

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.7, n.1, p.1-8, jan.-mar., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i1a1013

Protocolo 1013 – 08/07/2010 \*Aprovado em 13/07/2011

Flávia M. Nascimento<sup>1</sup>

Sílvio J. Bicudo<sup>2</sup>

Dirceu M. Fernandes<sup>2,6</sup>

José G. L. Rodrigues<sup>3</sup>

Jairo C. Fernandes<sup>4</sup>

Mariléia B. Furtado<sup>5</sup>

# Efeito da antecipação da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cultura do milho em sucessão às culturas de milho + aveia, com a antecipação da aplicação do nitrogênio na cultura da aveia, em doses crescentes, no SPD. O experimento foi conduzido em condições de campo na FCA/UNESP, campus de Botucatu-SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em parcelas subdivididas. Foram consideradas parcelas as doses de nitrogênio aplicadas na aveia (0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>), e subparcelas, as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (60, 80, 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), de forma parcelada, em dois estádios da cultura do milho. Na aveia e no milho foi avaliada a massa de matéria seca e calculada a relação C/N. Na cultura do milho foi quantificado o nitrogênio na planta, antes da primeira cobertura e quinze dias após a aplicação da segunda cobertura, sendo nesta época determinada a massa de matéria seca das plantas. Após a colheita foi calculada a produtividade. O desenvolvimento e a produtividade do milho em sistema plantio direto foram dependentes da relação C/N da palha, e a resposta da cultura do milho à aplicação antecipada de N variou em função das doses e épocas destas aplicações. A massa de matéria seca da palhada e das plantas de milho nas diferentes coletas efetuadas está diretamente relacionada com as combinações de doses dos fertilizantes nitrogenados aplicados na aveia e no milho.

**Palavras-chave:** Biomassa, propriedades químicas do solo, sucessão de culturas.

## Effect of nitrogen fertilization anticipation on maize crop in no-tillage system

## ABSTRACT

The main goal of this research was to evaluate the response of maize crop in succession to maize + oat crops, with the anticipation of the increasing doses of nitrogen application in the oat culture, in no-tillage system. The experiment was carried out under field conditions at FCA/UNESP, Botucatu Campus, São Paulo, Brazil. The experimental design was arranged in randomized blocks with four replications, in split-plots. The plots were the nitrogen doses applied on the oat crop (0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>), and split-plots, the nitrogen doses applied in the cover (60, 80, 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), divided into two different crop stages of the maize crop. The dry matter weight and the C/N ratio were assessed on the oat and maize crops. On the maize crop, the plant nitrogen was quantified before the first covering and 15 days after the second covering, when the dry matter weight of the maize plants was determined. After the harvest, the yield was also calculated. Results indicate that the maize development and yield under no-till system were related to the straw C/N ratio, and the maize crop response to the anticipated N fertilization varied according to the N doses and application periods. The dry matter weight of the maize plants were influenced by the rates and periods of N applications.

**Key words:** Biomass, chemical properties of soil, crop succession.

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luis de Camões, 2090, Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages-SC, Brasil. Fone: (49) 2101-9100

E-mail: a2fmr@cav.udesc.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Fazenda Lageado, CEP 18603-307, Botucatu-SP, Brasil. Caixa Postal 237. Fone: (14) 3811-7158. Fax: (14) 3815-9050. E-mail: sjbicudo@fca.unesp.br; dmfermandes@fca.unesp.br

<sup>3</sup> Associação Educacional do Vale do Jurumim (EDUVALE), Avenida Misael Euphrasio Leal, 347, Jardim. América, CEP 18705-050, Avaré-SP, Brasil. Fone: (14) 3733-8585. E-mail: lancarodrigues@hotmail.com

<sup>4</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Km 2, Rodovia Itapetinga/Iitororó, CEP 45700-000, Itapetinga-BA, Brasil. Fone: (77) 3261-2213. E-mail: costajf10@hotmail.com

<sup>5</sup> Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, BR 222, Km 4, Boa Vista, CEP 65500-000, Chapadinha-MA, Brasil. Fone: (98) 3471-1201. E-mail: marileiafurtado@hotmail.com

<sup>6</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho encontra-se entre as de maior potencial de produção de fitomassa por unidade de área. No entanto, para que possa atingir elevados rendimentos biológicos, dentre outros fatores, o milho necessita ter as suas exigências nutricionais plenamente satisfeitas, visto que produtividades elevadas implicam em grande extração de nutrientes (Sangoi & Almeida, 1994).

A relação do nitrogênio com o pleno desenvolvimento da cultura do milho mostra que seu manejo e recomendações de aplicação apresentam um comportamento complexo. Isto pode ser explicado pelo fato dele estar relacionado com diferentes reações de ordem química e biológica, as quais são regidas pelas condições edafoclimáticas. O nitrogênio presente no solo pode sofrer perdas através dos processos de lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão, caso seu manejo se dê de forma incorreta (Rambo et al., 2008).

Para que os rendimentos obtidos de uma lavoura de milho possam ser considerados altos, é de extrema importância a aplicação de fertilizantes que contém nitrogênio, uma vez que os solos brasileiros não conseguem atender a demanda deste elemento nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (Pöttker & Wiethölter, 2004).

A época de aplicação do fertilizante nitrogenado tem grande influência no aproveitamento deste nutriente pelo milho (Mengel & Barber, 1974). No entanto, não tem havido muita concordância sobre qual é a melhor época de aplicação de N no SPD. Alguns resultados de pesquisa têm demonstrado vantagens na aplicação de N em pré-semeadura do milho (Sá, 1996). Outros demonstram a necessidade de aumento da dose de N no momento da semeadura, para suprir a carência inicial em função da imobilização, e de que parte seja fornecida em cobertura (Bortolini et al., 2002).

Bortolini et al. (2001) estudaram sistemas de aplicação de N em milho, em pré-semeadura, no momento da dessecação da aveia-preta, durante a semeadura e em cobertura. Os resultados mostraram que com a antecipação da aplicação de N da cobertura para a época de pré-semeadura, o rendimento de grãos de milho foi menor, em relação ao obtido com a aplicação na época convencional, principalmente, sob alta disponibilidade hídrica e com elevadas doses de adubação nitrogenada.

Silva et al. (2009) avaliaram a importância da adubação nitrogenada na semeadura, para o crescimento da aveia preta, bem como verificaram a influência da produção de biomassa e do N absorvido pela aveia na produtividade do milho, cultivado em sucessão, concluindo que a aveia adubada na semeadura obteve maior produção de massa seca, o que influenciou positivamente a absorção de N e a produtividade do milho.

Entretanto, há uma série de variáveis que condicionam as transformações do N no solo, que são mediadas por microrganismos, e dependem das condições edafoclimáticas, principalmente do tipo de solo, precipitação pluvial e temperatura (Lara Cabezas et al., 2004). Dependem, além disso, das características dos resíduos vegetais da cultura de cobertura antecessora ao milho (Amado et al., 2002).

Segundo Hoef (2003), a dose, a época e o método de aplicação de fertilizantes nitrogenados têm efeito marcante tanto sobre a produtividade das culturas como no potencial de contaminação dos mananciais. Quanto maior a antecedência na aplicação do N, considerando-se a época na qual a cultura necessita deste, aliado a doses mais elevadas, maior será a quantidade de N perdido. Fernandes et al. (1998) indicaram que menos de 50% do fertilizante nitrogenado aplicado é utilizado pelas culturas, sendo a maior parte do seu residual incorporada à matéria orgânica do solo.

Embora existam relatos de resposta do milho de segunda safra à adubação nitrogenada de cobertura (Mar et al. 2003), as perdas que ocorrem, principalmente, por volatilização podem reduzir a eficiência da adubação nitrogenada, especialmente quando a ureia é a fonte utilizada e a aplicação coincide com a época em que a ocorrência de chuvas é irregular, como no cultivo de segunda safra na região Centro-Oeste. Além disso, a aplicação sobre a palhada ou a superfície do solo (Souza & Lobato, 2004), prática comum no sistema de semeadura direta, pode reduzir a eficiência da adubação.

Segundo Silva (2004), a resposta do milho à adubação nitrogenada é dependente da cultura antecessora, e quando o milho é semeado após plantas que liberam o nitrogênio de seus resíduos mais rapidamente, a resposta à adubação nitrogenada é menor. Já Piza et al. (2004) concluíram que, independente do tipo de palhada existente no primeiro ano de cultivo do milho em plantio direto, não houve respostas em relação às características morfológicas ou produtividade do milho. Silva et al. (2006) verificaram que sobre a aveia-preta, o milho respondeu positivamente à adubação nitrogenada, com máxima eficiência na dose de 205 kg ha<sup>-1</sup>.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de doses e épocas de aplicação de N e suas interferências na relação C/N da palha, e no desenvolvimento e produtividade de plantas de milho em SPD.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na FCA/UNESP - Botucatu-SP, latitude de 22° 51' S, longitude de 48° 26' W e 740 metros de altitude, em solo classificado como Nitossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa (Embrapa, 1999). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, sendo definido como temperado (Mesotérmico), a região é constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperatura média superior a 10°C, onde a temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. O experimento foi instalado em área de plantio direto de 1º ano, onde a palha presente na área era oriunda da cultura do milho.

As parcelas foram constituídas pela cultura da aveia, com quatro tratamentos, sendo causa de variação as doses de nitrogênio: 0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, sem a utilização de fertilizantes na implantação. O nitrogênio foi aplicado na linha, manualmente, 15 dias antes do corte da aveia e a fonte utilizada foi a ureia. As parcelas tiveram as dimensões de

4x20 m com espaçamento de 0,17 m entrelinhas e 80 sementes m<sup>-1</sup>.

As subparcelas foram constituídas pela cultura do milho com quatro subtratamentos, sendo a causa de variação as doses de nitrogênio: 60, 80, 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup>. A fonte de N foi a ureia. A adubação de cobertura foi parcelada da seguinte forma: 1ª aplicação no estádio de 3 a 4 folhas, quando foram aplicadas 50 % das doses; e 2ª aplicação no estádio de 6 a 7 folhas totalmente distendidas, ocasião em que foram aplicados os 50% restantes. O nitrogênio foi aplicado na linha manualmente. As subparcelas tiveram as dimensões de 4x5 m, com linhas de semeadura espaçadas de 0,45 m. As populações de plantas nas subparcelas variaram em torno de 66582 a 57162 plantas ha<sup>-1</sup>, apresentando, desta forma, uma média de 61872 plantas ha<sup>-1</sup>.

A aplicação suplementar de água foi feita por aspersão, na cultura da aveia, totalizando 425,5 mm de água. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 0,20 m, para a caracterização (Tabela 1), antes da instalação do experimento.

A aveia foi semeada no dia 13 de julho de 2006, sendo o corte feito por ocasião do florescimento, com roçadora manual, aos 123 dias após a semeadura (DAS).

O milho foi semeado no dia 23 de novembro de 2006, 10 dias após o corte da aveia, utilizando-se o híbrido simples 2A525, da empresa Dow AgroScience, sendo duas linhas das laterais consideradas bordadura. A adubação de semeadura do milho foi baseada na análise de solo, seguindo recomendação. A adubação mineral na semeadura foi de 107 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-28-16, equivalente a 8,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A colheita do milho foi realizada manualmente 140 dias após a emergência.

## Análises da palhada

### Caracterização da área (antes da instalação do experimento)

Foram retiradas amostras da palha presente em uma área definida, por um retângulo de madeira de 0,60 x 0,20 m, para determinação da quantidade da palha no solo, 15 dias antes da implantação da cultura da aveia. O material colhido foi seco em estufa a 60°C, e posteriormente, sua massa foi determinada (5764,46 kg ha<sup>-1</sup>).

### No corte da aveia, por ocasião do florescimento, aos 123 dias após a semeadura (DAS)

Na cultura da aveia foi avaliada a massa de matéria seca e, posteriormente, foi calculada a relação C/N. Amostras de material vegetal foram retiradas em uma área definida por um

quadrado de madeira de 0,5 x 0,5 m em três pontos por parcela. O material vegetal colhido foi seco em estufa a 60°C e, posteriormente, amostras foram retiradas e moídas para a determinação do teor de carbono e nitrogênio. O material excedente foi devolvido às suas respectivas áreas, três semanas após a aplicação do N e antes do corte da aveia, que foi realizado no mesmo dia, ocasião em que foi feita a coleta do material orgânico.

Na cultura do milho, aos 96 dias após a semeadura (DAS).

Na cultura do milho, a quantificação e a qualificação da palha foi feita retirando-se a massa de matéria seca presente na superfície do solo, em uma área definida por um quadrado de madeira de 0,5 x 0,5 m. Amostras da palha foram retiradas para a determinação dos teores de N e C no tecido, e o material restante foi devolvido às parcelas. A época de avaliação da palha na cultura do milho foi feita aos 96 dias após a semeadura (DAS).

Para todas as épocas de avaliação da palhada, o N foi quantificado pelo método semimicro Kjeldahl (Malavolta et al., 1997) e o C pelo método de Walkley & Black (1934).

## Análise da produção de milho

### Determinação da concentração de nitrogênio nas plantas de milho

Plantas de milho foram coletadas em duas épocas, para a determinação da concentração de nitrogênio nas folhas: a) antes da aplicação da 1ª cobertura de N, no estádio de 3 a 4 folhas (10 plantas por parcela); b) duas semanas após a segunda aplicação de cobertura, no estádio de 6 a 7 folhas totalmente distendidas (3 plantas por subparcela), sendo que nessa mesma ocasião foi determinada a massa de matéria seca das plantas de milho.

### Produtividade da cultura do milho

Para determinação da produtividade, foram colhidas todas as espigas presentes nas três linhas centrais de cada subparcela, as quais apresentavam 5m de comprimento. O resultado está expresso em kg ha<sup>-1</sup>, sendo o teor de água ajustado a 13%.

## Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste F. As equações de regressão e os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) tiveram sua significância testada a 5% de probabilidade, e foram considerados significativos quando R<sup>2</sup> foi superior a 60%. Os modelos foram

Tabela 1. Caracterização do solo da área onde foi instalado o experimento

Table 1. Soil characterization in the area where the experiment was installed

Exp.	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P resina mg dm <sup>-3</sup>	H+Al	K	Ca mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg	SB	CTC	V %
nº1	5,9	26	52	25	5,1	123	27	154	179	86
nº2	5,3	24	34	41	2,2	47	20	63	109	63

ajustados pelo teste t a 5% de probabilidade, e somente quando os resultados foram significativos foram apresentados tais modelos, independentemente do teste F ter sido ou não significativo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa de matéria seca da aveia preta na época em que foi realizado o corte desta cultura não apresentou efeito significativo. Este fato provavelmente ocorreu em função do nitrogênio ter sido aplicado após o florescimento da aveia preta, época em que a cultura já estava em senescência (Tabela 2).

A relação C/N também não apresentou efeito significativo e por este motivo não foi apresentado nenhum ajuste (Tabela 2). Tal fato provavelmente ocorreu porque este experimento foi implantado sobre palhada de milho, que normalmente apresenta alta relação C/N, impossibilitando resposta à aplicação do fertilizante nitrogenado, devido à imobilização do nitrogênio. Ceretta et al. (2002) encontraram maiores valores para massa de matéria seca da aveia quando foram aplicadas doses menores de N, entre 15 e 30 kg ha<sup>-1</sup>, o que provavelmente ocorreu devido a condições edafoclimáticas diferentes ou por ter sido implantado em uma palhada de soja, por ocasião da safra de verão.

Bortolini et al. (2001), trabalhando com doses e épocas de aplicação de N, encontraram valores muito inferiores a estes para massa de matéria seca da aveia por ocasião da dessecação, sendo o resultado encontrado por este autor de 5,7 t ha<sup>-1</sup>, porém a relação C/N foi próxima da obtida neste ensaio, 35,4.

Para a massa de matéria seca da palhada sobre o solo aos 96 DAS, foram obtidos ajustes quadráticos em função das doses de nitrogênio aplicadas na aveia (Tabelas 3 e 4 e Figura 1), sendo os maiores valores atingidos na dose de 23 kg ha<sup>-1</sup> de N na aveia, associados à aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no milho, e também quando da aplicação de 39 kg ha<sup>-1</sup> de N na aveia,

**Tabela 2.** Massa de matéria seca no corte da aveia (kg ha<sup>-1</sup>) e relação C/N em função das doses de N aplicadas na aveia

**Table 2.** Dry matter weight in oat cut (kg ha<sup>-1</sup>) and C/N ratio as a function of the N rates applied on oat

Doses de N (aveia)	Massa de matéria seca	Relação C/N
	no corte da aveia	
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	
0	9209,50	38,45
20	8270,25	34,79
40	8755,00	35,72
60	7622,50	38,68
Ajustes <sup>(1)</sup>	L <sup>n.s.</sup> , Q <sup>n.s.</sup>	L <sup>n.s.</sup> , Q*
Coefficiente de determinação	0,6664	0,9709
CV (%)	15,85	28,21
Aveia	n.s	n.s

<sup>(1)</sup>L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*: P<0,05

associados à aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N no milho. No entanto, também foi obtido ajuste linear crescente para as doses de N aplicadas na aveia quando da aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N no milho (Tabelas 3 e 4 e Figura 1). Desta forma, pode-se concluir que maiores respostas para massa de matéria seca da palhada foram atingidas na faixa de 60 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados no milho combinados com a aplicação de 23 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na aveia, respectivamente, quando da adubação realizada em pré-semeadura.

Considerando o efeito isolado da aplicação das doses do fertilizante nitrogenado no milho, foi obtido ajuste quadrático, sendo que o máximo valor foi atingido quando da aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na aveia associado à aplicação de 98 kg ha<sup>-1</sup> de N no milho (Tabela 3 e 4 e Figura 2).

A massa de matéria seca da palhada diminuiu bastante da avaliação realizada no corte da aveia para os 96 DAS, passando de aproximadamente 9200 para 4100 kg ha<sup>-1</sup>.

Para a relação C/N na avaliação realizada aos 96 DAS, foi obtido ajuste linear decrescente para as doses de N aplicadas na aveia (Tabelas 3 e 5 e Figura 3), sendo que o menor valor foi observado quando da aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N no milho associada à maior dose aplicada na aveia, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, mostrando desta forma que com o aumento das doses do adubo nitrogenado, a relação C/N tende a diminuir.

Para a massa de matéria seca das plantas de milho, realizadas na primeira coleta, aos 18 DAS, antes da 1ª cobertura, foi obtido ajuste linear crescente em função das

**Tabela 3.** Massa de matéria seca da palhada (kg ha<sup>-1</sup>) e relação C/N aos 96 DAS em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho

**Table 3.** Dry matter weight of straw (kg ha<sup>-1</sup>) and C/N ratio at 96 DAS as a function of the N rates applied on oat and maize

Doses de N (aveia)	Massa de matéria seca	Relação C/N da palhada
	da palhada aos 96 DAS	aos 96 DAS
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	
0	4163,25	48,54
20	4463,31	47,47
40	4555,12	45,04
60	4489,00	41,57
Ajustes <sup>(1)</sup>	L <sup>1</sup> , Q*	L <sup>n.s.</sup> , Q*
Coefficiente de determinação	0,9986	0,9998
CV 1(%)	42,06	21,71
Doses de N (milho)		
60	4467,12	47,24
80	4235,81	46,70
100	4338,43	41,47
120	4629,31	47,23
Ajustes	L <sup>n.s.</sup> , Q*	L <sup>n.s.</sup> , Q <sup>n.s.</sup>
Coefficiente de determinação	0,9877	0,4789
CV 2(%)	24,18	16,35
Aveia	n.s	n.s
Milho	n.s	n.s
Interação A x M	n.s	n.s

<sup>(1)</sup>L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*: P<0,05

Tabela 4. Massa de matéria seca da palhada (kg ha<sup>-1</sup>) aos 96 DAS em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho

Table 4. Dry matter weight of straw (kg ha<sup>-1</sup>) at 96 DAS as a function of the N rates applied on oat and maize

Aveia/milho	60 <sup>(0)</sup> L <sup>n.s.</sup> , Q <sup>*</sup>	80L <sup>n.s.</sup> , Q <sup>*</sup>	100L <sup>*</sup> , Q <sup>n.s.</sup>	120	Média
0	4384,75	3628,75	3666,25	4973,25	4163,25
20	5104,50	4548,25	3820,25	4380,25	4463,31
40	4564,00	4386,50	4563,00	4707,00	4555,12
60 L <sup>n.s.</sup> , Q <sup>*</sup>	3815,25	4379,75	5304,25	4456,75	4489,00
Média	4467,12	4235,81	4338,43	4629,31	

<sup>(0)</sup>L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*: P<0,05

Tabela 5. Relação C/N da palhada aos 96 DAS em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho

Table 5. C/N ratio of straw at 96 DAS as a function of the N rates applied on oat and maize

Aveia/milho	60	80	100 <sup>(0)</sup> L <sup>*</sup> , Q <sup>n.s.</sup>	120	Média
0	46,60	50,61	44,88	52,07	48,54
20	48,57	48,52	46,52	46,28	47,47
40	48,33	43,85	40,72	47,27	45,04
60	45,44	43,81	33,75	43,28	41,57
Média	47,24	46,70	41,47	47,23	

<sup>(0)</sup>L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*: P<0,05

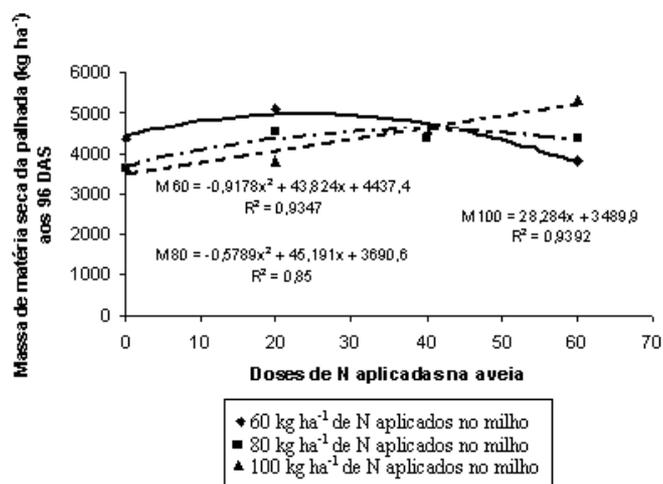


Figura 1. Massa de matéria seca da palhada (kg ha<sup>-1</sup>) aos 96 DAS em função das doses de N aplicadas na aveia, quando aplicados 60, 80 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N no milho

Figure 1. Dry matter weight of straw (kg ha<sup>-1</sup>) at 96 DAS as a function of the N rates applied on oat, when 60, 80 and 100 kg ha<sup>-1</sup> of N were applied on maize

doses de N aplicadas na aveia (Tabela 6 e Figura 4), sendo que a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N foi a que proporcionou maior resposta para esta característica.

Para o teor de N nas folhas nesta coleta não foi obtido efeito significativo (Tabela 6).

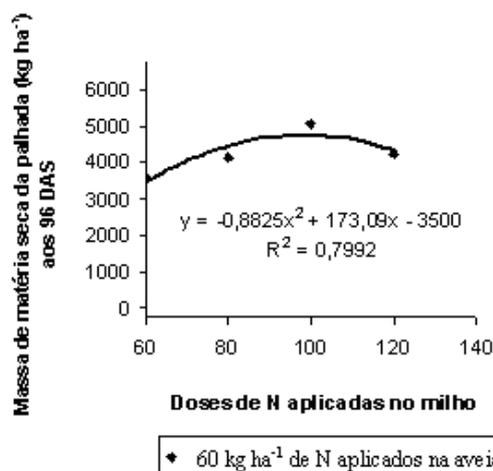


Figura 2. Massa de matéria seca da palhada (kg ha<sup>-1</sup>) aos 96 DAS em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na aveia

Figure 2. Dry matter weight of straw (kg ha<sup>-1</sup>) at 96 DAS as a function of the N rates applied on maize, when 60, 80 and 100 kg ha<sup>-1</sup> of N were applied on oat

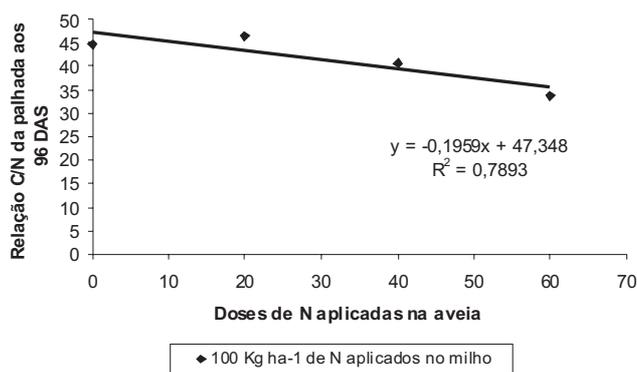


Figura 3. Relação C/N da palhada aos 96 DAS em função das doses de N aplicadas na aveia, quando aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de N no milho

Figure 3. C/N ratio of straw at 96 DAS as a function of the N rates applied on oat, when 100 kg ha<sup>-1</sup> of N were applied on maize

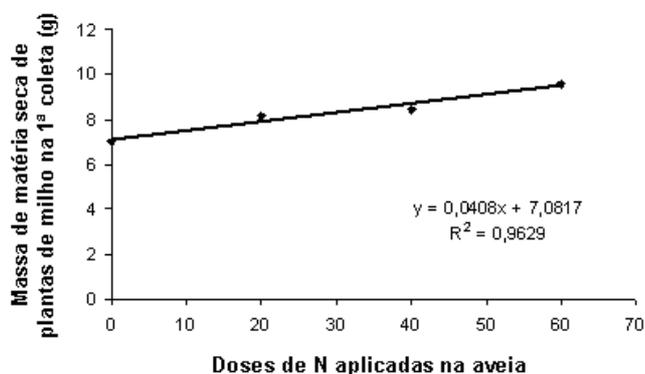
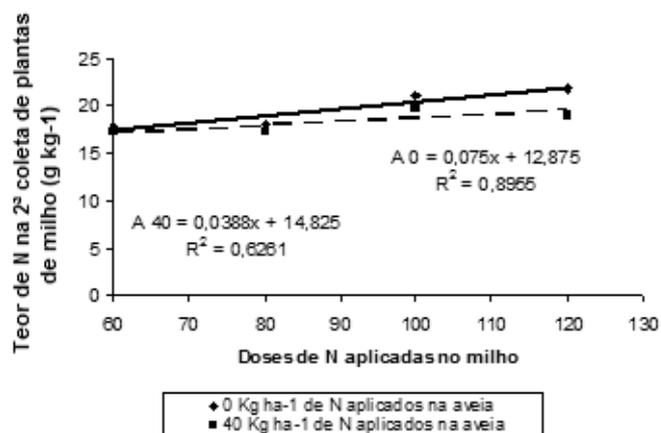


Figura 4. Massa de matéria seca na 1ª coleta de plantas de milho (g), aos 18 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia

Figure 4. Dry matter weight on the 1st collection of maize plants (g) at 18 DAS, depending on the levels of N applied on oat



**Figura 5.** Teor de N na 2ª coleta de plantas de milho ( $\text{g kg}^{-1}$ ), aos 53 DAS, em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na aveia

*Figure 5. N content on the 2nd collection of maize plants ( $\text{g kg}^{-1}$ ), at 53 DAS, as a function of N rates applied on maize, when  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  and  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  of N were applied on black oat*

**Tabela 6.** Massa de matéria seca na 1ª coleta de plantas de milho (g) e teor de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ), aos 18 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia

*Table 6. Dry matter weight on the 1st collection of maize plants (g) and N content ( $\text{g kg}^{-1}$ ), at 18 DAS, depending on the levels of N applied on oat*

	Massa de matéria seca na 1ª coleta de plantas de milho (g)	Teor de N na 1ª coleta de plantas de milho ( $\text{g kg}^{-1}$ )
Doses de N (aveia)		
0	6,99	32,11
20	8,15	32,32
40	8,48	34,19
60	9,60	34,32
Ajustes <sup>(1)</sup>	L*, Q <sup>n.s</sup>	L <sup>n.s</sup> , Q <sup>n.s</sup>
Coef. de determinação	0,9619	0,8662
CV (%)	19,25	5,72
Aveia	n.s	n.s

<sup>(1)</sup> L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*:  $P < 0,05$

Na segunda coleta de plantas de milho, aos 53 DAS, feita 18 dias após a 2ª cobertura, não houve efeito significativo para a produção de massa de matéria seca (Tabelas 7 e 8). Tal fato pode ser explicado por ter havido deficiência de nitrogênio na cultura do milho, o que pode ser comprovado pelos teores de nitrogênio presentes nas plantas. Este fato provavelmente ocorreu devido à alta relação C/N da palhada de milho na qual o experimento foi instalado.

Para o teor de nitrogênio nas plantas foi obtido ajuste linear crescente (Tabelas 7 e 9 e Figura 5), quando da aplicação de 0 e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na aveia e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no milho, sendo estas as combinações que proporcionaram maior teor deste nutriente nas plantas de milho, porém ainda insuficientes para o ótimo desenvolvimento da cultura, o que ocorreu provavelmente devido à imobilização do nitrogênio.

**Tabela 7.** Massa de matéria seca na 2ª coleta de plantas de milho (g) e teor de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ), aos 53 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho

*Table 7. Dry matter weight on the 2nd collection of maize plants (g) and N content ( $\text{g kg}^{-1}$ ), at 53 DAS, depending on the levels of N applied on oat and maize*

	Massa de matéria seca na 2ª coleta de plantas de milho (g)	Teor de N na 2ª coleta de plantas de milho ( $\text{g kg}^{-1}$ )
Doses de N (aveia)		
0	181,78	19,62
20	195,30	17,18
40	212,39	18,31
60	204,69	18,93
Ajustes <sup>(1)</sup>	L <sup>n.s</sup> , Q <sup>n.s</sup>	L <sup>n.s</sup> , Q <sup>n.s</sup>
Coef. de determinação	0,9229	0,7432
CV 1(%)	20,42	12,20
Doses de N (milho)		
60	195,47	17,25
80	189,77	17,62
100	198,93	19,93
120	209,97	19,25
Ajustes	L <sup>n.s</sup> , Q <sup>n.s</sup>	L*, Q*
Coef. de determinação	0,9612	0,7540
CV 2(%)	19,59	8,68
Aveia	n.s	n.s
Milho	n.s	n.s
Interação A x M	n.s	n.s

<sup>(1)</sup> L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*:  $P < 0,05$

**Tabela 8.** Massa de matéria seca na 2ª coleta de plantas de milho (g), aos 53 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho

*Table 8. Dry matter weight on the 2nd collection of maize plants (g) at 53 DAS, depending on the levels of N applied on oat and maize*

Aveia/milho	60	80	100	120	Média
0	166,22	190,86	164,79	205,24	181,78
20	204,11	179,18	203,35	194,56	195,30
40	212,48	222,74	210,45	203,87	212,39
60	199,08	166,31	217,15	236,23	204,69
Média	195,47	189,77	198,93	209,97	

**Tabela 9.** Teor de N na 2ª coleta de plantas de milho ( $\text{g kg}^{-1}$ ), aos 53 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho

*Table 9. N content on the 2nd collection of maize plants ( $\text{g kg}^{-1}$ ), at 53 DAS, depending on the levels of N applied on oat and maize*

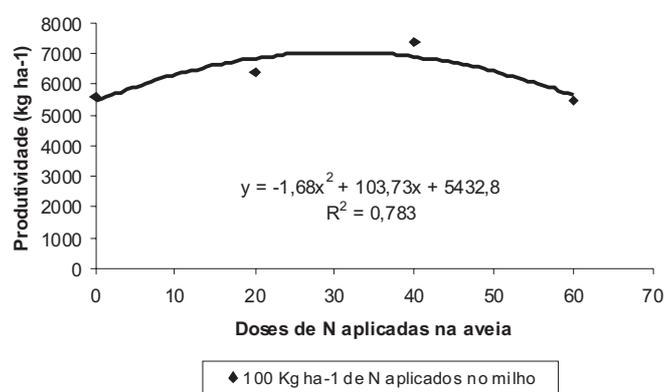
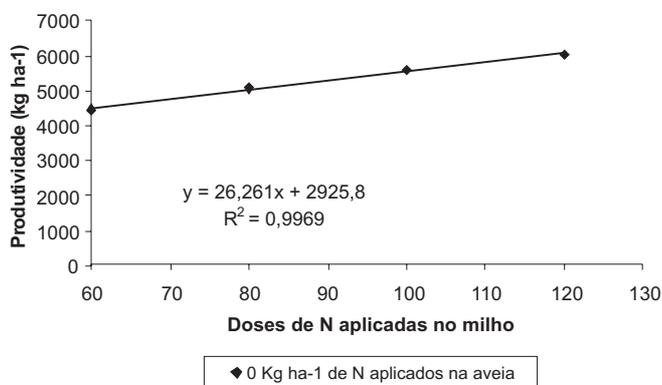
Aveia/milho	60	80	100	120	Média
0 <sup>(1)</sup> L*, Q <sup>n.s</sup>	17,75	18,00	21,00	21,75	19,62
20	16,50	16,25	18,50	17,50	17,18
40 L*, Q <sup>n.s</sup>	17,25	17,25	19,75	19,00	18,31
60	17,50	19,00	20,50	18,75	18,93
Média	17,25	17,62	19,93	19,25	

<sup>(1)</sup> L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*:  $P < 0,05$

**Tabela 10.** Produtividade do milho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho**Table 10.** Maize yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) as a function of N rates applied on oat and maize

Aveia/milho	60	80	100 L <sup>n.s.</sup> , Q <sup>*</sup>	120	Média
Q <sup>(0)</sup> L <sup>*</sup> , Q <sup>n.s.</sup>	4472,00	5051,00	5591,75	6042,50	5289,31
20	4195,25	4245,75	6358,50	5490,25	5072,43
40	5423,50	5897,50	7370,75	6263,75	6238,87
60	4045,75	6067,25	5449,50	5710,25	5317,18
Média	4534,12	5315,37	6192,62	5876,68	

<sup>(0)</sup>L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; \*:  $P < 0,05$

**Figura 6.** Produtividade do milho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função das doses de N aplicadas na aveia, quando aplicados  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no milho**Figure 6.** Maize yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) as a function of N rates applied on oat, when  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  of N were applied on maize**Figura 7.** Produtividade do milho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na aveia**Figure 7.** Maize yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) as a function of N rates applied on oat, when  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  of N were applied on maize

Estima-se que a necessidade de N para a produção de uma tonelada de grãos de milho varie de  $20$  a  $28 \text{ kg ha}^{-1}$ . A sua absorção pela planta ocorre durante todo o ciclo vegetativo, sendo pequena nos primeiros 30 dias. Nesta fase, as plantas absorvem menos do que  $0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de N (Schröder et al., 2000).

Para a produtividade foi obtido ajuste quadrático em função das doses de N aplicadas na aveia (Tabelas 10 e Figura 6), sendo a associação de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no milho e  $30,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na aveia a combinação de doses que permitiu ao milho expressar seu maior potencial produtivo.

Para o efeito das doses de nitrogênio aplicadas no milho (Tabela 10 e Figura 7), nota-se que foi obtido ajuste linear crescente, com alto valor para  $R^2$ , 99%. O valor máximo para esta característica ocorreu quando da ausência de aplicação do fertilizante nitrogenado na aveia associada à aplicação da dose máxima no milho,  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Ceretta et al. (2002), estudando o manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto, constataram que a produtividade de grãos de milho diminuiu à medida que se retirou o nitrogênio que seria aplicado em cobertura no milho para aplicar no perfilhamento da aveia preta e que a aplicação de nitrogênio em pré-semeadura do milho aumentou a disponibilidade de nitrogênio no início do ciclo do milho, mas ficou demonstrado que se deve manter a aplicação de N em cobertura. Resultados semelhantes foram obtidos por Bortolini et al. (2001) e Pauletti & Costa (2000).

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento e a produtividade do milho em sistema plantio direto foram dependentes da relação C/N da palha, e a resposta da cultura do milho à aplicação antecipada de N varia em função das doses e épocas destas aplicações.

A massa de matéria seca da palhada e das plantas de milho nas diferentes coletas efetuadas está diretamente relacionada com as combinações de doses dos fertilizantes nitrogenados aplicados na aveia e no milho.

## LITERATURA CITADA

- Amado, T.J.C.; 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 plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, n.1, p.241-248, 2002. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v26n1a25.pdf>>. 13 Jun. 2010.
- Bortolini, C.G.; Silva, P.R.F.; 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, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001. <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0100-204X2001000900003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>>. doi:10.1590/S0100-204X2001000900003. 12 Jun. 2010.

- Bortolini, C.G.; Silva, P.R.F.; Argenta, G.; Forsthofer, E.L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, n.2, p.361-366, 2002. <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180218325010>>. 12 Jun. 2010.
- 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*, v.26, n.1, p.163-171, 2002. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v26n1a17.pdf>>. 08 Jun. 2010.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.
- Fernandes, L.A.; Furtini Neto, A.E.; Vasconcelos, C.A.; Guedes, G.A.A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.2, p.247-254, 1998.
- Hoefl, R.G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. Piracicaba: Potafos, 2003. p.1-4. (Informações Agrônomicas, n. 104)
- Lara Cabezas, W.A.R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Santana, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, v.34, n. 4, p. 1005-1013, 2004. <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0103-84782004000400006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>>. doi:10.1590/S0103-84782004000400006. 02. Mai. 2010.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- Mar, G.D.; Marchetti, M.E.; Souza, L.C.F.; Gonçalves, M.C.; Novelino, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Bragantia*, v.62, n.2, p.267-274, 2003. <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052003000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052003000200012&script=sci_arttext)>. doi:10.1590/S0006-87052003000200012. 10 Mai. 2010.
- Mengel, D.B.; Barber, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. *Agronomy Journal*, v.66, n.3, p.399-402, 1974. <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/66/3/AJ0660030399>>. doi:10.2134/agronj1974.00021962006600030019x. 08 Mai. 2010.
- Pauletti, V.; Costa, L.C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 30, n.4, p.599-603, 2000. <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0103-84782000000400007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>>. doi:10.1590/S0103-84782000000400007. 09 Mai. 2010.
- Piza, R.J.; Camargo, R.; Gomes, M.S.; Rocha, W.W.; Gonçalves, A.H. Efeito de culturas de inverno sobre a produtividade do milho em plantio direto na região de Passos-MG. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 25., 2004, Cuiabá. Anais... Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Epagri, 2004. CD Rom.
- Pöttker, D.; Wiethölter, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782004000400007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000400007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. doi:10.1590/S0103-84782004000400007. 09 Mai. 2010.
- Rambo, L.; Silva, P.R.F.; Strieder, M.L.; Delatorre, C.A.; Bayer, C.; Argenta, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.3, p.401-409, 2008. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2008000300016&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2008000300016&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. doi:10.1590/S0100-204X2008000300016. 12 Jun. 2010.
- Sá, J.C.M. Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema de plantio direto. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.
- Sangoi, L.; Almeida, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.1, p. 13-24, 1994. <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>>. 05 Mai. 2010.
- Schröder, J.J.; Neeteson, J.J.; Onemea, O. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, v.66, n.1, p.151-164, 2000. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429000000721>>. doi:10.1016/S0378-4290(00)00072-1. 10 Abr. 2010.
- Silva, D.A. Cultura antecessora e adubação nitrogenada na produção do milho, em um sistema plantio direto. Dourados: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2004. 53p. Dissertação Mestrado.
- Silva, E. C.; Muraoka, T.; Guimarães, G. L.; Buzetti, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.5, n.2, p.202-217, 2006. <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/184/180>>. 10 Abr. 2010.
- Silva, M.A.G; Porto, S.M.A.; Mannigel, A.R.; Muniz, A.S.; Mata, J.D.V.; Numoto, A.Y. Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. *Acta Scientiarum, Agronomy*, v.31, n.2, p.275-281, 2009. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/740/740>>. doi:10.4025/actasciagron.v31i2.740. 12 Jun. 2010.
- Souza, D.M.G.; Lobato, E. Adubação com nitrogênio. In: Souza, D.M.G.; Lobato, E. (Orgs.). Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p.129-145.
- Walkley, A.; Black, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934. <[http://journals.lww.com/soilsci/Citation/1934/01000/An\\_Examination\\_of\\_the\\_Degtjareff\\_Method\\_for.3.aspx](http://journals.lww.com/soilsci/Citation/1934/01000/An_Examination_of_the_Degtjareff_Method_for.3.aspx)>. doi:10.1097/00010694-193401000-00003. 20 Mai. 2010.