

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO - *CAMPUS* RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS

EMPREGO DE FERTILIZANTES REVESTIDOS POR POLÍMEROS  
NAS CULTURAS DA SOJA E MILHO

Autor: Roni Fernandes Guareschi

Orientador: Prof. Dr. Adriano Perin

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *Campus* Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, área de concentração em Ciências Agrárias, para obtenção do título de "Mestre"

RIO VERDE  
Estado de Goiás  
Março – 2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Guareschi, Roni Fernandes.

Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho / Roni Fernandes Guareschi - Instituto Federal Goiano - campus Rio Verde, Goiás, 44 f. 2010.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Perin

1. *Zea mays* 2. *Glycine max* 3. Fertilizantes de liberação controlada 4. eficiência agrônômica

I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - campus Rio Verde.

II. Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho.

CDD 631.8

RONI FERNANDES GUARESCHI

EMPREGO DE FERTILIZANTES REVESTIDOS POR  
POLÍMEROS NAS CULTURAS DA SOJA E MILHO

Orientador: Prof. Dr. Adriano Perin

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *Campus* Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, área de concentração em Ciências Agrárias, para obtenção do título de "Mestre"

RIO VERDE - GO  
2010

## AGRADECIMENTOS

A Deus por proporcionar este belo mundo de muitas oportunidades, pela nossa vida e por tudo que temos ainda para viver nela.

À minha noiva Rubia Cotarelli Ribeiro, pelo carinho, companheirismo e por estar comigo, desde o início da luta para realizar esse curso e por sempre ter me apoiado. Além de ser uma das pessoas mais especiais que eu conheço, tenho o privilégio de tê-la ao meu lado como minha futura esposa.

Aos meus pais, Valdir Ademar Guareschi (in memorian) e Cleci Emilia Guareschi pelos ensinamentos de vida, amor e apoio aos meus estudos.

Ao professor, orientador e amigo, Prof. Dr. Adriano Perin, pela sua compreensão, paciência e pelo aprendizado que me proporcionou.

A todos os docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde, que participaram da minha formação de mestrado.

## BIOGRAFIA

Roni Fernandes Guareschi, filho de Valdir Ademar Guareschi e Cleci Emilia Guareschi, nasceu em Rio Verde-GO no ano de 1987. Sua formação profissional iniciou-se em 2004 com a conclusão do curso Técnico em Agropecuária pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde-GO, posteriormente, pela mesma instituição no ano de 2007 findou sua graduação em Tecnologia em Produção de Grãos e já no ano de 2008 realizou a pós-graduação *Lato sensu* em Biodiesel pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *campus* Rio Verde. Em março de 2010 concluiu seu mestrado em Ciências Agrárias no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *campus* Rio Verde.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO GERAL.....	viii
GENERAL ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
2.1 Uso racional de fertilizantes na agricultura.....	02
2.1.1 Lixiviação.....	03
2.1.2 Volatilização de nitrogênio.....	05
2.1.3 Adsorção.....	06
2.2 Fertilizantes de liberação controlada.....	07
2.3 Fertilizantes solúveis revestidos por polímeros.....	09
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
4. CAPÍTULO 1 – Doses e épocas de aplicação de fertilizantes revestidos por polímeros na cultura da soja.....	17
Resumo.....	18
Abstract.....	18

4.1 Introdução.....	19
4.2 Material e Métodos.....	21
4.3 Resultados e Discussão.....	24
4.4 Conclusões.....	27
4.5 Referências Bibliográficas.....	27
5. CAPITULO 2 – Aplicação de uréia revestida por polímeros na cultura do milho.....	31
Resumo.....	32
Abstract.....	32
5.1 Introdução.....	33
5.2 Material e Métodos.....	34
5.3 Resultados e Discussão.....	36
5.4 Conclusões.....	40
5.5 Referências Bibliográficas.....	40
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1.** Produção de massa fresca (MF), massa seca (MS), número de vagens por planta (NVP) e produtividade (PROD) da cultura da soja em função da aplicação dos tratamentos .....24
- Tabela 2.** Produção de massa seca (MS) de parte aérea das plantas de soja em sistema plantio direto, determinadas aos 60 DAE, decorrente da aplicação de fertilizantes com e sem revestimento por polímeros, aplicados a lanço antecipado (15 dias antes da semeadura) ou em semeadura .....25
- Tabela 3.** Número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos de soja em sistema plantio direto, decorrente da aplicação de fertilizantes com e sem revestimento por polímeros, aplicados a lanço antecipado (15 dias antes da semeadura) ou em semeadura .....26

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Produção de Massa Fresca (MF), massa seca (MS), comprimento de espigas (CE), diâmetro de espigas (DE), massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade (PROD) da cultura do milho em função da aplicação dos tratamentos na cultura do milho .....37
- Tabela 2.** Comprimento de espiga (CE) e massa de 1000 grãos (M1000) em função de fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto .....38
- Tabela 3.** Produtividade da cultura do milho em função de fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto .....39

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 1

**Figura 1.** Temperatura e precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento..... 22

### CAPITULO 2

**Figura 1.** Temperatura e precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento..... 35

## RESUMO GERAL

Guareschi, R. F. **Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho**. 2010. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde. Orientador: Prof. Dr. Adriano Perin.

Os fertilizantes revestidos por polímeros visam reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e adsorção, podendo ocasionar redução da dose a ser aplicada. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de aplicação e doses de cloreto de potássio e superfosfato triplo revestidos por polímeros na cultura da soja e a eficiência da uréia revestida por polímeros na cultura do milho, visando melhor aproveitamento dos fertilizantes e dessa forma contribuir para o aumento de biomassa e produtividade destas culturas. Os experimentos foram conduzidos de novembro de 2008 a março de 2009, na área experimental do IFGoiano – *campus* Rio Verde. Os tratamentos na cultura da soja foram instalados no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2 + 1$ , constituído por duas fontes de fertilizantes (fertilizantes convencionais - FC e fertilizantes revestidos por polímeros - FRP); duas doses de aplicação (40 + 40 e 80 + 80, em  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente) e por duas épocas de aplicação (semeadura e 15 dias antes da semeadura - DAS), além da testemunha sem aplicação de fertilizante. Os fertilizantes utilizados foram superfosfato triplo e cloreto de potássio. Os tratamentos aplicados na cultura do milho foram instalados no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial  $2 \times 2 + 1$ , constituído por duas doses de N (75 e 150  $\text{kg ha}^{-1}$ ), duas fontes de N (uréia convencional - UC e uréia revestida por polímeros - URP) e testemunha sem N-fertilizante. Para ambos experimentos foram avaliados a biomassa da parte aérea, massa de 1000 grãos e produtividade. Os resultados obtidos permitiram constatar resposta à aplicação de P e K em todas as variáveis analisadas na cultura da soja. A aplicação a lanço 15 dias antes da semeadura por meio de fertilizantes revestidos por polímeros,

conferiu maior produção de massa seca, número de vagens e produtividade de soja, em relação aos fertilizantes convencionais. No experimento com milho, houve resposta à aplicação da adubação com N em todas as variáveis. A utilização de 150 kg N ha<sup>-1</sup> com URP apresentou maior produtividade de milho quando comparado a UC. Os valores de comprimento de espigas e da massa de 1000 grãos de milho foram maiores com a aplicação de uréia revestida por polímeros. Em relação à performance das culturas analisadas quanto a aplicação de FRP, a cultura do milho obteve melhores respostas em produtividade do que a cultura da soja.

**Palavras-chave:** adubação, nutrição de plantas, nitrogênio, fósforo, potássio, componentes do rendimento.

## GENERAL ABSTRACT

Guareschi, R. F. **Use of fertilizers coated by polymers in mayze and soybean.** 2010. 44f. Dissertation (Magister in Agrarian Science). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde. Advisor: Prof. Dr. Adriano Perin.

The polymer coated fertilizers are used to reduce nutrient losses by leaching, volatilization and adsorption, can also reduce the dose to be applied. The objective of this study was to evaluate times and rates of application of potassium and superphosphate coated polymers in culture of soybean and efficiency of urea polymer coated in culture of maize, by better use of fertilizers and thereby contributing to the increase of biomass and productivity of these cultures. The experiments were conducted between November 2008 and March 2009, in the experimental farm IFGoiano - campus Rio Verde. Treatments in soybean have been installed in a randomized block design with four replications in a  $2 \times 2 \times 2 + 1$ , consisting of two sources of fertilizer (conventional fertilizer - FC and polymer coated fertilizer - FRP), two rates application (40 + 40 and 80 + 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O), and two times of application (at sowing and 15 days before sowing - DAS), beyond control without fertilizer. The fertilizers used triple superphosphate and potassium hydrochloride. The treatments in maize have been installed in a randomized block design with four replications in a  $2 \times 2 + 1$ , consisting of two N rates (75 and 150 kg ha<sup>-1</sup>), two N sources (urea and coated polymer urea) and control without N-fertilizer. For both experiments there were evaluated the shoot biomass, weight of 1000 grains and grain yield. There was a response to application of P and K in all variables in soybean. The 15 days before sowing application by polymer coated fertilizer, has increased the dry matter yield, number of pods and soybean yield compared to conventional fertilizer. In the experiment with maize, there was no response to the application of N fertilization in all variables. The use of 150 kg N ha<sup>-1</sup>

with URP showed higher maize yield when compared to UC. The length of spikes and the weight of 1000 grains of maize were higher with the application of URP. Regarding the performance of cultures analyzed for the application of FRP, the corn crop yielded better responses in productivity than soybean.

**Key words:** fertilizers. plant nutrition. nitrogen. phosphorus. potassium. yield components.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Sudoeste goiano caracteriza-se por apresentar uma das maiores produtividades de milho e soja do Brasil. Nesse sentido, é importante desenvolver tecnologias que possam maximizar a produção dessas culturas. Com a evolução da agricultura, tem-se desenvolvido várias inovações para maximizar a produção de soja e milho, tais como o desenvolvimento de novas moléculas de ação fungicida, inseticida e herbicida, além de máquinas agrícolas. Porém, os fertilizantes, insumos, estes que mais oneram e comprometem a produção das culturas da soja e milho, pouco têm evoluído em relação à sua eficiência. Sendo assim, é preciso aumentar a eficiência dos fertilizantes, contribuindo para o aumento da produtividade, minimizando assim o desmatamento e incorporação de novas áreas de plantio.

As perdas do nitrogênio e de potássio oriundo da uréia e do cloreto de potássio são bastante significativas. Da mesma forma, a adubação fosfatada na região do cerrado, tem como característica o baixo aproveitamento pelas plantas e muitas vezes, tem que se utilizar doses de adubação superiores a que a planta realmente necessita. Atualmente, para reduzir estas perdas com os fertilizantes, há o tratamento com camadas de polímeros que possuem permeabilidade controlada, fazendo com que os nutrientes sejam melhor aproveitados pelas plantas.

É importante salientar que esta tecnologia de revestimento de fertilizantes com camadas de polímeros pode possibilitar a redução da dose de fertilizantes sem influenciar a produtividade das lavouras. Dessa forma, estudos dessa natureza, em especial, em condições de cerrado pode se tornar altamente relevante para gerar conhecimentos e tecnologias adequados aos fatores de produção da soja e milho.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de épocas de aplicação e doses de cloreto de potássio e superfosfato triplo revestido por polímeros na cultura da soja, e da uréia revestida por polímeros na cultura do milho, na produção de biomassa e produtividade de grãos em sistema de plantio direto.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Uso racional de fertilizantes na Agricultura**

O cerrado brasileiro ocupa uma área de, aproximadamente, 205 milhões de hectares, sendo que, de sua área total, 100 milhões de hectares estão disponíveis para o cultivo, dos quais, cerca de 12 milhões estão ocupados com culturas anuais, 40 milhões com pastagens cultivadas e 2 milhões com culturas perenes, restando, ainda, pelo menos, 46 milhões de hectares a explorar, além dos 79 milhões que constituem as reservas legais (RESCK, 2001). A maioria desses solos são Latossolos, que são originalmente ácidos e de baixa fertilidade, seu potencial produtivo baixo em estado natural (RESCK, 2001).

Dentre os fatores de produção, os fertilizantes são os que representam maior valor no custo de produção e os que mais limitam a produção de algumas culturas, tais como soja e milho, por isso, é fundamental otimizar a utilização dos mesmos (NICOLINI, 2009). No entanto, em média cerca de 40-70% de fertilizantes nitrogenados solúveis, 80-90% de fósforo, e 50-70% de potássio quando aplicados de forma inadequada aos solos, são perdidos para o ambiente sem serem absorvidos pelas plantas, o que provoca não só grandes perdas de recursos econômicos, mas também prejuízos ambientais em razão da poluição dos recursos hídricos e da atmosfera (WU & LIU, 2008).

Independente da cultura que está sendo cultivada, fatores como fertilidade do solo, nutrição e adubação são essenciais para a construção de um sistema produtivo eficiente, em que a disponibilidade de nutrientes deve estar sincronizada com a exigência da cultura, em quantidade, forma e época adequadas (KAPPES & FERREIRA, 2009). Contudo, em condições de campo, nem sempre isso é possível, por causa das condições edafoclimáticas adversas e as características intrínsecas do fertilizante.

O consumo global de fertilizantes aumentou em média 31% de 1996 a 2008, impulsionado por uma expansão de 56% da demanda nos países em desenvolvimento (NICOLINI, 2009). Recentemente, com crescimento econômico mundial de 5% ao ano, centenas de milhões de pessoas apresentam maior poder aquisitivo e passam a consumir mais alimentos derivados de proteína animal, este fato ocorre ao mesmo tempo com a produção acelerada de biocombustíveis. Isto impôs uma nova pressão sobre as reservas de grãos. Sendo assim, estes fatores geraram uma demanda crescente pelos fertilizantes, bem como preços mais altos por estes produtos (NOGUEIRA, 2008).

Tendo em vista o aumento no custo dos fertilizantes químicos nas últimas safras, especialmente os fosfatados e os potássicos, torna-se necessário estudar alternativas que busquem a máxima eficiência destes fertilizantes, visando atender de forma satisfatória as futuras demandas agrícolas, embora sejam fertilizantes oriundos de rochas, ou seja, de fonte esgotável (KAPPES & FERREIRA, 2009).

Em virtude da baixa eficiência na utilização dos fertilizantes, estes, quando usados de forma inadequada, resultam em impactos ao ambiente. Aliado a este problema, existe o fato de que em função da crescente procura por fertilizantes, seu custo é cada vez mais elevado, onerando a produção de alimentos e a balança comercial de muitos países, visto que poucos são os exportadores de fertilizantes (REIS, 2008).

A eficiência das adubações, depende basicamente das doses e fontes dos adubos utilizados, da capacidade de troca catiônica e das características edáficas (SGARBI et al., 1999). Com o aumento da eficiência das adubações, é fundamental associá-las com boas práticas de manejo de solo como, por exemplo, o aumento da cobertura vegetal do solo, o uso de rotação de culturas e de terraceamento (SCIVITTARO & PILLON, 2007).

Várias modificações têm sido feitas no fertilizante nitrogenado (uréia) a fim de reduzir as perdas por volatilização e aumentar a sua eficiência de uso, como, por exemplo, recobrimento com enxofre elementar e polímeros (CANTARELLA, 2007).

### **2.1.1 Lixiviação**

A este tipo de perdas estão mais sujeitos os fertilizantes solúveis em água e aqueles carreadores de ânions (íons negativos), que não são ou são fracamente absorvidos nas camadas superficiais do solo, em que, em geral, predominam cargas negativas, oriundas da matéria orgânica do solo (MOS). Os ânions ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) podem, entretanto, acumular nas camadas subsuperficiais, quando essas apresentarem quantidade

considerável de cargas positivas, constatado em muitos solos no Brasil (LOPES & GUILHERME, 2000).

Segundo Costa et al. (1999) e Soares & Restle (2002), a textura e a estrutura do solo, a porosidade, capacidade de troca de cátions do solo, tipo e quantidade de matéria orgânica presente no solo e método de aplicação do fertilizante, têm grande influência nas perdas de lixiviação. Solos mais arenosos e de baixo conteúdo de matéria orgânica tendem a permitir maiores perdas por lixiviação, enquanto as menores perdas ocorrem em solos argilosos. A lixiviação é a principal forma de perda de N disponível às plantas (ERREBHI et al., 1998). Quando ocorre o processo de lixiviação, o nitrato pode ser carregado pela água de irrigação ou chuva para camadas profundas do solo, e dependendo da intensidade da água, o íon pode alcançar o lençol freático, contaminando os mananciais (VILAS BOAS et al., 1999).

A maior capacidade de armazenamento de água dos solos argilosos reduz a percolação da água pelo perfil e, conseqüentemente, o arraste de nitrato para camadas inferiores do solo (BORTOLINI, 2000). Em culturas que recebem N acima da dose para máxima resposta, pode haver acúmulo de N inorgânico no subsolo. Cantarella et al. (2003) observaram, no final da estação das chuvas, a presença de cerca de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na camada de 20-60 cm de solo em pomar de laranja adubado com 180 e  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Parte desse N pode ser lixiviado para camadas fora do alcance do sistema radicular das laranjeiras no início da próxima estação de chuvas.

A lixiviação de K depende da presença em concentrações significativas na solução do solo (doses acima de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ), razão porque aumenta com a adição de fertilizantes potássicos e da quantidade de água que percola no perfil. A lixiviação de K é um fenômeno importante em solos com baixa CTC, especialmente em áreas com alta precipitação pluvial. Nessas condições, os fertilizantes potássicos deverão ser aplicados em duas ou mais vezes durante o ciclo de algumas culturas, tais como algodão, soja, milho, feijão, entre outras. Em anos com precipitação bem distribuída e em solos com média a alta CTC efetiva, a lixiviação de K não é grande problema (NOVAIS et al., 2007).

Devido a baixa CTC, os íons de potássio podem ser lixiviados, com risco de perdas, por outro lado, com ganhos na profundidade do sistema radicular de algumas plantas, como exemplo milheto e braquiária. A lixiviação de K aumenta com a adição de outros fertilizantes ao solo, como consequência do deslocamento do K das cargas negativas pelos cátions adicionadas (MANTOVANI et al., 2004; ERNANI et al., 2004).

É importante conhecer o teor de K no solo, para saber se será preciso fazer uma nova aplicação. Adicionar mais do que a cultura necessita pode resultar em perdas por lixiviação ou quedas de produção, quando os outros nutrientes não estão em seus níveis ótimos (SILVA & SOUZA, 1998).

O fósforo é relativamente abundante na litosfera e acaba sendo exigido em quantidades relativamente pequenas pelas plantas, ocorrendo perdas pequenas por lixiviação (MELLO et al., 1983).

Para Lopes & Guilherme (2000) as técnicas de manejo para minimizar a lixiviação, incluem: a) parcelamento adequado dos fertilizantes solúveis, principalmente, os nitrogenados e, em alguns casos, os potássios; b) utilização de fertilizantes com disponibilidade mais controlada e solubilização mais coincidente com as necessidades da cultura; c) distribuição dos fertilizantes solúveis em faixas estreitas ao invés de sulcos.

### 2.1.2 Volatilização de nitrogênio

A perda de nitrogênio, na forma de compostos gasosos, ocorre em diversas situações, o que pode levar a um baixo grau de eficiência dos fertilizantes nitrogenados, notadamente em meio alcalino, e quando esses são aplicados superficialmente (LOPES & GUILHERME, 2000).

A principal ocorrência da volatilização de amônia (NH<sub>3</sub>) é com a uréia, que se decompõe segundo a equação:



De fato, vários autores brasileiros têm relatado altas perdas de N por volatilização de NH<sub>3</sub> quando a uréia é aplicada na superfície dos solos: aproximadamente 20 a 40 % de N aplicado em cana-de-açúcar (CANTARELLA et al., 1999; VITTI, 2003), 16 a 44 % do N em citros (CANTARELLA et al., 2003), 16 a 61 % em pastagens (CANTARELLA et al., 2001) ou até muito maiores, como os resultados de Lara Cabezas et al. (2000), que mostraram perdas que variaram de 40 a 78 % do N aplicado na superfície do solo.

Fatores que afetam a volatilização de amônia são a umidade, temperatura, as trocas gasosas, a taxa de evaporação de água, o poder tampão, a capacidade de troca catiônica e a classe textural (teor de argila) (BYRNES, 2000).

Se as condições climáticas não forem favoráveis a evaporação, a umidade do solo pode permitir a difusão da uréia da superfície para camadas mais profundas, reduzindo a volatilização de  $\text{NH}_3$ , no entanto, a movimentação de uréia por difusão não é grande (CANTARELLA, 2007).

Trivelin et al. (1994) constataram que as perdas por volatilização de amônia são maiores quanto maiores forem as doses de nitrogênio aplicadas, e que a profundidade de aplicação do fertilizante influencia as suas perdas. A melhor maneira de reduzir as perdas por volatilização de amônia é por incorporação dos fertilizantes nitrogenados amoniacais ou amídicos (LOPES & GUILHERME, 2000). A incorporação mecânica da uréia ao solo é mais demorada e onerosa do que a aplicação superficial. Há dificuldades adicionais para incorporar o fertilizante em áreas com muita palha na superfície. Desta forma, a indústria de fertilizantes procura alternativas, desenvolvendo fertilizantes de liberação controlada, ou fertilizantes estabilizados (CANTARELLA, 2007).

### **2.1.3 Adsorção**

Os solos das regiões tropicais, além da deficiência generalizada, apresentam alta capacidade de fixação de fosfato, limitando a produtividade das culturas (RAIJ, 1991). O processo de adsorção é a passagem de formas solúveis para formas insolúveis ou menos solúveis, não disponíveis às plantas. Para a grande maioria dos solos brasileiros, esse fenômeno ocorre principalmente com o fósforo, em virtude das reações de precipitação com alumínio e ferro e de adsorção em óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de ferro e alumínio (LOPES & GUILHERME, 2000).

O fósforo tem grande poder de fixação ao solo, fazendo com que a planta não consiga absorvê-lo. Isso ocorre principalmente pela forte ligação do fósforo com o ferro e o alumínio ao solo. Estima-se que de 80 a 95% do fósforo que se adiciona no solo seja fixado e não disponível pela planta. Uma das práticas que minimiza essa fixação é a calagem, esse procedimento insolubiliza o ferro e o alumínio. Parte do fósforo fixado pode voltar a ser disponível, porém essa volta é quantitativa e muito demorada e isso condiciona a fixação como uma perda (ALCARDE et al., 1998).

Lopes & Guilherme (2000) reduções sensíveis no processo de fixação de fósforo e, conseqüentemente, maior eficiência dos fertilizantes fosfatados podem ser obtidos através das seguintes práticas: a) calagem adequada, que precipita o alumínio e o ferro, diminuindo as reações de precipitação do fósforo com esses elementos, além de reduzir a adsorção pela geração de cargas negativas; b) aplicações localizadas de fertilizantes

fosfatados solúveis, em sulcos ou em faixas, evitando o contato íntimo das partículas de solo com os fertilizantes e facilitando o processo de difusão até as raízes; c) uso dos fertilizantes contendo silício (silicatos) que compete com fosfato pelos sítios de adsorção.

## **2.2 Fertilizantes de liberação controlada**

Uma técnica alternativa de fertilização consiste no emprego de adubos encapsulados de liberação gradual (SHAVIV, 1999). Em vista do recobrimento dos fertilizantes tradicionais por substâncias orgânicas, inorgânicas ou resinas sintéticas, tais fertilizantes liberam nutrientes de forma gradual. As substâncias são, em sua maioria, derivadas de uréia, como poliamidas, enxofre elementar ou, ainda, polímeros das mais diversas naturezas. O processo de encapsulamento influi diretamente no mecanismo e intensidade do processo de liberação. A espessura e a natureza química da resina de recobrimento, a quantidade de microfissuras em sua superfície e o tamanho do grânulo de fertilizante também contribuem para determinar a curva de liberação de nutrientes ao longo do tempo (GIRARDI & MOURÃO FILHO, 2003).

Os fertilizantes de liberação controlada fazem parte de um grupo maior de produtos denominados genericamente de fertilizantes de eficiência aprimorada. Vários produtos estão sendo vistos com amplo interesse por causa das modificações recentes no contexto agrônomo e ambiental. Estes produtos possuem diferentes modos de ação, sendo os principais: (a) inibidores ou de estabilização, (b) compostos orgânicos sintéticos não revestidos, mas de disponibilidade lenta, e (c) fertilizantes solúveis revestidos (BLAYLOCK, 2007).

Os fertilizantes inibidores ou de estabilização são produtos que reduzem as perdas de nutrientes por retardarem a conversão das formas originais do fertilizante em formas que podem ser facilmente perdidas (BLAYLOCK, 2007). O tempo de proteção varia de dias a semanas e o efeito manifestará se houver condições reais para as perdas. Já os fertilizantes orgânicos sintéticos não revestidos, mas de disponibilidade lenta, protegem o nutriente por promoverem a liberação gradativa, sendo a disponibilidade dos nutrientes dependente da decomposição bioquímica dos compostos. A proteção é mais longa que a do primeiro grupo, variando de semanas a meses. Os fertilizantes solúveis revestidos são produtos com o fertilizante na forma tradicional, porém revestidos, o que

propicia uma barreira física contra a exposição do nutriente. Enquadram-se basicamente em dois tipos de recobrimento, com enxofre ou com polímeros.

As principais vantagens dos fertilizantes de liberação lenta, segundo Shaviv (2001), são: fornecimento regular e contínuo de nutrientes às plantas; menor frequência de aplicações; redução de perdas de nutriente em consequência da lixiviação, imobilização e, ainda, volatilização; eliminação de danos causados a raízes pela alta concentração de sais; maior praticidade no manuseio dos fertilizantes; contribuição a redução da poluição ambiental pelo  $\text{NO}_3^-$ , atribuindo valor ecológico à atividade agrícola (menor contaminação de águas subterrâneas e superficiais), e redução nos custos de produção. Dessa maneira, a eficiência da adubação nitrogenada pode ser ampliada mediante o uso de fertilizantes de liberação lenta, com significativa redução de perdas de N e melhor disponibilização às plantas (DIEZ et al., 1994). Esse tipo de fertilizante apresenta evidentes vantagens sobre os convencionais em diversas culturas em diferentes tipos de solo, climas e manejos (SHIFLETT et al., 1994).

Os fertilizantes revestidos por polímeros buscam reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e adsorção, ocasionando redução da dose a ser aplicada (VIEIRA & TEXEIRA, 2004). Para o revestimento dos fertilizantes, são utilizados frequentemente membranas impermeáveis ou semi-impermeáveis com poros finos (poliuretanos, poliésteres e resinas), sendo que a maior parte dos polímeros decompõem-se muito lentamente. A tecnologia de fabricação varia entre empresas devido ao material utilizado no revestimento (tipo de polímero) e a técnica de revestimento. A liberação de nutrientes fica dependente da temperatura e da permeabilidade da membrana à água (FUKAMACHI, 2007; NICOLINI, 2009).

Em ensaios com adubos nitrogenados de liberação controlada, realizado durante três anos no Campo Experimental do Bico da Barca – Portugal, mostraram que utilizando este tipo de adubo era possível economizar  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ , relativamente ao nitrogênio convencional (forma nítrico – amoniacal) sem afetar a produção da cultura do milho (ANDRADE et al., 2006). Os adubos nitrogenados de liberação controlada permitem uma liberação mais gradual do nitrogênio, utilizando diferentes tecnologias: desde produtos revestidos a inibidores da nitrificação ou da enzima urease. Este tipo de adubo pode representar vantagens para o produtor e uma melhoria ambiental significativa.

Em experimentos realizados em usinas com fertilizantes de liberação controlada, Vieira & Texeira (2004) citam que o uso de metade da dose desses fertilizantes em

comparação aos fertilizantes convencionais acarreta em produtividade igual ou superior na cana-de-açúcar. Comparando com o uso de adubação convencional, não há diferenças quanto à época de aplicação. As diferenças ocorrem quanto à eficiência da adubação, visto que na de liberação controlada busca-se reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação, ocasionando redução da dose a ser aplicada.

### **2.3 Fertilizantes solúveis revestidos por polímeros**

Conforme Blaylock (2007), os polímeros utilizados para o revestimento dos fertilizantes são poliuretanos e poliolefinas. A liberação do nutriente se dá através da difusão pela camada de cobertura, determinada pela característica química do polímero, da espessura, do processo de cobertura e da temperatura do meio. Os polímeros propiciam condições de controle e podem contribuir para a sincronia de liberação de nutrientes de acordo com as necessidades nutricionais das plantas ao longo do ciclo de cultivo.

Fertilizantes com revestimento de polímeros em temperaturas e umidades mais elevadas proporcionam maior liberação dos nutrientes, enquanto, em temperaturas e umidades mais baixas, esta liberação é menor (SGARBI et al., 1999).

Os fertilizantes recobertos por resinas e polímeros, apresentam liberação eficiente de nutrientes quando a disponibilidade de água, e a temperatura do solo estiver em torno de 21°C (CHITOLINA, 1994a), sendo a taxa de liberação de nutrientes pelos grânulos de fertilizante diretamente proporcional à temperatura do solo ou substrato, uma vez que a temperatura promove expansão da camada de resina, provocando aumento da permeabilidade de água. Esse processo ocorre independentemente da permeabilidade, pH ou atividade microbológica do solo, podendo variar de poucos meses a até quase 20 meses para liberação total, sendo a longevidade específica de cada formulação do fertilizante (OERTLI, 1980).

Para mudas de cafeeiro, Andrade Neto et al. (1999) observaram que a utilização de Osmocote<sup>®</sup> (Fertilizante com revestimento de polímero) na formulação de (15-10-10) com micronutrientes apresentou biomassa superior a mistura de cloreto de potássio e superfosfato simples. Já a aplicação de Osmocote<sup>®</sup> (19-06-10) proporcionou um maior crescimento ao clone de *Eucalyptus urophylla* em relação à adubação convencional e a dose mais adequada para o crescimento das mudas foi de 3 kg m<sup>-3</sup> de substrato (SGARBI et al., 1999). Um dos benefícios da utilização de Osmocote<sup>®</sup> em relação à

utilização de adubos solúveis ou solução nutritiva é a diminuição de perdas de nutrientes (MENDONÇA et al., 2004).

Lima et al. (2008a) em experimento com a cultura do milho, verificou que o fertilizante coberto por polímero (Kimcoat-N) na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N conferiu maior massa de 1000 grãos quando comparado a aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N proveniente de uréia sem recobrimento com polímeros. Os autores atribuíram esse resultado ao fato de que o fertilizante Kimcoat-N reduz perdas por volatilização e lixiviação de N, promovendo melhor absorção de N pela planta. Ainda em relação à produtividade, comparando as fontes de fertilizantes testadas, o Kimcoat-N mostrou melhor eficiência que uréia independentemente da dose. Os fertilizantes revestidos por polímeros conferem maior produção de matéria seca de milho, segundo Lima et al. (2008b), ao comparar as fontes de fertilizante nitrogenado na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, o Kimcoat-N mostrou melhor eficiência em relação a uréia.

Da mesma forma, Lima et al. (2008c) em um experimento com fertilizante revestido por polímero na cultura da soja, obtiveram resultados satisfatórios, em que o peso de 1000 grãos, com o fertilizante Kimcoat-P conferiu grãos com maior peso em relação ao usado superfosfato simples. Já em relação à produtividade, o Kimcoat-P mostrou-se superior a Superfosfato simples. Reis (2006) destaca que o uso de Kimcoat-P na cultura da soja apresentou uma redução de 36,50 % no custo da adubação em regiões de cerrado.

De acordo com Silva Junior et al. (2008), em experimento com soja na região de Rio Verde-GO, o fertilizante revestido por polímero KimCoat-P proporcionou maior produtividade de soja (2.303 kg ha<sup>-1</sup>) do que com superfosfato simples (2000 kg ha<sup>-1</sup>). O que deverá convencer definitivamente o produtor rural a optar pelo uso desses fertilizantes de liberação controlada será a economia de tempo, mão de obra e equipamento (múltiplas aplicações), além de menores riscos e menor custo de produção, mostrando-se promissor o uso destes fertilizantes (BLAYLOCK, 2007).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência da adubação**. 3º ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35p.

ANDRADE S.; MAGALHÃES, I.; VITÓRIA, A.; JORDÃO, A.; COELHO, J.; RODRIGUES, S. **Ensaio com adubos azotados de liberação controlada**. 2006. [on line]. Disponível em: < [http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/adubos\\_azotados.pdf](http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/adubos_azotados.pdf). > Acesso em: 20/01/09 às 18 h.

ANDRADE NETO, A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.02, p.270-280, 1999.

BORTOLINI, C.G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta**. 2000. 48p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BLAYLOCK, A. O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. **Informações agronômicas**, v.120, n.01, p.08-10, 2007.

BYRNES, B.H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER. **Fertilizer manual**. Alabama: Kluwer Academic, 2000. p.20-44.

CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C. Perdas diárias de amônia por volatilização, de duas fontes de adubo nitrogenado aplicadas na superfície de pastagens de capim Coarcross. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** Brasília: Sociedade brasileira de zootecnia, 2001, p.330-331.

CANTARELLA, H. MATTOS Jr. D.; QUAGGIO, J.A. RIGOLIN, A.T. Fruit yield of valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, n.03, p.215-223, 2003.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.. BARBOSA, W. PENNA, M.J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de N por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar á adubação nitrogenada em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB. **Anais...** Piracicaba: Sociedade dos técnicos Açucareiros e alcooeiros do Brasil, 1999. p.82-87.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007, cap.7, p.375-470.

CHITOLINA, J.C. **Fertilizantes de lenta liberação de N**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 16p.

COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. Mobilidade de nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.03, n.02, p.190-194, 1999.

DIEZ, J.A.; RONAN, R.; CARTAGENA, M.C.; VALLEJO, A.; BUSTON, A.; CABALLERO, R. Controlling nitrate pollution by using different nitrogenous controlled release fertilizers in maize crop. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.48, n.01-03, p.49-56, 1994.

ERNANI, P.R.; MANTOVANI, A.; SANGOY, L.; SCHMITT, A.; SCHWERTZER, C. Lixiviação de nitrogênio a partir da uréia influenciada pelo pH do solo e pela adição de superfosfato triplo. In: FERTBIO. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD-ROM.

ERREBHI, M.; ROSEN, C.J; GUPTA, S.C.; BIRONG, D.E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, n.01, p.10-15, 1998.

FUKAMACHI, C.R.B. **Fertilizantes de liberação de nitrogênio por nitratação de turfa e xisto e por intercalação de uréia em argilominerais do grupo do caulim.** 2007. 117p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Paraná.

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.

KAPPES, C.; FERREIRA, J.P. Fertilizantes de liberação gradual: Inovação na agricultura. **Revista Campo & Negócios**, v.04, n.47, p.01-03, 2009.

LIMA, R.E.de.; PERIN, A.; RODRIGUES, A.B. Produtividade de milho submetida a fontes e doses de adubação nitrogenada. In: II CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CEFET RIO VERDE. **Anais...** Rio Verde-GO: 2008a, CD-ROM.

LIMA, R.E.de.; PERIN, A.; RODRIGUES, A.B. Produção de biomassa de milho submetido a fontes e doses de adubação nitrogenada. In: II CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CEFET RIO VERDE. **Anais...** Rio Verde-GO: 2008b, CD-ROM.

LIMA, R.E.de.; PERIN, A.; RODRIGUES, A.B. Produtividade de soja submetida a fontes e doses de adubação fosfatada. In: II CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CEFET RIO VERDE. **Anais...** Rio Verde-GO: 2008c, CD-ROM.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos.** 3º ed. São Paulo, ANDA, 2000. 64p.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho em sistema de plantio direto no triângulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.03, p.363-376, 2000.

MANTOVANI, A.; ERNANI, P.R.; SANGOY, L.; MOTTER, F.; GRACIETTI, M. Mobilidade de nitrogênio num solo ácido decorrente da aplicação de fertilizantes nitrogenados e superfosfato triplo. In: FERTBIO. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD- ROM.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; GONTIJO, T.C.A.; MARTINS, P.C.C.; DANTAS, D.J.; PIO, R.; ABREU, N.A.A. Osmocote® e substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.04, p.799-806, 2004.

NICOLINI, K.P. **Produção de fertilizantes de liberação lenta a partir da torta de mamona (*Ricinus communis*) e de uréia intercalada em caulins**. 2009. 126p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Paraná.

NOGUEIRA, A.C.L. **Agricultura: o mercado de fertilizantes no Brasil**. 2008. p.04-08. [on line]. Disponível em: < [www.acionista.com.br/mercado/...mercado/260508\\_antonio\\_nogueira.pdf](http://www.acionista.com.br/mercado/...mercado/260508_antonio_nogueira.pdf) >. Acesso em: 16/01/2010 às 17 h.

OERTLI, J.J. Controlled-release fertilizers. **Fertilizer Research**, v.1, p.103-123, 1980.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos. 1991. 343 p.

REIS, R. **Kimberlit e sua importância ambiental na eficiência dos fertilizantes**. 2008. [on line]. Disponível em: <<http://www.jovemsulnews.com.br>>. Acesso em: 25/03/2008 as 14 h.

RESCK, D. V. S. Uso e ocupação do solo e a crise energética no Brasil. **Boletim Informativo SBCS**, Viçosa, v.26, n.4, p.14-18, 2001.

SCIVITTARO, W.B.; PILLON, C.N. **Correção do solo e adubação**. 2007. [on line]. Disponível em: <  
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/correcao.htm> > Acesso em: 17/01/09 as 13 h.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R.V.A.; HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A.E; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F.A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL. **Anais...** Piracicaba: IPEF-ESALQ, 1999. p.120-125.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, v.71, p.1-49, 2001.

SHAVIV, A. Preparation methods and release mechanisms of controlled release fertilizers: agronomic efficiency and environmental significancy. **International Fertiliser Society**, v.41, p.1-35, 1999.

SHIFLETT, M.C.; BLACKSBURG, U.A.; NIEMIERA, A.X.; LEDA, C.E. Midseason reapplication of controlled release fertilizers affect 'Hellen' holly growth and N content of substrate solution and effluent. **Journal of Environmental Horticulture**, v.12, p.181-186, 1994.

SILVA, C.R.da.; SOUZA, Z.M.de. **Eficiência do uso de nutrientes em solos ácidos: manejo de nutrientes e uso pelas plantas**. 1998. [on line]. Disponível em: <  
<http://www.agr.feis.unesp.br/acido.htm> > Acesso em: 17/01/09 às 15 hrs.

SILVA JUNIOR, H.R.; LIMA, R.E.de.; PERIN, A. Adubação fosfatada com fertilizantes polimerizados na cultura da soja. In: II JORNADA DA PRODUÇÃO CIENTIFICA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA DA REGIÃO CENTRO-OESTE. **Anais...** Cuiba-MT: 2008, CD-ROM.

SOARES, A.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de triticale mais azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.01, p.43-51, 2002.

TRIVELIN, P.C.O; CABEZAS, W.A.R.L.; BOARETRO, A.E. **Dinâmica do nitrogênio de fertilizantes fluidos no sistema solo-planta**. In: Fertilizantes fluidos – Simpósio brasileiro de fertilizantes. Piracicaba: Potafós, 1994. 253-268p.

VIEIRA, B.A.R.M.de.; TEIXEIRA, M.M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, v.41, n.03, p.04-08, 2004.

VILLAS BÔAS, R.L.; BULL, L. T., FERNANDES, D. M. Fertilizantes em Fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 1 ed. p. 293-320.

VITTI, A.C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: Manejo e efeito na produtividade**. 2003. 114p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) Centro de Energia Nuclear na agricultura.

WU, L.; LIU, M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. **Carbohydrate Polymers**, v.72, n.02, p.240–247, 2008.

## **4. CAPÍTULO 1**

### **DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES REVESTIDOS POR POLÍMEROS NA CULTURA DA SOJA**

# DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES REVESTIDOS POR POLÍMEROS NA CULTURA DA SOJA

**Doses and periods of applications of coated polymers fertilizers in soybean crop**

## RESUMO

O trabalho objetivou comparar doses e épocas de aplicação de superfosfato triplo (SFT) cloreto de potássio (KCl) com e sem revestimento por polímero na cultura da soja em condições edafoclimáticas de cerrado. O experimento foi instalado em Rio Verde, GO em Latossolo Vermelho distroférico. Os tratamentos foram em esquema fatorial 2x2x2+1, constituído de duas fontes de fertilizantes (SFT e KCl com e sem revestimento por polímeros), duas doses (40 + 40 e 80 + 80 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O), e duas épocas de aplicação (15 dias antes da semeadura e na semeadura), além da testemunha sem adubação. Foi avaliada a produção de massa fresca e seca da parte aérea, o número de vagens por planta e a produtividade de grãos. A aplicação a lanço 15 dias antes da semeadura por meio de fertilizantes revestidos por polímeros, conferiu maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja em relação aos fertilizantes convencionais. Houve resposta à aplicação da adubação com P e K em todas as variáveis analisadas neste trabalho. Quando aplicados na semeadura, os FC e FRP conferiram valores semelhantes de massa seca e produtividade de grãos de soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, fertilizantes de liberação controlada, componentes do rendimento, fósforo, potássio, sistema plantio direto.

## ABSTRACT

The objective of this work was to compared times and rates application of triple superphosphate (SFP) and potassium chloride (KCl) with and without polymer coating in soybean in the cerrado environmental conditions. The experiment was installed in Rio Verde, GO, in Dystroferic Red Latosol. The treatments were in a factorial 2x2x2+1, constituted of two sources of fertilizer (SFP and KCl with and without polymer coating), two doses (40 + 40 and 80 + 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O), and two times of application (15 days before sowing and at sowing), and control without

fertilization. There were evaluated the production of fresh and dry shoot, the number of pods per plant and grain yield. The application 15 days before sowing using polymer coated fertilizer, has increased the dry matter yield, number of pods per plant and yield of soybeans compared to conventional fertilizer. There was a response to the application of fertilizer P and K in all variables analyzed in this work. When applied at sowing, the conventional fertilizer and polymer coated fertilizer gave the same dry matter yield and grain yield of soybeans.

**Key-words:** *Glycine max*, controlled release fertilizer, yield components, phosphorus, potassium, no-tillage system.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas oleaginosas de maior produção mundial, sendo cultivada em quase todo o território brasileiro, atingindo altos índices de produtividade (SEGATELLI, 2004). Um dos fatores que representam maior custo para o agricultor são os fertilizantes (GUARESCHI et al., 2008).

No Brasil, as estatísticas do aumento no consumo de fertilizantes mostram uma evolução média anual de 5,3%, a partir de 1987 até 2002, tendendo a aumentar com o passar dos anos (VEGRO & FERREIRA, 2004). O uso eficiente de fertilizantes minerais é o fator que, isoladamente, mais contribui para o aumento da produtividade agrícola. Em função das grandes quantidades envolvidas, a ineficiência no uso de fertilizantes representa uma perda econômica significativa (ISHERWOOD, 2000).

As exigências nutricionais de uma cultura podem ser supridas pelo fornecimento de doses equilibradas de fertilizantes, combinadas com a época e modo de aplicação. Assim, tais características definem a estratégia de adubação das culturas, que podem variar em função das condições de solo, da planta e do ambiente (MENDONÇA et al., 2007).

Em função da melhoria das condições físicas, químicas e biológicas e da introdução das culturas de cobertura, no sistema de plantio direto (SPD), existe possibilidade de adubação de todo o sistema de cultivo, com a antecipação da adubação, ao invés da adubação de base realizada, simultaneamente, à semeadura (SILVA & ROSOLEM, 2001; PAVINATO & CERETA, 2004; BERNARDI et al., 2009). A manutenção dos resíduos da parte aérea das espécies utilizadas como cobertura na superfície do solo no SPD, além de proporcionar aumentos da concentração de

diferentes ácidos orgânicos na camada superficial, pode beneficiar a ação da aplicação a lanço neste sistema, pela liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular durante a decomposição dos diferentes resíduos vegetais (AMARAL et al., 2004).

Matos et al. (2006) mencionam que atrasos operacionais durante a semeadura resultam em decréscimos na produtividade da cultura da soja e as grandes quantidades de fertilizantes aplicados na semeadura implicam em maior tempo e número de abastecimentos da semeadora, reduzindo sua capacidade operacional. Portanto, uma das alternativas é antecipar a adubação. Essa estratégia permite que o fertilizante seja aplicado antes da semeadura, reduzindo o tempo nas paradas para o abastecimento da semeadora-adubadora com este insumo, possibilitando, desta forma, aumento na receita líquida se comparado ao sistema tradicional, independentemente do período de semeadura.

A adubação antecipada, aplicada até cinco meses antes da semeadura na região de Uberlândia-MG sob um Latossolo vermelho eutrófico, não influenciou o rendimento de grãos da soja, quando comparada à aplicação de adubação na semeadura (LANA et al., 2003). Similarmente, Pöttker (1999) avaliou o efeito do teor de P do solo sobre a eficiência da adubação na linha de semeadura e a lanço na superfície do solo e concluiu que, para a soja, o modo de aplicação não interferiu no rendimento de grãos quando o teor de P no solo encontra-se médio ou alto. De acordo com Amoacy (2006) só é viável a adubação fosfatada em superfície, desde que o teor de P no solo, esteja em nível médio a alto, que não haja impedimento à infiltração e que a distribuição das chuvas seja homogênea, sendo assim para solos com baixos teores de P é recomendado adubação em sulco, em virtude das altas perdas de P por adsorção (SÁ, 2004).

A adubação com potássio na cultura da soja normalmente é realizada aplicando-se parte dos fertilizantes no sulco de semeadura e parte em cobertura (BERNARDI et al., 2009). Porém, em algumas condições, tais como grandes quantidades de fertilizante (doses acima de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) aplicado na semeadura, existe a possibilidade de antecipação dessa adubação, aplicando-se, a lanço, antes da semeadura. Por sua vez, a aplicação de altas doses de potássio (acima de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), no sulco de semeadura, deve ser evitada, devido ao efeito salino e, em algumas situações, em consequência das perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos, com baixa capacidade de troca de cátions (BERNARDI et al., 2009).

Segundo Vieira & Texeira (2004), fertilizantes revestidos por polímeros comparado com o uso de adubos sem revestimento, não diferem quanto a época de

aplicação em cultivo de cana-de-açúcar. As diferenças ocorrem quanto a eficiência da adubação, visto que fertilizantes com polímeros conferem menores perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação, ocasionando redução da dose a ser aplicada (ZAHIRANI, 2000). Essa maior eficiência é proporcionada pela estrutura dos grânulos dos fertilizantes revestidos por polímeros, os quais ao absorverem água do solo, solubilizam os nutrientes no interior das cápsulas, que são gradativamente liberados através da estrutura porosa na zona da raiz, de acordo com a necessidade das plantas (SHAVIV, 1999; HANAFI et al., 2000; TOMASZEWSKA et al., 2002).

Os fertilizantes revestidos por polímeros são recobertos por substâncias orgânicas, inorgânicas ou resinas sintéticas. Tais substâncias são, em sua maioria, derivadas de uréia, como poliamidas, enxofre elementar ou, ainda, polímeros das mais diversas naturezas. A espessura e a natureza química da resina de recobrimento, a quantidade 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).

A maioria dos trabalhos com fertilizantes de liberação controlada foi desenvolvida em outros países, sob condições diferentes do Brasil. Isto torna necessária a condução de experimentos envolvendo fertilizantes revestidos por polímeros em condições edafoclimáticas brasileiras, em especial em regiões que apresentam grande potencial à produção de grãos, a exemplo da região do cerrado. Tais trabalhos são importantes, porque permitem estabelecer relações custo-benefício, bem como quantificar a eficiência agrônômica da adubação, validando, dessa forma, o emprego desse tipo de fertilizante (GIRARDI & MOURÃO FILHO, 2003).

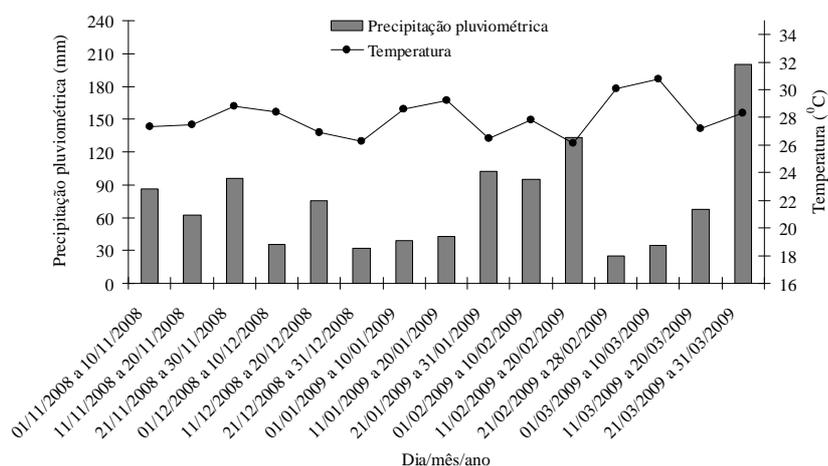
Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram comparar fontes, épocas de aplicação e doses de superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímero na produção de biomassa e rendimento de grãos de soja em condições edafoclimáticas do cerrado.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em solo Latossolo Vermelho distroférico do município de Rio Verde, GO, com localização geográfica de 20° 45' 53'' S e 51° 55' 53'' W, com altitude média de 748 m. Na caracterização química e física do solo na camada de 0,00 a 0,20 m, foram observados valores de  $\text{pH}_{(\text{em } \text{água})} = 6,3$ ;  $\text{C}_{\text{org}} = 30,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ;

$P_{(\text{Mehlich I})} = 8,7 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $K = 0,99 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Ca = 9,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Mg = 2,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Al = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $V\% = 70,5$  e textura argilosa ( $500 \text{ g kg}^{-1}$  de argila,  $120 \text{ g kg}^{-1}$  de silte e  $380 \text{ g kg}^{-1}$  de areia).

A temperatura e a precipitação pluviométrica ocorrida durante o período de condução do experimento se encontram na Figura 1.



**Figura 1.** Temperatura e precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento.

Os tratamentos foram em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2 + 1$ , com delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. O primeiro fator foram duas fontes de fertilizantes (fertilizantes convencionais - FC e fertilizantes revestidos por polímeros - FRP); o segundo fator foram duas doses [ $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  +  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (50% da dose recomendada - DR) e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  +  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (100% da dose recomendada - DR)]; o terceiro fator foram duas épocas de aplicação (semeadura e 15 dias antes da semeadura - DAS) e testemunha (sem fertilizante). Os FC utilizados foram superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl), e os FRP também foram SFT e KCl porém, estes eram revestidos por polímeros. Os tratamentos com adubação antecipada foram aplicados a lanço sobre a superfície do solo. As parcelas possuíam cinco fileiras com 4 m de comprimento.

O experimento foi instalado em sucessão à cultura do milho em SPD. As ervas invasoras foram dessecadas utilizando herbicida com glyphosate, na dose de  $960 \text{ g i.a ha}^{-1}$ . Antes da semeadura, as sementes foram tratadas utilizando o fungicida Carbendazin e o inseticida Fipronil, ambos na dose de  $0,8 \text{ L}$  para  $400 \text{ kg}$  de semente de

soja e posteriormente realizou-se a inoculação da soja com *Bradirizobium japonicum* estirpes Semia 587 e Semia 8079. A semeadura da soja cultivar BRS-316 [ciclo médio (126 a 137 dias) e hábito de crescimento determinado] foi realizada em 18/11/2008, distribuindo-se 14 sementes por metro no sulco no espaçamento de 0,45 m (311.000 plantas ha<sup>-1</sup>). Na ocasião, foi distribuída manualmente a adubação no sulco de semeadura de acordo com as doses de cada tratamento.

O controle de ervas invasoras em pós-emergência foi realizado utilizando os herbicidas Chlorimuron-ethyl (0,08 L ha<sup>-1</sup>) e Lactofen (0,75 L ha<sup>-1</sup>) aos 25 dias após a emergência (DAE). A partir dos 60 DAE, procurou-se identificar focos de ferrugem asiática. Neste período, foi aplicado o fungicida trifloxystrobin + ciproconazole (0,3 L ha<sup>-1</sup>), preventivamente, uma vez que a doença não foi encontrada. Juntamente com essa aplicação, foi realizado o controle de percevejos com uma aplicação do inseticida Permetrina (0,065 L ha<sup>-1</sup>). Doze dias após esta aplicação, foi aplicado fungicida azoxystrobin + ciproconazole (0,3 L ha<sup>-1</sup>).

Aos 60 DAE (estádio fenológico R2), foram realizadas avaliações de massa fresca (MF) e seca (MS) de parte aérea das plantas de soja, em que se procedeu o corte rente ao solo de plantas de soja contidas em área útil de 1,0 m<sup>2</sup>. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e a massa fresca foi determinada por meio de balança de precisão. Posteriormente, retirou-se uma amostra e acondicionou-a em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 65°C por 72 horas para quantificar a produção de MS da parte aérea das plantas.

Aos 115 DAE, foi realizada a colheita manual avaliando a massa de 1000 grãos (M1000), o número de vagens por planta (NVP) e a produtividade da cultura da soja. Para avaliação do NVP, foram separadas 10 plantas no momento da colheita e contadas a quantidade de vagens presentes em cada planta obtendo posteriormente as médias de cada tratamento. A avaliação da produtividade de soja foi realizada em uma área útil equivalente a 2 m<sup>2</sup> no centro da parcela. Após a colheita, os grãos colhidos em cada parcela foram beneficiados, pesados e a umidade determinada e corrigida para 13%. Após esta avaliação foi avaliado o peso de 1000 grãos, realizado através da contagem de 1000 grãos de cada tratamento e pesagem destes em balança de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey, a 5%), com o auxílio do software Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2002). Para a comparação dos fatores estudados versus o tratamento adicional (testemunha) foi utilizado o teste Dunnett, a 5% de probabilidade.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos permitiram constatar que não houve diferença significativa para M1000 em nenhum dos fatores avaliados. Da mesma forma, a produtividade de grãos não apresentou interação significativa entre fontes e doses de fertilizantes.

Pode-se constatar que as variáveis massa fresca, massa seca, número de vagens por planta e produtividade apresentaram diferença significativa entre tratamentos que receberam adubação versus a testemunha (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produção de massa fresca (MF), massa seca (MS), número de vagens por planta (NVP) e produtividade (PROD) da cultura da soja em função da aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	MF (Mg ha <sup>-1</sup> )	MS (Mg ha <sup>-1</sup> )	NVP	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
FC – 100% <sup>DR</sup> - na semeadura	15,12 a*	5,29 a	95 a	3.157 a
FC - 100% <sup>DR</sup> - 15 DAS	15,39 a	4,41 a	92 a	3.111 a
FC - 50% <sup>DR</sup> - na semeadura	12,46 a	3,57 b	77 a	3.055 a
FC - 50% <sup>DR</sup> - 15 DAS	12,69 a	4,99 a	65 b	2.893 a
FRP - 100% <sup>DR</sup> - na semeadura	15,37 a	4,65 a	119 a	3.221 a
FRP - 100% <sup>DR</sup> - 15 DAS	15,18 a	5,88 a	119 a	3.255 a
FRP - 50% <sup>DR</sup> - na semeadura	14,53 a	3,58 b	95 a	3.102 a
FRP - 50% <sup>DR</sup> - 15 DAS	12,22 a	4,46 a	91 a	3.180 a
Testemunha	9,68 b	2,83 b	62 b	2.495 b

\* Médias seguidas pela mesma letra, são estatisticamente iguais entre si (Dunnet, 5%).

A ausência de aplicação de P e K no tratamento testemunha prejudicou o desenvolvimento das plantas de soja e, em algumas variáveis, como a MS e o NVP, a dose de 50% da adubação propiciou resultados similares a testemunha. Desta forma, destaca-se a importância da adubação adequada para um bom desenvolvimento da cultura da soja. Tanaka et al. (1993) mencionam que o manejo eficiente da fertilidade

do solo, envolvendo correção da acidez e adubação, é um fator determinante da produtividade da soja.

A produção de MS de parte aérea apresentou interação significativa entre fontes e épocas de aplicação de fertilizantes (Tabela 2).

**Tabela 2.** Produção de massa seca (MS) de parte aérea das plantas de soja ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em sistema plantio direto, determinadas aos 60 DAE, decorrente da aplicação de fertilizantes com e sem revestimento por polímeros, aplicados a lanço antecipado (15 dias antes da semeadura) ou em semeadura.

Fonte Fertilizante	Antecipado	Semeadura
Sem polímeros	4,70 bA*	4,44 aA
Com polímeros	5,17 aA	4,12 aB
C.V (%)	9,54	

\* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são estatisticamente iguais entre si (Tukey, 5%).

A adubação com fertilizantes convencionais (FC) não apresentou diferença na produção de MS entre as duas épocas de aplicação. Resultados semelhantes foram encontrados por Francisco (2002), constatando que em nenhum dos estádios fenológicos analisados houve diferença na MS de parte aérea de soja decorrente da adubação antecipada com fertilizante convencional.

A utilização de FRP apresentou maior produção de MS do que os FC, quando estes foram aplicados a lanço antecipado. Diante de tal resultado, pode-se notar que o maior desenvolvimento das plantas é decorrente da maior disponibilidade de P e K proporcionado pelos FRP, que pode ter proporcionado uma liberação gradativa de P e K proporcionando um melhor aproveitamento desses nutrientes pelas plantas. Um dos fatores que conferem maior performance das plantas aos FRP é o fornecimento regular e contínuo de nutrientes às plantas, redução de perdas de potássio por lixiviação, e fósforo por adsorção (SHAVIV, 2001; MENDONÇA et al., 2004). Outrora, a aplicação de FC a lanço antecipado faz com que o fertilizante entre em contato direto com os colóides do solo, possibilitando adsorção e fixação de P, reduzindo o aproveitamento desse nutriente pela planta (GOMES et al., 2005).

Para o número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja, constatou-se interação significativa entre épocas e fontes de fertilizantes (Tabela 3).

**Tabela 3.** Número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos de soja em sistema plantio direto, decorrente da aplicação de fertilizantes com e sem revestimento por polímeros, aplicados a lanço antecipado (15 dias antes da semeadura) ou em semeadura.

Fonte Fertilizante	NVP		Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	A lanço antecipado	Semeadura	A lanço antecipado	Semeadura
Sem polímeros	78,62 bB	86,25 bA	3002,3 bB	3106,5 aA
Com polímeros	105,12 aA*	107,37 aA	3217,6 aA	3161,3 aA
C.V (%)	2,82		1,91	

\* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são estatisticamente iguais entre si (Tukey, 5%).

Ao utilizar o FC, nota-se que os maiores valores de número de vagens por planta (NVP) e produtividade foram obtidos quando estes fertilizantes foram aplicados na semeadura, enquanto com o emprego de FRP, o NVP e a produtividade proporcionaram resultados semelhantes entre as épocas de aplicação. Diante disso, é possível verificar que os FRP viabilizaram a aplicação antecipada proporcionando benefício de agilizar a operação de implantação da cultura da soja. Tais resultados estão de acordo com Vieira & Texeira (2004), em que mencionam que os FRP comparado com FC, diferem quanto a sua eficiência, porque os mesmos amenizam as perdas por lixiviação, volatilização e fixação.

Os FRP, independente da época de sua aplicação, produziram maior NVP que os FC (Tabela 3). Para a produtividade de grãos, nota-se que os FRP só geraram maior produtividade que os FC quando foram aplicados a lanço antecipado, enquanto a aplicação na semeadura, proporcionou produtividades semelhantes entre as duas fontes de fertilizantes. Esses resultados indicam que os FRP, por terem menores perdas por adsorção de P e lixiviação de K (SHAVIV, 2001; MENDONÇA et al., 2004), proporcionam uma melhor nutrição da planta quando os fertilizantes foram aplicados antecipadamente.

Ao considerar o preço da saca de soja a US\$ 18,53 (CEPEA, 2010), e que a aplicação a lanço de FRP gerou cerca de 3,6 sacas de 60 kg de soja a mais que a aplicação a lanço de FC, a utilização de FRP acarretou cerca de US\$ 66,70 ha<sup>-1</sup> a mais do que quando se utilizou FC. Porém, os FRP são aproximadamente 20% mais caros que os FC, o que segundo os cálculos realizados nas condições deste trabalho, a aplicação

de FRP gerou um gasto de U\$ 49,46 ha<sup>-1</sup> a mais do que quando se utilizou o FC. Diante destas informações, percebe-se que a aplicação a lanço de FRP gerou um lucro de U\$ 16,97 ha<sup>-1</sup> a mais que a utilização de FC.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Nas condições deste trabalho, a aplicação a lanço 15 dias antecipados à semeadura por meio de fertilizantes revestidos por polímeros, conferiu maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja em relação aos fertilizantes convencionais.

Houve resposta à aplicação da adubação com P e K em todas as variáveis, sendo a ausência de adubação prejudicial ao desenvolvimento da cultura da soja.

Quando aplicados na semeadura, os fertilizantes convencionais e os revestidos por polímeros conferiram valores semelhantes de massa seca e produtividade de grãos de soja.

A aplicação a lanço de FRP gerou um lucro de R\$ 30,21 ha<sup>-1</sup> a mais que a utilização de FC.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.01, p.115-123, 2004.

AMOACY, F.C. Plantio direto: adubação na superfície ou incorporada? 2006. Disponível em: <[www.plantiodireto.com.br/?body=cont\\_int&id=419](http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=419)>. Acesso em: 10 janeiro 2009.

BERNARDI, A.C.C.de.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P.; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G.S.; FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.02, p.158-167, 2009.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). **Indicadores de preços**. 2010. [on line]. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/soja/> >. Acesso em: 18/03/2010 as 21 h.

FRANCISCO, E.A.B. **Antecipação da adubação da soja na cultura de Eleusine coracana (L.) Gaertn., em sistema de plantio direto**. 2002. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

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.

GOMES, J.A.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SAGRILO, E.; MORA, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. [Acta Scientiarum Agronomy](#), v.27, n.03, p.521-529, 2005.

GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; SOUCHIE, E.L.; ROCHA, A.C. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.04, p.93-98, 2008.

HANAFI, M.M.; ELTAIB, S.M.; AHMAD, M.B. Physical and chemical characteristics of controlled release compound fertilizer. *European Polymer Journal*, v.36, n.03, p.2081–2088, 2000.

ISHERWOOD, K.F. **Mineral fertilizer use and the environment**. 1.ed. Paris: IFA/UNEP, 2000. 106p.

KAPPES, C.; FERREIRA, J.P. Fertilizantes de liberação gradual Inovação na agricultura. **Revista Campo e Negócios**, v.04, n.47, p.04-09, 2009.

LANA, R.M.Q.; VILELA FILHO, C.E.; ZANÃO JÚNIOR, L.A. Adubação superficial com fósforo e potássio para a soja em diferentes épocas em pré-semeadura na instalação do plantio direto. **Scientia Agricola**, v.04, n. 1-2, p. 53-60, 2003.

MATOS, M.A.; SALVI, J.V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.02, p.493-501, 2006.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; GONTIJO, T.C.A.; MARTINS, P.C.C.; DANTAS, D.J.; PIO, R.; ABREU, N.A.A. Osmocote® e substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.04, p.799-806, 2004.

MENDONÇA, V.; TOSTA, M.S.; MACHADO, J.R.; GOULART JÚNIOR, S.A.R.; TOSTA, J.S.; BISCARO, G.A. Fertilizante de liberação lenta na formação de mudas de maracujazeiro 'amarelo'. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.02, p.344-348, 2007.

PAVINATO, P.S.; CERETTA, C.A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, v.34, n.06, p.1779-1784, 2004.

PÖTTKER, D. Modos de aplicação de fósforo para uma seqüência de culturas em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.53, n.05, p.15, out. 1999.

SÁ, J.C.M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais...** Piracicaba: 2004. p.201-222.

SEGATELLI, C.R. **Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura da Euleunice coracana**. 2004. 72p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SHAVIV, A. Preparation methods and release mechanisms of controlled release fertilizers: agronomic efficiency and environmental significancy. **Proceedings of the Fertiliser Society**, v.41, n.03, p.1-35, 1999.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, v.71, n.05, p.1-49, 2001.

SILVA, F.A.S.de.; AZEVEDO, C.A.V.de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.04, n.01, p.71-78, 2002.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n. 10, p.1269-1275, 2001.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H. A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: \_\_\_\_\_. **Cultura da soja nos cerrados**. 1.ed. Piracicaba: Potafos, 1993. 105-135 p.

TOMASZEWSKA, M.; JARPSOEWICZ, A.; KARAKKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Deslination**, v.146, n.03, p.319-323, 2002.

VEGRO, C. L. R.; FERREIRA, C.R.R. Evolução do consumo de fertilizantes no estado do Mato Grosso. **Informações Econômicas**, v.34, n.02, p.07-14, 2004.

VIEIRA, B.A.R.M.de.; TEIXEIRA, M.M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, v.41, n.03, p.04-08, 2004.

ZAHRANI, S. Utilization of polyethylene and paraffin waxes as controlled delivery systems for different fertilizers. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v.39, n.03, p.367-371, 2000.

## **5. CAPÍTULO 2**

# **APLICAÇÃO DE URÉIA REVESTIDA POR POLÍMEROS NA CULTURA DO MILHO**

# APLICAÇÃO DE URÉIA REVESTIDA POR POLÍMEROS NA CULTURA DO MILHO

## Urea application coated by polymer in maize crop

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de milho cultivado no sistema plantio direto, com uso de uréia revestida por polímeros. O experimento foi conduzido em Rio Verde, GO, em solo Latossolo Vermelho distroférico. Foi adotado o esquema fatorial de 2x2+1, constituído por duas fontes fertilizantes (uréia e uréia revestida por polímeros), duas doses de N (75 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), e testemunha (sem N-fertilizante). Avaliou-se o comprimento e diâmetro de espigas, produção de biomassa fresca e seca de parte aérea, massa de 1000 grãos e produtividade. Nas condições deste trabalho, a utilização de 150 kg N ha<sup>-1</sup> com uréia revestida por polímeros apresentaram maior produtividade de milho quando comparado a uréia sem revestimento. Os resultados permitiram constatar que houve resposta à aplicação da adubação com N em todas as variáveis, sendo a falta de adubação nitrogenada prejudicial ao desenvolvimento da cultura do milho. O comprimento de espigas e a massa de 1000 grãos de milho foram maiores com a aplicação de uréia revestida por polímeros.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, componentes do rendimento, adubação nitrogenada, adubação de cobertura, sistema plantio direto.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the performance of maize under zero tillage, resulting from the polymer coated urea application. The experiment was conducted in Rio Verde, GO, in Dystroferric Red Latosol. The treatments were a factorial scheme 2x2+1, constituted of two fertilizer sources (urea and polymer coated urea), two nitrogen levels (75 and 150 kg ha<sup>-1</sup>) and control (no N- fertilizer). There were evaluated the length and diameter of heads, fresh and weight biomass yield, weight of 1000 grains and yield. In the conditions of work, the use of 150 kg N ha<sup>-1</sup> with polymer coated urea increased the maize yield compared to uncoated urea. There was a response to the application of N fertilization in all variables, and the absence of N was detrimental to

the maize performance. The heads length and the weight of 1000 grains of maize were higher with the application of polymer coated urea.

**Key-words:** *Zea mays*, income components, nitrogen fertilization, sidedress fertilization, no-tillage system.

## 5.1 INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas de maior importância econômica e das mais estudadas por causa do valor nutricional de seus grãos e de sua importância na alimentação humana, animal e matéria-prima para a indústria (MEIRAL et al., 2009).

O nitrogênio (N) é o nutriente extraído em maior quantidade pelo milho, exercendo grande influência na produtividade de grãos, e também onerando o custo de produção da cultura (SILVA et al., 2005). O N aplicado ao solo na forma de fertilizantes minerais segue diferentes caminhos: uma parte é absorvida pelas plantas, e outra parte é perdida no sistema solo-planta por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação (LARA CABEZAS et al., 2000); o restante permanece no solo, predominantemente na forma orgânica (SILVA et al., 2006).

A eficiência da adubação nitrogenada é em torno de 44% (GAVA et al., 2006). Essa baixa eficiência advém das perdas de N via lixiviação ou volatilização, pela inadequação entre o período de fertilização e período de demanda nutricional da planta, existindo, assim, estreita dependência aos fatores de manejo dos fertilizantes, como incorporação ou aplicação em condições ideais de umidade do solo (GIRARDI & MOURÃO FILHO, 2003). Atualmente, a crescente preocupação com a poluição dos recursos hídricos e atmosféricos pelo uso de N-fertilizante, associado ao elevado custo energético para sua obtenção, tem estimulado a busca de alternativas que possibilitem maior eficiência da adubação nitrogenada (AMADO et al., 2002).

Blaylock (2007) menciona que os polímeros utilizados para o revestimento dos fertilizantes são poliuretanos e poliolefinas, sendo que a liberação do nutriente se dá através da difusão pela camada de cobertura, determinada pela característica química do polímero, da espessura, do processo de cobertura e da temperatura do meio. Os polímeros propiciam condições de controle e podem ser produzidos para sincronizar a liberação dos nutrientes de acordo com as necessidades nutricionais das plantas ao longo do ciclo de cultivo.

Fertilizantes revestidos por polímeros comparados com o uso de adubação convencional, não apresentam diferenças quanto à época de aplicação (VIEIRA &

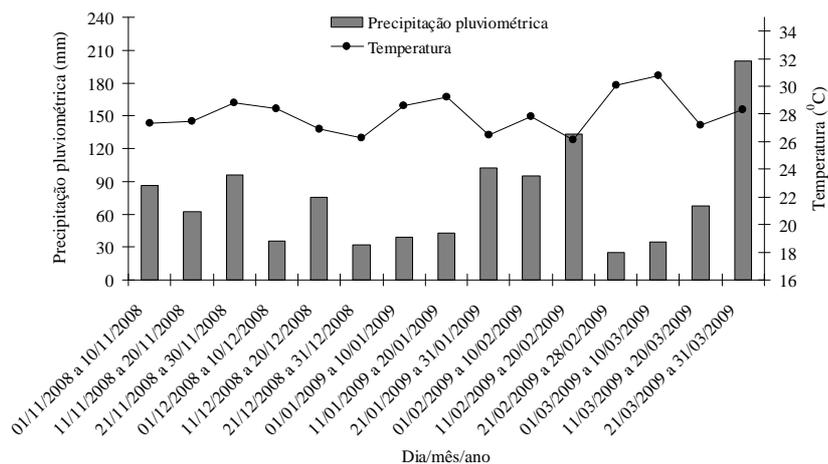
TEXEIRA, 2004). As mudanças ocorrem quanto à eficiência da adubação, pois com fertilizantes revestidos por polímeros busca-se reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação e volatilização, ocasionando redução da dose (ZHRANI, 2000). Essa maior eficiência é proporcionada pela estrutura dos grânulos dos fertilizantes revestidos por polímeros, os quais ao absorverem água do solo, solubilizam os nutrientes no interior das cápsulas, que são liberados através da estrutura porosa na zona da raiz, de acordo com a necessidade das plantas (TOMASZEWSKA et al., 2002).

A maioria dos trabalhos com fertilizantes de liberação controlada foi desenvolvida em outros países, sob condições edafoclimáticas diferentes do Brasil. Dessa forma, é necessário a realização de trabalhos, em especial em regiões que apresentam grande potencial à produção de grãos, a exemplo da região de cerrado (GIRARDI & MOURÃO FILHO, 2003). Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de milho no sistema plantio direto, decorrente da aplicação de uréia revestida por polímeros.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho distroférico, no município de Rio Verde-GO, com localização geográfica de 20° 45' 53''S e 51° 55' 53''W, com altitude média de 748 m. Na caracterização química e física do solo na camada de 0,00 a 0,20 m foram observados valores de pH (em água) = 6,3; C<sub>org</sub> = 30,1 mg dm<sup>-3</sup>; P<sub>(Mehlich I)</sub> = 8,7 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,99 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 9,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,73 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V% = 70,5 e textura argilosa (500 g kg<sup>-1</sup> de argila, 120 g kg<sup>-1</sup> de silte e 380 g kg<sup>-1</sup> de areia).

A temperatura e a precipitação pluviométrica ocorrida durante o período de condução do experimento se encontram na Figura 1.



**Figura 1.** Temperatura e precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento.

O experimento foi instalado em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial  $2 \times 2 + 1$ : duas doses de N ( $75$  e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) x duas fontes de N (uréia convencional - UC e uréia revestida por polímeros - URP) e testemunha (sem N-fertilizante). Cada parcela foi composta por quatro linhas, espaçadas de  $0,9 \text{ m}$  e com quatro metros de comprimento.

As ervas daninhas foram dessecadas em  $17/11/2008$ , utilizando glyphosate na dose de  $960 \text{ g.i.a ha}^{-1}$ . A semeadura ocorreu em  $18/11/2008$ , utilizando o híbrido de milho Impacto® (híbrido simples, grão de cor alaranjado, grão de textura dura) na população de  $55000 \text{ plantas ha}^{-1}$ . A adubação de semeadura foi de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , utilizando-se o superfosfato triplo e o cloreto de potássio como fonte, e  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de N de cada tratamento, exceto na testemunha. A emergência do milho ocorreu seis dias após a semeadura. Em relação à aplicação da adubação nitrogenada, 25% da dose de cada tratamento foi aplicado junto à semeadura e os outros 75% foram aplicados em adubação de cobertura aos 25 dias após a emergência (DAE), quando o milho apresentava seis folhas completamente desenvolvidas. A aplicação em cobertura foi realizada manualmente, sendo a aplicação incorporada a  $5 \text{ cm}$  de profundidade e  $20 \text{ cm}$  ao lado da linha de semeadura.

Aos 25 DAE foi aplicado  $16 \text{ g i.a ha}^{-1}$  de nicossulfuron +  $1250 \text{ g i.a ha}^{-1}$  de atrazina para o controle de plantas daninhas. Adicionalmente, foi aplicado  $0,0125 \text{ L i.a ha}^{-1}$  de permethrin para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), esta aplicação foi repetida aos 70 DAE.

Para avaliação de produção da massa fresca (MF) de parte aérea de plantas, procedeu-se o corte rente ao solo e pesagem das plantas de milho contidas em 0,5 m de fileira aos 70 DAE. Em seguida, retirou-se uma amostra de 100 g de massa fresca, sendo nas proporções de 50g de caule e 50g de folhas, essa foi acondicionado em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 65 °C por 72 horas, para estimar a produção de massa seca (MS) das plantas. Na colheita (140 DAE), foram determinados a massa de 1000 grãos (M1000), o comprimento (CE) e diâmetro (DE) de espigas, e a produtividade de milho com a umidade corrigida para 13%. O CE foi determinado com uso de uma régua graduada e o DE foi medido no terço médio das espigas, com uso de um paquímetro.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey, a 5%), com o auxílio do software Assistat (SILVA et al., 2002). Para a comparação dos fatores estudados versus a testemunha, foi utilizado o teste de Dunnet, a 5% de probabilidade.

### **5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não foi constatada interação significativa entre as fontes e doses de N para as variáveis MF e MS. Pode-se constatar através da análise de variância, que todas as variáveis analisadas apresentaram diferença significativa quando comparadas com a testemunha (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produção de massa fresca (MF), massa seca (MS), comprimento de espigas (CE), diâmetro de espigas (DE), massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade (PROD) da cultura do milho em função da aplicação dos tratamentos na cultura do milho.

Tratamentos	MF (Mg ha <sup>-1</sup> )	MS (Mg ha <sup>-1</sup> )	DE (mm)	CE (mm)	M1000 (g)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
Uréia 75 kg ha <sup>-1</sup>	5,97 a*	1,35 a	50,32 a	14,40 a	338 a	8368 a
Uréia 150 kg ha <sup>-1</sup>	7,38 a	1,68 a	50,41 a	14,86 a	347 a	8451 a
Uréia com Polímero 75 kg ha <sup>-1</sup>	6,25 a	1,32 a	49,90 a	15,19 a	339 a	8417 a
Uréia com Polímero 150 kg ha <sup>-1</sup>	7,49 a	1,65 a	51,55 a	16,87 a	378 a	9736 a
Testemunha	3,31 b	0,87 b	44,03 b	9,42 b	315 b	3680 b

\* Médias seguidas pela mesma letra, são estatisticamente iguais entre si (Dunnet, a 5%).

A ausência de N-fertilizante (testemunha) prejudicou o desenvolvimento das plantas de milho (Tabela 1), destacando a importância do N-fertilizante na cultura. O N é o elemento mineral presente em maior concentração nas plantas, perfazendo 1,5% da MS, sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetativo (TAIZ & ZEIGER, 2004). Pereira et al. (1999) afirmam que o N interfere no crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, as quais, direta ou indiretamente, afetam a produtividade da cultura.

Interações significativas entre doses e fontes de N-fertilizante foram evidenciadas para CE e M1000 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comprimento de espiga (CE) e massa de 1000 grãos (M1000) em função de fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto.

Fonte Fertilizante	CE (cm)		M1000 (g)	
	75 kg N ha <sup>-1</sup>	150 kg N ha <sup>-1</sup>	75 kg N ha <sup>-1</sup>	150 kg N ha <sup>-1</sup>
Uréia	14,8 bB*	14,4 bA	338,3 bA	327,5 bB
Uréia com Polímero	15,2 aB	16,8 aA	378,3 aA	340,0 aB
C.V (%)	1,89		3,31	

\* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são estatisticamente iguais entre si (Tukey 5%).

Observam-se maiores valores de CE e M1000 com utilização de URP em relação à UC, independente da dose utilizada. Isto pode estar relacionado com a maior disponibilidade de N que a URP fornece as plantas, proporcionado pelas menores perdas de N por volatilização e lixiviação. Segundo Mendonça et al. (2004), a maior eficiência de fertilizantes revestidos por polímeros em relação à utilização de adubos solúveis ou solução nutritiva, é decorrente da diminuição de perdas de nutrientes. Verificou-se também maior comprimento de espiga com o aumento da dose de 75 kg N ha<sup>-1</sup> para 150 kg N ha<sup>-1</sup> em ambas as fontes de N utilizadas. Isso pode ser explicado devido o milho responder a adubação nitrogenada com incremento em várias características como número, comprimento e diâmetro de espigas, massa dos grãos e produtividade (DURIEX et al., 1993; ROS et al., 2003).

A massa de 1000 grãos, independente da fonte de N utilizada, foi maior na dose de 75 kg N ha<sup>-1</sup>. Diante disso, observa-se que o aumento da dose não acarretou aumento na massa de 1000 grãos, pois o aumento do CE proporcionou maior número de grãos por espiga, reduzindo assim a M1000.

A produtividade de milho apresentou interação significativa entre doses e fontes de N-fertilizante (Tabela 3).

**Tabela 3.** Produtividade da cultura do milho em função de fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto.

Fonte Fertilizante	Produtividade de Grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	75 kg N ha <sup>-1</sup>	150 kg N ha <sup>-1</sup>
Uréia	8368 aA*	8451 bA
Uréia com Polímero	8417 aB	9736 aA
C.V (%)	3,05	

\* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são estatisticamente iguais entre si (Tukey, a 5%).

Observa-se que a aplicação de 75 kg N ha<sup>-1</sup> não proporcionou diferença significativa da produtividade entre as fontes de N, porém com o aumento da dose para 150 kg N ha<sup>-1</sup>, URP gerou maior produtividade que a UC. Ao utilizar a UC como fonte de N, não foi constatada diferença de doses de N sobre a produtividade de milho. Isto pode ser justificado pelas perdas de N por volatilização. Entretanto, ao utilizar URP houve aumento de produtividade com o aumento da dose, demonstrando que a URP é mais eficiente no fornecimento de N para as plantas de milho. Segundo Mendonça et al. (2004), a maior eficiência de fertilizantes revestidos por polímeros em relação à utilização de adubos solúveis, é decorrente da diminuição de perdas de nutrientes.

O uso de URP na cultura do milho cultivado no verão, possivelmente reduziu perdas de N por volatilização ou lixiviação, permitindo aumento de produtividade de grãos com a elevação da dose. No entanto, o avanço de estudos dessa natureza, em especial que quantifiquem a percentagem de aproveitamento pelas culturas e também as taxas de volatilização e lixiviação decorrentes do emprego de N-fertilizante com revestimento por polímeros, são de extrema valia nos sistemas de produção agrícola.

Constatou-se que o CE, a M1000 e a produtividade apresentaram resultados distintos entre as fontes de N avaliadas neste trabalho. Com a URP, obtiveram-se maiores valores de CE (independentemente da dose), M1000 (independentemente da dose) e produtividade (na dose de 150 kg N ha<sup>-1</sup>) do que com a UC. Os fertilizantes revestidos por polímeros são relativamente mais caros que os convencionais

(BLAYLOCK, 2007). Por isso, a maior eficiência destes fertilizantes é instrumento crucial para estímulo ao seu uso na agricultura.

Ao considerar o preço da saca de milho a U\$10,39 (CEPEA, 2010) e que a aplicação de 150 kg N ha<sup>-1</sup> com URP gerou cerca de 21,4 sacas de 60 kg de milho a mais que a aplicação da UC na mesma dose, a utilização de URP acarretou cerca de U\$ 222,41 ha<sup>-1</sup> a mais do que quando se utilizou UC. Porém, a URP é aproximadamente 25% mais cara que a UC, o que segundo os cálculos realizados nas condições deste trabalho, a aplicação de URP gerou um gasto de U\$ 22,79 ha<sup>-1</sup> a mais do que quando se utilizou o FC. Diante destas informações, percebe-se que a aplicação a lanço de FRP gerou um lucro de U\$ 199,62 ha<sup>-1</sup> a mais que a utilização de FC.

#### 5.4 CONCLUSÕES

Nas condições deste trabalho, a utilização de 150 kg N ha<sup>-1</sup> com uréia revestida por polímeros apresentou maior produtividade de milho quando comparado a uréia sem revestimento.

Houve resposta à aplicação da adubação com N em todas as variáveis analisadas.

O comprimento de espigas e a massa de 1000 grãos de milho foram maiores com a aplicação de uréia revestida por polímeros.

A aplicação a lanço de FRP gerou um lucro de R\$ 259,27 ha<sup>-1</sup> a mais que a utilização de FC.

#### 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.01, p.241-248, 2002.

BLAYLOCK, A. O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. **Informações Agrônomicas**, v.120, n.01, p.08-10, 2007.

Centro de estudos avançados em economia aplicada (CEPEA). **Indicadores de preços**. 2010. [on line]. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/milho/> >. Acesso em: 18/03/2010 as 21 h.

DURIEX, R.P.; KAMPRATH, E.J.; MOOL, R.H. Yield contribution of apical and subapical ears in prolific and nonprolific corn. **Agronomy Journal**, v.85, n.03, p.606-610, 1993.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; HEINRICH, R.; SILVA, M.A. Balanço do nitrogênio da uréia ( $^{15}\text{N}$ ) no sistema solo-planta na implantação da semeadura direta na cultura do milho. **Bragantia**, v.65, n.03, p.477-486, 2006.

GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A. Emprego de fertilizantes de liberação controlada na formação de pomares de citros. **Revista Laranja**, v.24, n.2, p.507-518, 2003.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNODÖRF, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.01, p.363-376, 2000.

MEIRAL, F.A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.02, p.275-284, 2009.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; GONTIJO, T.C.A.; MARTINS, P.C.C.; DANTAS, D.J.; PIO, R.; ABREU, N.A.A. Osmocote® e substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.04, p.799-806, 2004.

PEREIRA, S.L. ; ARAÚJO, G.A..A.; SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P.R. Efeitos da adubação nitrogenada e molíbdica sobre a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.04, p.791-799, 1999.

ROS, C.O.; SALET, R.L.; PORN, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade do nitrogênio e produtividade do milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, n.05, p.799-804, 2003.

SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.03, p.353-362, 2005.

SILVA, F.A.S.de.; AZEVEDO, C.A.V.de. Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.04, n.01, p.71-78, 2002.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P.C.O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.03, p.477-486, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TOMASZEWSKA, M.; JARPSOEWICZ, A.; KARAKKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Deslination**, v.146, n.03, p.319-323, 2002.

VIEIRA, B.A.R.M.de.; TEIXEIRA, M.M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, v.03, n.41, p.04-08, 2004.

ZAHRANI, S. Utilization of polyethylene and paraffin waxes as controlled delivery systems for different fertilizers. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v.39, n.02, p.367-371, 2000.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados encontrados neste trabalho, pode-se observar que o fertilizante convencional quando aplicado antecipadamente a semeadura da cultura da soja, ficou exposto por um maior período a perdas, principalmente adsorção de P. Isto pode ter acarretado uma menor disponibilidade de P às plantas de soja, resultando em uma menor produtividade de grãos, enquanto a aplicação de fertilizante revestido por polímero, por manter os nutrientes protegidos, reduziu as perdas de P e desta forma gerou uma nutrição adequada às plantas de soja, manifestando uma maior produtividade de grãos.

Quando aplicado na semeadura, os fertilizantes testados neste trabalho, independente da dose utilizada, proporcionaram a mesma produtividade de soja. Sendo assim, devido ao maior custo de aquisição dos fertilizantes revestidos por polímeros, a aplicação destes junto à semeadura não foi economicamente rentável para a adubação de P e K na cultura da soja.

Antes de se recomendar atributos técnicos à aplicação dos fertilizantes revestidos por polímeros, demais experimentos devem ser realizados em diferentes condições edafoclimáticas com estes fertilizantes, porque tanto o tipo do solo, fertilidade do solo, como as condições climáticas da região pode afetar a eficiência desse insumo, podendo variar as repostas de produtividade das culturas anuais.

Quanto a resposta da aplicação da uréia revestida por polímeros na cultura do milho, a utilização de  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  com uréia revestida apresentou maior produtividade de milho quando comparado a uréia sem revestimento. Este resultado mostra que a uréia revestida por polímeros promoveu uma maior disponibilidade de N às plantas de milho, possivelmente em virtude das menores perdas que este tipo de fertilizante promove.

Futuros trabalhos que visem reduzir o custo do revestimento desses fertilizantes podem unir os dois principais fatores que rendem lucro aos produtores, que é aumentar a produtividade da cultura sem aumentar o custo de produção.

Mais pesquisas devem ser realizadas com a aplicação de uréia revestida por polímeros, principalmente em diferentes classes de solo, manejo do solo (sistema plantio direto e convencional) e em diferentes formas de cultivo (safra de verão, safrinha e irrigado). Todas estas pesquisas irão proporcionar informações para uma melhor recomendação de adubação com estes fertilizantes.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)