

## Aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta

Paulo R. Maestrello<sup>1</sup>, Salatiér Buzetti<sup>1</sup>, Marcelo C. M. Teixeira Filho<sup>1</sup>, Cássia M. de P. Garcia<sup>2</sup>, Mateus A. de C. Rodrigues<sup>1</sup>, Ana C. M. Lino<sup>3</sup> & Marcelo Andreotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Av. Brasil 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira-SP, Brasil. Caixa Postal 31. E-mail: paulomaestrello@hotmail.com; sbuzetti@agr.feis.unesp.br; mcmt Teixeirafilho@agr.feis.unesp.br; mateusdinho@hotmail.com; dreotti@agr.feis.unesp.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Distrito de Rubião Júnior, s/n, CEP 18618-000, Botucatu-SP, Brasil. E-mail: cassiampg@yahoo.com.br

<sup>3</sup> BP Biocombustíveis S.A., Rua Principal, Zona Rural, CEP 38300-898, Ituiutaba-MG, Brasil. E-mail: carol\_marostica@hotmail.com

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio usando ureia ou ureia revestida por polímero, nos teores foliares de nitrogênio e clorofila, características agrônômicas e produtividade de grãos de milho sob sistema de semeadura direta, no Cerrado. O experimento foi desenvolvido nas safras 2008/09 e 2009/10, no município de Selvíria, MS, em um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, constituído de quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura e duas formas de ureia (convencional e revestida por polímero), com quatro repetições. O polímero que reveste a ureia não é eficiente nas condições edafoclimáticas de Cerrado de baixa altitude com uso de irrigação, por proporcionar resultados semelhantes aos da ureia convencional para as características agrônômicas e a produtividade de grãos de milho. O aumento das doses de nitrogênio influencia positivamente os teores foliares de N e a clorofila, a altura de plantas, o número de grãos por fileira e a massa de 100 grãos. A aplicação em cobertura de 88 kg ha<sup>-1</sup> de N proporciona a máxima produtividade de grãos de milho, independentemente da forma de ureia utilizada.

**Palavras-chave:** adubação nitrogenada, fertilizante de liberação gradual, fertilizante revestido, nitrogênio, *Zea mays* L.

### *Topdressing application of coated urea in irrigated corn under no-tillage system*

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen doses using urea or coated urea by polymers, in contents of nitrogen and chlorophyll in leaf, agronomic characteristics and yield of corn under no-tillage system, cultivated in Savanna region. The experiment was conducted during the growing season of 2008/09 and 2009/10, in Selvíria - MS in an Oxisol with loamy texture. A randomized block design with four replications was used, disposed in a factorial scheme 4 x 2, being: four N doses (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) applied in topdressing, as urea in two forms (conventional and coated by polymers). The polymer that covers the urea is not efficient under the soil and climatic conditions of low altitude Savannah with the use of irrigation, because it provided similar results to conventional urea for agronomic characteristics and grain yield of corn. The increase of N dose influence positively the N and chlorophyll leaf contents, plant height, number of grains per line and mass of 100 grains. The topdressing application of 88 kg ha<sup>-1</sup> of N provides maximum grain yield of corn, regardless of the form of urea used.

**Key words:** nitrogen fertilization, gradual release fertilizer, coated fertilizer, nitrogen, *Zea mays* L.

## Introdução

O milho se apresenta como uma das culturas de significativa importância mundial, com seus grãos destinados à alimentação animal e/ou humana, espessantes e colantes, produção de óleos e produção de etanol (Silva et al., 2009). Este cereal é considerado a base de sustentação para os produtores familiares devendo ser interpretada sob a ótica da cadeia produtiva ou dos sistemas agroindustriais, uma vez que o milho é insumo para uma centena de produtos (Duete et al., 2008).

Para se obter altas produtividades de milho deve-se utilizar híbridos adaptados às mais variadas situações de clima e solo, pelo melhoramento genético, pela melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos cultivados. Além do mais, a adoção de práticas culturais podem favorecer a cultura, tais como o manejo adequado dos fertilizantes nitrogenados a fim de proporcionar elevadas produtividades e mitigar os efeitos negativos ao meio ambiente (Okumura et al., 2011) além de reduzir gastos desnecessários com adubo nitrogenado (Souza et al., 2011).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais estudado e requerido pela cultura do milho sendo que, em cerca de 80% dos trabalhos realizados com esse elemento, a cultura do milho respondeu, de forma positiva, à sua adição (Coelho, 2008). A principal fonte de N utilizada no Brasil é a ureia que apresenta, como vantagens, a alta concentração de N e o menor preço de N por unidade de fertilizante. Possui, ainda, alta solubilidade, menor corrosividade e compatibilidade com muitos fertilizantes. Contudo, apresenta desvantagens, como a possibilidade de perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ , fitoxidez de biureto e perdas por lixiviação (Cantarella, 2007).

Uma das formas de se aumentar a eficiência de aproveitamento da ureia, principalmente no sistema de semeadura direta, seria o revestimento do fertilizante por polímeros capazes de reduzir as perdas por volatilização da amônia através da liberação mais lenta e gradual do N ao solo, mas a utilização de fertilizantes revestidos com polímeros ainda é pouco expressiva devido ao custo mais elevado e tendo em conta que esta tecnologia ainda está em fase de experimentação pelas mais variadas instituições de pesquisa agropecuária.

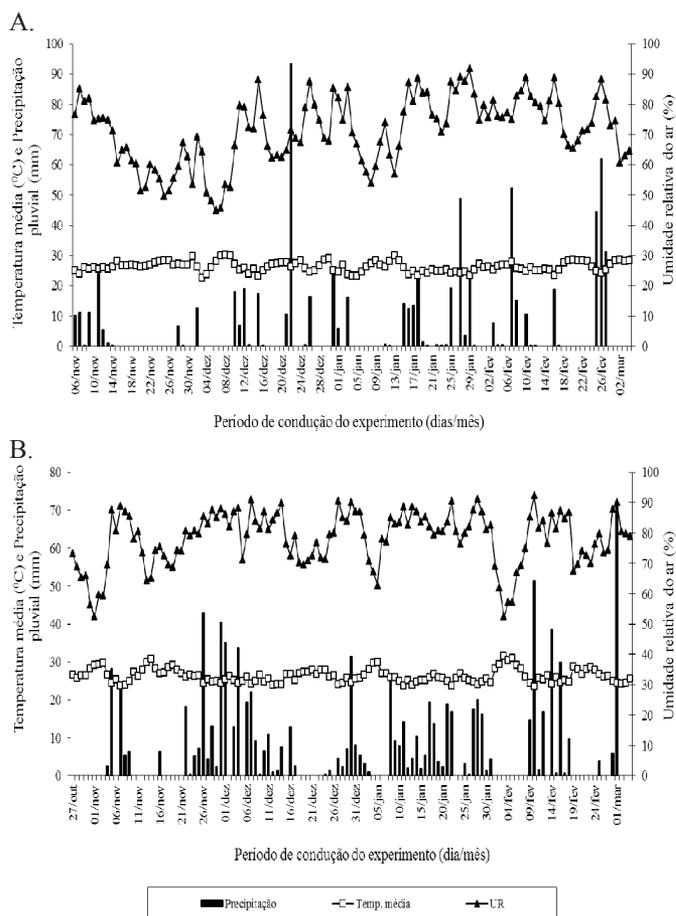
Resultados positivos com o uso da ureia revestida são mais comuns em países de clima temperado. Experimentos conduzidos nos EUA mostraram eficiência maior no uso de N quando se compara a ureia protegida em relação à ureia normal sem revestimento, principalmente em solos arenosos (Cantarella & Marcelino, 2008). Reis Junior (2007) constatou que adubação nitrogenada de cobertura do milho Sistema Santa Fé (capim semeado na entrelinha do milho) pode ser reduzida pela metade utilizando-se a ureia revestida com polímero (KimCoat® LGU) em relação à ureia convencional. Em condições tropicais, a maioria das pesquisas tem demonstrado que a ureia revestida pelos mais variados polímeros não tem a eficiência desejada, ou seja, a produtividade de milho é semelhante à proporcionada pela ureia convencional, na mesma dose (Zavaschi, 2010; Civardi et al., 2011; Queiroz et al., 2011; Silva et al., 2012). Portanto, em condições tropicais

como a região de Cerrado, há, ainda, a necessidade de mais pesquisas para que a ureia revestida por polímeros possa ser recomendada na adubação de cobertura do milho, em sistema de semeadura direta.

Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de doses de nitrogênio na forma de ureia com e sem revestimento por polímero nos teores foliares de nitrogênio e clorofila, características agrônômicas e produtividade de grãos de milho sob sistema de semeadura direta, cultivados em região de Cerrado.

## Material e Métodos

O experimento com a cultura do milho (safras 2008/09 e 2009/10) foi desenvolvido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP, Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria, MS, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (Santos et al., 2006) com valores de granulometria de 420, 50 e 530  $\text{g kg}^{-1}$  de areia, silte e argila, respectivamente. Apresentando, como coordenadas geográficas, 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 m. A precipitação, a temperatura e a umidade relativas médias anuais são de aproximadamente 1.370 mm, 23,5 °C e 70 a 80%, respectivamente. Os valores diários desses parâmetros durante a condução do experimento, constam na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental com a cultura do milho. Selvíria, MS, safra 2008/09 (A) e 2009/10 (B)

O solo da área experimental foi cultivado por culturas anuais, durante mais de 26 anos. O experimento foi desenvolvido sob o sistema de semeadura direta (área com histórico de 8 anos no sistema) e a cultura anterior foi o feijão, em ambos os cultivos.

As características químicas do solo determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) apresentaram os seguintes resultados: 32 mg dm<sup>-3</sup> de P (resina); 29 g dm<sup>-3</sup> de M.O.; 5,4 de pH (CaCl<sub>2</sub>); K, Ca, Mg, H+Al = 2,5; 30,0; 14,0 e 30,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente e 60% de saturação por bases.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura, duas formas de ureia (convencional e ureia revestida por polímero) com quatro repetições. As dimensões das parcelas foram de 5 m de comprimento com 4 linhas espaçadas 0,90 m.

A área foi dessecada utilizando-se os herbicidas glifosato (1800 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup> do i.a.). A semeadura foi realizada mecanicamente nos dias 06/11/2008 e 27/10/2009, tendo-se utilizado o híbrido simples AGROCERES AG 8088, de ciclo precoce e se semeando, em média, 5,4 sementes por metro (55.000 plantas ha<sup>-1</sup>). Em seguida, a área foi irrigada por aspersão por meio de pivô central com uma lâmina de água de aproximadamente 14 mm para promover a germinação das sementes.

A adubação de semeadura foi realizada com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia), 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) da mesma maneira para todos os tratamentos no sulco de semeadura baseada na análise do solo e na tabela de recomendação de adubação para a cultura do milho irrigado para o Estado de São Paulo, conforme descrito em Cantarella et al. (1997). A adubação nitrogenada em cobertura constituiu os tratamentos e foi aplicada em superfície sem incorporação ao solo quando as plantas apresentavam 6 folhas totalmente desdobradas para todos os tratamentos, posicionando o adubo na entrelinha, a uma distância de 0,20 m da linha da cultura.

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação dos herbicidas tembotriona (84 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e atrazina (1000 g ha<sup>-1</sup> do i.a.), mais a adição de um adjuvante na calda herbicida, o óleo vegetal (720 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) em pós-emergência. O controle de insetos foi realizado com metomil (215 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e triflumuro (24 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e a irrigação foi efetuada quando conveniente, com uma lâmina de água calculada com base nas condições climáticas locais e no estágio fenológico da cultura, por meio de um sistema de aspersores através de pivô central.

A colheita do milho foi realizada manual e individualmente, por unidade experimental, em 2009 aos 118 dias e em 2010 aos 128 dias após a emergência das plantas quando 90% das espigas apresentavam os grãos com 20% de umidade. O material colhido foi submetido à secagem a pleno sol e posteriormente trilhado.

As avaliações realizadas foram as seguintes: a) teor de N foliar, coletando-se o terço médio de 20 folhas da base da espiga, no florescimento feminino das plantas de cada parcela, segundo a metodologia descrita em Cantarella et al. (1997); b) índice de clorofila foliar, determinado indiretamente na folha da inserção da espiga de cinco plantas de milho por parcela, quando as plantas estavam no estágio de florescimento da cultura, por meio de leituras ICF, com auxílio de um clorofilômetro digital CFL 1030 Falker; c) diâmetro basal do colmo no segundo internódio; d) altura de inserção da espiga; e) altura de plantas na maturação, definida como sendo a distância (m) do nível do solo ao ápice do pendão; f) número de grãos por fileira; g) número de grãos por espiga; h) número de plantas por hectare; i) massa de 100 grãos determinada em balança de precisão 0,01g; e j) produtividade de grãos, determinada pela coleta das plantas contidas nas duas linhas centrais de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha<sup>-1</sup> a 13% (base úmida).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o efeito das fontes de N e, para os efeitos das doses, foram ajustadas a equações de regressão. Para análise estatística foi utilizado o programa de SISVAR (Ferreira, 2008).

## Resultados e Discussão

Não houve diferença significativa entre as formas de ureia para o teor de N foliar na safra 2008/09 (Tabela 1), porém na safra 2009/10, a ureia convencional proporcionou maior teor de N nas folhas que a ureia revestida por polímero. Isto provavelmente ocorreu em função da liberação mais rápida de N da ureia convencional em detrimento da maior quantidade e do volume de chuva registrada da fase inicial de desenvolvimento até o florescimento feminino do milho (com 65 dias após a emergência das plântulas) nesta safra (Figura 1) que disponibilizou maior quantidade de N para absorção das plantas. Contudo, ressalta-se que em ambos os cultivos, os valores médios encontrados ficaram um pouco abaixo do considerado adequado (27 a 35 g de N kg<sup>-1</sup> de matéria seca) para a cultura do milho, conforme descrito em Cantarella et al.

**Tabela 1.** Teor de N foliar, índice de clorofila foliar, diâmetro basal do colmo, altura de inserção de espiga e altura de plantas de milho, afetados por fontes de N<sup>(1)</sup>. Selvíria, MS

Tratamento	Teor de N foliar (g kg <sup>-1</sup> de MS)		Índice de clorofila foliar		Diâmetro do colmo (mm)		Altura de inserção da espiga (m)		Altura de plantas (m)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Fontes de N										
Ureia	25,10a	26,91a	65,31a	57,62a	20,09a	21,36a	0,93a	1,32b	2,58a	2,51a
Ureia revestida	25,59a	25,78b	64,24a	58,98a	20,24a	21,33a	0,94a	1,35a	2,61a	2,53a
D.M.S. (5%)	1,68	0,99	4,91	2,96	0,73	0,74	0,03	0,02	0,04	0,05
Média Geral	25,34	26,35	64,78	58,30	20,16	21,35	0,93	1,34	2,60	2,52
C.V. (%)	9,03	5,09	10,31	6,90	4,95	4,71	4,07	2,16	2,04	2,57

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letra iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

(1997). Salienta-se também que nas maiores doses de N (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) os teores deste nutriente ficaram dentro dessa faixa de suficiência, porém próximos do limite inferior.

Com relação às doses de N, constatou-se ajuste a função quadrática para o teor N nas folhas tanto na safra 2008/09 como na safra 2009/10, com ponto de máximo teor sendo alcançado com as estimativas de aplicação de 105 e 93 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Figura 2A). Silva et al. (2012) também constataram ajuste do teor de N foliar a função quadrática porém até a dose de 114 kg ha<sup>-1</sup> de N, independente da forma de ureia (convencional ou revestida). Araújo et al. (2004)

verificaram, trabalhando com doses de N (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) aumento linear no teor de N foliar (safra de verão) usando a ureia convencional como fonte.

O índice de clorofila foliar não foi afetado pelas diferentes formas de ureia em ambos os cultivos (Tabela 1) e, como houve influência no teor foliar, isto indica que deve haver um mecanismo diferenciado para a utilização do nutriente pela planta. Entretanto, o incremento das doses de N influenciou positivamente o índice de clorofila foliar até 85 e 96 kg ha<sup>-1</sup> de N, nas safras 2008/09 e 2009/10, respectivamente (Figura 2B) caso em que, como as doses de N também afetaram o conteúdo

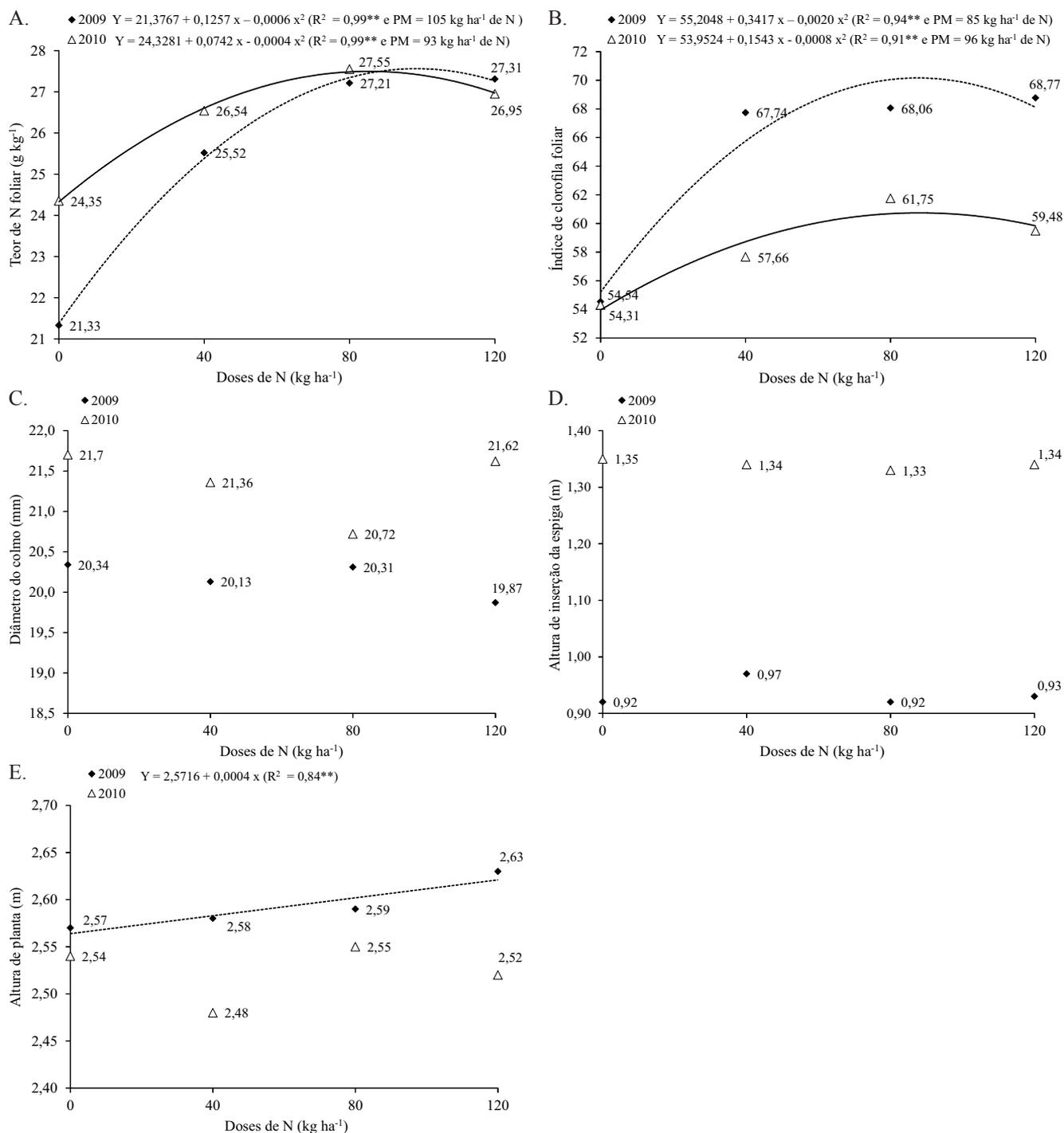


Figura 2. Teor de N foliar (A), índice de clorofila foliar (B), diâmetro basal do colmo (C), altura de inserção de espiga (D) e altura de plantas de milho (E) afetados por doses de N<sup>(1)</sup>. Selvíria, MS

de nitrogênio nas folhas e este nutriente está presente na molécula de clorofila, tal aumento pode ser explicado. Alguns pesquisadores evidenciaram relação positiva entre leitura do clorofilômetro e teor de clorofila na folha e entre teor de clorofila na folha e teor de N na planta (Argenta et al., 2003).

Na safra 2008/09 não se observou diferença significativa entre a ureia revestida e a convencional, para o diâmetro basal do colmo, altura de inserção de espiga e altura de plantas (Tabela 1). Enquanto que na safra 2009/10 se constatou apenas maior altura de inserção de espiga quando do uso da ureia revestida. Dentre essas características agrônômicas apenas a altura de plantas na primeira safra foi afetada pelo aumento das doses de N ajustando-se à função linear crescente (Figuras 2C, 2D e 2E). Em trabalho realizado por Silva et al. (2012), testando à aplicação de doses de N (0, 45, 54, 68 e 81 kg ha<sup>-1</sup>) no desenvolvimento do híbrido Pioneer 30F53H, verificou-se ajuste do diâmetro do colmo e da altura de plantas à função quadrática até as doses de 65 e 67 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente e independente da forma de ureia aplicada (convencional, Uremax -ureia encapsulada com polímero e Uremax Plus - ureia revestida com uma camada de polímero e outra de carbonato), ureias produzidas pela empresa AdFert, as quais são diferentes da utilizada neste estudo. Por sua vez, Valderrama et al. (2011) não encontraram, avaliando a ureia convencional e outra ureia revestida nas mesmas doses e condições edafoclimáticas deste presente trabalho porém utilizando o híbrido simples Dekalb 390, efeito significativo para a altura de plantas, diâmetro do segundo internódio e inserção da primeira espiga, tanto para formas de ureia quanto para as doses de N.

A aplicação da ureia revestida teve o mesmo efeito da ureia convencional pois proporcionou números semelhantes de grãos por fileira e de grãos por espiga, massa de 100 grãos, número de plantas por hectare e produtividade de grãos de milho, em ambas as safras (Tabela 2), ou seja, este fertilizante revestido não foi eficiente na liberação gradual do nitrogênio, como era de se esperar. Valderrama et al. (2011) também não constataram diferença entre a ureia convencional e a revestida por polímero aplicadas no estádio V6 (com seis folhas verdadeiras) para número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho. Esses resultados estão de acordo com a maioria das pesquisas em condições tropicais, as quais têm demonstrado que a ureia revestida pelos mais variados polímeros não tem a eficiência desejada, ou seja, a produtividade de milho é semelhante à proporcionada pela ureia convencional na mesma dose (Zavaschi, 2010; Civardi et al., 2011; Queiroz et al., 2011; Silva et al., 2012). Entretanto, Pereira et al. (2009) verificaram,

em Jataí, GO, região de Cerrado com altitude mais elevada, que o revestimento da ureia e o inibidor da urease foram eficientes na redução da volatilização do N (em torno de 50%) da ureia aplicada em cobertura no estádio V6, o que refletiu em maiores produtividades de grãos de milho safrinha. Isto provavelmente ocorreu porque esta região de Cerrado apresenta altitude mais elevada, em que a temperatura noturna é menor quando comparada com a do presente estudo, portanto, isto pode ter reduzido a ação da urease.

Segundo Chitolina (1994) esses fertilizantes de liberação lenta ou controlada dependem de água e da temperatura do solo (ótima igual a 21°C) para a liberação adequada dos nutrientes às plantas. Portanto, é provável que o revestimento não tenha sido eficaz nas condições edafoclimáticas desta pesquisa, por se tratar de condições de Cerrado, onde predominam as altas temperaturas.

A eficácia dos fertilizantes revestidos depende da solubilidade do polímero que reveste o grânulo e a hidrólise, o que regulará o processo de fornecimento dos nutrientes. Essas taxas de liberação e a dissolução de fertilizantes solúveis em água dependem dos materiais de revestimento (Jarosiewicz & Tomaszewska, 2003). Ainda, de acordo com esses autores, a liberação do nutriente irá depender da temperatura e da umidade do solo. Além do mais, a espessura e a natureza química da resina de recobrimento, as quantidades de microfissuras em sua superfície e o tamanho do grânulo do fertilizante, determinam a taxa de liberação de nutrientes ao longo do tempo (Girardi & Mourão Filho, 2003). Sendo assim, ainda há necessidade de novas pesquisas para o desenvolvimento de novos polímeros para o revestimento da ureia que possam resistir às altas temperaturas, comuns nesta região do Cerrado de baixa altitude.

Destaca-se que os resultados com a ureia revestida por polímeros podem variar conforme a época de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura e as condições climáticas no período desta aplicação. Caso a adubação for efetuada mais tardiamente (com 6 a 8 folhas verdadeiras) como no presente estudo, a ureia revestida parece não ter a eficiência desejada, mas pode ser liberada mais lentamente que a convencional dependendo das condições climáticas, e a planta neste estádio já apresenta elevada demanda de N. Todavia, em casos de adubação nitrogenada de cobertura mais cedo (com 3 folhas verdadeiras) e em condições não irrigadas ou de falta de chuva, a ureia revestida poderia propiciar melhores resultados, em função da menor volatilização da amônia, e mesmo com a liberação mais lenta, a planta de milho ainda não está com alta necessidade de N.

**Tabela 2.** Número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, número de plantas por hectare, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho afetados por fontes de N<sup>(1)</sup>. Selvíria, MS

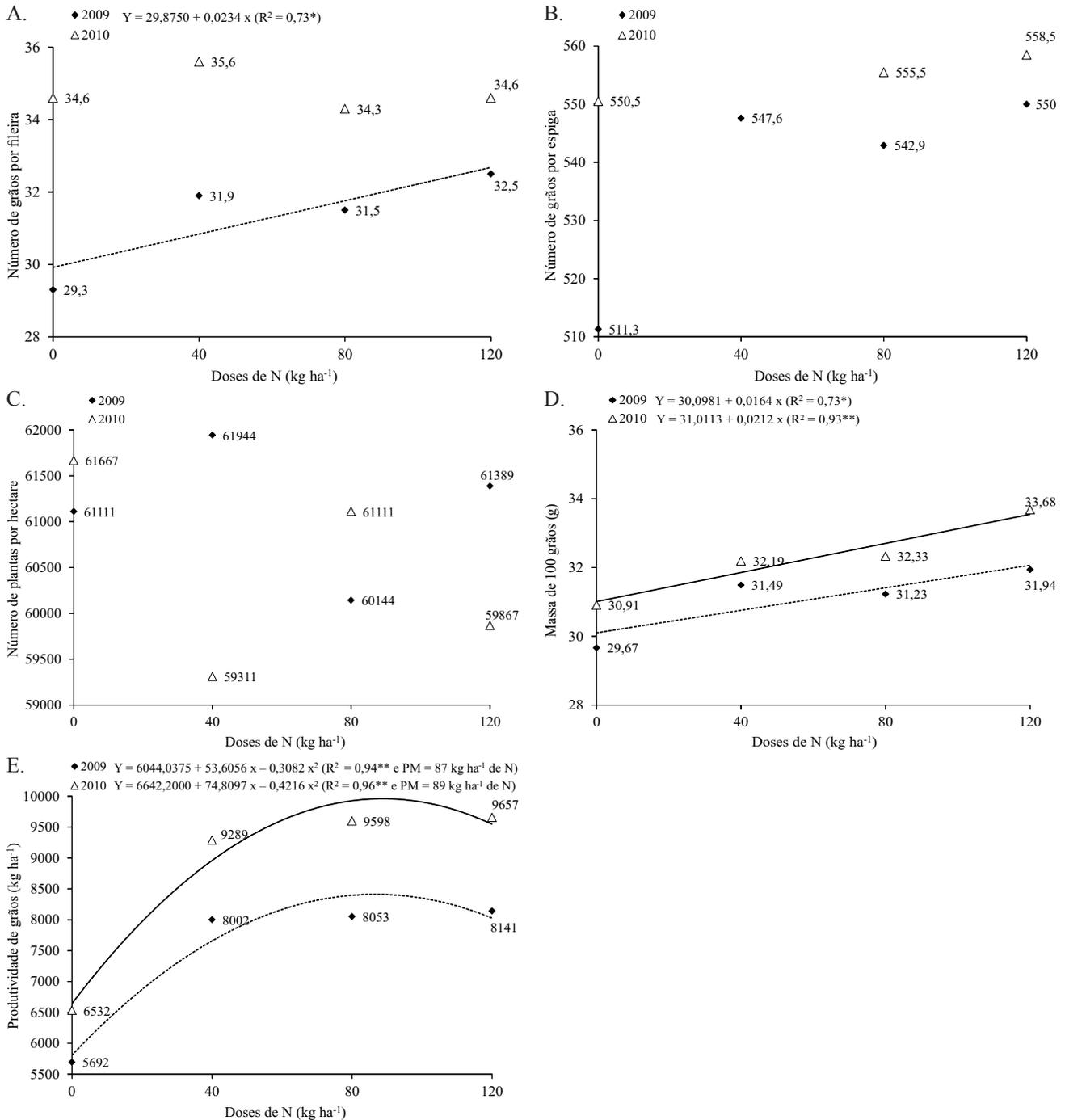
Tratamento	Número de grãos por fileira		Número de grãos por espiga		Número de plantas por hectare		Massa de 100 grãos (g)		Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Fontes de N										
Ureia	30,7a	34,6a	535,0a	559,5a	61389a	60556a	31,17a	32,17a	7347a	8673a
Ureia revestida	31,9a	34,9a	540,9a	554,5a	60900a	60422a	30,90a	32,40a	7597a	8865a
D.M.S. (5%)	1,3	1,7	30,7	33,0	1756	5456	0,84	0,88	591	294
Média Geral	31,3	34,8	537,9	557,0	61144	60489	31,08	32,28	7472	8769
C.V. (%)	5,82	6,66	7,75	8,06	3,89	12,27	3,68	3,72	10,75	4,56

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com o aumento das doses de N, houve ajuste a função linear crescente para o número de grãos por fileira na safra 2008/09 (Figura 3A). No entanto, as doses de N não interferiram nesta avaliação na safra seguinte nem nos números de grãos por espiga e de plantas por hectare, em ambos os cultivos (Figuras 3A, 3B e 3C). As respostas dessas avaliações à adubação nitrogenada variam de acordo com o híbrido de milho. Oliveira & Caires (2003) também não constataram influência das doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) no número de grãos por espiga.

A massa de 100 grãos respondeu à aplicação de doses de N, ajustando-se à função linear crescente tanto no primeiro

quanto no segundo cultivo (Figura 3D). Segundo Escosteguy et al. (1997) o N determina o desenvolvimento das plantas de milho com o aumento significativo na área foliar e na produção de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos. Confirma-se este fato observando a relação positiva entre a aplicação de N e a massa de 100 grãos (Figura 3D). Semelhantemente, Queiroz et al. (2011) observaram aumento linear desta avaliação com o incremento das doses de N, porém até a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N. Oliveira & Caires (2003) também verificaram aumento linear da massa de 100 grãos e que tal componente de produção foi decisivo para aumentar a produtividade de grãos de milho.



**Figura 3.** Número de grãos por fileira (A), número de grãos por espiga (B), número de plantas por hectare (C), massa de 100 grãos (D) e produtividade de grãos de milho (E) afetados por doses de N<sup>(1)</sup>. Selvíria, MS

A produtividade de grãos do milho foi influenciada positivamente pelas doses de N, ajustando-se à função quadrática, com a máxima produtividade sendo alcançada com a estimativa de aplicação de 87 e 89 kg ha<sup>-1</sup> de N, nas safras 2008/09 e 2009/10, respectivamente (Figura 3E). Em relação à testemunha (sem adubação com N) isto representou acréscimos de 68 e 66% na produtividade de grãos no primeiro e segundo cultivo, respectivamente. Segundo Escosteguy et al. (1997), são necessários 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, para a produção de 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de milho, em Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, com teor de matéria orgânica de 35 g dm<sup>-3</sup>. Assim, para as quantidades de grãos produzidos nas parcelas-testemunha (5.692 e 6.532 kg ha<sup>-1</sup>) estima-se que o suprimento de N do solo foi cerca de 114 kg ha<sup>-1</sup> de N no primeiro cultivo e de 131 kg ha<sup>-1</sup> de N no segundo cultivo cujos dados levam a deduzir que o solo sob sistema de semeadura direta da área em questão possa estar em melhores condições de equilíbrio entre as taxas de mineralização e imobilização mantendo um alto estoque natural de N, uma vez que, este nutriente se encontra em maiores concentrações na matéria orgânica do solo. Amaral Filho et al. (2005) observaram ajuste linear para produtividade de grãos obtendo 8.907 kg ha<sup>-1</sup>, valor este próximo ao encontrado neste trabalho porém com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N.

De acordo com Coelho (2008) em cerca de 80% dos trabalhos realizados com doses de N, a cultura do milho respondeu de forma positiva, à sua adição. Silva et al. (2012) também verificaram aumento na produtividade de grãos até 10.759 kg ha<sup>-1</sup> com a dose de 110 kg ha<sup>-1</sup> de N, independentemente da aplicação da ureia convencional ou revestida por polímeros no estágio V3 (com três folhas verdadeiras). Por sua vez, Queiroz et al. (2011) constataram, trabalhando com doses de N na forma de ureia convencional e revestida por polímero, aumento linear da produtividade de grãos (máxima igual a 7914 kg ha<sup>-1</sup>) até a aplicação de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, no estágio V5 (com cinco folhas verdadeiras). Civardi et al. (2011) concluíram que a aplicação de N no estágio V5, na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> com ureia convencional, propiciou maior produtividade de grãos de milho e maior lucratividade quando comparada a outras fontes nitrogenadas, como a ureia revestida com polímeros.

Os resultados positivos da adubação nitrogenada (doses de N) podem ser atribuídos ao fato da produtividade de grãos ter se correlacionado positivamente com o teor foliar de N (0,97\*\*; 0,97\*\*), o índice de clorofila foliar (0,99\*\*; 0,88\*\*), número de grãos na fileira (0,95\*\*; -), o número de grãos na espiga (0,98\*\*; 0,73\*) e a massa de 100 grãos (0,96\*\*; 0,84\*\*), respectivamente, nas safras 2008/09 e 2009/10. Esses valores evidenciam a importância do N, tanto no que se refere ao estado nutricional da planta quanto à sua influência positiva no aumento do número e da massa de grãos de milho, proporcionando maior produtividade de grãos.

## Conclusões

O uso de polímero que reveste a ureia não influenciou nas características agrônomicas nem na produtividade de grãos de milho nas condições edafoclimáticas de Cerrado de baixa altitude, com uso de irrigação.

O aumento das doses de nitrogênio influencia positivamente os teores foliares de N e clorofila, a altura de plantas, o número de grãos por fileira e a massa de 100 grãos de milho.

A aplicação em cobertura de 88 kg ha<sup>-1</sup> de N proporciona a máxima produtividade de grãos de milho, independentemente da forma de ureia utilizada.

## Agradecimentos

À FAPESP, pelo apoio financeiro (Processo FAPESP 2009/01935-8).

## Literatura Citada

- Amaral Filho, J. P. R.; Fornasieri Filho, D.; Farinelli, R.; Barbosa, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.3, p.467-473, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300017>>.
- Araújo, L. A. N.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.8, p.771-777, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800007>>.
- Argenta, G.; Silva, P. R. F.; Fosthofer, E. L.; Strieder, M. L.; Suhre, E.; Teichmann, L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.1, p.109-119, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000100012>>.
- Cantarella, H.; Marcelino, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. *Informações Agrônomicas*, n.122, p.12-14, 2008. <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/BE6FE2DD8BE1F68E83257A90007D87B4/\\$FILE/Page12-14-122.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/BE6FE2DD8BE1F68E83257A90007D87B4/$FILE/Page12-14-122.pdf)>. 07 Dez. 2013.
- Cantarella, H. Nitrogênio. In: Novais, R. F.; Alvarez, V.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap.7, p.375-470.
- Cantarella, H.; Raij, B. van; Camargo, C. E. O. Cereais. In: Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. *Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).
- Chitolina, J. C. Fertilizantes de lenta liberação de N: conceitos. Ureia coberta com enxofre. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 16p.
- Civardi, E. A.; Silveira Neto, A. N.; Ragagnin, V. A.; Godoy, E. R.; Brod, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.1, p.52-59, 2011. <<http://dz.doi.org/10.5216/pat.v41i1.8146>>.
- Coelho, A. M. Adubação e nutrição do milho. In: Cruz, J. C.; Karam, D.; Monteiro, M. A. R.; Magalhães, P. C. *A cultura do milho*. 1ed. Sete Lagoas - MG. Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517p.

- Duete, R. R. C.; Muraoka, T.; Silva, E. C.; Trivelin, P. C. O.; Ambrosano, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.1, p.161-171, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100016>>.
- Escosteguy, P. A. V.; Rizzardi, M. A.; Argenta, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, n.1, p.71-77, 1997.
- Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, n.1, p.36-41, 2008.
- Girardi, E. A.; Mourão Filho, F. A. A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. *Revista Laranja*, v.24, n.2, p.507-518, 2003. <<http://revistalaranja.centrodecitricultura.br/edicoes/7/11/v24%20n2%20art18.pdf>>. 07 Dez. 2013.
- Jarosiewicz, A.; Tomaszewska, M. Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, n.2, p.413-417, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1021/jf020800o>>.
- Okumura, R. S.; Mariano, D. C.; Zaccheo, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.4, n.2, p.226-244, 2011. <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1337/1456>>. 30 Nov. 2013.
- Oliveira, J. M. S.; Caires, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.25, n.2, p.351-357, 2003. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.1926>>.
- Pereira, H. S.; Leão, A. F.; Verginassi, A.; Carneiro, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.6, p.1685-1694, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600017>>.
- Queiroz, A. M.; Souza, C. H. E.; Machado, V. J.; Lana, R. M. Q.; Korndorfer, G. H.; Silva, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.10, n.3, p.257-266, 2011. <[http://rbms.cnpmis.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/355/pdf\\_8](http://rbms.cnpmis.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/355/pdf_8)>. 30 Nov. 2013.
- Raij, B. van.; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285p.
- Reis Junior, R. A. R. KimCoat: uma nova ferramenta para otimização do uso de fertilizantes. *Informações Agrônomicas*, n.117, p.13-14, 2007. <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/AD21D92E96091DB783257AA100617029/\\$FILE/Parte-Roberto.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/AD21D92E96091DB783257AA100617029/$FILE/Parte-Roberto.pdf)>. 07 Dez. 2013.
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Oliveira, J. B. de; Coelho, M. R.; Lumberreras, J. F.; Cunha, T. J. F. (Eds.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- Silva, A. A.; Silva, T. S.; Vasconcelos, A. C. P.; Lana, R. M. Q. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. *Bioscience Journal*, v.28, n.1, suppl.1, p.104-111, 2012. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13242/8354>>. 07 Dez. 2013.
- Silva, G. J.; Guimarães, C. T.; Parentoni, S. N.; Rabel, M.; Lana, U. G. P.; Paiva, E. Produção de haplóides androgenéticos em milho. *Embrapa Milho e Sorgo*, 2009. 17p. (Documentos 81).
- Souza, J. A.; Buzetti, S.; Teixeira Filho, M. C. M.; Andreotti, M.; Sá, M. E.; Arf, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. *Bragantia*, v.70, n.2, p.447-454, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000200028>>.
- Valderrama, M.; Buzetti, S.; Benett, C. G. S.; Andreotti, M.; Teixeira Filho, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.2, p.254-263, 2011. <<http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i2.8815>>.
- Zavaschi, E. Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros. Piracicaba: Universidade de São Paulo; Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, 2010. 92p. Dissertação Mestrado. <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-17092010-172528/pt-br.php>>. 30 Nov. 2013.