

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**CAMPUS JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA DO  
MILHO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO  
EM JATAÍ – GOIÁS**

**Ederson Antonio Civardi**

Engenheiro Agrônomo

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Agosto de 2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**CAMPUS JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA DO  
MILHO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO  
EM JATAÍ – GOIÁS**

**Ederson Antonio Civardi**

**Orientador: Prof. Dr. Américo Nunes da Silveira Neto**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Vilmar Antonio Ragagnin**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás – UFG, *Campus* Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Agosto de 2009

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(BSCAJ/UFG)**

C499a

Civardi, Ederson Antonio.

Adubação nitrogenada em cobertura do milho em Neossolo Quartzarênico em Jataí - Goiás [manuscrito] / Ederson Antonio Civardi. - 2009.

57 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Américo Nunes da Silveira Neto.

Co-orientador: Prof. Dr. Vilmar Antonio Ragagnin.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2009.

Bibliografia.

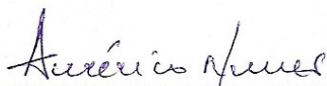
1. Custo de Produção. 2. Uréia revestida. 3. Polímeros. 4. Volatilização de NH<sub>3</sub>. 5. *Zea mays* L. I. Título.

CDU: 631.8(817.3Jataí)

**EDERSON ANTONIO CIVARDI**

**TÍTULO: “ Adubação Nitrogenada em Cobertura do Milho em  
Neossolo Quartzarênico em Jataí-Goiás ”**

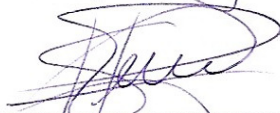
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 14 de agosto de 2009, pela  
Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Américo Nunes da Silveira Neto  
Presidente – CAJ/UFG



Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro  
Membro – UFG/GYN



Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira  
Membro – CAJ/UFG

Jataí - Goiás  
Brasil

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**EDERSON ANTONIO CIVARDI** – nascido em Colorado, Rio Grande do Sul no dia 11 de junho de 1971, filho de Adolino Civardi e de Dileta Zanotto Civardi. Em 1988 concluiu o curso técnico profissionalizante em Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Sertão, Sertão - RS. Em 1990 ingressou no curso de Agronomia na Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo – RS, formando-se em 1994 como Engenheiro Agrônomo. No ano de 1995 a 1996, trabalhou na Cooperativa Agrícola Mista Rondon Ltda. – Copagril, em Marechal Cândido Rondon – PR. De 1996 a 2007 atuou como responsável técnico para o Grupo Mantelli/Zanuzzi, nas Fazendas: Colorado, Bom Jardim, Jatobá e outras, nos municípios de Rio Verde e Jataí – GO, onde trabalhou com as culturas de soja, milho verão e inverno, sorgo, girassol, canola, mamona, etc. Em março de 2007, ingressou no programa de pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, em Jataí - GO, iniciando o curso de Mestrado em Produção Vegetal. Submetendo a defesa de dissertação em 14 de agosto de 2009.

*"Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Há aqueles que lutam muitos anos e são muito bons.  
Mas há os que lutam toda a vida,  
estes são imprescindíveis."*

Bertolt Brecht

*A Deus, por ter me concedido a oportunidade de viver e aprender.  
Aos meus avôs Theodoro Bortolo Zanotto e Rosa Maria Guareschi Zanotto, Herminio  
Paschoal Civardi e Virginia Joana Cima Civardi (in memoriam), pelo exemplo de vida.  
A minha família, em especial aos meus queridos pais, Adolino e Dileta, pelo apoio,  
amor, confiança e carinho oferecido em todas as fases de minha vida.  
Ao meu irmão Evandro e irmã Anamaris, pela eterna amizade e por acreditarem em  
meus ideais.  
À Jaqueline, pela compreensão, paciência, companheirismo, amor e incentivo.  
Os meus amados filhos: Giuliana e Alexandre.  
Aos amigos e colegas que estiveram comigo nesta caminhada.*

**OFEREÇO E DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por tudo que tenho e o que sou; pela oportunidade de viver e de realizar esse sonho.

Aos meus pais, por todo amor, pelos ensinamentos e incentivos, por acreditarem em mim e por ser a luz de meu caminho.

Agradeço a toda minha família, em especial aos meus estimados irmãos Evandro e Anamaris, minha base e meu exemplo.

Agradeço a minha esposa Jaqueline, por todo amor, pela ajuda em todos os momentos e por me incentivar sempre.

A Giuliana e Alexandre, queridos filhos, pela alegria e felicidade que me proporcionam a cada dia.

Aos professores Dr. Américo Nunes da Silveira Neto e Dr. Vilmar Antonio Ragagnin pela amizade, apoio, orientação e compreensão, imprescindíveis na realização deste trabalho.

A Universidade Federal de Goiás, em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Campus de Jataí, através do Professor Marco Aurélio Carbone Carneiro, pela oportunidade de realização do curso.

Agradeço a todos os professores e professoras, pela amizade e pelos ensinamentos.

Agradeço também ao Senhor Gomercindo Zanuzzi pela amizade e oportunidade de realizar os estudos em sua propriedade rural. Bem como a Edacir Angelo Palharini e todos os funcionários da fazenda Bom Jardim que auxiliaram na execução deste trabalho á campo.

Agradeço a todos os amigos, colegas de curso, alunos de graduação e funcionários, pelo auxílio indispensável na execução deste trabalho. Principalmente aos alunos de graduação Eloene R. Godoy e Elias Brod.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta e indireta para o desenvolvimento deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	iii
SUMMARY .....	iv
1. INTRODUÇÃO .....	05
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	07
2.1. Importância da cultura do milho e do nitrogênio para essa cultura ..	07
2.2. A uréia como fonte de nitrogênio: vantagens e desvantagens .....	09
2.3. Perdas do nitrogênio no solo .....	11
2.3.1. Volatilização da amônia .....	12
2.4. Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados .....	16
2.5. Grupos de fertilizantes com eficiência aumentada .....	18
2.5.1. Fertilizantes de liberação lenta .....	18
2.5.2. Fertilizantes estabilizados .....	19
2.5.3. Estudos com fertilizantes com a eficiência aumentada .....	19
2.6. Polímeros .....	21
2.7. Aspectos econômicos .....	22
3. MATERIAL E METODOS .....	24
3.1. Caracterização do local e da área experimental .....	24
3.2. Genótipo empregado .....	24
3.3. Solos .....	25
3.4. Dados climatológicos .....	26
3.5. Caracterização do experimento .....	27
3.6. Delineamento experimental .....	29
3.7. Condução do experimento .....	31
3.7.1. Preparo do solo .....	31
3.7.2. Adubação e semeadura do milho .....	32
3.8. Variáveis analisadas .....	34
3.8.1. Componentes de produtividade .....	34
3.8.2. Análise econômica .....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1. Análises econômicas .....	44

5. CONCLUSÕES .....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
7. ANEXOS .....	55

## ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA DO MILHO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO EM JATAÍ – GOIÁS

**RESUMO** – A uréia aplicada sobre a superfície do solo apresenta elevadas perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ . O uso de polímeros recobrando grânulos de uréia é uma alternativa de manejo para reduzir as perdas por volatilização. O presente trabalho foi desenvolvido em lavoura comercial de milho (*Zea mays* L.), em um Neossolo Quartzarênico, com 6% de argila, na safra 2007/2008, no município de Jataí, GO. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da combinação de dois tipos de fertilizantes: uréia comum e uréia revestida com polímeros; com a forma de aplicação: incorporada e superficial e de diferentes doses destes fertilizantes nitrogenados. Além do uso de dois produtos comerciais utilizados para fornecimento de micronutrientes via semente (MVS) para o milho. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, no esquema em faixas, com 4 repetições, e 6 tratamentos. Os MVS foram aplicados no momento da semeadura do milho, já os tratamentos com uréia foram aplicados em cobertura no estágio  $V_5$  do milho. Foram avaliados os componentes de produção, a estimativa de custo de produção, a receita bruta, o lucro obtido e a relação entre receita sobre custos de produção (RRCP) com finalidade de contribuir com a tomada de decisão sobre o melhor manejo. Não houve influência dos tratamentos com MVS em todas as variáveis estudadas. O máximo rendimento de grãos ( $8.278 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi obtido com a uréia comum incorporada ao solo em sua maior dose e onde apresentou o melhor lucro  $779,44 \text{ R\$ ha}^{-1}$  e a melhor RRCP de 1,37. Este mesmo tratamento propiciou incremento de  $365,94 \text{ R\$ ha}^{-1}$  em comparação a uréia revestida com polímeros, em sua maior dose e aplicada em superfície.

**Palavras-chave:** custo de produção, polímeros, rendimento, uréia revestida, volatilização de  $\text{NH}_3$ , *Zea mays* L.

## NITROGEN FERTILIZATION IN COVERING OF THE CORN IN QUARTZIPSAMMENT SOIL IN JATAÍ - GOIÁS

**SUMMARY** - The urea applied on the surface of the soil presents high losses of N for  $\text{NH}_3$  volatilization. The use of polymeric covering urea granules is a handling alternative to reduce the losses for volatilization. The present work was developed in a commercial corn farm (*Zea mays* L.), in a Quartzipsamment Soil, with 6% of clay, in the harvest of 2007/2008, in Jataí, GO. The objective of this work was to evaluate the efficiency of the combination of two types of fertilizers: common urea and urea covered with polymeric; with the application form: incorporate and superficial and of different portions of those nitrogens fertilizers. Besides the use of two commercial products used for micronutrients supply through seed (MVS) for the corn. The experimental design used was the randomized blocks, in strips schemes, with 4 repetitions, and 6 treatments. The MVS were applied in the moment of the sowing of the corn, while the treatments with urea were applied in covering in the stage  $V_5$  of the corn. It was evaluated the production components, the production estimate, the gross income, the obtained profit and the relationship among income on production costs (RRCP) with purpose of contributing with the decision on the best handling. There was not influence of the treatments with MVS in all the studied variables. The maximum income of grains ( $8.278 \text{ kg ha}^{-1}$ ) was obtained with the incorporated common urea into the soil in its largest portion, where it presented the best profit  $779,44 \text{ R\$ ha}^{-1}$  and the best RRCP of 1,37. This same treatment propitiated increment of  $365,94 \text{ R\$ ha}^{-1}$  in comparison with urea covered with polymeric, in its largest portion and applied in the surface.

**Keywords:** production cost, polymeric, income, covered urea,  $\text{NH}_3$  volatilization, *Zea mays* L.

## 1. INTRODUÇÃO

O momento correto, a dose adequada de nutrientes, o tipo e a formulação de fertilizantes apropriada a ser utilizada para a cultura do milho é sem dúvida de fundamental importância para o bom desenvolvimento e crescimento dessa cultura e conseqüente aumento de sua produtividade.

O nitrogênio em particular, precisa ser melhor estudado por ser considerado um dos macronutrientes essenciais para o aumento na produtividade de grãos de milho e também um dos mais limitantes no que se refere ao desenvolvimento, produtividade e a formação de biomassa para o crescimento vegetal dessa cultura, pois participa da constituição de moléculas de proteínas, coenzimas, ácidos nucléicos, citocromos e das moléculas de clorofila. O nitrogênio é um nutriente mineral requerido em maior quantidade pela cultura do milho e o que mais influencia a produtividade de grãos.

No Brasil a uréia é um dos importantes insumos que vem sendo comercializados e é uma das principais fontes de nitrogênio para a cultura do milho. O modo incorreto de sua aplicação ao solo pode aumentar as perdas de nitrogênio através de volatilização da amônia ou lixiviação do nitrato.

A perda de N é um fenômeno que tem preocupado técnicos e agricultores, por influenciar a eficiência e o aproveitamento do N aplicado a cultura do milho, causando redução das produtividades de grãos e poluição do ambiente, refletindo diretamente nos custos de produção e minimização do lucro, principalmente quando utilizado em áreas menos adequadas.

Com a expansão da agricultura, limitação de abertura de novas áreas e o uso intensivo dos solos, levou a exploração de áreas menos favoráveis ao seu uso para a agricultura. O cultivo agrícola em solos arenosos (teor de argila inferior a 15%) tem se intensificado nos últimos anos, sendo utilizada para o cultivo de várias culturas, entre elas a cultura do milho; favorecendo ainda mais as perdas de N. Esses solos apresentam limitações que podem influenciar grandemente o rendimento agrícola, por apresentarem intensa lixiviação, alta taxa de evaporação de água e normalmente serem mais secos, além de sua baixa capacidade de retenção de água

e nutrientes disponíveis para as plantas. Por isso se faz necessário o contínuo estudo e desenvolvimento de novas pesquisas nesta área, bem como a produção de novas tecnologias que venham atender a demanda, em escala local, regional, nacional e mundial, do setor agrícola, contemplando aspectos sociais, ambientais e econômicos. E esses estudos devem propor soluções para reduzir as perdas de nitrogênio tanto por volatilização de amônia quanto por lixiviação do nitrato.

No caso das condições edafoclimáticas dos Cerrados, estudos sobre o uso de polímeros para a redução de perdas de N ainda são insipientes o que justifica a avaliação (em condições de campo na cultura do milho e em solo arenoso – Neossolo Quartzarênico) da eficiência ou não do uso da uréia revestida com polímeros aplicada em superfície e em cobertura, de modo a tornar sua aplicação mais prática e rápida em áreas agrícolas de grande extensão através do aumento do rendimento do maquinário e diminuição do tempo de sua aplicação; comparada com a aplicação de uréia incorporada ao solo.

Esse trabalho foi conduzido à campo no qual foi utilizado o mesmo híbrido de milho, onde os tratamentos culturais foram idênticos a todos os tratamentos e seguiu-se o padrão adotado na área comercial da fazenda e somente diferiram-se os manejos estudados dentro da unidade experimental. Efetuou-se a análise e avaliação dos componentes de produção, bem como as estimativas de custo de produção, rendimento bruto (receita bruta), lucro obtido e a relação entre receita sobre custos de produção com finalidade de contribuir com a tomada de decisão sobre o melhor manejo, rendimento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e lucratividade.

Tendo em vista esses aspectos foi proposto esse trabalho com o objetivo de avaliar, em condições de campo, o efeito sobre os componentes de produção; a combinação de diferentes fontes nitrogenadas (uréia comum e uréia revestida com polímeros), sua forma de aplicação (incorporada ou superficial) e diferentes doses; aplicados em cobertura do milho em solo arenoso, associadas ao uso de dois produtos comerciais contendo micronutrientes aplicados via sementes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Importância da cultura do milho e do nitrogênio para essa cultura

O milho<sup>1</sup> (*Zea mays* L.) é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos em todo mundo, seja na alimentação humana ou animal, pois possui ampla adaptação a diversos ambientes, alto potencial produtivo, uma composição química e valor nutritivo favoráveis ao seu uso. Devido a todas essas características esse cereal pode ser utilizado “*in natura*” ou como matéria prima para a indústria, para a produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais, etc (PINAZZA, 1993).

A composição média do grão de milho, com base em seu peso seco é de 73% amido, 10% proteína, 4,0 a 4,8% lipídios, 15% água, além de açúcares, fibras, minerais e vitaminas conforme relata Mundstock e Bredemeier (2006). Por possuir esta constituição esse cereal pode ser utilizado no preparo de mais de 600 derivados, para consumo humano e animal, participando como matéria prima, de complexos industriais diversificados (PINAZZA, 1993).

No Brasil, por exemplo, esse cereal é utilizado na cadeia produtiva de suínos e aves em cerca de 70 e 80% dos grãos aqui produzidos. O que coloca o Brasil entre os principais produtores desse grão ao lado de países como Estados Unidos, China, México e Argentina. Em 2005, estes países produziram respectivamente 34,9; 280,2; 131,1; 20,5 e 19,5 milhões de toneladas. O que colocou o Brasil em terceiro lugar da produção mundial desse grão contribuindo assim com o percentual de 4,92%, de 708 milhões de toneladas (EMBRAPA MILHO e SORGO, 2008).

Na safra 2007/2008 em termos de área plantada o milho ocupou 14,77 milhões de hectares (31,15% da área agrícola) de 47,42 milhões de hectares com uma produção de 58,66 milhões de toneladas e com uma média nacional de 3,97 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2008). Este órgão divulgou que a produtividade média para o estado de Goiás, para a mesma safra, foi de 5,57 t ha<sup>-1</sup> e com uma área de 903,5 mil

---

<sup>1</sup> Monocotiledônea originária da América, pertencente à família Gramineae/Poaceae (MAGALHÃES et al., 1995 e 2002).

hectares entre safra e safrinha. Segundo o IBGE (2009), o município de Jataí/GO no ano agrícola de 2007 plantou 125 mil hectares com milho e obteve uma média de 4,37 t ha<sup>-1</sup>. Todos esses dados aferem a relevância da cultura do milho em níveis local, regional, nacional e mundial, portanto necessita-se um manejo adequado dessa cultura para obter melhores e maiores produtividades.

No Brasil a produção de grãos de milho ocorre em duas épocas distintas de semeadura. Uma realizada no verão ou também conhecida como primeira safra, efetuada durante o período chuvoso, que para a região Sul inicia-se no final de agosto e para a região Centro-oeste e Sudeste vai até outubro/novembro. E outra realizada no outono, denominada de safrinha ou segunda safra, que é semeada logo após a colheita da soja precoce, iniciando-se no final de janeiro e terminando até início de março. A safrinha é realizada principalmente na região Centro-oeste e nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná.

No estado de Goiás, principalmente no município de Jataí, o milho é cultivado predominantemente na safrinha, que apesar dos riscos, as semeaduras são conduzidas e adaptadas dentro de um sistema de produção e através de estratégias de manejo adequadas as condições locais que promovem uma evolução gradativa das quantidades produzidas e rendimentos obtidos, no entanto, a produção de grãos por unidade de área ainda não traduz o potencial genético dos materiais recomendados pela pesquisa. Isso pode ser atribuído a diversos fatores, inclusive de ordem econômica. Pois os níveis de tecnologia adotados por grande parte dos agricultores não correspondem as exigências dos híbridos selecionados para a semeadura. Como é o caso da uréia, onde a maioria dos agricultores utilizam de forma menos eficiente, aplicando-a em momentos, fases e manejos inadequados (aplicação a lanço sem incorporação) a sua aplicação e conseqüentemente aumentando as perdas de N.

Um dos manejos adotados e utilizado por um grande número de agricultores é a redução do espaçamento do milho, passando dos 80 cm (70 a 90 cm) para 45 cm (40 a 60 cm) com incremento no rendimento de grãos. Apesar de ter benefícios está técnica desfavorece o uso das adubações nitrogenadas em cobertura que necessitam incorporação, onde os equipamentos utilizados para a aplicação e incorporação dos adubos causam expressivos danos as plantas de milho.

Para o melhoramento e aumento da produtividade de grãos, os fertilizantes e corretivos agrícolas, são os insumos mais importantes em termos percentuais; mas para promover retornos adequados sobre os investimentos, eles devem ser aplicados corretamente de modo a atingir alta eficiência (LOPES; GUILHERME, 2000).

Necessitamos altas produtividades na cultura do milho para tornar-la economicamente viável e a adubação é um dos fatores essenciais para a garantia da produtividade em virtude que o fornecimento de nutrientes de forma correta, no momento certo e em doses adequadas, proporciona o máximo desenvolvimento da cultura (BÜLL, 1993).

Dentre esses fertilizantes o nitrogênio é um dos elementos mais importantes para a cultura do milho e dentre os fertilizantes nitrogenados a uréia é o que possui a maior produção e consumo no Brasil, a maior concentração de N (45%) e o menor custo por unidade de nutriente. No Brasil o consumo anual total de N no ano de 2006 foi na ordem de 2,3021 milhões de toneladas, sendo que a uréia é o principal fertilizante usado com 53,14%, seguido do sulfato de amônio, fosfato de amônio (MAP e DAP), nitrato de amônio, o N composto o NPK, o N composto o NK e do nitrato de amônio calcinado (nitrocálcio) com 16,18; 12,41; 9,09; 7,88; 1,16 e 0,14 % do total consumido (IFA, 2009). Conforme este mesmo órgão o país produz 811,1 mil toneladas (35,26%) e importa 1.490,7 mil toneladas de nitrogênio (64,75%).

A uréia, por ser o fertilizante nitrogenado mais consumido e com menor aproveitamento no campo, devido ao manejo inadequado de sua aplicação ao solo que favorece perdas principalmente por lixiviação e volatilização do nitrogênio, tem sido alvo das recentes pesquisas na área agrônômica na busca de soluções para reduzir essas perdas, aumentar sua eficiência e conseqüentemente o aumento do rendimento de grãos.

## **2.2. A uréia como fonte de nitrogênio: vantagens e desvantagens**

Existem várias opções de escolha da fonte de N a ser utilizada na cultura do milho. Dentre elas destacam-se amônia anidra, sulfato de amônio, uréia, nitrocálcio, DAP (diamônio fosfato), MAP (monoamônio fosfato), uran, nitrato de sódio, nitrato de

cálcio, nitrato de potássio e nitrato de amônio e que quando aplicadas corretamente no solo não ocorrem diferenças em suas eficiências agronômicas (SOUSA; LOBATO, 2004).

A uréia como uma das fontes de N, mais utilizadas no Brasil, contém de 44 a 46% deste elemento na forma amídica, a qual é hidrolisada rapidamente no solo a amônio pela ação da enzima urease que comumente é encontrada na natureza (nos microorganismos, plantas e animais). Além de possuir maior teor de N que outras fontes nitrogenadas sólidas, a uréia possui baixa corrosividade, alta solubilidade, prontamente absorvida via foliar pelas plantas e é facilmente misturada com outras fontes de fertilizantes (CANTARELLA, 2007). Todos esses aspectos a caracterizam como um produto de fácil utilização, aplicação e diminuição dos custos relativos à sua aquisição e ao seu transporte.

Apesar dessas vantagens, Sousa e Lobato (2004), apontam algumas desvantagens do uso da uréia no solo e na planta. Segundo esses autores a uréia ao lado da amônia anidra, sulfato de amônio e nitrato de amônio (outras fontes de N) apresentam índices de acidez de 71, 147, 110 e 62, respectivamente, que acidifica o solo por meio de suas reações após a aplicação. Essa acidificação proporcionada pelo sulfato de amônio e uréia é proveniente de reações de transformação, liberando hidrogênio que promove a diminuição do pH do solo e com o tempo ocorre à necessidade de correções desta acidez por meio do uso de calcário.

Outra desvantagem é que a uréia possui na sua composição biureto que pode ser fitotóxico em algumas culturas, como por exemplo, citros, café e abacaxi; quando aplicado via foliar. A uréia apresenta ainda uma rápida hidrólise provocando elevação do pH e aumento da concentração de amônia em torno da região adubada, podendo causar efeitos tóxicos sobre a germinação e crescimento de plântulas (CANTARELLA, 2007).

Outra desvantagem, apontada na literatura está relacionada à escolha do modo de aplicação de nitrogênio em cobertura pelo fato de aplicações à lanço provocarem injúrias ao milho. No contato do fertilizante com a superfície das folhas das plantas, o adubo fica aderido à folha ou no cartucho do milho provocando a “queima” dos mesmos, diminuindo a área e a capacidade fotossintética da planta, o que provoca a entrada de patógenos resultando assim uma menor produtividade do

milho em relação à aplicação localizada da uréia, conforme citam Oliveira e Balbino (1995).

Entretanto dentre as principais desvantagens da uréia, citadas em recentes estudos, dizem respeito à lixiviação e a maior susceptibilidade a volatilização de N na forma de  $\text{NH}_3$ . Na presença de umidade ocorrem degradação e dissolução do grânulo de uréia aplicado ao solo, e ao entrar em contato com a enzima urease ocorre hidrólise, produzindo carbonato de amônio. O aumento na concentração de carbonato de amônio causa aumento de pH e este favorece a emissão de  $\text{NH}_3$ . Essa reação tem a propriedade de elevar a concentração de amônio e o pH do solo próximo ao grânulo no local de sua aplicação contribuindo para aumentar as perdas por volatilização de N como  $\text{NH}_3$  gasoso (MELGAR et al., 1999). Outra reação que pode ocorrer em solo úmido é a nitrificação, que é rápida nesta situação, transformando adubos nitrogenados aplicados ao solo, na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) para a forma  $\text{NO}_3^-$ , propenso a lixiviação.

### **2.3. Perdas do nitrogênio no solo**

A perda do nitrogênio pode ocorrer quando o solo apresenta pH alcalino, baixa capacidade de troca de cátions, baixa capacidade tampão do hidrogênio, alta temperatura, baixa umidade e altas doses de nitrogênio, ou através da ação conjunta de dois ou mais desses fatores (OLIVEIRA; BALBINO, 1995). Isso em parte ocorre por meio dos processos de lixiviação do nitrato, volatilização da amônia, desnitrificação e erosão do solo.

Dentre esses processos de perda, destacar-se-á no contexto deste trabalho os processos de lixiviação do nitrato e volatilização da amônia por serem considerados, conforme mencionado anteriormente algumas das principais desvantagens da uréia e de serem fatores importantes de perdas de nitrogênio. Os demais foram apenas citados por encontrarem-se presentes em diversos trabalhos sobre o tema.

A lixiviação é o movimento dos nitratos com a água do solo. E é considerada de grande importância no Cerrado, principalmente em áreas onde ocorrem grandes volumes de chuva e solos bem drenados, porque com o solo úmido a nitrificação

torna-se rápida, transformando adubos nitrogenados aplicados ao solo, na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ , forma catiônica e facilmente retida pelas cargas negativas do solo) para a forma  $\text{NO}_3^-$ , propenso a lixiviação (SOUSA; LOBATO, 2004).

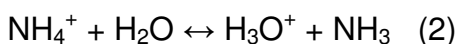
Alcarde et al. (1998) e Lopes e Guilherme (2000) citam que a lixiviação é considerada a perda de nutrientes pela lavagem do solo no sentido vertical e estão sujeitos a esse tipo de perda os fertilizantes solúveis em água e aqueles carreadores de ânions (íons negativos,  $\text{NO}_3^-$  por exemplo) que não são ou são fracamente adsorvidos nas camadas superficiais do solo, onde predominam cargas negativas.

Rosolem et al. (2003), por sua vez concluiu que o aumento da mineralização e a nitrificação, através da calagem, disponibiliza nitrogênio às plantas e aumenta a lixiviação de nitrato no perfil do solo, independente do modo de aplicação do corretivo, estudo feito em casa de vegetação e com algodoeiro.

### 2.3.1. Volatilização da amônia

Segundo Alcarde et al. (1998); Lopes e Guilherme (2000) e Sousa e Lobato (2004), a volatilização é a perda de nitrogênio na forma de compostos gasosos, ocorrendo em diversas situações, o que pode levar a uma baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados, principalmente em meio alcalino e quando aplicados em superfície.

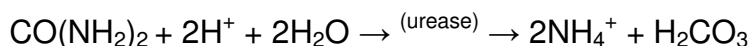
O amônio composto formado no solo pela hidrólise da uréia pode ser transformado em amônia gasosa e, portanto volátil. Essa volatilização é representada pelas equações de equilíbrio (1) ou (2):



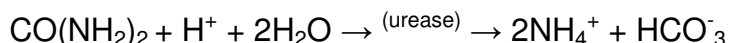
Perdas de amônia por volatilização ocorrem também com fertilizantes nitrogenados amoniacais ( $\text{NH}_4^+$ ), quando aplicados em solos alcalinos (concentração de  $\text{OH}^-$  elevada), favorecendo o equilíbrio para a direita conforme equação (2). Qualquer fertilizante nitrogenado que contém N amoniacal está sujeito a perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização em solos alcalinos ou com  $\text{pH} > 7$ . Por outro lado, pouca ou nenhuma perda de  $\text{NH}_3$  ocorre quando fertilizantes amoniacais de reação ácida ou neutra, como o sulfato ou o nitrato de amônio, são aplicados a solos neutros ou

ácidos (CANTARELLA, 2007). Observa-se que, em meio alcalino, essas reações deslocam-se no sentido de produzir  $\text{NH}_3$  (gasoso) e, em meio ácido, deslocam-se no sentido de produzir  $\text{NH}_4^+$ , que é não volátil.

Conforme Cantarella (2007), quando aplicada ao solo, a uréia passa por hidrólise enzimática liberando N amoniacal. Em solos com pH menor do que 6,3 a reação é a seguinte:



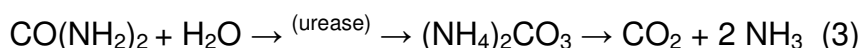
E em solos com pH mais elevados ( $\geq 6,3$ ), a reação é:



Marcondes (2007), em estudo em laboratório e em casa de vegetação, verificou-se que as perdas de amônia foram maiores nos três a quatro primeiros dias do que nos sete a oito dias após a aplicação das diferentes fontes de N e em dois solos distintos (textura arenosa e argilosa), evidenciando que a hidrólise da uréia é um processo rápido, em condições de umidade elevada.

Segundo Cantarella (2007), a reação consome prótons ( $\text{H}^+$ ) e provoca a elevação do pH ao redor das partículas; e mesmo em solos ácidos, a uréia está sujeita a perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ .

A principal ocorrência da volatilização de amônia é com a uréia, que se decompõe segundo a equação (3).



A urease presente nos solos é proveniente da síntese realizada por microorganismos e, provavelmente, também de origem em resíduos vegetais. Dessa forma, solos com restos de culturas (plantio direto, adubação verde, palhada na superfície do solo) tendem a apresentar maior atividade da urease e maiores perdas de  $\text{NH}_3$  do que solos descobertos e conforme se eleva a umidade do solo se eleva a atividade da urease bem como com o aumento da temperatura do solo e o pico de perdas se dá de 2 a 4 dias após a aplicação da uréia (CANTARELLA, 2007).

Para Longo e Melo (2005) a velocidade de hidrólise da uréia varia de acordo com a época de amostragem, apresentando valores mais elevados nos meses mais quentes e úmidos; além de verificar que o tipo de cobertura vegetal influencia a atividade da urease que se apresenta mais elevada nas culturas permanentes não

manejadas (pinus e eucalipto) e também se mostra mais elevada no início do ciclo das culturas de soja e milho.

A localização em faixa da adubação nitrogenada reduz o contato com a biomassa do solo e diminui a hidrólise da uréia, reduzindo as perdas por desnitrificação e lixiviação (CABEZAS; COUTO, 2007).

Segundo Cantarella (2007), quando se usa doses de uréia mais elevadas ou aplicações localizadas (faixas), é mais favorável a perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ , do que a mesma dose aplicada à lanço, devido ao pH do solo ficar mais alto no local onde se concentra o adubo. A capacidade de troca de cátions (CTC), textura e o teor de matéria orgânica, influem no poder tampão dos solos e este na maior ou menor facilidade de elevação do pH. Quanto maior o poder tampão de um solo menor serão as perdas de N por volatilização.

Parte do  $\text{N-NH}_3$  formado reage com íons  $\text{H}^+$  da solução do solo e com íons  $\text{H}^+$  dissociáveis do complexo coloidal, resultando no cátion  $\text{NH}_4^+$ . Entretanto, a neutralização da acidez potencial determina a elevação do pH, essa reação inicial pode levar o pH do solo próximo de 9 nas imediações dos grânulos desse fertilizante aplicado, intensificando as perdas de N por volatilização da amônia (CANTARELLA, 2007).

Para que o  $\text{NH}_3$  não se desprenda para a atmosfera, há a necessidade de meio ácido no solo, transformando-a no cátion  $\text{NH}_4^+$ , que é não volátil. Esta é a razão pela qual a uréia deve ser incorporada ao solo ácido. Em solos alcalinos a perda ocorre mesmo incorporando-se a uréia.

Marcondes (2007), em estudo em laboratório com dois solos de textura uma arenosa e outra argilosa, verificou que a distribuição da uréia em cobertura na superfície, resultou perdas acumuladas após sete dias de 20,7 e 14,8 % de amônia, respectivamente para os dois solos.

Cabezas (1998) por outro lado verificou que a quantidade de nitrogênio que se perde por volatilização é influenciada pela presença de resíduos culturais sobre a superfície do solo e principalmente quando se utiliza a uréia aplicada superficialmente no sistema de plantio direto. O mesmo autor contabilizou as seguintes perdas acumuladas de N-amoniacal da uréia, uran (dissolução de uréia mais nitrato de amônio), sulfuran aplicadas em superfície e no plantio direto que

foram respectivamente de 78; 37,2 e 26,9% do N aplicado. Já para o nitrato de amônio e sulfato de amônio apresentaram perdas inferiores a 15% do N aplicado em superfície no plantio direto. E quando essas mesmas fontes foram incorporadas a 5 centímetros na entre linha, apresentaram perdas de N por volatilização inferior a 5% do N aplicado, isso tanto para o plantio direto como para o plantio convencional. No plantio convencional sem a incorporação das fontes as perdas mais significativas foram de uréia (30,7%) e uran (9,7%).

Para Sangoi et al. (2003), a aplicação superficial de uréia, em solo arenoso e em solo argiloso, aumenta as perdas de N por volatilização de amônia em relação a sua incorporação, independente do manejo dos restos culturais de aveia preta, da textura do solo, do teor de matéria orgânica do solo (MOS) e da CTC do solo. Observando perdas acumuladas em 30 dias de 53,5 e 16,0 % para solo arenoso e argiloso, respectivamente, na aplicação da uréia em superfície e sem palha e de 8,5 e 3%, respectivamente, com a incorporação da uréia e aplicação sobre palha de aveia preta.

Em solo argiloso de cerrado, um estudo evidenciou a seguinte ordem crescente de perdas de N por volatilização de amônia, na cultura do milho, entre os seguintes fertilizantes testados: sulfato de amônio < uréia + sulfato de amônio farelado = uréia + sulfato de amônio granulado < uréia. Onde foram encontradas as seguintes perdas de amônia acumulada ao final de 16 dias: 7,8; 27,7; 37,9 e 76,8% do total de N aplicado, respectivamente as fontes citadas anteriormente (CABEZAS; SOUZA, 2008). Os mesmos autores verificaram que, a maior produtividade do milho foi encontrada com a aplicação de uréia em mistura com sulfato de amônio farelado e granulado e com gesso granulado e com relações nitrogênio: enxofre (N: S) entre 2,75 e 4,0.

Duarte (2007), em um estudo desenvolvido em laboratório com um solo argiloso e com a aplicação de uréia na superfície do solo, verificou que os picos de máxima perda de amônia por volatilização ocorreram no 3º e no 12º dia após a aplicação da uréia. As perdas de amônia foram maiores quanto mais se aumentava a dose de uréia aplicada, além do pH da camada superficial do solo aumentou em mais de duas unidades com a aplicação da uréia e dos resíduos vegetais, passando o pH de 5,2 (inicial) a 7,2 (após 40 dias, na maior dose e sem cobertura). A presença

de restos de cultura de amendoim forrageiro na superfície do solo aumentou a quantidade de  $\text{NH}_3$  volatilizada dos solos tratados ou não com uréia, já os resíduos da palha da cana-de-açúcar reduziu a quantidade volatilizada e a do milho exerceu pouca influência.

Para reduzir ou minimizar essas perdas oriundas de diversos fatores, alguns deles citados acima, se faz necessário o uso eficiente destes fertilizantes nitrogenados que serão melhor expostos abaixo.

#### **2.4. Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados**

Para obtermos um uso eficiente de fertilizantes nitrogenados é necessário, segundo Lopes e Guilherme (2000), levar em consideração os seguintes aspectos:

a) Incorporação adequada, fundamental para se evitar perdas por volatilização de amônia, principalmente em solos alcalinos e calcários; tanto no plantio como em cobertura. Recomenda-se a observação da dose necessária para o plantio e aplicar o fertilizante 5 cm ao lado e 5 cm abaixo da semente. Nas aplicações de N em cobertura, principalmente nas formas amídicas (uréia) e amoniacais (sulfato de amônio), devem ser feitas em sulco e cobrindo-se o fertilizante com 5 cm de terra. Para reduzir as perdas por volatilização de amônia, recomenda-se incorporação dos fertilizantes nitrogenados amoniacais ou amídicos em solos alcalinos ou calcários, associada à posterior e imediata irrigação. No caso da uréia, as perdas de  $\text{NH}_3$  podem chegar a quase 80% com a aplicação superficial no plantio direto e 30% no plantio convencional e a incorporação entorno de 5 a 7 cm de profundidade no solo reduz drasticamente as perdas de amônia (CABEZAS, 1998);

b) Parcelamento da adubação. Utiliza-se este manejo quando se usa altas doses de N, solos de textura arenosa e/ou solos argilosos com baixa CTC, áreas onde ocorre alta intensidade de chuvas e em culturas anuais cujos híbridos sejam de ciclo longo ou médio. O parcelamento contribui para evitar ou reduzir as perdas de N, tanto por lixiviação como por volatilização, através do fornecimento de N em menores quantidades e distribuída nos estádios mais adequados para a cultura e reduzindo assim riscos climáticos que favoreçam tais perdas;

- c) Irrigação controlada. Serve para reduzir as perdas de N por volatilização por meio da incorporação da uréia à camada superficial do solo e com isso ser menos suscetível a volatilização. Pode se utilizar esse manejo quando a aplicação de fertilizantes nitrogenados em cobertura não pode ser incorporada ao solo. De maneira genérica e sabendo-se das variações dos tipos de solos, recomenda-se uma irrigação de 10 mm de lâmina d'água após aplicação da uréia;
- d) Uso de fertilizantes de disponibilidade controlada. A pesquisa se esforça no desenvolvimento de métodos ou produtos que visem aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, principalmente da uréia, através de recobrimento com enxofre, gesso e inibidores da urease. Tais produtos reduzem ou retardam a liberação de N da uréia sendo melhor aproveitada pelas culturas. Mas estes produtos têm sua utilização limitada devido aos custos agregados ao processo de fabricação.

Marcondes (2007) detectou que a mistura de uréia (100 kg ou 71,43% do N total) + sulfato de amônio (40 kg ou 28,57% do N total) aplicado em superfície na dose de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N, reduz as perdas de amônia por volatilização para dois tipos de solos, em comparação com a uréia aplicada em superfície. Essas perdas foram em média de 10% na avaliação em laboratório e de 18% em casa de vegetação para a mistura de uréia + sulfato de amônio, comparado com a uréia com 18% e 43% respectivamente. Segundo o mesmo autor, em estudo de campo em área de plantio direto, a dose de sulfato de amônio em mistura com uréia (100 kg ha<sup>-1</sup> de N) que proporcionou menor perda de NH<sub>3</sub> foi de 9,0 kg ha<sup>-1</sup> de N. Já para Bôas et al. (2005), a mistura de uréia e sulfato de amônio não promoveu aumento na recuperação do N da uréia determinado na planta de milho, num estudo em vasos e estes em túnel de plástico.

Cantarella (2007) identificou que a incorporação da uréia elimina ou reduz significativamente as perdas de amônia por volatilização, entretanto a incorporação do fertilizante acrescenta custos adicionais de operações, além de aumentar o tempo de aplicação. Uma alternativa seria a incorporação da uréia através da ação de chuvas ou por água de irrigação, mas nem sempre é possível realizá-la ou dispor de tal ferramenta. Além desses aspectos, a presença de palha faz aumentar o

volume necessário de chuva para a efetiva incorporação do fertilizante que quando comparado a um solo descoberto fica em torno de 10 a 20 mm.

## **2.5. Grupos de fertilizantes com eficiência aumentada**

Conforme Cantarella (2007), fertilizantes com eficiência aumentada são formados por dois grupos: fertilizantes de liberação lenta (recobertos, encapsulados, insolúveis ou lentamente solúveis em água) e fertilizantes estabilizados (inibidores de nitrificação, inibidores de urease), cujas características serão apresentadas a seguir.

### **2.5.1 Fertilizantes de liberação lenta**

Os fertilizantes de liberação lenta ou controlada são divididos em dois grupos:

- a) Compostos de condensação de uréia e uréia formaldeídos (baixa solubilidade – liberação lenta) e
- b) Produtos encapsulados ou recobertos (liberação controlada).

No caso dos compostos de condensação de uréia os mais importantes são: uréia formaldeído, uréia isobutilaldeído e uréia crotonaldeído, cujos produtos comerciais consistem de misturas de polímeros com frações solúveis em água fria, em água quente e insolúvel em água. No solo, esses compostos sofrem degradação química e biológica, liberando N gradativamente para as plantas (CANTARELLA, 2007).

Já os produtos encapsulados ou por recobrimento, dentre eles destacam-se os fertilizantes nitrogenados, cuja liberação é retardada ou controlada, são formados por diversos materiais, os mais comuns são: grânulos recobertos por polímeros orgânicos, termoplásticos ou resinas; ou como materiais inorgânicos (S elementar). No caso da liberação de N dos fertilizantes recobertos com polímeros é pouco afetada pelas características do solo (pH, textura, salinidade, atividade microbiana), contudo influenciada pela temperatura do solo e a permeabilidade à água do material usado para o recobrimento, onde o modo de liberação envolve a difusão do fertilizante solúvel do interior do grânulo para o solo (CANTARELLA, 2007).

### 2.5.2. Fertilizantes estabilizados

Os fertilizantes estabilizados são divididos em duas classes, os tratados com inibidores de nitrificação e de urease.

Segundo Cantarella (2007), os inibidores de nitrificação caracterizam-se por reduzir a taxa desse referido composto e inibir a atividade de bactérias (*Nitrosomonas*), bloqueando a transformação do  $\text{NH}_3$  em  $\text{NO}_2^-$ , retardando por algum tempo as perdas por lixiviação. Os inibidores mais usados são a nitrapirina, a dicianodiamida (DCD), o fosfato de 3,4-dimetilpirazole (DMPP).

Conforme Cantarella (2007), os inibidores de urease se caracterizam por reduzir a taxa ou velocidade de hidrólise da uréia, que por sua vez reduzem as perdas por volatilização de N. O produto com chances mais promissoras de uso é o NBPT (tiofosfato de N-n-butiltriamida ou N-n-butiltriamida do ácido tiofosfórico).

Diversos trabalhos foram e estão sendo desenvolvidos para comprovar a eficiência de tais produtos, nas mais diversas culturas, tipos de solos e nas mais diferentes variações climáticas e alguns deles serão citados abaixo.

### 2.5.3. Estudos com fertilizantes com a eficiência aumentada

Para Marcondes (2007), a uréia com inibidor de urease apresentou menores perdas e proporcionou um melhor aproveitamento do N ocorrendo perdas de amônia de 5,7 e 9,2% em laboratório e em casa de vegetação, respectivamente; comparado a uréia com 17,75 e 43,2% respectivamente. Segundo o mesmo autor, em estudo de campo, perdas totais de amônia utilizando a fonte uréia foram de 13% e de apenas 4% para a uréia com redutor de urease.

Medeiros (2006) estudou por dois anos a cultura do milho nos EUA, várias fontes nitrogenadas, formas de aplicação e tratamentos com inibidor de urease (NBPT), inibidor de nitrificação (DCD), uréia recoberta com polímero e uréia recoberta por gel; todos os tratamentos aplicados antecedendo o plantio das culturas, na dose de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. No primeiro ano, onde ocorreram chuvas bem distribuídas, no segundo ano ocorreu uma estiagem severa onde se obteve baixos

rendimentos e não teve grandes diferenças entre os tratamentos. Os melhores rendimentos no primeiro ano foram obtidos com amônia anidra, nitrato de amônia (superficial e incorporada), em comparação a uréia em superfície; a uréia + NBPT, uréia + NBPT + DCD e uréia revestida com polímero foi superior à uréia em superfície. O inibidor de urease NBPT promoveu um aumento na eficiência do N da uréia, aumentando o rendimento de colheita, porém benefícios econômicos foram mínimos ou não existiram devido ao custo deste tratamento.

Gans et al. (2006), estudou a influência de dois inibidores de urease na uréia e na cultura da aveia, verificando que os dois inibidores de urease reduziram as perdas de N por volatilização de amônia e aumentou o rendimento da aveia, quando comparado a uréia comum.

Gioacchini et al. (2002), avaliou a perda de N através da volatilização e da lixiviação em dois solos (arenoso e argiloso) fertilizados com uréia, com aplicação de inibidor de urease (NBPT) na uréia e com inibidor urease mais inibidor de nitrificação (DCD) aplicado a uréia. Neste estudo a volatilização e lixiviação foram significativamente diferentes para os dois solos, devido suas características físico-químicas. A volatilização foi significativamente reduzida com o uso do NBPT a uréia, mas a presença de DCD junto com NBPT a uréia aumentou as perdas de N comparado a uréia.

Foi encontrado em média, para as perdas por lixiviação e volatilização, de 4 a 6 vezes mais perdas totais de N (fertilizante, mineralização da matéria orgânica e do N orgânico no solo) em solo arenoso quando comparado ao argiloso (ex. para a uréia: 15 e 119 kg ha<sup>-1</sup> para solo argiloso e arenoso, respectivamente). Em ambos os solos as perdas totais de N (lixiviação + volatilização) aumentaram na seguinte ordem: uréia < uréia + NBPT < uréia + NBPT + DCD, e teve essa mesma tendência para a lixiviação total do solo. Houve aumento das perdas totais de N para a lixiviação, na presença dos inibidores, onde para o solo arenoso essas quantias foram iguais a 89, 98 e 96%, e para o solo argiloso foi de 63, 86 e 77% para a uréia, uréia + NBPT e uréia + NBPT + DCD, respectivamente (GIOACCHINI et al., 2002).

Gioacchini et al. (2002), quando avaliou as perdas totais de N (lixiviação + volatilização) oriundas somente do fertilizante, encontrou as menores perdas para a uréia + NBPT (2 e 3 kg ha<sup>-1</sup> para solo arenoso e argiloso, respectivamente), e as

mais altas com uréia + NBPT + DCD (6,8 e 5,8 kg ha<sup>-1</sup> para solo arenoso e argiloso, respectivamente) e uréia (5,0 kg ha<sup>-1</sup>) no solo argiloso e a uréia (12,0 kg ha<sup>-1</sup>) em solo arenoso.

Apesar da redução da volatilização de N pelo uso dos inibidores estes não refletiram em maiores rendimentos quando comparado a uréia na colheita de grãos da aveia, em ambos os solos (GIOACCHINI et al., 2002).

Rozas et al. (1999), verificou que a perda de N por volatilização da amônia em plantio direto em todos os tratamentos não foram altas. Neste experimento o uso de uréia tratada com NBPT não aumentou o rendimento do milho nos 3 anos avaliados, quando comparado com a uréia. A adubação no estágio V<sub>6</sub> aumentou o conteúdo de N mineral do solo ao florescimento, absorção de N pelo milho e o rendimento de grãos. Por outro lado a aplicação de uréia no V<sub>6</sub> produz maiores e mais efeitos consistentes no rendimento das colheitas e no uso eficiente de fertilizantes nitrogenados do que o uso de NBPT.

## 2.6. Polímeros

Como o uso da uréia na agricultura está crescendo, estratégias para melhorar a eficiência da uréia, especialmente em áreas sob o sistema de semeadura direta, estão sendo testados. Entre as estratégias incluem o NBPT, incorporação de uréia ao solo e o uso de uréia revestida com polímeros ou gel.

Tem-se buscado alternativas tecnológicas para que seja possível reduzir o custo e manter e/ou elevar a produtividade da cultura do milho. Uma destas tecnologias que estão disponíveis no mercado refere-se ao uso de adubos nitrogenados revestidos com polímeros, os quais são denominados de liberação gradativa de uréia (LGU), que permitem reduzir as perdas que normalmente ocorrem com a utilização da uréia.

Os polímeros se enquadram no grupo dos fertilizantes de liberação lenta, e no subgrupo dos produtos encapsulados ou recobertos (fertilizantes solúveis revestidos), que são os produtos com N na forma tradicional, porém revestidos, fazendo com que ocorra uma barreira física das formas solúveis, contra a exposição do nutriente com o meio onde se encontra (solo) visando evitar a exposição do

produto aos mecanismos de perdas. Ocorrem dois tipos basicamente de recobrimento, com enxofre ou com polímeros. Os polímeros utilizados são poliuretanos e poliolefinas, sendo neste caso a liberação 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 (BLAYLOCK, 2007).

Segundo Melo et al. (2007), trabalhando com adubos polimerizados com liberação gradativa (LGP para o MAP e LGU para a uréia) na cultura do algodão e em um Neossolo Quartzarênico na região dos cerrados; concluiu que adubos polimerizados podem reduzir pela metade a quantidade de N e P utilizada na adubação do algodoeiro, mantendo a produtividade e o estado nutricional das plantas. Apesar de não ter havido diferença estatística entre tratamentos, cabe ressaltar que houve uma diferença de  $765 \text{ kg ha}^{-1}$  entre a dose cheia de N ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ) +  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) contra  $34 \text{ kg ha}^{-1}$  de N +  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  polimerizados.

Blaylock (2007) indica que estudos mostraram que a produtividade das culturas pode ser mantida utilizando-se ao redor de 70 a 80% da dose de N, em relação à dose dos produtos comumente utilizados. Este mesmo autor mostra que ocorre melhor rendimento de grãos de milho e melhor recuperação aparente de N (% do total de N aplicado como fertilizante) quando utilizou a uréia revestida com polímeros em cobertura no milho de  $12.240 \text{ kg ha}^{-1}$  e 49% comparado com a uréia aplicada em cobertura com  $10.984 \text{ kg ha}^{-1}$  e 35% de recuperação aparente de N.

## 2.7. Aspectos econômicos

Conforme índices estimados pela CONAB (2008a), para os custos de produção de milho de verão em PD para Rio Verde na safra 2007/2008 foi de R\$ 1.869,72 por hectare para uma produtividade média de  $6,0 \text{ t ha}^{-1}$ . A mesma fonte aponta um custo dos fertilizantes na ordem de 31,27 % do custo total estimado. Mostrando que os custos de produção são elevados e que os fertilizantes fazem parte do maior custo para implantação de uma lavoura de milho.

Resultados mostrando que a dose e a forma de aplicação da uréia no solo para as plantas de milho influenciaram na relação benefício/custo também foram encontrados por Aguiar et al. (2008). Estes autores, fazendo a análise econômica

de diferentes práticas culturais no milho safrinha envolvendo sistemas de manejo do solo, com a utilização de plantas de cobertura, híbridos e doses de N em cobertura; verificaram que o melhor manejo do solo quanto à relação benefício/custo foi o SPD em pousio, principalmente sem a adição de N em cobertura e com 45 kg de N em cobertura. Também, Gomes et al. (2007), estudando os efeitos da melhor dose de uréia comum e época de aplicação de N nos caracteres agrônômicos do milho em sistema plantio direto, realizado em Rio Verde – GO, no ano agrícola 2002/2003, obtiveram lucro de R\$ 57,19 por hectare na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando parcelado na semeadura mais 30 e 45 dias após a semeadura e aplicado em cobertura na superfície do solo.

A complexidade da dinâmica do nitrogênio, a importância econômica do manejo da adubação nitrogenada e os dados de pesquisa com o uso de polímeros para redução de perdas de N ainda são muito incipientes para as condições edafoclimáticas dos Cerrados justificam uma discussão mais ampla envolvendo aspectos relacionados a doses de N oriundos da uréia revestida com polímeros (120 e 234 kg ha<sup>-1</sup>) e aplicada em superfície do solo, comparado ao uso da uréia (232 kg ha<sup>-1</sup>) aplicada incorporada ao solo na cobertura do milho e os seus efeitos no rendimento de grãos e na lucratividade.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização do local e da área experimental

Foi conduzido em condições de campo na safra 2007/2008, um experimento em uma lavoura comercial de milho de verão, situada no município de Jataí, estado de Goiás, na fazenda Bom Jardim das Perobas, geograficamente localizado na latitude S 18°01'11" e longitude W 51°56'11" e a uma altitude de 801 metros.

#### 3.2. Genótipo empregado

O genótipo de milho empregado foi o híbrido simples P-30K73, precoce, entorno de 65 dias para o florescimento masculino, cuja necessidade calórica, para o florescimento, corresponde a 890 graus-dia ( $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ ) e possuindo grãos semi-duros amarelo-avermelhados (EMBRAPA - CNPMS, 2009). Considera-se como sendo a população ideal entre de 60.000 a 70.000 plantas por hectare, respectivamente mínima e máxima, no espaçamento de 80 a 90 cm, para o verão e em área de sequeiro para o híbrido P-30K73. Altura de inserção da primeira espiga variando de 1,30 a 1,50 m e altura de planta variando de 2,80 a 3,00 m (PIONEER, 2008).

Ainda, cabe salientar que, a escolha deste material genético foi devido às características agronômicas desejáveis, pelo potencial produtivo, qualidade de grãos e boa tolerância as principais doenças da região, ampla adaptação geográfica, elevada estabilidade tanto nas terras baixas como nas terras altas do Brasil Central. O híbrido escolhido apresenta os seguintes níveis de tolerância às principais doenças: moderadamente resistente (MR) a *Puccinia sorghi*, *Puccinia polysora*, *Physopella zae*, *Exserohilum turcicum*, *Corn stunt* – enfezamento, doenças de colmo, doenças de grãos e *Cercospora zae-maydis*, moderadamente suscetível (MS) a *Phaeosphaeria maydis* e baixo fator de reprodução de nematóides de galhas (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*) (PIONEER, 2008).

### 3.3. Solo

O solo do local em que o experimento foi conduzido é caracterizado como um Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) de textura arenosa e relevo suavemente ondulado (IBGE, 2007).

As análises químicas e de textura do solo foram realizadas antes da semeadura do milho, foi analisada no Laboratório de Análise de Solo da Comigo (Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano), cujos dados se encontram descritos na Tabela 01.

Tabela 01. Análises químicas e de textura do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, da área comercial destinada ao experimento com o cultivo do milho de verão na Fazenda Bom Jardim das Perobas em Jataí – GO, maio de 2007 (macro e micronutrientes <sup>(1)</sup>).

pH	MO	P	S <sup>(2)</sup>	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al <sup>(3)</sup>	H+Al	K
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	-----	mg dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	-----
5,10	15,30	10,65	6,62	19,6	2,08	1,68	0,40	0,03	2,00	0,05

St. Bases	CTC	S. Bases	B <sup>(4)</sup>	Fe	Mn	Zn	Co	Na	Cu	St. Al
(V%)	--	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	-----	-----	-----	mg dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	-----	%
51,57	4,13	2,13	0,21	25,7	8,45	1,61	0,10	1,0	0,78	1,39

Areia	Argila	Silte	----- Dados Complementares -----		
-----	% -----	-----	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
87,72	5,64	6,64	4,20	33,60	8,00

<sup>(1)</sup> Determinados pelo método Mehlich 1: P, K, Cu, Mn, Zn.

<sup>(2)</sup> Acetato de amônia: S. <sup>(3)</sup> Dicromato de sódio (SMP): Al. <sup>(4)</sup> Boro extraído com água quente.

### 3.4. Dados Climatológicos

O clima da região de Jataí, GO, conforme a classificação climática de Köppen é classificado como Awa, tropical de savana, mesotérmico, com chuva no verão e seca no inverno.

Segundo Assunção et al. (1999), a região climática do município de Jataí apresenta amplitude térmica média de 6,2 °C. A temperatura média do mês mais frio (julho) flutua em torno de 18,2 °C, enquanto a do mês mais quente (outubro) chega a 24,4 °C. No período de 1980 a 2000 a temperatura média anual foi de 22,2 °C, e a precipitação média anual foi de 1.636 mm.

Os dados climatológicos relativos ao período experimental são apresentados na Figura 01, sendo coletados no posto meteorológico automatizado, instalado na unidade Jatobá da UFG - *Campus Jataí*, Jataí, GO.

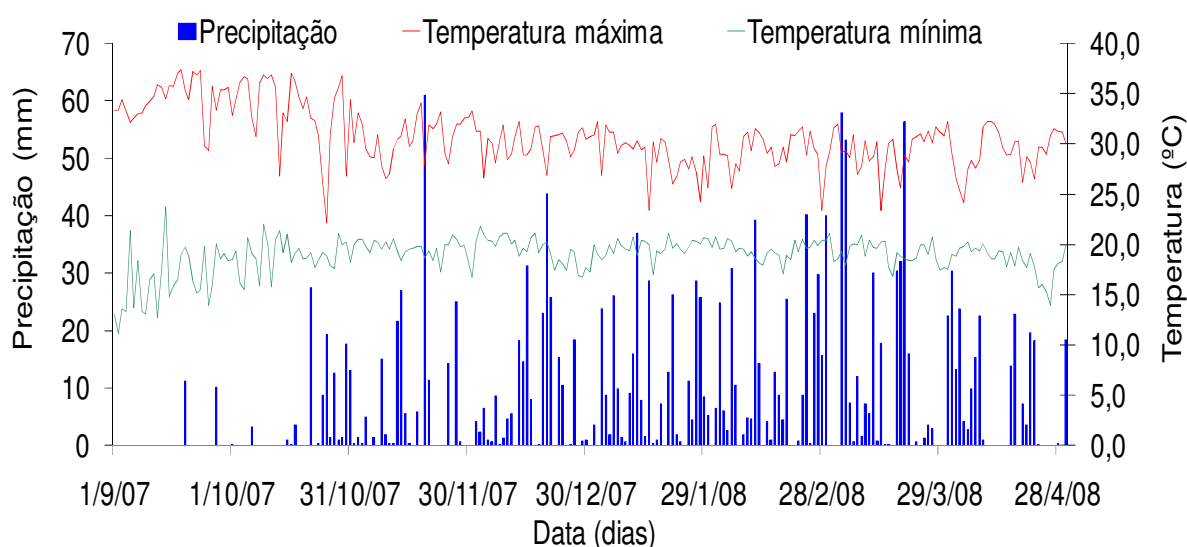


Figura 01. Pluviometria, temperatura máxima e mínima ocorrida no período de 01/09/2007 a 30/04/2008 coletados na Estação Climatológica da UFG - *Campus Jataí*, Jataí, GO.

Foi efetuada a coleta e anotação do volume de precipitações ocorridas no período inerente à condução do experimento, através de um pluviômetro tipo “cunha”, instalado a 7,6 km em linha reta do experimento em questão,

geograficamente localizado na latitude S 18°01'38", longitude W 52°00'28" e altitude de 855 metros. Os dados estão apresentados na Figura 02.

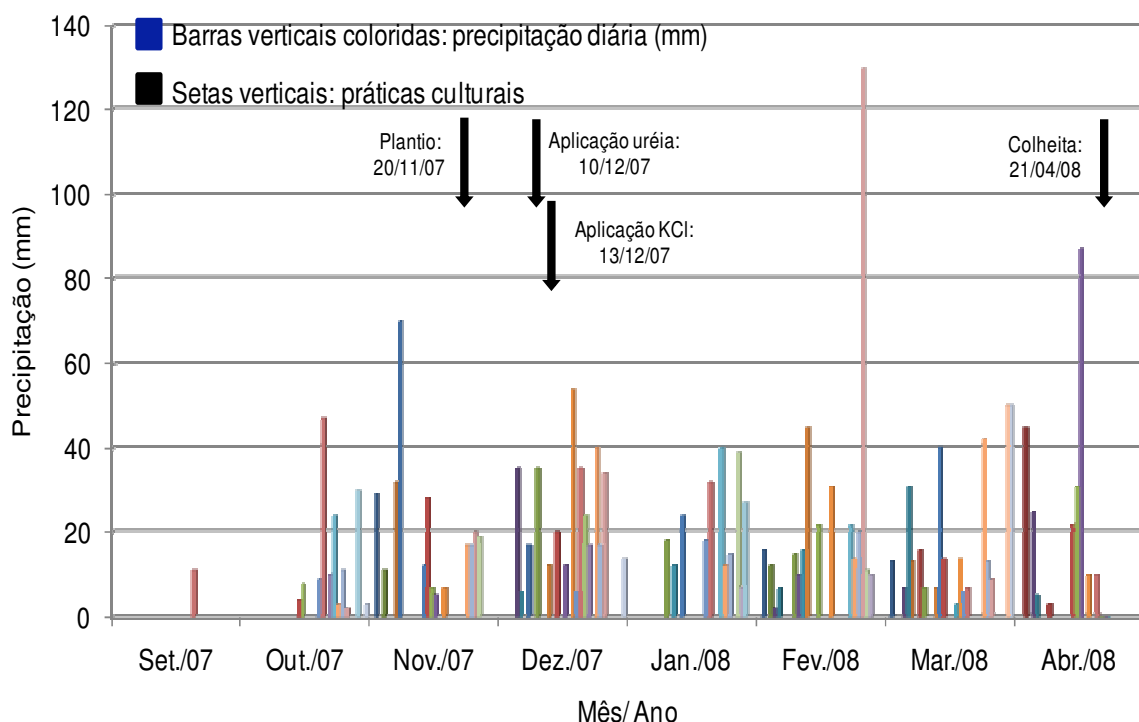


Figura 02. Precipitação diária ocorrida no período compreendido de 01/09/2007 a 30/04/2008, coletados em pluviômetro tipo “cunha” a 7,6 km do experimento.

### 3.5. Caracterização do experimento

Como fonte de N utilizou-se a uréia em cobertura na cultura do milho, aplicado incorporado ao solo em linha. Nos demais tratamentos, aplicados na superfície do solo em linha, sem incorporação, também foi utilizada a uréia, porém revestida com três camadas de polímeros.

O revestimento da uréia com polímeros foi efetuado pela própria empresa detentora da tecnologia, na fazenda, com a utilização de diferentes polímeros e nas respectivas doses recomendados para o recobrimento dos grânulos de uréia. Para tal utilizaram-se os seguintes produtos comerciais: KimCoat Poli N1 (6,67 L t<sup>-1</sup>),

KimCoat Poli N2 (61,11 kg t<sup>-1</sup>) e KimCoat Poli N3 (16,67 kg t<sup>-1</sup>); os quais foram adicionados separadamente sobre a uréia em uma betoneira para mistura e posterior ensaque. Além disso, o presente trabalho testou o uso de dois produtos distintos para o tratamento de sementes do milho, como fontes de micronutrientes.

Os tratamentos utilizados neste trabalho com suas doses, forma de aplicação e os dois produtos comerciais utilizados para fornecimento de micronutrientes via semente, estão descritos na Tabela 02.

Tabela 02. Tratamentos utilizados, respectivas doses de uréia em kg ha<sup>-1</sup>, formas de aplicação e micronutrientes veiculados via semente (MVS) na cultura do milho, utilizados em experimento no município de Jataí, GO, safra 2007/2008.

Faixas	Parcelas		
	Cobertura	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Forma aplicação
MVS <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>	Uréia (1/2) + Polímeros	120,0	Em superfície
MVS <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>	Uréia + Polímeros	234,0	Em superfície
MVS <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>	Uréia	232,0	Incorporado
MVS <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	Uréia (1/2) + Polímeros	120,0	Em superfície
MVS <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	Uréia + Polímeros	234,0	Em superfície
MVS <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	Uréia	232,0	Incorporado

<sup>(1)</sup> Dose utilizada por hectare dos seguintes micronutrientes: B 1,488 g; Cu 0,248 g; Fe 1,240 g; Mo 0,248 g e Zn 14,136 g. Possui agentes complexantes: aminoácidos 20 g ha<sup>-1</sup>.

<sup>(2)</sup> Dose utilizada por hectare dos seguintes micronutrientes: Zn 32,00 g e B 2,00 g.

Um cultivador, acoplado ao sistema hidráulico do trator, foi utilizado para a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (Figura 03 A). Este equipamento é provido de compartimentos servindo como reservatório dos produtos, os quais foram distribuídos ao solo através de um sistema de roscas e engrenagens acionada pela tomada de força do trator (TDP) e incorporado ou não por meio de discos duplos desencontrados (Figura 03 B).



Figura 03. Equipamento (A) utilizado em aplicação superficial (B) de uréia revestida com polímero em cobertura na cultura do milho, no município de Jataí, GO, safra 2007/2008.

### 3.6. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC) no esquema em faixas, sendo o tratamento de semente nas faixas e nas parcelas os tratamentos com cobertura nitrogenada, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas.

Cada unidade experimental foi composta por seis linhas de plantas de 15 metros de comprimento cada, com espaçamento entrelinha de 86 centímetros, totalizando 77,4 m<sup>2</sup>. A área útil da unidade experimental constituía-se de duas linhas centrais de 10 metros de comprimento cada, totalizando 17,2 m<sup>2</sup>. O croqui da área, bem como foram dispostos os tratamentos utilizados, podem ser visualizados na Figura 04.

Os dados médios referentes às avaliações realizadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F (Tabela 03), e posteriormente através da comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, quando necessário, segundo esquema abaixo apresentado. As análises estatísticas foram obtidas através do uso do aplicativo “SAEG – Sistema para Análises Estatísticas” (SAEG, 2007).

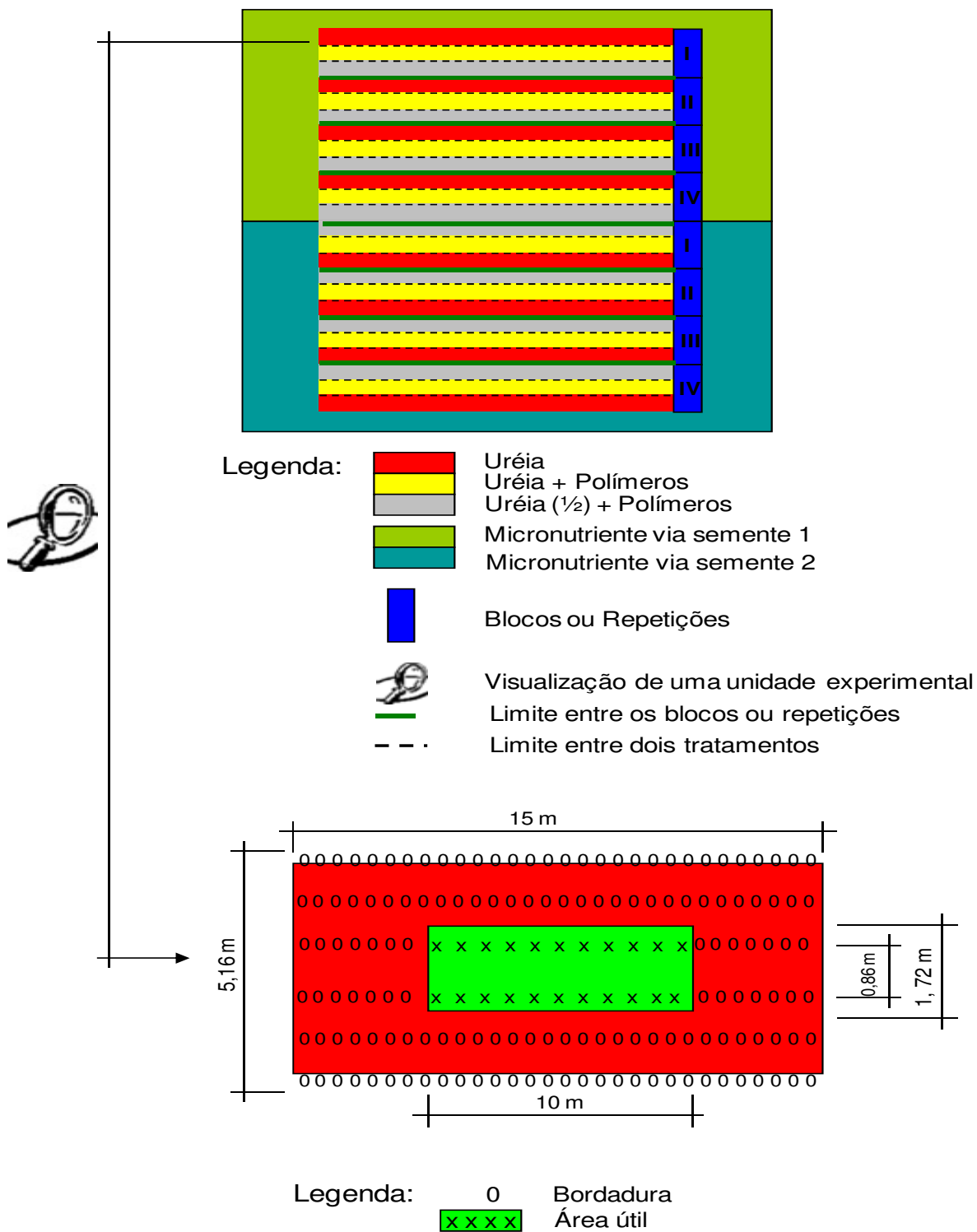


Figura 04. Croqui da área experimental, definindo blocos, micronutrientes veiculado via semente (MVS) nas faixas e nas parcelas os tratamentos com cobertura nitrogenada, na cultura do milho, no município de Jataí, GO, safra 2007/2008.

Tabela 03. Esquema da análise de variância para os resultados das variáveis estudadas em experimento no município de Jataí, GO, safra 2007/2008.

Causas de variação	Graus de Liberdade (GL)	Quadrados médios (QM)	F
Blocos (R)	3	SQ R/GL R	-
Fator A (A)	1	SQ A/GL A	QM A/QM Ea
Erro a (Ea)	3	SQ Ea/GL Ea	-
(Parcelas)	(11)	-	-
Fator B (B)	2	SQ B/GL B	QM B/QM Eb
Erro b (Eb)	6	SQ Eb/GL Eb	-
Interação A x B (AB)	2	SQ AB/GL AB	QM AB/QM Ec
Erro c (Ec)	6	SQ Ec/GL Ec	-
Total	23	-	-

Fonte: Zimmermann, 2004.

### 3.7. Condução do experimento

#### 3.7.1. Preparo do solo

A soja, cultivada na safra 2006/2007 sob sistema plantio direto (SPD), foi cultura antecessora à implantação da área experimental. Após a sua colheita, fez-se a dessecação e a semeadura em linha de *Brachiaria ruziziensis* como planta de cobertura, na safrinha 2007. Para tal, utilizou-se uma semeadora de 11 linhas com espaçamento entre linhas de 45 centímetros, onde se estabeleceram em média 7,0 plantas por metro quadrado.

O experimento foi implantado utilizando o sistema de plantio direto, para a semeadura do milho na safra 2007/2008. Antecedendo em 13 dias a semeadura, foi utilizada a dessecação com glifosato ( $3,5 \text{ L ha}^{-1}$  do produto comercial, equivalente ao sal  $480 \text{ g L}^{-1}$  i.a de glifosato), juntamente com ácido bórico ( $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$  do produto comercial com 17% de boro).

Aplicou-se em superfície  $1,0 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário magnesiano, dois meses antes do plantio do milho de verão. O calcário foi aplicado por meio de uma calcareadora tracionada pela barra de tração e acionada pela tomada de força de um trator, e possuía as seguintes características: 40,6% de CaO, 8,5% de MgO, com PRNT de 84,34%.

### 3.7.2 Adubação e semeadura do milho

A semeadura do milho bem como a adubação de base, foi realizada no dia 20 de novembro de 2007 através de uma semeadora para plantio direto de marca e modelo “PST- Ultra/11 linhas”, sendo configurada para o plantio de seis linhas espaçadas de 86 centímetros.

A adubação de base foi realizada em quantidade equivalente de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e S, respectivamente 32, 81, 73 e 25 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 08-20-18 + 6,2% de enxofre, na dose de 407 kg ha<sup>-1</sup>; que foram depositados no sulco de plantio, aproximadamente oito centímetros abaixo da semente para evitar o efeito salino do potássio, através da abertura do solo por disco duplo desencontrados.

Os resultados da análise de solo (Tabela 01) foram interpretados conforme indicação de Sousa e Lobato (2004). A recomendação de adubação foi baseada, na eficiência das fontes utilizadas e nos valores de extração e exportação destes nutrientes pela cultura (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Porém, a adubação de base diferiu da recomendação indicada no que se refere à quantidade máxima de K<sub>2</sub>O aplicada na base que segundo os autores indicam uma quantia máxima de 50 kg de K<sub>2</sub>O por hectare, pois o proprietário já havia comprado antecipadamente o adubo para o milho.

No experimento foi utilizado o milho híbrido P-30K73 com poder germinativo de 99%, com suas sementes previamente tratadas com o ingrediente ativo tiametoxam 350 g L<sup>-1</sup> na dose de 0,12 L do produto comercial para 60.000 sementes.

Posteriormente, as sementes foram tratadas na fazenda com dois produtos comerciais formulados com micronutrientes que são:

- a) Bionex Multi (micronutriente veiculado via semente 1 – MVS<sub>1</sub>): na dose de 0,20 L ha<sup>-1</sup>, produto a base de aminoácidos (100 g L<sup>-1</sup>), e contendo B 7,44 g L<sup>-1</sup>; Cu 1,24 g L<sup>-1</sup>; Fe 6,20 g L<sup>-1</sup>; Mo 1,24 g L<sup>-1</sup> e Zn 70,68 g L<sup>-1</sup> e
- b) Biocrop Milho (micronutriente veiculado via semente 2 – MVS<sub>2</sub>): na dose de 80 g ha<sup>-1</sup> e contendo B 2,5% e Zn 40%.

Esses produtos representam a seguinte quantia de micronutrientes aplicada por hectare para o tratamento com MVS<sub>1</sub> de: 1,488 g de B; 0,248 g de Cu; 1,240 g

de Fe; 0,248 g de Mo e 14,136 g de Zn. Já para o MVS<sub>2</sub> foi de: 2,00 g ha<sup>-1</sup> de B e 32,00 g ha<sup>-1</sup> de Zn.

A adubação de cobertura nitrogenada foi realizada em uma única aplicação, quando a cultura do milho apresentava no estágio V<sub>5</sub> (Figura 05 A), conforme Embrapa Milho e Sorgo (2006), ou seja, plantas com cinco folhas totalmente expandidas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Foi utilizado um cultivador de marca e modelo Tatu acoplado ao hidráulico de um trator, com seis linhas espaçadas de 86 centímetros (Figura 05 B).



Figura 05. Visualização do estágio de desenvolvimento do milho (A) e do equipamento (B) usado para aplicação da uréia revestida com polímero em superfície, no município de Jataí, GO, safra 2007/2008.

A uréia (45% de N) foi aplicada de forma incorporada, nas entre linhas da cultura, com aproximadamente sete centímetros de profundidade e a uma distância de 25 centímetros da linha de plantio do milho, na dose de 232 kg ha<sup>-1</sup> o que equivale a 104,40 kg ha<sup>-1</sup> de N; essa dosagem foi a mesma para os dois tratamentos em faixas contendo micronutrientes veiculados via semente (MVS<sub>1</sub> e MVS<sub>2</sub>). Quanto à aplicação da uréia revestida com polímeros, foi utilizado o mesmo equipamento,

diferenciando-se somente, por este aplicar as respectivas quantidades em superfície, sem incorporação, concentradas em faixas e depositadas nas entre linhas da cultura do milho, distantes aproximadamente entre 20 a 25 centímetros da linha de semeadura (Figuras 03 A, 03 B, 05 A e 05 B). As doses dos tratamentos com a uréia revestida com polímeros foram de 49,44 e 96,41 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondendo respectivamente a 120 kg ha<sup>-1</sup> e 234 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, para os seguintes tratamentos: uréia (1/2) + polímeros e uréia + polímeros e ambos associados aos tratamentos contendo micronutrientes veiculados via semente MVS<sub>1</sub> e MVS<sub>2</sub>, conforme Tabela 02.

A adubação potássica em cobertura foi igual em todos os tratamentos, sendo aplicado na dose de 94,70 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCl) em área total por meio de um distribuidor de discos duplos rotativos e acionados pela tomada de força do trator, com uma largura aproximada de distribuição de 18 metros.

Os tratos culturais utilizados na área experimental foram iguais em todos os tratamentos avaliados.

### **3.8. Variáveis analisadas**

#### **3.8.1. Componentes de produtividade**

Foram avaliadas a população de plantas, a altura de plantas, a altura de inserção de espiga e o diâmetro do colmo. Tais variáveis foram avaliadas em 10 plantas, ao acaso, antecedendo a colheita manual do milho e dentro da área útil. As 10 plantas casualmente selecionadas foram às mesmas utilizadas para determinar a altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo.

Em laboratório, as avaliações foram feitas em todas as espigas coletadas de cada parcela, onde os seguintes componentes de produtividade foram avaliados: número total de espigas; comprimento das espigas; diâmetro das espigas; número de fileiras por espiga; diâmetro dos sabugos; massa de cem grãos; peso total de grãos de cada parcela e umidade da massa de grãos, conforme Dourado Neto et al. (2003; 2004) e por Soares (2003).

Mediante o uso de uma escala graduada (trena), determinou-se a altura média das plantas, que foi efetuada previamente a colheita, através da simples medição do comprimento do colmo, ou seja, da superfície do solo até a base da inflorescência masculina.

Para determinação da altura média da inserção de espiga, que foi realizada previamente à colheita, utilizou-se uma trena (escala graduada) com a qual se determinou a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal com o colmo. Foram consideradas as mesmas plantas utilizadas para a determinação da altura média de plantas.

Para a determinação do diâmetro médio do colmo, considerou-se a altura de vinte centímetros a partir da base do solo com a ajuda de uma régua graduada e para mensurar o diâmetro utilizou-se um paquímetro. Cabe ressaltar que, para a determinação do diâmetro dos colmos foi a vinte centímetros de altura e em seu maior diâmetro e foram utilizadas as mesmas plantas avaliadas para a determinação da altura de plantas e de espigas.

Para estimar a população total de plantas, contou-se o número total de plantas contida dentro da área útil de cada parcela experimental (duas linhas de dez metros de comprimento cada).

Dentro da área útil de cada parcela também se quantificou o número de plantas de milho consideradas dominadas (porte reduzido, com ou sem formação de espigas produtivas), plantas acamadas e plantas quebradas.

A prolificidade foi determinada através da contagem do número total de espigas colhidas na área útil da parcela experimental, sendo que o número obtido foi dividido pelo número de plantas normais (plantas totais menos plantas dominadas) contadas dentro da área útil de cada parcela. Obtendo-se assim o número médio de espigas por planta.

A determinação do comprimento médio das espigas foi obtida através da medição do comprimento de todas as espigas colhidas dentro da área útil de cada parcela e medidas através do uso de uma trena (escala graduada).

O número médio de fileiras de grãos por espiga foi determinado através de simples contagem. Foram avaliadas para este componente todas as espigas oriundas da área útil de cada parcela.

O diâmetro médio da espiga foi obtido mediante o uso de um paquímetro, sendo que o ponto considerado na avaliação foi o correspondente ao centro da espiga. Foram avaliadas todas as espigas coletadas dentro da área útil de cada parcela.

Após a debulha de todas as espigas oriundas da área útil de cada parcela, foi determinado o diâmetro do sabugo através do uso de um paquímetro, sendo que o ponto considerado na avaliação foi o correspondente ao centro do sabugo.

O número de grãos por parcela foi determinada mediante o uso de cálculos matemáticos. Foi utilizada a massa de grãos de milho de cada parcela, em gramas, multiplicado por 100 e dividido pela massa de cem grãos (MCG) em gramas, obtida previamente e corrigidas para 13% de umidade.

O número de grãos por espiga foi obtido através da divisão do número de grãos por parcela pelo número de espigas por parcela.

Após a debulha de todas as espigas colhidas dentro da área útil de cada unidade experimental, determinou-se a massa de cem grãos, que corresponde à média de três amostras de cem grãos originadas de cada parcela. Assim, do total de grãos oriundos da debulha, retirou-se três amostras ao acaso, contendo cem grãos cada, os quais foram submetidos à pesagem e à determinação imediata da umidade, possibilitando assim estimar a massa de cem grãos corrigida para 13% de umidade.

A produtividade de grãos obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de todas as espigas colhidas dentro da área útil de cada parcela ( $\text{kg parcela}^{-1}$ ), a qual foi convertida para  $\text{kg ha}^{-1}$  e devidamente corrigida para 13% de umidade.

### **3.8.2. Análise econômica**

Os custos variáveis (insumos, operações agrícolas e outros) por tratamento utilizado no experimento foram estimados a partir dos coeficientes técnicos registrados e usados no ensaio, extrapolados para um hectare e ajustados às condições efetuadas e praticadas pela fazenda para o cultivo em área comercial de milho safra de verão em Jataí, Goiás. Portanto, os custos das operações agrícolas foram iguais a todos os tratamentos, principalmente em relação aos tratamentos com

aplicação da uréia em cobertura (incorporada ou superficial e/ou revestida com polímeros), pois foi utilizado o mesmo equipamento para execução das aplicações da uréia no experimento (Figura 3 A, 3 B e 5 B).

A valoração dos insumos utilizados no experimento foram os mesmos praticados e usados pelo proprietário para a semeadura de sua área comercial e refere em sua maioria ao mês de março de 2008. Já os valores das operações foram baseados em uma planilha fornecida pela Fundação ABC, referente ao mês de fevereiro de 2007 e adaptada às condições locais e da forma de uso das máquinas e equipamentos conforme a fazenda utiliza (FUNDAÇÃO ABC, 2007).

As produções obtidas em cada tratamento auxiliaram na obtenção da receita, utilizando o preço do milho grão, referente ao mês de abril/maio de 2008 obtidos pelo agricultor para a venda de sua safra em Jataí, Goiás; que foi de R\$ 0,35 por quilograma de milho grão.

A relação entre o valor recebido e o valor do investimento (Rec/Invest), ou seja, a relação benefício/custo indica se uma prática é economicamente viável (AGUIAR et al., 2008). Segundo estes autores, uma prática é economicamente viável quando este índice for superior a 1,0.

A relação benefício (receita) /custo (investimento), nos diferentes tratamentos foi calculada em planilhas eletrônicas, por meio da divisão da receita bruta obtida com a venda do milho produzido por cada tratamento usado (sua média de rendimento) pelo total de custos variáveis calculados e estimados. São considerados como viáveis economicamente, aqueles tratamentos que obtiveram uma relação benefício/custo superior a 1,0.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se constatar, na Tabela 04, que o uso dos dois produtos para o fornecimento de micronutrientes via semente de milho ( $MVS_1$  e  $MVS_2$ ) se mostraram semelhantes e não apresentaram diferenças significativas entre estes produtos para nenhuma das variáveis analisadas.

Cabe ressaltar que à campo, não foi constatado acamamento nem quebraimento de plantas de milho, no momento das avaliações que antecederam a colheita manual das espigas de milho e, portanto não interferindo nos componentes de rendimento deste ensaio.

A população total de plantas, a população de plantas dominadas e a população total de plantas produtivas não diferiram entre si, quanto ao uso da uréia + polímeros aplicados em superfície e da uréia incorporada ao solo, mostrando também que estes componentes de produtividade não influenciaram nos tratamentos estudados. Isso foi devido, em partes, a homogeneidade na distribuição e emergência das plantas de milho (Tabela 04).

Quanto ao comprimento médio de espigas, constatou-se que houve diferença entre os tratamentos. O milho com a uréia incorporada obteve o maior comprimento médio de espigas (13,81cm); seguido da uréia polimerizada em superfície (12,94 cm) e por último o tratamento com metade da dose de uréia polimerizada ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com apenas 12,24 cm, mostrando que a dose crescente e, principalmente a forma de aplicação da uréia influenciaram diretamente no comprimento de espiga (Tabela 04).

O número de espigas total, a altura de plantas, a altura de inserção da primeira espiga, o diâmetro do colmo (Tabela 04), não foram influenciados pelos tratamentos com o uso da uréia ( $232 \text{ kg ha}^{-1}$ ), uréia + polímeros ( $234 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e da uréia ( $1/2$ ) + polímeros ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) neste trabalho.

Tabela 04. Influência dos tratamentos com micronutrientes veiculados via sementes (MVS<sub>1</sub> e MVS<sub>2</sub>) e do uso da uréia incorporada e uréia revestida aplicada superficialmente no solo na população total de plantas (PopT), na população de plantas dominadas (PopD), na população total de plantas produtivas (PopP), no número de espigas total (NEspT), no comprimento de espiga (CEsp), na altura de plantas (AltPI), na altura de espigas (AltEsp), no número de grãos por espiga (NGEsp), no diâmetro do colmo (DCol) e na massa de cem grãos (MCG) do milho, safra 2007/2008 em Jataí - GO.

Fator	Tratamento	PopT	PopD	PopP	NEspT <sup>1</sup>	CEsp	AltPI	AltEsp	NGEsp <sup>2</sup>	DCol	MCG
		(pl ha <sup>-1</sup> )	(pl ha <sup>-1</sup> )	(pl ha <sup>-1</sup> )	(nº)	(cm)	(cm)	(cm)	(nº)	(cm)	(g)
Faixas	MVS <sub>2</sub>	58.576 a	4.167 a	54.409 a	101,58 a	12,82 a	204,60 a	105,11 a	411,90 a	2,19 a	29,97 a
	MVS <sub>1</sub>	57.219 a	4.021 a	53.198 a	101,08 a	13,17 a	210,00 a	110,68 a	417,35 a	2,25 a	30,76 a
	CV (%)	11,23	37,98	9,89	5,25	6,49	4,24	8,32	7,45	7,46	5,59
Parcelas	Uréia (½) + Polímeros	56.831 a	4.869 a	51.962 a	97,37 a	12,24 c	202,39 a	103,24 a	391,18 b	2,17 a	29,67 b
	Uréia + Polímeros	59.157 a	3.561 a	55.596 a	102,87 a	12,94 b	208,82 a	109,37 a	420,13 a	2,26 a	29,64 b
	Uréia	57.703 a	3.852 a	53.852 a	103,75 a	13,81 a	210,67 a	111,07 a	432,57 a	2,22 a	31,77 a
	CV (%)	9,17	22,70	10,13	8,09	2,94	3,31	5,71	2,56	3,28	3,58
	Média	57.897	4.094	53.803	101,33	13,00	207,30	107,90	414,63	2,22	30,36

<sup>1</sup> Referente ao número de espigas coletadas dentro da área útil de cada tratamento. <sup>2</sup> Dado calculado e transformado em número de grãos por espiga. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à massa de cem grãos, a uréia incorporada foi superior a ambos os tratamentos com uréia revestida com polímero aplicada em superfície, os quais não diferiram entre si, mostrando que a uréia incorporada foi melhor no enchimento de grãos e no aumento da densidade destes em comparação a uréia revestida com polímero aplicada em superfície (Tabela 04).

Na Tabela 05, pode-se verificar o efeito da interação entre os produtos usados para o tratamento de sementes e os tratamentos contendo nitrogênio em cobertura no milho no que se refere ao diâmetro do colmo. Percebe-se um melhor efeito do MVS<sub>1</sub> sobre o diâmetro do colmo em comparação ao MVS<sub>2</sub>, com exceção ao tratamento com uréia + polímero (234 kg ha<sup>-1</sup>). Já o MVS<sub>1</sub> não diferiu entre si, quanto o diâmetro do colmo, para os três tratamentos estudados com fonte de N em cobertura. Verifica-se um melhor efeito do tratamento uréia + polímero (234 kg ha<sup>-1</sup>) sobre o diâmetro do colmo, com o uso do MVS<sub>2</sub> em comparação aos demais tratamentos usando N em cobertura.

Tabela 05. Desdobramento da Interação entre os micronutrientes veiculados via semente (MVS<sub>1</sub> e MVS<sub>2</sub>) e a cobertura nitrogenada com uréia incorporada e uréia revestida com polímeros aplicada superficialmente, no diâmetro do colmo do milho, safra 2007/2008 em Jataí - GO.

Tratamento	Diâmetro do colmo (cm)	
	MVS <sub>2</sub>	MVS <sub>1</sub>
Uréia (1/2) + Polímeros	2,13 b B	2,22 a A
Uréia + Polímeros	2,28 a A	2,25 a A
Uréia	2,16 b B	2,27 a A
CV (%)	2,10	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Provavelmente, essas melhores interações proporcionadas pelo MVS<sub>1</sub> com os tratamentos com uréia em cobertura no milho, proporcionando aumento no diâmetro do colmo, propiciaram maior acúmulo de reservas no enchimento de grãos. Além do diâmetro de colmo tem implicação sobre a redução de quebramento de colmos, na cultura do milho.

Cabe ressaltar que após a fecundação, os grãos em formação, tornam-se “drenos” preferenciais para a planta, a qual deverá satisfazê-los de forma intensiva e contínua. Assim, a redução da taxa fotossintética das folhas superiores (fonte), após o florescimento, fatalmente resultará na queda considerável da produção de grãos (dreno). Essa situação implicará na necessidade da utilização das reservas do colmo no enchimento de grãos. Assim, a integridade e a capacidade cúbica de armazenagem de excedentes de foto assimilados por parte do colmo são de suma importância para o período de enchimento de grãos, atuando, em inúmeras situações, como órgão equilibrador da limitação de “fonte”, promovendo a remobilização de carboidratos de reserva (FANCELLI, 1994). Sua contribuição percentual no enchimento de grãos pode variar de 17% até 44% (RUGET, 1993).

A prolificidade de espigas, o diâmetro médio do sabugo e o número de fileiras por espigas (Tabela 06) não foram influenciados pelos tratamentos com o uso da uréia ( $232 \text{ kg ha}^{-1}$ ), uréia + polímeros ( $234 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e da uréia ( $\frac{1}{2}$ ) + polímeros ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) neste trabalho.

Na Tabela 06, pode-se verificar o efeito entre os tratamentos contendo nitrogênio em cobertura no milho no que se refere ao diâmetro médio da espiga. Com relação ao diâmetro médio da espiga, a uréia incorporada foi superior a ambos os tratamentos com uréia revestida com polímeros aplicada em superfície, os quais não diferiram entre si. Indicando que a disponibilidade de N no solo para as plantas de milho e a forma de aplicação também exerce influência no diâmetro médio das espigas.

Quanto ao número de grãos por parcela, a uréia revestida com polímeros ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aplicada em superfície foi inferior ao tratamento com uréia incorporada ( $232 \text{ kg ha}^{-1}$ ), porém não diferindo com a uréia revestida com polímeros ( $234 \text{ kg ha}^{-1}$ ), aplicada em superfície. Já os tratamentos com o mesmo nível de N utilizado mostraram-se equivalentes (Tabela 06). Indicando que a redução do suprimento de N ao solo reduzirá o número de grãos por parcela e conseqüentemente o rendimento de grãos.

A uréia em cobertura no milho teve efeito significativo sobre o rendimento de grãos. A produtividade de grãos com a uréia revestida com polímeros ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aplicada em superfície foi inferior à produtividade de grãos com o uso da uréia

incorporada. Em partes, este comportamento pode estar associado à menor dose de N no solo. Percebe-se, também, que a produtividade de grãos com a uréia revestida com polímeros ( $234 \text{ kg ha}^{-1}$ ), aplicada em superfície, foi igual à uréia incorporada ( $232 \text{ kg ha}^{-1}$ ), conforme Figura 06.

Tabela 06. Influência dos tratamentos com micronutrientes veiculados via sementes ( $MVS_1$  e  $MVS_2$ ) e da uréia incorporada e uréia revestida aplicada superficialmente na prolificidade de espiga (Prolif), no diâmetro de espiga (DEsp), no diâmetro do sabugo (DSab), no número de fileiras por espiga (NFilesp) e no número de grãos por parcela (NGrParc), safra 2007/2008 em Jataí – GO.

Fator	Tratamento	Prolif	DEsp (cm)	DSab (cm)	NFilesp (n°)	NGrParc <sup>1</sup> (n°)
Faixas	$MVS_2$	1,09 a	4,39 a	2,27 a	13,12 a	41.872 a
	$MVS_1$	1,11 a	4,43 a	2,23 a	13,08 a	42.197 a
	CV (%)	6,50	1,87	2,28	0,56	3,37
Parcelas	Uréia ( $\frac{1}{2}$ ) + Polímeros	1,09 a	4,34 b	2,23 a	13,12 a	38.083 b
	Uréia + Polímeros	1,08 a	4,38 b	2,23 a	13,10 a	43.198 ab
	Uréia	1,12 a	4,50 a	2,30 a	13,07 a	44.823 a
	CV (%)	4,70	0,95	2,53	0,86	8.24
	Média	1,10	4,41	2,25	13,10	42.035

<sup>1</sup> Dado calculado e transformado em número de grãos por parcela. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A uréia incorporada no solo propiciou o maior comprimento médio de espigas (13,81 cm) (Tabela 04), o maior diâmetro médio da espiga (4,50 cm) (Tabela 06) e a maior massa de cem grãos (31,77 g) (Tabela 04). Tais resultados contribuíram para que houvesse incremento de 20,66% no rendimento de grãos ( $1.710 \text{ kg ha}^{-1}$ ) observado na uréia incorporada ( $232 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação à uréia revestida com polímeros ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aplicada em superfície (Figura 06).

Até a colheita, a planta de milho (parte aérea, grãos e raiz) a recuperação do nitrogênio fornecido pela uréia, aplicada em cobertura e incorporada ao solo no estádio  $V_5$ , foi de 45% (CABEZAS; COUTO, 2007). Notando-se a baixa taxa de recuperação do nitrogênio fornecido pela uréia.

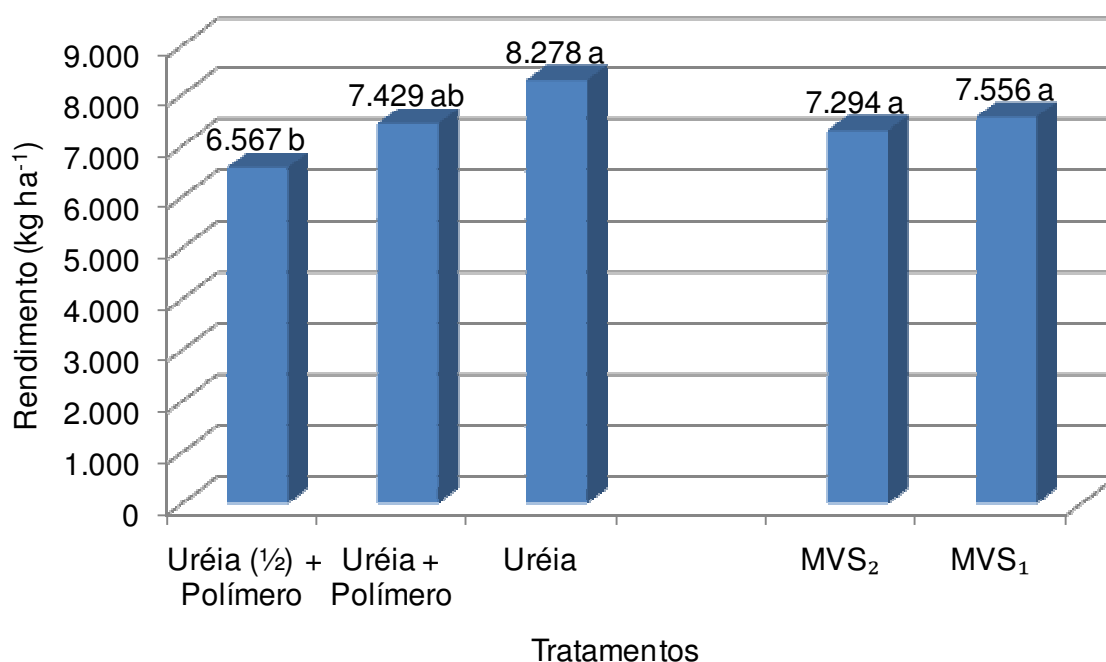


Figura 06. Rendimento de grãos em kg ha<sup>-1</sup>, obtidos em razão dos tratamentos com micronutrientes veiculados via semente (MVS<sub>1</sub> e MVS<sub>2</sub>) e da uréia incorporada no solo e uréia revestida com polímeros aplicada superficialmente no solo, safra 2007/2008 em Jataí - GO.

O número de grãos por planta e por unidade de área constitui-se em um dos mais importantes componentes determinantes do rendimento da cultura, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> folhas, além daqueles evidenciados no florescimento (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Os mesmos autores concluem que o número de espigas é mais importante que o tamanho das mesmas.

Resultados mostrando que, a dose e a forma de aplicação da uréia no solo influenciaram no rendimento de grãos de milho também foram encontrados por Silva et al. (2005). Estes autores, em estudo realizado em Goiás, em área sob SPD, verificaram que a época e o modo de aplicação do N influenciaram a produtividade de grãos de milho, sendo os melhores resultados obtidos com a incorporação do fertilizante na semeadura ou aos 15 dias após a emergência, obtendo 670 kg ha<sup>-1</sup> a mais com a incorporação do fertilizante em relação à aplicação em superfície. Pöttker e Wiethölter (2004) também encontraram na média de cinco anos de

avaliação, que a incorporação do N ao solo aumentou o rendimento do milho em cerca de 5%, para as condições do Rio Grande do Sul.

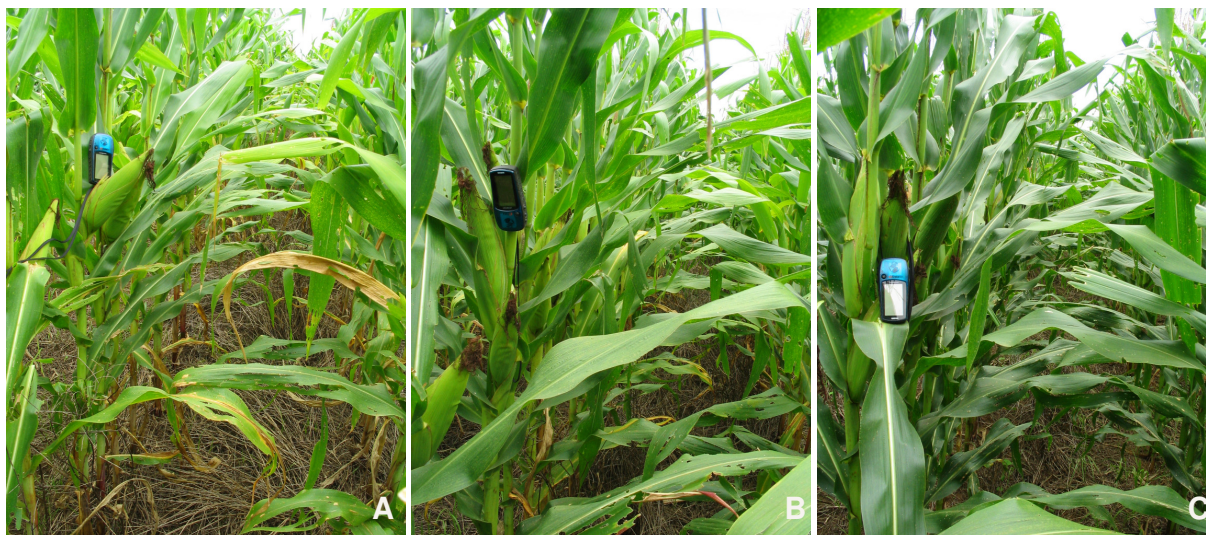


Figura 07. Aspecto visual da cobertura nitrogenada, (A) uréia ( $\frac{1}{2}$ ) + polímeros ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e (B) uréia + polímeros ( $234 \text{ kg ha}^{-1}$ ), aplicadas na superfície do solo; e (C) uréia ( $232 \text{ kg ha}^{-1}$ ), incorporada ao solo, safra 2007/2008 em Jataí - GO.

#### 4.1. Análise econômica

Para originar a receita bruta encontrada para cada tratamento constante na Tabela 07, foi utilizada a média de rendimento obtida em quilogramas por hectare e está multiplicada pelo preço de venda de cada quilograma de milho, que no caso foi de R\$  $0,35 \text{ kg}^{-1}$  de milho em grão. Já os custos variáveis (custos de operações agrícolas, insumos utilizados e outros custos) utilizados para a obtenção da estimativa de custo de produção em reais por hectare para cada tratamento podem ser visualizados nos Anexos 01 e 02.

Na Tabela 07, com relação às variáveis estudadas, pode-se observar que os tratamentos com micronutrientes aplicados através da semente ( $MVS_1$  e  $MVS_2$ ) não diferiram entre si, mostrando que o uso dos dois produtos comerciais para o tratamento de sementes não influenciaram na parte econômica.

A uréia incorporada no solo propiciou a maior receita bruta por hectare (R\$ 2.897,23) e o tratamento com  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia revestida com polímeros em

superfície foi a menor (R\$ 2.298,47 por hectare). Já o uso da uréia + polímeros (234 kg ha<sup>-1</sup>) propiciou uma receita bruta por hectare intermediária (R\$ 2.600,22). Por outro lado, a uréia revestida com polímeros (234 kg ha<sup>-1</sup>), aplicada em superfície, propiciou o maior custo de produção por hectare (R\$ 2.186,72) e o tratamento com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> da uréia com o revestimento de polímeros o de menor custo de produção por hectare (R\$ 2.024,14), com uma diferença de R\$ 162,58 (Tabela 07).

Com relação ao lucro obtido em reais por hectare ou em quilogramas por hectare (Lucro), a uréia incorporada foi superior a ambos os tratamentos com uréia revestida com polímero aplicada em superfície, os quais não diferiram entre si. A uréia incorporada (232 kg ha<sup>-1</sup>) propiciou incremento de 1.046 kg ha<sup>-1</sup> ou 365,94 R\$ ha<sup>-1</sup> no lucro em comparação a uréia revestida com polímeros (234 kg ha<sup>-1</sup>) aplicada em superfície. Apesar de não diferirem estatisticamente, a uréia revestida com polímeros (234 kg ha<sup>-1</sup>) propiciou incremento de 398 kg ha<sup>-1</sup> ou 139,18 R\$ ha<sup>-1</sup> no lucro em comparação a uréia com o revestimento de polímeros (120 kg ha<sup>-1</sup>), ambas aplicadas em superfície. Tais resultados contribuíram para que a uréia incorporada no solo propiciasse o maior lucro (2.227 kg ha<sup>-1</sup> ou 779,44 R\$ ha<sup>-1</sup>), mostrando que o manejo tradicional da uréia incorporada ao solo proporcionou lucratividade superior aos tratamentos com uréia revestida com polímeros em superfície (Tabela 07).

Quanto ao (Rec/Invest), ou seja, à relação entre o valor recebido e o valor do investimento, a uréia incorporada foi superior a ambos os tratamentos com uréia revestida com polímero aplicada em superfície, os quais não diferiram entre si. A uréia incorporada no solo propiciou o maior índice de Rec/Invest (1,37), ou seja, para cada real (R\$ 1,00) investido retornou-se um real e trinta e sete centavos (R\$ 1,37). A uréia revestida com polímeros (234 kg ha<sup>-1</sup>), aplicada em superfície, obteve um índice de Rec/Invest intermediário (1,19) e o tratamento com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> da uréia com o revestimento de polímeros, aplicada em superfície, obteve o menor índice de Rec/Invest (1,13). Indicando que o manejo tradicional da uréia incorporada ao solo proporcionou viabilidade econômica superior aos tratamentos com uréia revestida com polímeros em superfície (Tabela 07).

Tabela 07. Análise econômica dos tratamentos com micronutrientes veiculados via sementes (MVS<sub>1</sub> e MVS<sub>2</sub>), da uréia incorporada e da uréia revestida aplicada superficialmente, no rendimento de grãos obtidos em quilogramas por hectare (Rend), na receita bruta obtida em reais por hectare (RecBrt), na estimativa de custo de produção em Reais por hectare e em quilogramas por hectare (EstCusto), no lucro obtido por hectare em reais por hectare e em quilogramas por hectare (Lucro) e na relação entre o valor recebido e o valor do investimento (Rec/Invest), safra 2007/2008 em Jataí – GO.

Fator	Tratamento	Rend (kg ha <sup>-1</sup> )	RecBrt <sup>1</sup> (R\$ ha <sup>-1</sup> )	EstCusto <sup>1</sup> (R\$ ha <sup>-1</sup> )	EstCusto <sup>1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Lucro <sup>1</sup> (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Lucro <sup>1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Rec/Invest
Faixas	MVS <sub>2</sub>	7.294 a	2.552,75 a	2.104,93 a	6.014 a	447,82 a	1.279 a	1,21 a
	MVS <sub>1</sub>	7.556 a	2.644,52 a	2.114,16 a	6.040 a	530,36 a	1.515 a	1,25 a
	CV (%)	5,04	5,04	0,30	0,30	25,44	25,44	4,67
Parcelas	Uréia (1/2) + Polímeros	6.567 b	2.298,47 b	2.024,14 c	5.783 c	274,32 b	784 b	1,13 b
	Uréia + Polímeros	7.429 ab	2.600,22 ab	2.186,72 a	6.248 a	413,50 b	1.181 b	1,19 b
	Uréia	8.278 a	2.897,23 a	2.117,79 b	6.051 b	779,44 a	2.227 a	1,37 a
	CV (%)	7,82	7,82	0,47	0,47	39,51	39,51	7,47
	Média	7.424	2.598,60	2.109,50	6.027	489,09	1.397	1,23

<sup>1</sup> Valor pago pelo kg de milho grão, R\$ 0,35. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir:

1. A dose e a forma de aplicação da uréia no solo para as plantas de milho afetam o comprimento da espiga, o diâmetro da espiga, a massa de cem grãos, a produtividade de grãos e a relação entre a receita obtida sobre o valor investido;
2. A uréia incorporada no solo propicia maiores valores de comprimento da espiga, de diâmetro da espiga, de massa de cem grãos, de produtividade de grãos, de lucratividade e da relação entre a receita obtida sobre o valor investido;
3. A uréia incorporada no solo propicia para cada real (R\$ 1,00) investido o retorno de um real e trinta e sete centavos (R\$ 1,37), safra 2007/2008.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. A. de; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A.; WANDER, A. E. Análise econômica de diferentes práticas culturais na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia v. 38, n.4, p. 241-248. 2008.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os adubos e a eficiência das adubações. **Boletim Técnico**, 3 ed. São Paulo: ANDA, 1998.

ASSUNÇÃO, H. F.; SCOPEL, L. S.; SANTOS, W. B. Caracterização espacial do clima no município de Jataí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, 1999, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. CD-ROM.

BLAYLOCK, A. O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. In: **Informações Agronômicas**. n. 120, dez. 2007. Piracicaba: IPNI, 2007.

BÔAS, R. L. V.; BOARETTO, A. E.; GODOY, L. J. G. de; FERNANDES, D. M. Recuperação do nitrogênio da mistura de uréia e sulfato de amônio por plantas de milho. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p. 263-272, 2005.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral no milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Org.). **Cultura do Milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS. p. 63-145, 1993.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

CABEZAS, W. A. R. L. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E

MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1, 1998, Rio Verde. **Resumos...** Rio Verde: Aldeia Norte Editora, 1998. p. 78-92. 96p.

CABEZAS, W. A. R. L.; COUTO, P. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 31, p. 739-752, 2007.

CABEZAS, W. A. R. L.; SOUZA, M. A. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de uréia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 32, p. 2331-2342, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária:** Dezembro – 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/IA-dez08jan09.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Arquivos / Série histórica:** Milho 1997 a 2008a. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/seriehistorica.html>>. Acesso em: 13 maio 2009.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTINS, T. N.; BONNECARRÈRE, A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitoregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.11, n.1, p. 1-9, 2004.

DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; SOARES, M. A.; MANFRON, P. A.; PILAU, F. G.; OHSE, S. Influência de nitrogênio e zinco na fenologia da cultura de milho (*Zea mays* L.). **INSULA**, Florianópolis, n. 32, p. 03-31, 2003.

DUARTE, D. S. A. **Perdas de amônia por volatilização em solo tratado com uréia, na presença de resíduos culturais.** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba, 2007.

EMBRAPA MILHO e SORGO. Fisiologia da produção de milho. **Circular Técnica 76.** 1. ed. Sete Lagoas, dez. 2006.

EMBRAPA MILHO e SORGO. **Cultivo do Milho.** Sistemas de Produção, 2. 4 ed. set. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm>>. Acesso em: 15 maio 2009.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Características agronômicas das cultivares de milho disponíveis no mercado na safra 2008/2009.** Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/tabela1-caracteristicas.html>>. Acesso em: 17 maio 2009.

FANCELLI, A. L. **Milho e feijão:** Elementos para manejo em agricultura irrigada. Piracicaba: Departamento de agricultura/ESALQ/USP. 1994.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho.** 2. ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 2004.

Fundação ABC Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário. **Planilha de Custos de Mecanização,** referente ao mês de fevereiro de 2007. Disponível em: <<http://www.fundacaoabc.org.br/>>. Acesso em: abril 2007.

GANS, W.; HERBST, F.; MERBACH, W. Nitrogen balance in the system plant – soil after urea fertilization combined with urease inhibitors. **Plant, Soil Environment,** v. 52, p. 36-38, 2006.

GIOACCHINI, P.; NASTRI, A.; MARZADORI, C.; GIOVANNINI, C.; ANTISARI, L. V.; GESSA, C. Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soils fertilized with urea. **Biology and Fertility of Soils**. n. 36 p.129-135, 2002.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. de; ASSIS, R. L. de; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicações de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, n.31 p.931-938, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE/Cidades/Goiás/Jataí**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 13 maio 2009.

IFA: International Fertilizer Industry Association. **IFADATA**. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ifa/ifadata/results>>. Acesso em: 29 junho 2009.

LONGO, R. M.; MELO, W. J. de. Atividade da urease em Latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 29. p. 645-650. 2005.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos. **Boletim Técnico**, 4. 3 ed. São Paulo: ANDA, 2000. 72 p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. Fisiologia da Planta de Milho. **Circular Técnica**, 20. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do Milho. **Circular Técnica**, 22. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23 p.

MARCONDES, A. L. P. **Volatilização de amônia de adubos nitrogenados aplicados em superfície na cultura do milho em ambientes distintos.** Tese (Mestrado) – Campus de Marechal Cândido Rondon, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, 2007.

MEDEIROS, J. A. S. **Management alternatives for urea use in corn and wheat production.** Thesis (Master of Science) – Faculty of the Graduate School – University of Missouri – Columbia, 2006.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M. E.; FIGUEROA, M. M. **Guia de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales.** Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 1999. cap. 1, p. 13-25.

MELO, L. A. F. de; SILVA, D. dos S.; CARNEVALE, A. B.; CABACINHA, C. D.; CUNHA, S. C. da. Adubos polimerizados podem reduzir a adubação nitrogenada e fosfatada no algodoeiro. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 6. 13 a 16/08/2007. Uberlândia: **Anais eletrônicos.** Disponível em: [http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/trabalhos/Solos\\_e\\_Nutricao\\_de\\_Plantas/Trabalho%20SN04.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/trabalhos/Solos_e_Nutricao_de_Plantas/Trabalho%20SN04.pdf). Acesso em: 28 maio 2009.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. **Qualidade de grãos de milho.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2006. 112 p.

OLIVEIRA, E. F. de; BALBINO, L. C. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio aplicado em cobertura nas culturas de trigo, milho e algodão. In: OLIVEIRA, E. F. de; BALBINO, L. C. **Resultados de pesquisa, 1/95.** Cascavel: OCEPAR, 1995. 48 p.

PINAZZA, L. A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do Milho:** fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 1 - 10

PIONEER. **Guia do milho da Pioneer sementes.** Dez. 2008.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. de. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p. 301-309, 2003.

ROZAS, H. S.; ECHEVERRÍA, H. E.; STUDDERT, A.; ANDRADE, F. A. No-till maize nitrogen uptake and yield: effect of urease inhibitor and application time. **Agronomy Journal**, v. 91 p. 950-955, 1999.

RUGET, F. Contribution of storage reserves during grain filling of maize in northern European conditions. **Maydica**, Bergamo. v.38 p. 51-59. 1993.

SAEG – **Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV, Viçosa, 2007.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p. 687-692, 2003.

SILVA, E. C. da; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. de; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 29 p. 725-733. 2005.

SOARES, M. A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura do milho (*Zea mays L.*)**. Dissertação (Mestrado). Piracicaba: ESALQ - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2004. 416 p. p. 129-145

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402 p.

## 7. ANEXOS

Anexo 01– Estimativa do custo variável e total por hectare na cultura do milho, para o tratamento: MVS<sub>1</sub> - Uréia (½) + polímeros em superfície, no sistema plantio direto na Fazenda Bom Jardim em Jataí – GO, safra 2007/2008.

(continua)

Componentes do custo	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor (R\$)	Participação (%)
<b>A - Custo Fixo</b>				<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Remuneração do capital	R\$			0,00	0,00
Remuneração da terra	R\$			0,00	0,00
<b>B - Custo Variável</b>				<b>2.029,40</b>	<b>100,00</b>
<b>B.1 - Insumos</b>				<b>1.185,58</b>	<b>58,42</b>
Calcário	T	1,00	60,00	60,00	2,96
Semente Milho	SC	1,10	196,24	215,86	10,64
Inseticida T.S. - Cruiser	L	0,132	352,67	46,55	2,29
Adubo (8-20-18)	T	0,407	933,00	379,95	18,72
Fertilizante cobertura - KCl	T	0,0947	806,00	76,36	3,76
Fertilizante cobertura - Uréia	T	0,120	950,00	114,16	5,63
Polímeros	T	0,120	350,00	42,06	2,07
T.S. – Bionex Multi	L	0,200	40,00	8,00	0,39
J. Dirigido – Cloropirifós	L	0,80	17,70	14,16	0,70
Herbicida de Dessecação - Glifosato	Kg	2,00	25,50	51,00	2,51
Dessecação - Adjuvante	L	0,025	75,00	1,88	0,09
Dessecação – Ác. Bórico	Kg	1,50	2,43	0,00	0,00
Herbicida Pós – Atrazina	L	3,20	8,60	27,52	1,36
Herbicida Pós – Accent	Kg	0,030	1.192,00	35,76	1,76
Herbicida Pós – Óleo mineral	L	0,65	4,88	3,17	0,16
Inseticida – Match	L	0,30	52,00	15,60	0,77
Inseticida – Lannate (3x)	L	2,00	17,10	34,20	1,69
Inseticida – Certo	L	0,05	138,00	6,90	0,34

(conclusão)

Micro foliar – SK25	L	1,00	6,80	6,80	0,34
Inseticida – Adjuvante	L	0,025	75,00	1,88	0,09
Fungicida – Priori Extra	L	0,30	127,00	38,10	1,88
Fungicida - Nimbus	L	0,60	5,70	3,42	0,17
Fungicida - Adjuvante	L	0,030	75,00	2,25	0,11
<b>B.2 - Operações agrícolas<sup>1</sup></b>				<b>291,88</b>	<b>14,38</b>
Distribuição calcário	Hm	0,2974	60,70	18,05	0,89
Semeadura	Hm	0,6168	97,20	59,95	2,95
Adubação de cobertura - Uréia	Hm	0,1187	58,10	6,90	0,34
Adubação de cobertura - KCl	Hm	0,1187	58,10	6,90	0,34
Aplicação de herbicidas (2 aplicações)	Hm	0,1306	151,30	19,76	0,97
Aplicação de Inseticida (3 aplicações)	Hm	0,195897	151,30	29,64	1,46
Aplicação de fungicida (1 aplicação)	Hm	0,065299	151,30	9,88	0,49
Colheita	Hm	0,40	352,00	140,80	6,94
<b>B.3 - Outros custos</b>				<b>551,94</b>	<b>27,20</b>
Transporte Externo	sc	112,24	0,55	61,73	3,04
Funrural (2,3% de R\$ 0,35 kg <sup>-1</sup> )	sc	112,24	0,483	54,21	2,67
Assistência Técnica	%	1,48		30,00	1,48
Funcionários (Comissão, férias, 13 <sup>o</sup> salário, alimentação, transporte, energia elétrica,...)	%	1,77		36,00	1,77
Arrendamento (600 kg de soja ha <sup>-1</sup> , R\$ 0,617 kg <sup>-1</sup> )	sc	10	37,00	370,00	18,23
<b>Custo total (A+B)</b>				<b>2.029,40</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> – Custo de mecanização agrícola, baseado nos dados obtidos pela Fundação abc de fevereiro 2007 e adaptados.

Produtividade média obtida: 6.734,4 kg ha<sup>-1</sup> (4 repetições). Hm = hora máquina.

Preço base venda milho de R\$ 0,35 kg<sup>-1</sup>. Preço base venda soja de R\$ 0,617 kg<sup>-1</sup>. 1 sc de soja ou milho = 60 kg.

Tratamento: Micronutriente veiculado via semente de milho 1 (MVS<sub>1</sub>). Uréia revestida com polímero em superfície (120 kg ha<sup>-1</sup>).

Não foi incluído no custo o ácido bórico usado; semente gasta e custo de semeadura da *B. ruziziensis*; recepção, armazenagem e quinzena do milho depositado em armazém; ágio para renovação do contrato de arrendamento; custo dos seguintes produtos: cipermetrina, fipronil, permetrina, triflumurom e outros.

Anexo 02 - Quadro resumo dos custos variáveis e totais por hectare, na cultura do milho, para cada tratamento e no sistema plantio direto na Fazenda Bom Jardim em Jataí – GO, safra 2007/2008.

Componentes do custo	Tratamentos					
	MVS <sub>1</sub> – Uréia (1/2) + Polímero		MVS <sub>1</sub> – Uréia + Polímero		MVS <sub>1</sub> - Uréia	
	R\$	%	R\$	%	R\$	%
<b>B - Custo Variável</b>	2.029,40	100	2.189,19	100	2.123,95	100
<b>B.1 - Insumos</b>	1.185,58	58,42	1.333,30	60,90	1.249,76	58,84
<b>B.2 - Operações agrícolas</b>	291,88	14,38	291,88	13,33	291,88	13,74
<b>B.3 - Outros custos</b>	551,94	27,20	564,01	25,76	582,31	27,42

Componentes do custo	Tratamentos					
	MVS <sub>2</sub> – Uréia (1/2) + Polímero		MVS <sub>2</sub> – Uréia + Polímero		MVS <sub>2</sub> - Uréia	
	R\$	%	R\$	%	R\$	%
<b>B - Custo Variável</b>	2.018,92	100	2.184,27	100	2.111,64	100
<b>B.1 - Insumos</b>	1.180,86	58,49	1.328,58	60,82	1.245,04	58,96
<b>B.2 - Operações agrícolas</b>	291,88	14,46	291,88	13,36	291,88	13,82
<b>B.3 - Outros custos</b>	546,18	27,05	563,81	25,81	574,72	27,22

<sup>1</sup> - Custo de mecanização agrícola, baseado nos dados obtidos pela Fundação abc de fevereiro 2007 e adaptados.

Preço base venda milho de R\$ 0,35 kg<sup>-1</sup>. Preço base venda soja de R\$ 0,617 kg<sup>-1</sup>. 1 sc de soja ou milho = 60 kg.

Não foi incluído no custo o ácido bórico usado; semente gasta e custo de semeadura da *B. ruziziensis*; recepção, armazenagem e quinzena do milho depositado em armazém; ágio para renovação do contrato de arrendamento; custo dos seguintes produtos: cipermetrina, fipronil, permetrina, triflumurom e outros.

**OBS.:** O custo das operações agrícolas foi idêntico para todos os tratamentos, onde foram utilizados os mesmos implementos e máquinas. Somente ocorreu diferença no custo em relação ao MVS, uréia, polímeros, transporte externo e funrural.

**Tratamentos:**

MVS<sub>1</sub> – Uréia (1/2) + Polímeros (120 kg ha<sup>-1</sup>) / Produtividade média obtida: 6.734,4 kg ha<sup>-1</sup> (4 repetições).

MVS<sub>1</sub> – Uréia + Polímeros (234 kg ha<sup>-1</sup>) / Produtividade média obtida: 7.435,2 kg ha<sup>-1</sup> (4 repetições).

MVS<sub>1</sub> – Uréia (232 kg ha<sup>-1</sup>) / Produtividade média obtida: 8.497,8kg ha<sup>-1</sup> (4 repetições).

MVS<sub>2</sub> – Uréia (1/2) + Polímeros (120 kg ha<sup>-1</sup>) / Produtividade média obtida: 6.399,6 kg ha<sup>-1</sup> (4 repetições).

MVS<sub>2</sub> – Uréia + Polímeros (234 kg ha<sup>-1</sup>) / Produtividade média obtida: 7.423,2 kg ha<sup>-1</sup> (4 repetições).

MVS<sub>2</sub> – Uréia (232 kg ha<sup>-1</sup>) / Produtividade média obtida: 8.057,4 kg ha<sup>-1</sup> (4 repetições).