970 Dourados, MS. E-mail: lcfsoza@ceud.ufms.br, vitorino@ceud.ufms.br; mancgonc@ceud.ufms.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa postal 661, CEP 79804-970 Dourados, MS. E-mail: roscoe@cpao.embrapa.br

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.1, p.75-88, 2006*

**RESUMO** - A utilização de espécies antecessoras ao milho com capacidade de fornecer nitrogênio, seja através da fixação simbiótica, ou pela reciclagem do nutriente é de grande importância para a manutenção da produtividade. Com o objetivo de avaliar o efeito de culturas antecessoras e doses de nitrogênio em milho, desenvolveu-se um ensaio, no ano agrícola de 2001/02, nas dependências do Núcleo de Ciências Agrárias da UFMS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com seis repetições, em parcela subdividida. A parcela principal foi composta por três culturas antecessoras ao milho (aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca peluda). A subparcela foi composta por seis doses de nitrogênio em cobertura (zero, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha<sup>-1</sup>). Observou-se que, sobre aveia preta, o milho respondeu positivamente à adubação nitrogenada, com máxima eficiência técnica na dose de 205 kg ha<sup>-1</sup>. Sobre nabo forrageiro, também há respostas à adubação nitrogenada, porém podem-se utilizar menores doses para a máxima eficiência técnica (175 kg ha<sup>-1</sup>). O milho cultivado após ervilhaca peluda não respondeu à adubação nitrogenada, porém, tem produtividade maior do que após aveia preta e nabo forrageiro.

**Palavras-chave:** sucessão de culturas, nitrogênio, cultura de cobertura.

### PREVIOUS CROP AND NITROGEN FERTILIZATION IN CORN UNDER NO-TILLAGE SYSTEM.

**ABSTRACT** - The use of previous crop that has capacity of supplying nitrogen to corn – by symbiotic fixation or nitrogen recycling – is of great importance to yield maintenance. The objective of this study was to evaluate the effect of previous crop associated to nitrogen rates in the agronomic performance of corn crop. This work was conducted in the *Núcleo de Ciências Agrárias* in the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS) campus – located in Dourados, MS – during the 2001/02 agricultural year. The experiment was disposed in split-plot randomized complete block design with six replications. The main plot was three previous crops – black oat, hairy vetch and oilseed radish. The split plot had six nitrogen rates – zero, 50, 100, 150, 200 and 250 kg ha<sup>-1</sup>. Based on the results, corn grown after black oat responds positively to nitrogen fertilization, with maximum

grain yield with N rates of 205 kg ha<sup>-1</sup>. After oilseed radish there is also a good response to nitrogen fertilization, however a lower rate could be used in order to get the maximum grain yield (175 kg ha<sup>-1</sup>). Corn grown after hairy vetch under no-tillage has no response to nitrogen fertilization, though yield is higher than black oat/corn and oilseed radish/corn crop sequences, when nitrogen fertilization is not used.

**Key words:** crop sequences, nitrogen, cover crop.

A utilização de plantas que fixam o nitrogênio atmosférico ou o reciclem de camadas mais profundas para a superfície é uma estratégia interessante, pois o nitrogênio mantido na forma orgânica é menos sujeito a perdas por lixiviação ou volatilização, sendo disponibilizado lentamente, de acordo com a mineralização dos resíduos vegetais. A utilização de adubos verdes em substituição aos adubos nitrogenados é importante para a melhoria da qualidade ambiental, pelo fato de que a produção industrial de nitrogênio consome grande quantidade de energia, obtida a partir da queima de combustíveis fósseis.

O uso dos adubos verdes proporciona efeitos benéficos para o meio ambiente. Amado *et al.* (2001) comentam que o uso de leguminosas como fonte de N pode promover aumento na produção de fitomassa e de grãos das culturas comerciais e este incremento, somado à fitomassa das culturas de cobertura, pode contribuir para a manutenção de carbono no solo e conseqüente melhoria da qualidade ambiental. O manejo da matéria orgânica através da rotação de culturas, adubação verde e consorciação de culturas pode melhorar o aproveitamento de adubos químicos. Um dos aspectos mais interessantes do uso de adubos verdes é a possibilidade de substituir parte do N mineral utilizado nas culturas.

Normalmente, ao redor de 50% do nitrogênio aplicado como fertilizante é perdido por lixiviação, denitrificação e volatilização

(Karlen *et al.*, 1998) e (Bredemeier & Mundstock, 2000). Segundo Amado *et al.* (2000), o desafio no manejo do nitrogênio é aumentar a quantidade de N absorvido pelas plantas e diminuir, ao mesmo tempo, as perdas ocorridas no sistema solo-planta. Sainju *et al.* (1998) sugerem que se utilizem gramíneas, que têm maior volume de raízes, para absorver o NO<sub>3</sub> do solo e não permitir que ele seja lixiviado no perfil. Sá (1993) relata que a mineralização dos resíduos orgânicos depende da relação C/N das espécies utilizadas na rotação, influenciando, assim, na liberação de nitrogênio para o solo. Segundo o autor, a decomposição é inversamente proporcional à relação C/N, sendo que valores abaixo de 23 favorecem a mineralização e valores acima de 24 favorecem a imobilização do nitrogênio pelos microorganismos do solo.

Culturas anteriores ao milho, com capacidade de fixar nitrogênio atmosférico ou reciclar este nutriente, permitem a redução das adubações. No trabalho de Kanthack *et al.* (1991), não houve diferença entre as doses de zero, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N na produção de milho em sucessão a tremoço. Pöttker & Roman (1994) observaram que milho em sucessão a aveia-preta respondeu à adubação nitrogenada até a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> e, em sucessão a ervilhaca, não houve diferenças entre as doses de 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>. Amado & Mielniczuk (2000) obtiveram o máximo rendimento de milho semeado após aveia, com 209 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, enquanto após ervilhaca o rendimento máximo se deu com 170 kg ha<sup>-1</sup>.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da cultura antecessora associada com doses de nitrogênio na cultura de milho, conduzida em plantio direto estabilizado, no município de Dourados/MS.

### Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universida-

de Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Dourados, situado a 22° 14' de latitude sul e 54° 49' de longitude oeste e altitude de 452 metros, no ano agrícola de 2001/02, em um Latossolo Vermelho distroférico, originalmente sob vegetação de cerrado. A caracterização química encontra-se na Tabela 1.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos arran-

**TABELA 1.** Valores médios da análise química do solo nas parcelas da área experimental, realizada antes da semeadura do milho. Dourados, MS, 2001/02.

| Espécie             | Prof        | M.O<br>g/dm <sup>3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | P<br>mg/dm <sup>3</sup> | K                                  | Al  | Ca   | Mg   | H+Al | SB    | T     | V    |
|---------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----|------|------|------|-------|-------|------|
|                     |             |                          |                         |                         | .....mmol(c)/dm <sup>3</sup> ..... |     |      |      |      |       |       | %    |
| Aveia<br>preta      | 0 - 2,5     | 37,2                     | 6,1                     | 19,3                    | 10,0                               | 0,0 | 61,8 | 35,9 | 28,3 | 107,7 | 136,0 | 79,2 |
|                     | 2,5 - 5,0   | 30,5                     | 5,3                     | 15,3                    | 5,1                                | 1,0 | 51,5 | 21,8 | 48,0 | 78,3  | 126,3 | 62,0 |
|                     | 5,0 - 10,0  | 28,7                     | 4,9                     | 21,3                    | 2,5                                | 1,8 | 45,8 | 16,0 | 55,7 | 64,3  | 120,0 | 53,6 |
|                     | 10,0 - 20,0 | 27,2                     | 4,8                     | 10,3                    | 1,6                                | 2,4 | 42,9 | 15,3 | 56,7 | 59,9  | 116,5 | 51,4 |
|                     | 20,0 - 40,0 | 18,8                     | 5,0                     | 2,0                     | 1,0                                | 2,0 | 31,3 | 10,3 | 48,7 | 42,7  | 91,3  | 46,7 |
| Ervilhaca<br>peluda | 0 - 2,5     | 37,2                     | 6,0                     | 23,3                    | 8,8                                | 0,0 | 59,6 | 34,2 | 28,3 | 102,6 | 130,9 | 78,4 |
|                     | 2,5 - 5,0   | 30,7                     | 5,2                     | 22,7                    | 4,2                                | 0,0 | 48,4 | 22,5 | 47,7 | 75,1  | 122,8 | 61,2 |
|                     | 5,0 - 10,0  | 27,2                     | 4,8                     | 25,7                    | 3,6                                | 2,2 | 42,3 | 17,2 | 59,3 | 63,1  | 122,4 | 51,5 |
|                     | 10,0 - 20,0 | 24,7                     | 4,7                     | 13,0                    | 1,3                                | 2,4 | 39,5 | 13,6 | 57,3 | 54,4  | 111,7 | 48,7 |
|                     | 20,0 - 40,0 | 16,5                     | 4,9                     | 1,3                     | 0,6                                | 2,0 | 26,9 | 9,1  | 45,0 | 36,6  | 81,6  | 44,9 |
| Nabo<br>forrageiro  | 0 - 2,5     | 38,5                     | 5,4                     | 28,0                    | 9,4                                | 0,0 | 57,6 | 27,9 | 42,3 | 94,8  | 137,2 | 69,1 |
|                     | 2,5 - 5,0   | 30,9                     | 5,0                     | 14,3                    | 6,6                                | 1,0 | 40,5 | 19,8 | 60,0 | 66,9  | 126,9 | 52,7 |
|                     | 5,0 - 10,0  | 29,5                     | 4,5                     | 22,0                    | 3,2                                | 5,2 | 36,4 | 14,6 | 77,3 | 54,1  | 131,5 | 41,2 |
|                     | 10,0 - 20,0 | 26,2                     | 4,6                     | 7,3                     | 1,5                                | 3,6 | 40,4 | 12,0 | 66,3 | 53,8  | 120,2 | 44,8 |
|                     | 20,0 - 40,0 | 18,1                     | 4,9                     | 1,3                     | 0,5                                | 2,4 | 26,6 | 12,7 | 49,0 | 39,8  | 88,8  | 44,8 |

em esquema de parcela subdividida, com seis repetições. As parcelas foram constituídas pelas culturas antecessoras ao milho: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.); ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. oleiferus Metzg.) e as subparcelas, por seis doses de nitrogênio em cobertura (zero, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha<sup>-1</sup>). Cada subparcela foi formada por quatro linhas de milho, espaçadas 0,9 m entre linhas e com cinco m de comprimento, sendo que a área útil foi composta das duas li-

nhas centrais descontando-se 0,5 m em cada extremidade.

O sistema utilizado foi o plantio direto, estando com cinco anos de implantação na data deste ensaio. A rotação de culturas utilizadas foi soja-milho no verão e, no inverno, diversas culturas de cobertura. A semeadura do híbrido simples DKB-350 foi realizada no dia 15 de setembro de 2001, utilizando-se uma semeadora-adubadora equipada para plantio direto. A densidade de semeadura foi de cinco plantas por metro

linear e foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 02-20-20 como adubação de base. No dia 5 de novembro de 2001, quando as plantas de milho apresentavam seis folhas completamente desenvolvidas, realizou-se a adubação de cobertura, utilizando-se uréia como fonte de nitrogênio (45% de N), que foi colocada próximo à linha de semeadura e na superfície do solo.

A altura da planta, medida do solo até a inserção da folha bandeira, e o diâmetro do colmo, medido no terceiro nó a partir do solo, foram tomados na fase de grão duro, a partir da média de cinco plantas por subparcela. As amostras de folhas para a avaliação do teor de nitrogênio foram feitas na fase de florescimento feminino, coletando-se a primeira folha oposta abaixo da espiga de cinco plantas. No caso do teor de N nos grãos, a coleta foi feita após a debulha dos grãos. Os teores de N foram avaliados pelo método semi-micro Kjeldahl, citado por Malavolta *et al.* (1997). O diâmetro e o comprimento das espigas foram medidos após a colheita em cinco espigas sem palha, coletas ao acaso, em cada subparcela. O número de grãos por espiga foi estimado pela multiplicação entre o número de fileiras e o número de grãos na fileira, realizado em cinco espigas por subparcela. A massa de 100

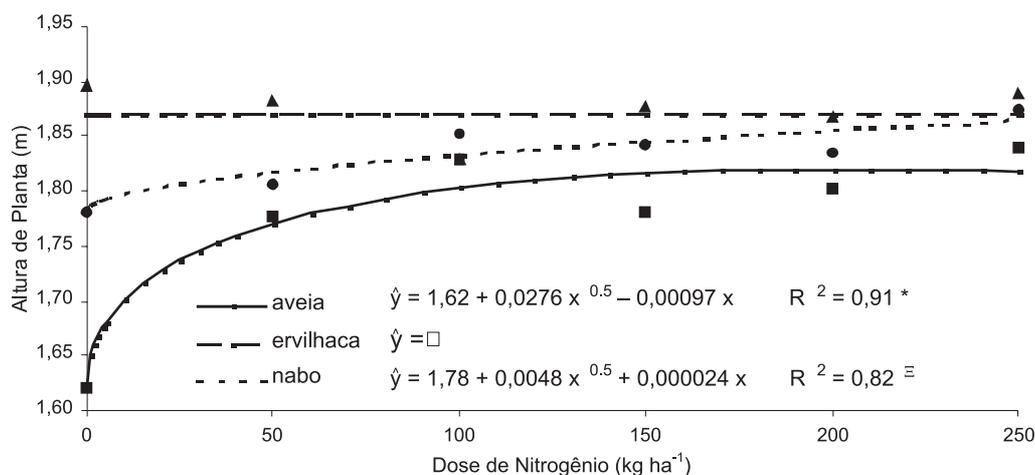
grãos foi determinada após a debulha das espigas, em balança de precisão de três casas decimais e o resultado, corrigido para 13% de umidade. A produtividade de grãos foi determinada após a debulha das espigas, dentro da área útil da cada tratamento, e corrigida para 13% de umidade, com os valores expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

### Resultados e Discussão

A análise de variância para altura de planta foi significativa ( $P < 0,05$ ) para a cultura antecessora, dose de nitrogênio e para a interação cultura antecessora - dose de nitrogênio (Tabela 2). O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados de altura de planta foi o raiz quadrada, quando a cultura antecessora foi aveia preta e nabo forrageiro, porém nenhum modelo testado se ajustou aos dados quando a cultura antecessora foi ervilhaca peluda (Figura 1). Para a sucessão aveia preta/milho, a altura máxima de planta, calculada pela derivada da equação, foi de 1,82 m, obtida com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. O milho semeado após o nabo forrageiro não atingiu um ponto de máximo dentro das doses de N utilizadas, sendo que a altura obtida na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> foi de 1,86 m.

**TABELA 2.** Resumo das análises de variância para as características agrônômicas e produtividade, em função da cultura antecessora e dose de nitrogênio. Dourados, MS, 2001/02.

| FV        | Quadrados médios |        |            |            |            |                 |              |               |
|-----------|------------------|--------|------------|------------|------------|-----------------|--------------|---------------|
|           | Altura           | Colmo  | N<br>folha | N<br>grãos | Grão/esp   | Compr<br>espiga | 100<br>grãos | Produtividade |
| Bloco     | 0,0043           | 3,10   | 4,38       | 1,40       | 2.824,86   | 4,14            | 10,5025      | 636.611,6     |
| Cultura   | 0,0897*          | 0,51ns | 91,53*     | 24,47*     | 3.516,34*  | 0,61ns          | 9,52ns       | 2.317.862,5ns |
| Res a     | 0,0039           | 2,30   | 3,30       | 0,40       | 642,96     | 1,84            | 9,81         | 1.224.875,0   |
| Nitrog    | 0,0202*          | 4,34*  | 83,03*     | 43,67*     | 10.730,30* | 11,22*          | 28,14*       | 6.562.238,0*  |
| Interação | 0,0139*          | 2,14ns | 9,92*      | 0,83ns     | 4.913,46*  | 3,26*           | 6,62*        | 2.395.562,0*  |
| Res b     | 0,0066           | 1,14   | 2,78       | 0,60       | 1.000,77   | 1,34            | 3,05         | 406.202,3     |
| CV (a)    | 3,42 %           | 8,49 % | 6,45 %     | 4,29 %     | 5,57 %     | 7,84 %          | 8,89 %       | 14,69 %       |
| CV (b)    | 4,45 %           | 5,97 % | 5,93 %     | 5,26 %     | 6,95 %     | 6,70 %          | 4,97 %       | 8,46 %        |



**FIGURA 1.** Altura de planta (m) de milho em função de dose de nitrogênio e da cultura antecessora. Dourados, 2004. (\*  $p < 0,05$  e  $p < 0,10$ )

Comparando-se as culturas antecessoras dentro das doses de nitrogênio, observou-se que a maior altura de planta foi obtida quando o milho foi semeado após a ervilhaca peluda e a menor, após aveia preta. O menor desenvolvimento da planta de milho semeado sobre aveia preta se deve, provavelmente, à imobilização de nitrogênio pelos microorganismos do solo, já que a aveia preta tem relação C/N maior que 25.

Quando a cultura antecessora foi o nabo forrageiro, possivelmente não houve imobilização de nitrogênio, pois os resíduos desta planta têm relação C/N menor que 25. Dessa maneira, o desenvolvimento da planta de milho foi maior do que quanto sobre aveia preta, porém também se observou resposta da altura de planta à aplicação de nitrogênio, revelando que o nitrogênio fornecido pela cultura de cobertura não foi suficiente.

Quando a cultura antecessora foi a ervilhaca peluda, além de seus resíduos possuírem relação C/N abaixo de 25, esta leguminosa adiciona nitrogênio ao solo através da fixação simbiótica. Portanto, os teores de nitrogênio do solo devem ter sido suficiente para o me-

lhor desenvolvimento da planta. Torbert *et al.* (1996), obtiveram maiores respostas à adubação nitrogenada no acúmulo de biomassa de milho quando esse foi cultivado após centeio e menor resposta quando cultivado após trevo.

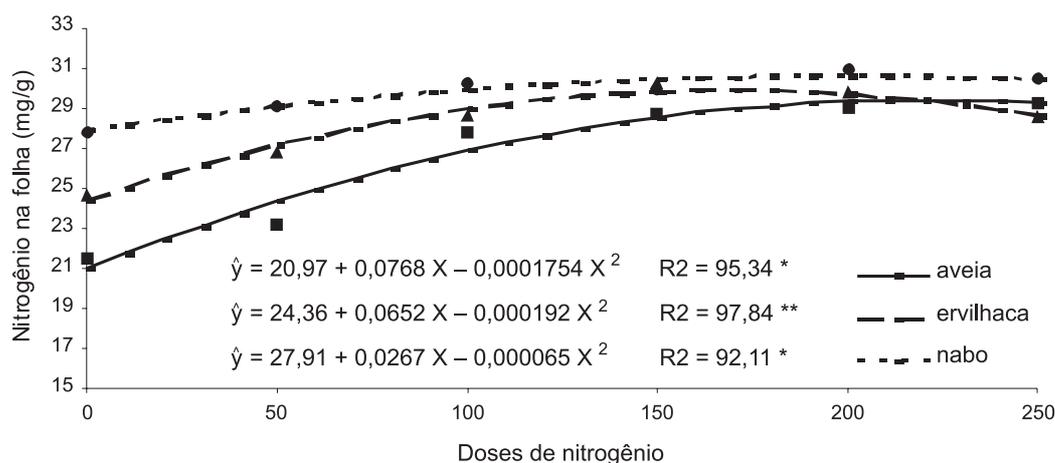
A altura da planta é um parâmetro que determina o grau de desenvolvimento da cultura e teve correlação positiva (0,50) com a produtividade, podendo-se inferir que, para o mesmo híbrido, plantas maiores tendem a ser mais produtivas, provavelmente porque sofrem menos estresse durante o seu desenvolvimento e acumulam maiores quantidades de reservas no colmo (Tabela 3).

A análise de variância do teor de nitrogênio foliar foi significativa ( $P < 0,05$ ) para a cultura antecessora, doses de N e para a respectiva interação (Tabela 2). Na análise de regressão, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados. Os teores de N nas folhas de milho aumentaram com o aumento da dose de adubação nitrogenada, nas três sucessões de cultura. O teor máximo de nitrogênio acumulado nas folhas de milho, calculado pela derivada da equação,

foi de 29,4 mg g<sup>-1</sup> na sucessão aveia preta/milho, 29,9 mg g<sup>-1</sup> para ervilhaca peluda/milho e 30,6 mg g<sup>-1</sup> para nabo forrageiro/milho, obtido nas doses de 220, 170 e 205 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 2).

Na sucessão ervilhaca peluda/milho ocorreu a absorção máxima com uma menor dose de

nitrogênio, provavelmente devido ao nitrogênio incorporado ao solo por esta leguminosa. Demétrio *et al.* (1998) observaram que adição de N ao solo, através da incorporação de feijão de porco, proporcionou ao milho uma absorção foliar de N equivalente a 560 kg ha<sup>-1</sup> de adubação nitrogenada.



**FIGURA 2.** Nitrogênio na folha (mg g<sup>-1</sup>) em função da cultura antecessora e dose de N. Dourados, 2004. (\* p < 0,05 e \*\* p < 0,01)

Quando a cultura antecessora foi aveia preta, foram necessários 128 kg ha<sup>-1</sup> de N para acumular a mesma quantidade de nitrogênio nas folhas do que quando a cultura antecessora foi o nabo forrageiro e não se utilizou nitrogênio (Figura 2), devido, possivelmente, à imobilização do N durante a decomposição da palha. O milho semeado após o nabo forrageiro apresentou maiores teores foliares de N em relação às demais culturas antecessoras, porém não houve diferenças significativas nas doses acima de 150 kg ha<sup>-1</sup>

Os maiores teores de N foliar proporcionados pela sucessão nabo forrageiro/milho em comparação com ervilhaca peluda/milho, pode ser devido à menor relação C/N do nabo forrageiro, como citado por Sá (1993). Com relação C/N menor, os resíduos de nabo forrageiro se decompõem mais rapidamente do que os resí-

duos de ervilhaca peluda, disponibilizando nitrogênio mais rapidamente. No trabalho de Ohland (2002), por outro lado, o mesmo híbrido apresentou os maiores teores de N nas folhas quando a cultura antecessora foi ervilhaca peluda, em comparação com o nabo forrageiro.

Coelho & França (1995) consideram como teores adequados de nitrogênio na análise foliar 27,5 a 32,5 mg g<sup>-1</sup>. Quando a cultura antecessora foi o nabo forrageiro, em todas as doses, os teores se mostraram dentro dessa faixa e, nas demais culturas antecessoras, ocorreu nas doses acima de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

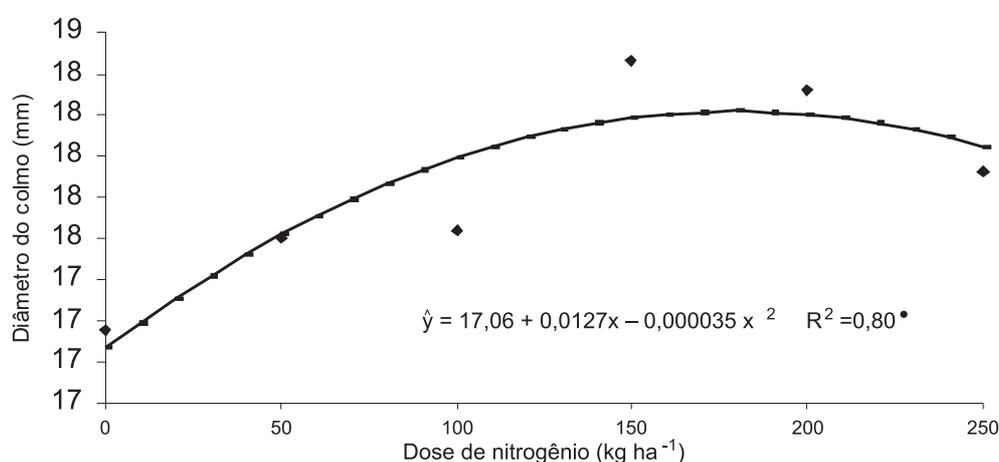
O teor de nitrogênio na folha teve uma boa correlação (0,56) com a produtividade de grãos, mostrando que plantas bem supridas deste nutriente provavelmente serão mais produtivas. Observou-se, também uma boa correlação (0,65)

entre o teor de N foliar com o teor de N nos grãos de milho (Tabela 3). Ferreira *et al.* (2001) e Torbert *et al.* (2001) também encontraram correlação entre teor de nitrogênio foliar e produtividade.

A análise de variância para teor de nitrogênio nos grãos foi significativa ( $P < 0,05$ ) para dose de nitrogênio e para cultura antecessora (Tabela 2). O teor de nitrogênio nos grãos é muito importante, pois reflete a quantidade de proteína. Fernandes *et al.* (1999), relataram que 70% do nitrogênio da planta de milho está contido nos

grãos e assim é exportado; portanto, maiores produtividades exigem quantidades adequadas de N.

A análise de regressão mostrou que o modelo quadrático foi o que se ajustou aos dados de N nos grãos, com um coeficiente de determinação de 96,9. Com o aumento da dose de N, os teores de nitrogênio nos grãos aumentaram; no entanto, esse modelo não mostrou ponto de máximo dentro do intervalo estudado, sendo que, na dose de 250, o teor de N nos grãos foi de  $16,4 \text{ mg g}^{-1}$ , o que representa 33% de aumento em relação à dose zero (Figura 3).



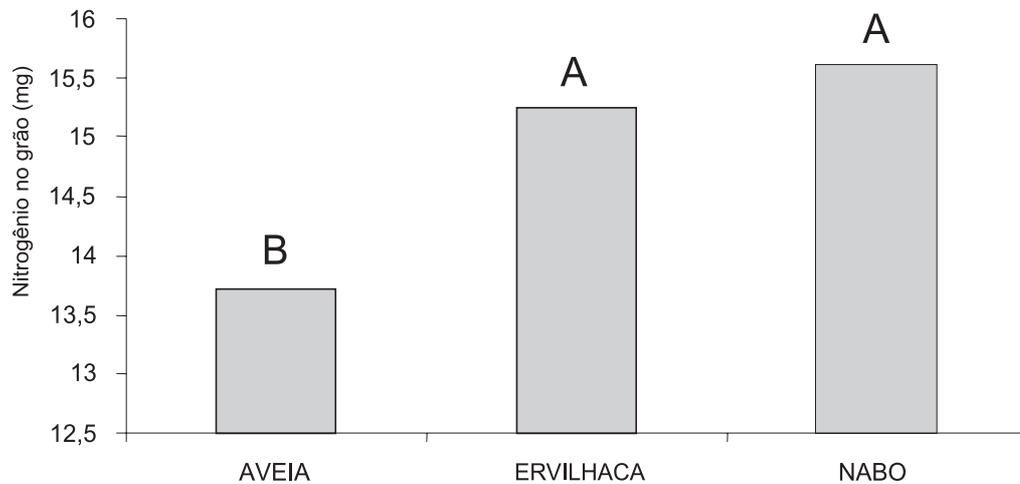
**FIGURA 3.** Nitrogênio nos grãos ( $\text{mg g}^{-1}$ ) em função da dose de nitrogênio. Dourados, 2004. ( $p < 0,10$ )

Marques *et al.* (2000) encontraram, para as doses de N aplicadas, aumento de até 40% na proteína dos grãos e Araújo *et al.* (1999) observaram que o teor de N nos grãos aumentou linearmente com a adubação nitrogenada.

Entre as culturas antecessoras ao milho, a aveia preta proporcionou acúmulo de  $13,7 \text{ mg g}^{-1}$  de N nos grãos, enquanto nabo forrageiro e ervilhaca peluda não diferiram estatisticamente entre si, tendo valores de  $15,2$  e  $15,6 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente (Figura 4). Provavelmente, as culturas antecessoras que proporcionaram maior acúmulo de N nos grãos forneceram maiores quantidades de N através da decomposição de

seus resíduos. Ohland (2002), utilizando como cultura antecessora o nabo forrageiro e ervilhaca peluda, encontrou diferença significativa entre essas espécies no acúmulo de nitrogênio nos grãos, sendo que a sucessão ervilhaca peluda/milho acumulou, em média,  $16,3 \text{ mg g}^{-1}$  e a sucessão nabo forrageiro/milho,  $14,9 \text{ mg g}^{-1}$ .

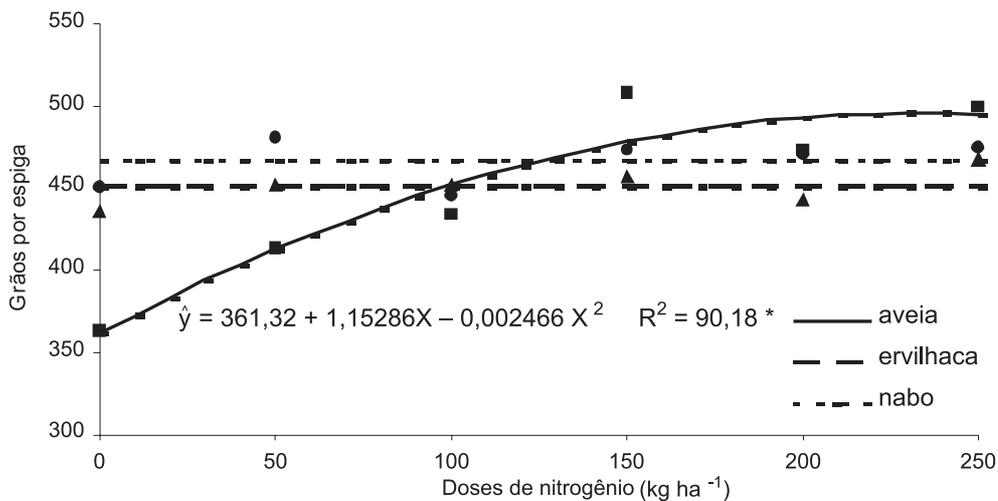
O número de grãos por espiga foi significativo ( $P < 0,05$ ) para a cultura antecessora, dose de nitrogênio e para a interação (Tabela 2). O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, com a máxima resposta, obtida pela derivada da equação, de 496 grãos por espiga, na dose de  $230 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Quando a cultura



**FIGURA 4.** Teores de nitrogênio nos grãos em função das culturas antecessoras. (Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%)

antecessora foi ervilhaca peluda e nabo forrageiro, não houve resposta da adubação nitrogenada e

as médias foram 451 e 467 grãos por espiga, respectivamente (Figura 5).



**FIGURA 5.** Número de grãos por espiga em função de dose de nitrogênio. Dourados, 2004. (\* p < 0,05).

Apesar das diferenças entre as culturas antecessoras, a comparação dentro de cada dose de nitrogênio mostrou que, entre as sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho, não houve diferença significativa em nenhuma das doses estudadas, sendo que a sucessão aveia preta/milho não diferiu destas a partir da dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. Portanto, diferenças no número

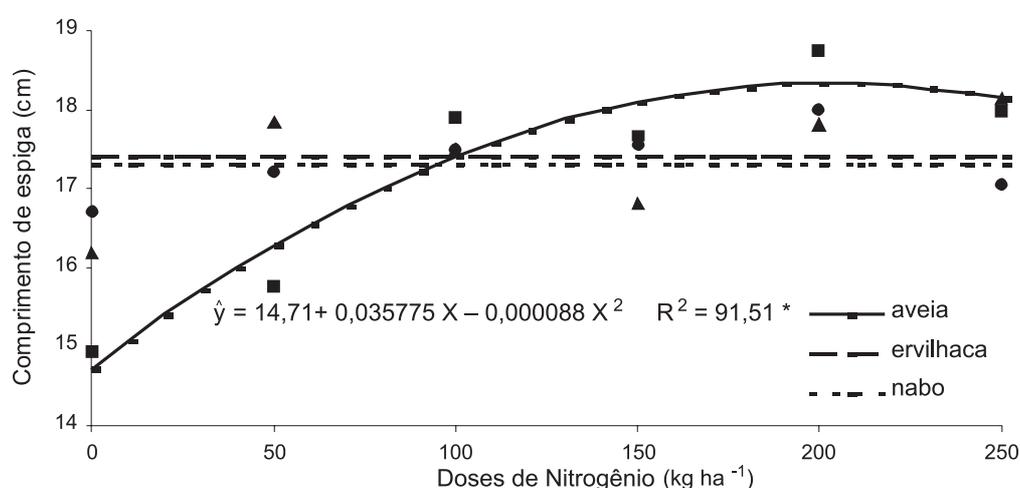
de grãos por espiga podem ocorrer em situações de deficiência de nitrogênio mais severa, principalmente quando a cultura antecessora é uma gramínea associada a baixa adubação nitrogenada.

Bortolini *et al.* (2001), citam que o número de grãos por espiga é a característica que mais se associa ao rendimento de grãos de mi-

lho. Este relacionamento pode ser confirmado pela alta correlação (0,73) entre número de grãos por espiga e produtividade obtida neste experimento.

A análise de variância para o comprimento de espiga foi significativa ( $P < 0,05$ ) para dose de nitrogênio e para a interação cultura antecessora – dose de nitrogênio (Tabela 2). O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados de comprimento de espiga na suces-

são aveia preta/milho, com comprimento máximo obtido pela derivada da equação, de 18,35 cm obtido na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para a sucessão ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho, não houve respostas à dose de nitrogênio (Figura 6). Mendonça *et al.* (1999) também observaram aumentos no comprimento da espiga com maiores doses de nitrogênio, em um sistema sem utilização de leguminosas.



**FIGURA 6.** Comprimento de espiga (cm) em função da cultura antecessora e dose de nitrogênio. Dourados, 2004. (\*  $p < 0,05$ ).

Em situações de deficiência de nitrogênio, assim como o número de grãos por espiga, o comprimento da espiga é reduzido. Essa redução no comprimento da espiga pode comprometer a produtividade, pois é uma característica que teve uma correlação de 0,61 com o rendimento de grãos.

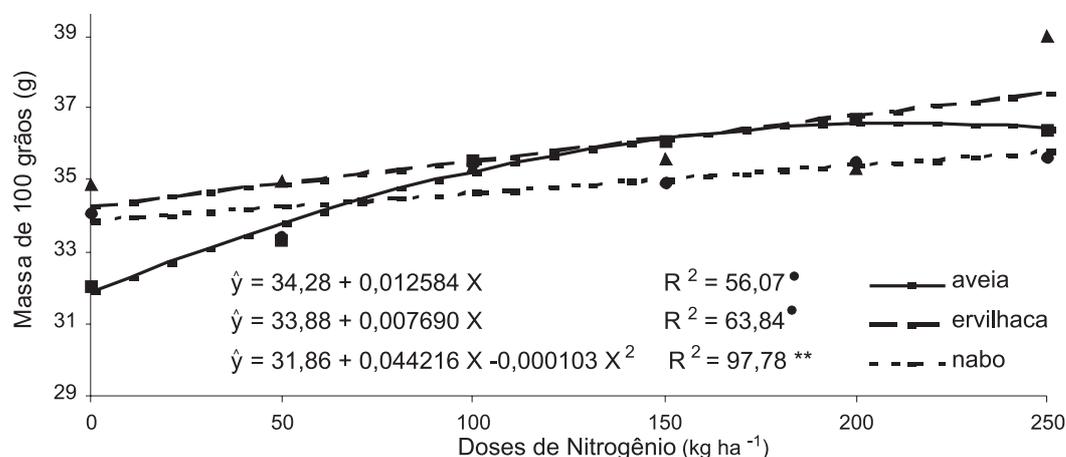
A análise de variância para a massa de 100 grãos foi significativa ( $P < 0,05$ ) para dose de nitrogênio e para a interação cultura - doses de nitrogênio (Tabela 2). Pela análise de regressão, o modelo linear foi o que se ajustou aos dados na sucessão ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho, sendo que os maior valores, obtidos na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup>, foram 37,4 e 35,8g

respectivamente. Para a sucessão aveia preta/milho, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, atingindo o valor máximo, pela derivada da equação, da massa de 100 grãos (36,6 g), na dose de 215 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 7).

Mendonça *et al.* (1999), trabalhando com adubação nitrogenada e irrigação, encontraram aumentos da massa de 100 de grãos com o aumento das doses de nitrogênio, sendo que o maior valor (27,9 g) foi obtido com a aplicação de 320 kg ha<sup>-1</sup> de N. Casagrande & Fornasieri Filho (2002), trabalhando com dois híbridos e adubação nitrogenada, encontraram diferenças somente entre os híbridos, com valores de 22,9 e 29,6 g, para os híbridos C444 e C333B, res-

pectivamente. Ohland (2002), utilizando híbrido DKB 350 sobre ervilhaca peluda e nabo

forrageiro, encontrou valores de 35,3 e 33,2 g, respectivamente.



**FIGURA 7.** Massa de cem grãos (g) em função de dose de nitrogênio. Dourados, 2004. (\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$ ).

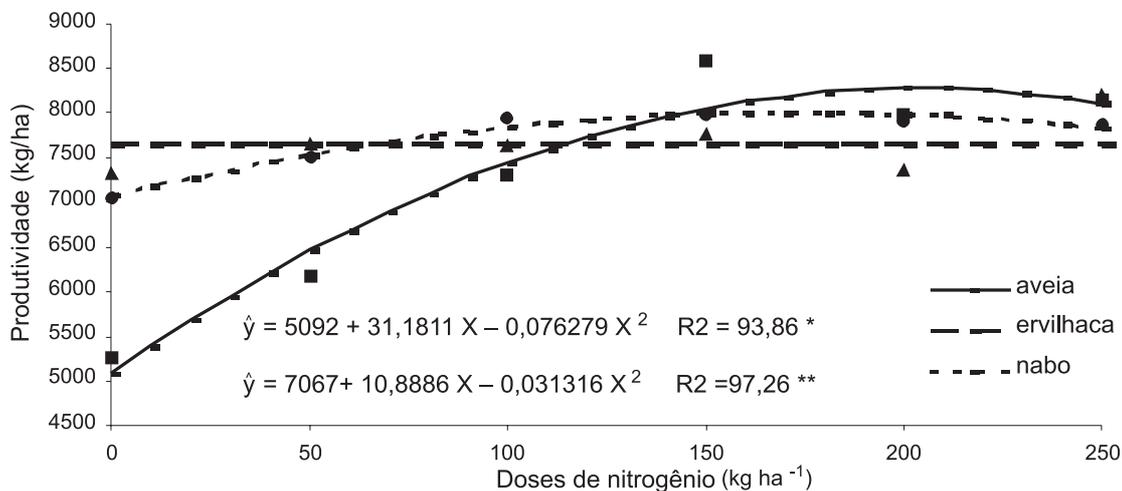
A massa de 100 grãos é um parâmetro muito importante, pois, a partir de um mesmo número de óvulos fecundados, pode-se obter maior produtividade apenas com o aumento das reservas acumuladas nos grãos. Neste estudo, houve boa correlação (0,66) entre massa de 100 grãos e produtividade, concordando com os resultados de Pereira *et al.* (1999), em que este componente de produção foi o que mais se correlacionou com a produtividade (Tabela 3).

A análise de variância para produtividade foi significativa ( $P < 0,05$ ) para a dose de nitrogênio e para a interação cultura antecessora - dose de nitrogênio (Tabela 2). Na sucessão ervilhaca peluda/milho, nenhum dos modelos avaliados na análise de regressão se ajustou aos dados, mostrando que não houve resposta da produtividade em função da adubação nitrogenada. Deve-se ressaltar, no entanto, que, mesmo na dose zero de N, a produtividade foi

**TABELA 3.** Correlações simples entre as características avaliadas. Dourados, MS, 2001/02.

|                | Altura | Diâm. colmo | Nitrog. na folha | Nitrog. no grão | Grão / espiga | Compr. espiga | Diâm. espiga | Massa 100 gr |
|----------------|--------|-------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Diâm. colmo    | 0,29 * | 1           | -                | -               | -             | -             | -            | -            |
| N na folha     | 0,34 * | 0,26 *      | 1                | -               | -             | -             | -            | -            |
| N no grão      | 0,37 * | 0,22 *      | 0,65 *           | 1               | -             | -             | -            | -            |
| Grãos / espiga | 0,34 * | 0,31 *      | 0,53 *           | 0,45 *          | 1             | -             | -            | -            |
| Compr. espiga  | 0,21 * | 0,43 *      | 0,42 *           | 0,46 *          | 0,42 *        | 1             | -            | -            |
| Diâm. espiga   | 0,16 * | 0,37 *      | 0,31 *           | 0,32 *          | 0,39 *        | 0,57 *        | 1            | -            |
| Massa 100 gr.  | 0,25 * | 0,43 *      | 0,40 *           | 0,47 *          | 0,43 *        | 0,50 *        | 0,52 *       | 1            |
| Produtividade  | 0,47 * | 0,50 *      | 0,56 *           | 0,57 *          | 0,73 *        | 0,61 *        | 0,56 *       | 0,66 *       |

de 7.660 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto, na sucessão nabo forrageiro/milho e aveia preta/milho, as produ-



**FIGURA 8.** Produtividade de milho em função das doses de nitrogênio, Dourados, 2004. (\* p < 0,05 e \*\* p < 0,01).

A melhor produtividade na ausência de N ocorreu quando a cultura antecessora foi ervilhaca peluda, provavelmente devido ao nitrogênio incorporado ao solo pelo processo de fixação simbiótica, que é realizada por esta leguminosa. Kanthack *et al.*, (1991), utilizando milho sobre tremoço, também não encontraram respostas à adubação com N. Spagnollo *et al.* (2001) relatam que o uso de leguminosas promoveu respostas ao nitrogênio de menor magnitude, em comparação com o uso de gramíneas.

Para a sucessão aveia preta/milho, a produtividade máxima, calculada pela derivada da equação, foi de 8.280 kg ha<sup>-1</sup>, obtido com a aplicação de 205 kg ha<sup>-1</sup> de N e quando o milho foi semeado após nabo forrageiro, a produtividade teve valor máximo de 8.020 kg ha<sup>-1</sup> obtida na dose de 175 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O nabo forrageiro é uma cultura muito eficiente na reciclagem de nutrientes e por ter uma relação C/N baixa, decompõe-se rapidamente, fornecendo estes nutrientes para as culturas subsequentes. Vyn *et al.* (2000) relatam que resí-

duos de nabo forrageiro proporcionam melhores resultados em milho que resíduos de aveia e centeio, quando não se utiliza adubação nitrogenada.

Por outro lado, quando se comparam as espécies dentro de cada dose de nitrogênio, observa-se que as diferenças são significativas apenas nas doses zero e 50 kg ha<sup>-1</sup>. Aita *et al.* (2001), utilizando várias culturas antecessoras ao milho, observaram que as leguminosas proporcionam melhores produtividades quando os teores de N são baixos, porém quando se adicionam altas doses do elemento, as produtividades são estatisticamente iguais.

Ohland (2002), trabalhando com o híbrido DKB 350, não encontrou diferenças significativas entre as sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho, sendo que os valores médios foram 9.808 kg ha<sup>-1</sup> e 9.446 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Apesar das diferenças encontradas entre as culturas antecessoras em favor da ervilhaca peluda e nabo forrageiro, a produtividade do milho cultivado sobre aveia preta e sem adubação

nitrogenada não foi tão baixa (5.253 kg ha<sup>-1</sup>). Na safra 2001/02, a mesma deste experimento, a produtividade de milho de 1<sup>a</sup> safra no Mato Grosso do Sul foi de 5.300 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2003).

A boa produtividade se deve às boas condições da área experimental, que, na época, estava com cinco anos sob plantio direto, tempo em que o sistema já começa a se estabilizar. Segundo Kurihara *et al.* (1998), em sistema de plantio direto após quatro anos, observa-se acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo, principalmente nos primeiros cinco centímetros. As plantas, ao absorverem os nutrientes e translocá-los para a parte aérea, fazem com que se acumulem na superfície; o não revolvimento e a redução das erosões hídrica e eólica também contribuem para esse efeito.

### Conclusões

A cultura antecessora tem efeito diferenciado sobre as características agronômicas de milho cultivado no sistema plantio direto.

Na ausência de adubação nitrogenada, as maiores produtividades de milho são obtidas quando a cultura antecessora é ervilhaca peluda ou nabo forrageiro e as menores, quando a cultura antecessora é aveia preta.

O milho cultivado sobre ervilhaca peluda não apresenta respostas à adubação nitrogenada; sobre nabo forrageiro, apresenta respostas até 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e, sobre aveia preta apresenta respostas à adubação nitrogenada até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

A indicação da quantidade de adubo nitrogenado a ser aplicado deve levar em conta a cultura antecessora.

### Literatura Citada

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DAROS, C. O. Plantas de co-

bertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 157-165, 2001.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 553-560, 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 179-189, 2000.

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

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. de. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p. 909-914, 1999.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia preta em resposta à adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 1101-1106, 2001.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 365-372, 2000.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do

- milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 33-40, 2002.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2. ed. aum. **Informações Agronomicas**, Piracicaba, n.71, p.1-9, set. 1995. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n.2, p.1-9, set., 1995. Encarte.
- DEMÉTRIO, R.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de A.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; CAMARGO, F. A. de O. Absorção de nitrogênio do solo pelo milho influenciada pela adição de diferentes resíduos de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 481-486, 1998.
- FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. de A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 1691-1698, 1999.
- FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. de A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. In: **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 131-138, 2001.
- IBGE . Levantamentos sistemáticos de produção agrícola. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br> > Acessado em: 20 jun. 2003.
- 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, DF, v. 26, p. 99-104, 1991.
- KARLEN, D. L.; KRAMER, L. A.; LOGSDON, S. D. Field-scale nitrogen balances associated with long-term continuous corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, p. 644-650, 1998.
- KURIHARA, C. H.; FABRÍCIO, A. C.; PITOL, C.; STAUT, L. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J. C. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 21-36.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p
- MARQUES, T. C. L. L. de S. e M.; VASCONCELLOS, C. A.; PEREIRA FILHO, I.; FRANÇA, G. E. de; CRUZ, J. C. Envolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 581-589, 2000.
- MENDONÇA, F. C.; MEDEIROS, R. D. de; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p. 1035-1044, 1999.
- OHLAND, R. A. A. **Adubos verdes e nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto**. 2002. 41 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados.
- PEREIRA, S. L.; ARAÚJO, G. A. de A.; SEDIYAMA, C. S.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P. R. Efeito da adubação nitrogenada e molibídica sobre a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, p. 791-799, 1999.

- 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, DF, v. 29, p. 763-770, 1994.
- SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 37-60.
- SAINJU, U. M.; SINGH, B. P.; WHITEHEAD, W. F. Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, p. 511, 1998.
- SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; NADAL, R. Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p.709-715, 2001.
- TORBERT, H. A.; REEVES, D. W.; MULVANEY, R. L. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed-nitrogen effects. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 527-535, 1996.
- TORBERT, H. A.; POTTER, K. N.; MORRISON Jr., J. E. Tillage system, fertilizer nitrogen rates, and timing effects on corn yields in the Texas blackland prairie. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 1119-1124, 2001.
- VYN, T. J.; FABER, J. G.; JANOVIECEK, K. J.; BEAUCHAMP, E. G. Cover crop effects on nitrogen availability to corn following wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 915-924, 2000.