



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV

**RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A ADUBAÇÃO NITROGENADA
COM UREIA CONVENCIONAL E REVESTIDA EM SOLO DE
CERRADO NA FAZENDA ÁGUA LIMPA**

João Paulo Silva Porto de Souza

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA-DF
2º SEMESTRE/2012

Universidade de Brasília
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A ADUBAÇÃO NITROGENADA COM UREIA
CONVENCIONAL E REVESTIDA EM SOLO DE CERRADO NA FAZENDA ÁGUA
LIMPA

João Paulo Silva Porto de Souza
Matrícula: 07/54722

Projeto final de Estágio Supervisionado, submetido à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Fagioli
Universidade de Brasília - UnB
Orientador

Prof. PhD. Carlos Roberto Spehar
Universidade de Brasília - UnB
Examinador

Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo
Universidade de Brasília - UnB
Examinador

FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, João Paulo Silva Porto
Resposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida em solo de cerrado na fazenda água limpa/ João Paulo Silva Porto de Souza; orientação de Marcelo Fagioli - Brasília, 2012.

Monografia – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2012.

1. Cana-de-açúcar - Fertilidade 2. Cana-de-açúcar - Adubação 3. Manejo de adubação Nitrogenada

I. Fagioli. M. de II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, João Paulo Silva Porto. **Resposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida em solo de cerrado na fazenda água limpa.** 2012. 28f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: João Paulo Silva Porto de Souza

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Resposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida em solo de cerrado na fazenda água limpa.

Grau: 3º **Ano:** 2012

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

João Paulo Silva Porto de Souza
E-mail: jpsilvaporito@gmail.com

AGRADECIMENTOS

A Deus e a nosso Senhor Jesus Cristo.

Aos meus pais Flomir e Claudia, por todo o apoio nessa jornada.

A minha irmã Julia pela amizade e pela trilha sonora de toda a vida.

A minha namorada Melissa pelos maravilhosos momentos de amor, paixão e companheirismo.

Ao meu orientador Marcelo Fagioli por toda ajuda e conhecimento transmitido durante o projeto.

Aos professores da Faculdade de Agronomia e Veterinária, por todo o conhecimento passado e pela contribuição em minha formação profissional e pessoal.

Aos professores Carlos Roberto Spehar e Cícero Célio de Figueiredo, por fazerem parte deste trabalho.

A equipe de apoio de campo da Fazenda Água Limpa, pela ajuda na execução do experimento.

Aos companheiros de projeto e amigos, Adriano César, Aline Rodrigues, Danusa, Heloiza Abreu, Patrícia Santos, Thiago Silva, Wolney Pessoa.

Aos amigos Adriene, Augusto, Douglas, Guilherme Firmino, Leandro Lima, Leonardo Zimmer, pela ajuda nas análises de campo.

Aos amigos de longa data, Jason Dequech, Lucas Diogo, Gabriel Ladeira, Rafael Ladeira, Rafael Gazzinelli, Bruce Moreira, Daniel Reis, pela amizade.

Aos amigos da Agronomia, pelos melhores anos da minha vida, Adriene, Antonio Nelson, Augusto, Caio, Carlos Roberto, Douglas, Fábio, Fabiano, Franque, Guilherme Firmino, Guilherme Rennó, Gustavo, Henrique Turra, Izadora, Jean, João Gilberto, Katiana, Leandro Lima, Lucas Côrtes, Marcos Túlio, Mariana, Matheus Costa, Olívia, Pedro Bruno, Raissa, Renata, Ricardo Said, Ricardo Cabral, Rodrigo Daniel .

SUMÁRIO

	página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	1
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1. Situação econômica da cultura da cana-de-açúcar.....	2
3.2. Características da cana-de-açúcar.....	3
3.2.1. Fases de cultivo.....	5
3.3. Nitrogênio na planta e no meio ambiente	6
3.3.1. Adubação nitrogenada.....	7
3.3.2 Perdas de nitrogênio do sistema.....	8
3.3.3. Fertilizantes de liberação lenta ou controlada.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1. Caracterização da área experimental.....	14
4.2. Genótipo utilizado	14
4.3. Desenvolvimento do experimento em campo.....	14
4.4. Avaliações experimentais.....	15
4.5. Índice de maturação (IM).....	16
4.6. Delineamento e análise estatística.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
6. CONCLUSÕES	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

Ofereço esta monografia aos meus pais
por todo o apoio e paciência.

SOUZA, João Paulo Silva Porto. **Resposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida em solo de cerrado na Fazenda Água Limpa**. 2012. 28f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da cultura da cana-de-açúcar, cultivar RB 86-7515, em resposta adubação de cobertura nitrogenada com uso de ureia convencional e ureia revestida por polímero de liberação lenta, marca KimCoat[®], em diferentes doses. O trabalho foi realizado no ano agrícola 2010/2011, em área da Fazenda Água Limpa (FAL-UnB) situada a 15°31'S e 47°42'W, no Distrito Federal. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,5$). Foram estudadas as seguintes formas e quantidades de adubação nitrogenada para a cultura da cana-de-açúcar. O tratamento 1) representa a testemunha, sem nenhum tipo de adubação nitrogenada; o tratamento 2) a área adubada com ureia convencional fazendo uso da dose recomendada para a cultura (120 kg ha^{-1}); o tratamento 3) foi adubado com ureia convencional com o dobro da dose recomendada (240 kg ha^{-1}); o tratamento 4) uso de ureia revestida (Kimcoat[®]) utilizando a dose recomendada (120 kg ha^{-1}); o tratamento 5) adubação com ureia revestida utilizando o dobro da dose recomendada (240 kg ha^{-1}) e o tratamento 6) uso de ureia revestida utilizando metade da dose recomendada (60 kg ha^{-1}). Pela interpretação dos resultados conclui-se que a condição ambiental de estresse hídrico comprometeu a resposta da cana-de-açúcar a comparação da adubação nitrogenada com as ureias convencional e revestida.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., adubação de liberação lenta, ureia polimerizada.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI trazendo grande prosperidade, principalmente para a região nordeste do país, e transformando o país no maior produtor e exportador de açúcar até o final do século XVII. Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma área plantada de aproximadamente 8056,00 mil hectares plantados, e uma produtividade média de 77,44 toneladas ha⁻¹.

O nitrogênio é um dos nutrientes mais demandados pelas plantas cultivadas em geral, sendo essencial para o crescimento e a reprodução da planta. Graças a isso o número de estudos sobre esse nutriente a disponibilidade e a eficiência tem sido muito grande. Uma das tecnologias mais novas em relação ao uso mais eficiente do nitrogênio é o uso de produtos protegidos, que liberam o nutriente de forma gradativa no ambiente.

A busca por este tipo de produto se deve ao fato de a ureia convencional muitas vezes apresentar uma baixa eficiência, com perdas por volatilização ou lixiviação, fazendo com que boa parte do N aplicado não seja aproveitado pela cultura, sendo assim, perdido para o ambiente. Por motivos econômicos e ambientais essas perdas devem ser evitadas ao máximo, daí vem a importância dos estudos de produtos de liberação controlada.

Outro fator que deve ser levado em conta na hora da escolha do manejo da adubação deve ser a logística da aplicação. O uso da ureia convencional, em alguns casos, necessita de um parcelamento da aplicação, justamente para tentar aumentar a disponibilidade de nitrogênio no solo para a planta nos memento ideias para seu perfeito desenvolvimento. Como alternativa a ureia revestida por sua característica de liberação gradativa essa prática poderia ser dispensada.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da cultura da cana-de-açúcar, cultivar RB 86-7515, em resposta adubação de cobertura nitrogenada com uso de ureia convencional e ureia revestida por polímero de liberação lenta, marca KimCoat[®], em diferentes doses.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Situação econômica da cultura da cana-de-açúcar no Brasil

A Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, realizou entre os dias 05 e 16 de março de 2012, o primeiro levantamento da safra 2012/13 de cana-de-açúcar, que teve como objetivo atualizar os dados da produção nacional, como área cultivada, produtividade por unidade de área e por corte e o desempenho industrial de cada unidade de produção. Neste primeiro levantamento os pesquisadores confirmaram que a cultura da cana-de-açúcar é uma cultura que continua em expansão no Brasil, os estados que mantem um aumento nas áreas cultivadas são: Mato Grosso do Sul 12,5%, Goiás 7,9%, Espírito Santo 7,35%, Bahia 5,3%, Mato Grosso 5,5%, e Minas Gerais (3,5%). Nas regiões Norte e Nordeste, uma pequena redução é esperada, aproximadamente 1,2%, cerca de 14.100 ha, um valor não muito expressivo.

Segundo a Conab a área de cana-de-açúcar, que será colhida e utilizada para a atividade sucroalcooleira na safra 2012/13 será de aproximadamente 8.567,2 mil ha. O estado de São Paulo continua ocupando a posição de maior produtor do país com 51,66% (4.426,45 mil ha), seguido por Minas Gerais com 8,97% (768,64 mil ha), Goiás com 8,54% (732,02 mil ha), Paraná com 7,17% (614,01 mil ha), Mato Grosso do Sul com 6,31% (540,97 mil ha), Alagoas com 5,35% (458,09 mil ha) e Pernambuco com 3,48% (298,39 mil ha). Nos demais estados produtores as áreas são menores, com representações abaixo de 3%.

O maior percentual de expansão de área está na região sudeste, representando 96,38% (357.183 ha) do total de novas áreas com cultura. Em São Paulo o aumento foi de 246.011 mil ha e em Minas Gerais 106.640 ha. A região Centro-Oeste, também apresentou números relevantes quanto à tomada de novas áreas com a cultura da cana-de-açúcar, com 188.396 ha, o estado de Goiás vem em primeiro lugar com o plantio de 115.792 ha, seguido pelo Mato Grosso do Sul, 65.347 ha. Na região Sul o Paraná vai plantar 50.066 ha de novas lavouras. O total da área de expansão em todo País deve ficar em 618.056 ha (CONAB, 2012).

A produtividade média brasileira está estimada em 70,289 kg ha⁻¹, 2,9% maior que na safra 2011/12, que foi de 68.289 kg ha⁻¹. A previsão do total de cana moída na safra 2012/13 é de 602,2 milhões de toneladas, com aumento de 5,4% em relação à safra 2011/12, que foi de 571,4 milhões de toneladas, significando que a quantidade que será moída deve ser 30,7 milhões de toneladas a mais que a

moagem da safra anterior. A previsão de esmagamento de cana para a produção de açúcar é de 299,9 milhões de toneladas, correspondendo a 49,83% da previsão de moagem de 602,2 milhões de toneladas. Na região Centro-Sul a destinação de cana para a produção de açúcar foi de 49,0%. A produção total de açúcar está estimada em 38,85 milhões de toneladas, que equivalem a 777,0 milhões de sacas de 50 kg. Na produção de etanol serão esmagadas 302,2 milhões de toneladas de cana para a produção de 23,96 bilhões de litros de etanol, 4,81% maior que a produção da safra 2011/12. Deste total, 9,74 bilhões de litros serão de etanol anidro e 14,21 bilhões de litros serão de etanol hidratado (CONAB, 2012).

3.2. Características da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, *Saccharum* spp., é uma planta da família *Poaceae* e pertence à classe das monocotiledôneas. Suas principais espécies têm como centro de origem a Oceania (Nova Guiné) e na Ásia (China e Índia), as variedades cultivadas hoje no Brasil são híbridos multiespecíficos. A família *Poaceae* tem como principais características a inflorescência em forma de espiga, suas folhas com bainha aberta e lâmina de sílica em suas bordas, e o crescimento do caule em colmos. A planta em sua forma nativa é perene, levemente decumbente em sua fase de crescimento inicial, de hábito ereto. Em suas próximas fases os perfilhos da cana sofrem seleção por autosombreamento. Seu crescimento em altura continua até que ocorram limitações no ambiente, como limitação da disponibilidade de água e baixas temperaturas, ou pode também ser interrompido no caso de florescimento (DIOLA; SANTOS, 2012). A cultura da cana-de-açúcar não tolera baixas temperaturas e graças a isso se adapta melhor em uma faixa de latitude de 35°N a 30°S e em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 metros de altitude (RODRIGUES, 1995).

Vários são os produtos que podem ser obtidos através da cana-de-açúcar. Atualmente o produto com maior valor é a sacarose, pois é a partir dela que são obtidos o açúcar e o álcool etílico. O rendimento médio mundial da cultura é de 53 ton/ha de colmos, com teores de sacarose de 10 a 18% e 11 a 16% de fibra. Por ser uma planta C4, tem alta eficiência na conversão de energia radiante em energia química, com taxas fotossintéticas de até 100 mg de CO₂ fixado por dm² de área foliar por hora. Graças à alta taxa fotossintética e ao alto índice de área foliar, a

cana-de-açúcar apresenta uma alta taxa de acumulação de biomassa (SEGATO et al., 2006; DIOLA; SANTOS, 2012).

No cultivo comercial, sua propagação é feita de forma assexuada, a partir do uso de porções de colmos (*setts*). Logo após o plantio dos colmos o sistema radicular já inicia o seu desenvolvimento. Seus meristemas embrionários laterais (Gemas) que se encontram na base do nódulo, permanecem inativos durante a dormência apical, graças a produção de auxinas. As gemas florescem, quando em condições favoráveis, durante um mês após a brotação. Enquanto jovem a planta utiliza das reservas do colmo e de forma parcial utiliza água e nutrientes captados pelas primeiras raízes. Cada gema tem a capacidade de formar um colmo principal de uma touceira (SEGATO et al., 2006; DIOLA; SANTOS, 2012).

Raízes *setts* são finas e com muitas ramificações, e sustentam a planta em suas primeiras semanas após a sua brotação. As raízes secundárias que emergem do novo *shoot* cinco a sete dias após o plantio são chamadas de raízes *shoot*, elas são mais grossas e mais vigorosas do que as raízes primária (*setts*) e se desenvolvem no sistema principal de raízes da planta. As raízes *setts* continuam seu desenvolvimento por um período de 6 a 15 dias depois do plantio, desaparecendo entre 60 e 90 dias, já o sistema de raiz *shoot* se desenvolve e se apropria do suprimento de água e nutrientes ao *shoot* de crescimento (SEGATO et al., 2006; DIOLA; SANTOS, 2012).

O caule, também chamado de colmo, é um órgão de reserva, envolto pelas folhas alternadas. Pode ser decumbente ou ereto, seu diâmetro varia de cerca de um centímetro a vários centímetros. As touceiras podem ser densas ou ralas, variando de acordo com o número de colmos que cada uma apresenta. A local onde a folha está acoplada ao talo, é conhecido como nódulo, onde se encontram as gemas e a raiz primordial. Uma junta é formada de um nódulo e um entrenó, sua extensão e seu diâmetro variam de acordo com as variedades e as condições de cultivo (SEGATO et al., 2006; DIOLA; SANTOS, 2012).

A folha da cana-de-açúcar é dividida em duas partes: bainha e limbo. A bainha fixa e sustenta a folha no caule, cobrindo completamente o talo, se estendendo por pelo menos um entrenó completo e, dependendo da variedade, a bainha pode ser coberta por pelos que são chamados de joçal. As folhas forma duas fileiras em lados opostos, e se inserem nos nódulos. O limbo é serrilhado e possui uma nervura central desenvolvida, que o divide ao meio longitudinalmente, e várias

nervuras secundárias dispostas paralelamente de ambos os lados (SEGATO et al., 2006; DIOLA; SANTOS, 2012).

Ao atingir a maturação e se encontra sob estímulo ambiental, o meristema apical se altera passando de vegetativo para reprodutivo. A inflorescência da cana-de-açúcar é uma panícula aberta, conhecida com “bandeira” ou “flecha”. Em cada panícula se encontram milhares de flores, cada uma delas capaz de gerar semente. Condições de crescimento ótimas na fase vegetativa (solo fértil, suprimento abundante de N e umidade) restringem a inflorescência (SEGATO et al., 2006; DIOLA; SANTOS, 2012).

3.2.1. Fases de cultivo

Logo após o plantio, se inicia o processo de crescimento das gemas. No solo a brotação ocorre entre 20 e 30 dias após o plantio, o início da brotação é marcado por um rápido aumento na taxa de respiração, e o início do transporte de substâncias diretamente para as áreas de crescimento. Logo após a brotação se inicia a formação do sistema radicular e surgimento dos perfilhos primários, secundários e assim por diante. Fatores externos podem influenciar a brotação entre eles estão: umidade, temperatura, aeração do solo, entre outros. Ela também pode ser influenciada por fatores internos, como por exemplo: saúde da gema, teor de açúcar e umidade do *setts*. Temperatura ideal para o florescimento da gema situa-se entre 28 e 30°C. A temperatura basal para a brotação situa-se por volta de 12°C. Solos com umidade e temperatura elevada garantem uma brotação acelerada (DIOLA; SANTOS, 2012).

Passados 40 dias do plantio, em média, tem início a fase de perfilhamento, podendo durar até 120 dias. Nessa fase ocorrem processos fisiológicos de ramificação subterrânea das juntas nodais compactas do *shoot* primário. Graças a fase de perfilhamento a cultura apresenta o número de colmos necessários para assegurar uma boa produção. São vários os fatores que afetam o perfilhamento como temperatura, umidade do solo, espaçamento, práticas de fertilização, variedade e luz. Sendo o último o mais importante, pois a planta precisa de iluminação adequada em sua base para ativar as gemas basais. A temperatura considera ideal para o perfilhamento é de entorno de 30°C, enquanto temperaturas menores do que 20°C retardam a fase de perfilhamento. A população máxima de perfilho é alcançada entre 90 e 120 dias após o plantio. Aos 150-180 dias, pelo

menos 50% dos *shoots* morrem e a população atinge seu equilíbrio (DIOLA E SANTOS, 2012).

A fase mais importante do cultivo é a de crescimento dos colmos, ela tem seu início aproximadamente 120 dias após o plantio e vai até 270 dias (em um cultivo de 12 meses). Essa é considerada a fase mais importante no cultivo, pois nesse momento ocorrem a formação e o alongamento dos colmos, o que interfere diretamente na produção. Nessa fase a produção foliar se dá de forma rápida e frequente. Em condições favoráveis os colmos se desenvolvem rapidamente. Fertilização, calor, umidade, irrigação e condições solares favoráveis são fatores que favorecem o alongamento. A temperatura mais adequada para esta fase é de entorno de 30°C (DIOLA; SANTOS, 2012).

Entre 270-360 dias após o plantio ocorre a fase de maturação da cultura. Durante essa fase ocorrem a síntese e o acúmulo de açúcar, com isso o crescimento vegetativo sofre uma considerada redução. Com o avanço da fase de maturação açúcares simples (monossacarídeo, frutose e glicose) são convertidos em sacarose. A maturação da cana-de-açúcar ocorre de baixo para cima, assim a parte inferior contém maior teor de açúcar do que a parte superior. Grande quantidade de luz solar, dias quentes e noites frescas e clima seco contribuem de forma essencial para a fase de maturação (DIOLA; SANTOS, 2012).

3.3. Nitrogênio na planta e no meio ambiente

O nitrogênio é considerado o elemento mais abundante da atmosfera terrestre, representando 78% do volume total. É componente de toda matéria viva (representa aproximadamente 18% do peso das proteínas) (DECHEN, 2007). O nitrogênio não faz parte dos minerais primários, porém está em todos os solos. O N pode ingressar no solo através de deposições atmosféricas, fixação biológica e adubações minerais ou orgânicas. Por outro lado, pode sair por extração pelas culturas e variados mecanismos de perda, como lixiviação e volatilização (CANTARELLA, 2007). O grande estoque de N no solo ocorre em forma orgânica, como parte da matéria orgânica do solo. A mineralização da matéria orgânica (MO) libera N inorgânico (NH_4^+ ou NH_3), o qual constitui a principal fonte de N para as plantas em muitos sistemas agrícolas. O processo é realizado pelos microrganismos presentes no solo, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de energia.

Porém os mesmos microrganismos que disponibilizam o N para as plantas podem imobiliza-lo e ocorrendo de forma simultânea a mineralização. Neste processo o N inorgânico passa para a forma orgânica graças aos microrganismos que incorporam o N inorgânico disponível no solo à suas células. Ao morrerem, o N presente em suas células pode voltar a ser mineralizado. Em sequência ao processo de mineralização ocorre o processo de nitrificação. Na nitrificação o N amoniacal é oxidado a nitrato por bactérias quimioautotróficas (CANTARELLA, 2007).

O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial para as plantas que é absorvido e exportado em grandes quantidades pelas plantas, nas colheitas. Nos compostos orgânicos o nitrogênio aparece na formação de complexos orgânicos, fazendo parte de todos os aminoácidos e por consequência da formação das proteínas, faz parte também da clorofila, tendo participação direta no processo da fotossíntese, e ainda é encontrado nos ácidos nucleicos (DNA e RNA) (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.3.1. Adubação nitrogenada

As plantas absorvem a maior parte do nitrogênio em forma de íons (NH_4^+ ou NO_3^-), sendo a segunda forma a que ocorre com maior frequência (SOUSA; LOBATO, 2004). Um pouco de ureia pode ser absorvida diretamente pelas folhas, bem como pequenas quantidades de N podem ser obtidas de materiais como aminoácidos solúveis em água. O nitrogênio, uma vez absorvido da solução do solo, incorpora-se na planta na forma de aminoácidos. Uma vez aumentado o fornecimento de N, as proteínas sintetizadas a partir dos aminoácidos promovem o crescimento das folhas, aumentando assim a superfície fotossintética (CANTARELLA, 2007).

As respostas à adubação nitrogenada variam conforme a cultura, sendo de maior magnitude nas gramíneas (SOUSA; LOBATO, 2004). Vários fatores influenciam o potencial de resposta do N dentre eles pode-se destacar: suprimento de outros nutrientes, profundidade do perfil do solo com presença efetiva de raízes, tempo de cultivo sistema de preparo do solo, rotação de culturas, intensidade de chuvas, nível de radiação solar e teor de matéria orgânica do solo devido ao grande número de fatores que influenciam na resposta à adubação nitrogenada, definir a dosagem de aplicação correta para as diferentes culturas não é uma tarefa simples (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.3.2. Perdas de nitrogênio do sistema

O nitrato (NO_3^-) tem baixa interação com os minerais do solo, somado este fato com a predominância de cargas negativas nas camadas superficiais dos solos tropicais, fazem com que o nitrato esteja sujeito à lixiviação para camadas inferiores, podendo inclusive atingir o lençol freático. Problemas associados ao excesso de nitrato no ambiente tem levado à regulamentação e ao controle de práticas agrícolas nos Estados Unidos e na Europa, com estabelecimento nas dosagens de adubos nitrogenados orgânicos e minerais em áreas sensíveis (CANTARELLA, 2007).

A lixiviação do nitrato está fortemente associada à quantidade de água que percola no perfil do solo. Alguns autores tem apresentado estimativas da movimentação de NO_3^- . No Brasil os valores encontrados variam de aproximadamente 1mm mm^{-1} de chuva (REICHARDT et al., 1982) a $1,5\text{mm mm}^{-1}$ em um solo argiloso de cerrado (SUHET et al., 1986). Com esses valores é possível se ter uma ideia de quanto a chuva ou a irrigação podem provocar a lixiviação do NO_3^- . Porém estas estimativas não são muito precisas, pois a água e o soluto não se movem de maneira uniforme, graças as interações químicas e físicas com o solo. (CANTARELLA, 2007).

A maior parte da água que percola não flui através dos agregados do solo, mas ao redor deles; a água no interior dos agregados permanece praticamente imóveis (CANTARELLA, 2007). O NO_3^- se move por difusão entre o interior dos agregados e a solução externa (ADDISCOTT, 2004). A velocidade da difusão do NO_3^- , maior em solos arenosos e menor em solos argilosos, afeta a taxa de lixiviação. Porém, isso ocorre quando o NO_3^- se encontra no interior dos agregados, como por exemplo o N mineralizado a partir da matéria orgânica do solo ou o N dos fertilizantes que passou um longo período em contato com o solo, tempo esse suficiente para atingir um equilíbrio e entrar nos agregados do solo. Logo o NO_3^- pode ser rapidamente lixiviado se estiver em alta concentração na solução do solo, por exemplo na região adubada, e uma chuva de média ou alta intensidade ocorrer, antes do N que se encontra ao redor dos agregados, tenha atingido o equilíbrio com o solo e tenha assim penetrado nos mesmos. (CANTARELLA, 2007).

Existe no solo uma intensa competição pelo nitrogênio, entre plantas e entre plantas e microrganismos. Graças a essa competição os valores de lixiviação não costumam ser muito altos, pois os microrganismos nitrificadores geralmente perdem a disputa pelo NH_4^+ (GROFFMAN, 2000). Assim danos ambientais causados pela

lixiviação do NO_3^- , ocorrem se a dosagem de N aplicado for maior do que as necessidades das plantas e dos microrganismos do solo. Isso pode vir a acontecer também em solos revolvidos ou em períodos em que as plantas não absorvem grandes quantidades de nitrogênio. Coelho et al. (1991) estudaram o balanço de N aplicado na cobertura da cultura do milho (ureia ^{15}N , 60 kg ha^{-1}) e em seus resultados observaram que 72 a 89% do N residual, inclusive os das camadas mais profundas, se encontrava na forma orgânica, ou seja, havia sido imobilizado por microrganismos e apenas 4 % do N fertilizante foi encontrado abaixo dos 90cm de profundidade. (CANTARELLA, 2007).

Os dados hoje disponíveis no Brasil indicam que, com as dosagens de nitrogênio atualmente aplicadas e com as práticas de manejo da adubação, o risco de contaminação ambiental com NO_3^- na agricultura brasileira é baixo. (CANTARELLA, 2007).

As emissões atmosféricas de N na forma de NH_3 são estimadas em cerca de 54 Tg ano^{-1} , das quais 75% são emissões provocadas pela ação do homem (LAGREID et al., 1999). A maior fonte de NH_3 do mundo (cerca de 22 Tg ano^{-1} de N) é a criação de animais e seus dejetos, isso graças as altas perdas de N através da urina e das fezes por volatilização. Mas as contribuições do uso de fertilizantes (cerca de 9 Tg ano^{-1}) e da queima de vegetação (cerca de 6 Tg ano^{-1}), não devem ser desconsiderados.

As perdas por volatilização de amônia em solos dependem do pH. Em condições de acidez, a espécie química predominante é o NH_4^+ . O percentual de nitrogênio amoniacal na solução, na forma de NH_3 , é de apenas 0,01% em um meio com pH 5,2 , passa para 1% em pH 7,2 e para 50% em pH 9,2. No solo, o tamponamento do meio e as interações com outros componentes alteram as condições de equilíbrio de modo que em pH 7 o percentual de NH_3 é normalmente maior do que ocorre em soluções puras (CANTARELLA, 2007).

Em solos alcalinos, qualquer fertilizante nitrogenado que contenha N amoniacal está sujeito a perdas de NH_3 por volatilização. Por outro lado, pouca ou nenhuma perda de NH_3 ocorre quando fertilizantes como o sulfato ou o nitrato de amônio, são aplicados a solos neutros ou ácidos (TERMAN, 1979; LARA CABEZAS et al., 1997b; CANTARELLA et al., 2001a, 2003b; COSTA et al., 2003). No entanto quando, o fertilizante utilizado é a ureia ela passa por hidrólise enzimática liberando N amoniacal. A hidrólise consome H^+ e causa um aumento no pH, graças a isso,

mesmo em solos ácidos a ureia está sujeita a perdas de N por volatilização. O pH do solo ao redor das partículas do fertilizante passou de 6,3 para 8,8 em apenas 3 dias após a adubação (OVERREIN; MOE, 1967).

Alguns autores brasileiros também relatam altas perdas de N por volatilização de NH_3 , quando a ureia é aplicada na superfície do solo: de 20 a 40% do N aplicado na cultura da cana-de-açúcar (CANTARELLA et al., 1999 ; VITTI, 2003), 16 a 44% do N em citros (CANTARELLA et al., 2003b), ou até valores muito maiores, como os resultados encontrados por Lara Cabezas et al. (1997a,b, 2000), que mostram perdas que podem chegar a 78% do nitrogênio aplicado na superfície do solo.

Além do pH, outra importante característica dos solos que afetam as perdas de NH_3 é o poder tampão da acidez do solo. Solos que apresentam alto poder tampão geram maior resistência ao aumento do pH, e por consequência tem menores perdas de NH_3 por volatilização. A capacidade de troca de cátions (CTC), a textura e o teor de Matéria Orgânica do Solo (MOS), influem diretamente no poder tampão do solo. Ferguson et al. (1984) demonstraram que o poder tampão da acidez é mais importante que o pH inicial e a CTC, na determinação das perdas de NH_3 por volatilização.

Alguns trabalhos realizados mostram que a melhor maneira de se reduzir ou eliminar as perdas por volatilização é a incorporação da ureia ao solo (ERNST; MASSEY, 1960; OVERREIN; MOE, 1967; ESPIRONELO et al., 1987; TRIVELIN et al., 2002a). Geralmente a incorporação de 5 a 10 cm de profundidade já é suficiente para controlar as perdas de NH_3 (ANJOS; TEDECO, 1976; NELSON, 1982; CANTARELLA et al., 1999). A incorporação da ureia ao solo também pode ser feita pela irrigação ou pela água da chuva. Em solos descobertos 10 a 20 mm de chuva ou irrigação são suficientes para incorporar a ureia ao solo (TERMAN, 1979; HARGROVE, 1988b). Na presença de palha, a exigência de lâmina de água sofre um aumento. Prammanee et al. (1989) mediram perdas de 21% do N-ureia aplicado sobre um solo coberto com palha de cana que recebeu 100 mm de chuvas intermitentes durante 3 dias.

3.3.3. Fertilizantes de liberação lenta ou controlada

Em sua grande maioria, as perdas de nitrogênio para o ambiente, e como consequência um menor aproveitamento do N pela cultura, são associadas à concentração na solução do solo, das formas solúveis em geral, ou das formas mais

susceptíveis as perdas. O uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada ou com inibidores que evitam as transformações do N contido nos fertilizantes em formas de N menos estáveis, é uma das maneiras de aumentar a eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados. Recentemente (HALL, 2005), a Associação Americana de Agentes para o Controle de Nutrientes de Plantas (AAPFCO, sigla em inglês), adotou uma nomenclatura para classificar os “Fertilizantes de Eficiência Aumentada” (Enhanced-Efficiency Fertilizers). Esses são formados por: (a) “Fertilizantes de liberação lenta”, em relação a uma fonte solúvel de referência, e incluem fertilizantes recobertos, encapsulados, insolúveis em água ou lentamente solúveis em água; e (b) “Fertilizantes estabilizados”, que contêm aditivos para aumentar o tempo de disponibilidade no solo, tais como inibidores de nitrificação, inibidores de urease ou outros aditivos (CANTARELLA, 2007).

Há dois grupos importantes de fertilizantes classificados como de liberação lenta. Um deles é constituído por compostos de condensação de ureia e ureia formaldeídos, com baixa solubilidade. Já o segundo grupo são os produtos encapsulados ou recobertos, ou de liberação controlada. Com menor importância são as ureias supergranulos e outros produtos (TRENKEL, 1997).

Dentre os produtos de condensação de ureia e ureia formaldeídos, três produtos tem importante participação no mercado: ureia formaldeído (UF), ureia isobutilaldeído (IBDU) e ureia crotonaldeído (CDU). Nesta classe de fertilizante a solubilidade depende da natureza e do tamanho da cadeia do composto. Os produtos disponíveis no mercado são formados a partir de misturas de polímeros com frações solúveis em água fria (25°C), em água quente (100°C) e insolúveis em água. No solo estes produtos são degradados química e biologicamente, liberando o N de forma gradativa para as plantas (HAUCK; KOSHINO, 1971; ALLEN, 1984).

Existe uma enorme quantidade de fertilizantes nitrogenados, que apresentam uma liberação retardada por recobrimento ou encapsulamento com diversos materiais. Os mais comuns são formados por grânulos recobertos com polímeros orgânicos termoplásticos ou com resinas, ou com materiais inorgânicos, como por exemplo enxofre (S) elementar (SHAVIV, 2005). Existem também fertilizantes em que o nutriente é disperso em matrizes compostas por materiais hidrofóbicos (borracha e poliolefinas), ou hidrofílicos, que reduzem a taxa de dissolução do fertilizante e por consequência sua liberação para o solo (CANTARELLA, 2007).

O produto mais antigo da classe dos fertilizantes recobertos é a ureia recoberta com S (UCS). Grânulos de ureia são revestidos com S elementar fundido a aproximadamente 156°C, logo em seguida é coberto por uma cera, que serve para selar e recobrir possíveis brechas no revestimento de S, e por último é coberto por uma camada de condicionador, normalmente atapulgita. A UCS contém entre 32 e 42% de N e de 6 a 30% de S (TRENKEL, 1997). A UCS é o fertilizante de liberação lenta mais barato do mercado, tendo o custo de N cerca de duas ou três vezes o do valor do N da ureia (CANTARELLA, 2007).

O padrão de liberação do N das UCS varia de acordo com a espessura e da qualidade do recobrimento. A ureia passa do interior dos grânulos para o solo através dos microporos, imperfeições ou fendas dos grânulos ou depois de sofrer a ação dos microrganismos. Os grânulos liberam o nitrogênio imediatamente, já os com a cobertura ainda intacta a liberação ocorre de forma gradativa, dependendo da espessura do recobrimento (CANTARELLA, 2007).

Fertilizantes com padrão de liberação de N mais sofisticados surgiram com o advento de novos materiais de cobertura, especificamente as resinas e os polímeros termoplásticos (SHAVIV, 2005). Diferente do que ocorre com os produtos de condensação de ureia e com a UCS, a liberação do N nos fertilizantes cobertos com polímeros, é pouco afetada pelos fatores variáveis do solo, como: Textura, pH, salinidade, atividade microbiana e atividade microbiana. Sua liberação varia de acordo com a temperatura do solo e a permeabilidade à água do material do recobrimento (HAUCK, 1985; TRENKEL, 1997).

Geralmente, o N é liberado por difusão do interior do grânulo para o solo. A água penetra o grânulo através de microporos no material de cobertura, aumentando a pressão osmótica, forçando assim o esticamento da membrana de cobertura e o aumento dos poros, tornando a difusão do fertilizante para o solo, mais fácil. A técnica de recobrimento varia conforme o fabricante e é possível regular a taxa de liberação alternando a espessura e composição do material utilizado (CANTARELLA, 2007).

Apesar de apresentar um ótimo potencial para aumentar a eficiência do aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados, o alto custo de tais produtos se torna um grande limitante no uso dos mesmos. Com isso, os fertilizantes de liberação lenta são aplicados em nichos de mercado. Estima-se que apenas 8 a 10% dos adubos de liberação lentas sejam usados na agricultura na Europa (LAMMEL, 2005;

SHAVIV, 2005) e, em 2003, eram apenas 0,25% do total de N de fertilizantes químicos comercializados no mundo, ou 1,1% do total nos Estados Unidos (HALL, 2005).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no ano agrícola 2010/2011, em área da Fazenda Água Limpa (FAL-UnB) situada a 15°31'S e 47°42'W. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo. Análise química do solo da área experimental foi determinada pelo Laboratório de Solos da Fundação Educacional de Ituiutaba, Campus da Universidade do Estado de Minas Gerais (Quadro 1).

Quadro 1. Atributos químicos do solo da área experimental de cana-de-açúcar.

Laboratório	Produto	pH	P	K	Al	H+Al	Ca	Mg	Sb	t	T	MO	m	v
		H ₂ O	---mg dm ⁻³ ---		-----cmol dm ⁻³ -----						g kg ⁻¹		--%---	
539	Cana	5,7	2,6	59,7	0,10	6,25	2,75	1,20	4,1	4,2	10,4	52	2	40

Obs: P, K = Mehlich 1; Al, Ca, Mg = (KCl 1 N); H+Al = (AcCa 1N pH 7); MO = (Walkley-Black)
Sb = Soma de bases // T= CTC potencial // t = CTC efetiva // m = Ind. Sat. De Al // V= Ind. Sat. bases

O clima local é caracterizado como tropical estacional (Aw), segundo Köppen-Geiger, que tem como característica a sazonalidade do regime de chuvas, com um período chuvoso de outubro a abril e um período seco de maio a setembro (SANTANA et al., 2010).

Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura média da área experimental são apresentados na Figura 1.

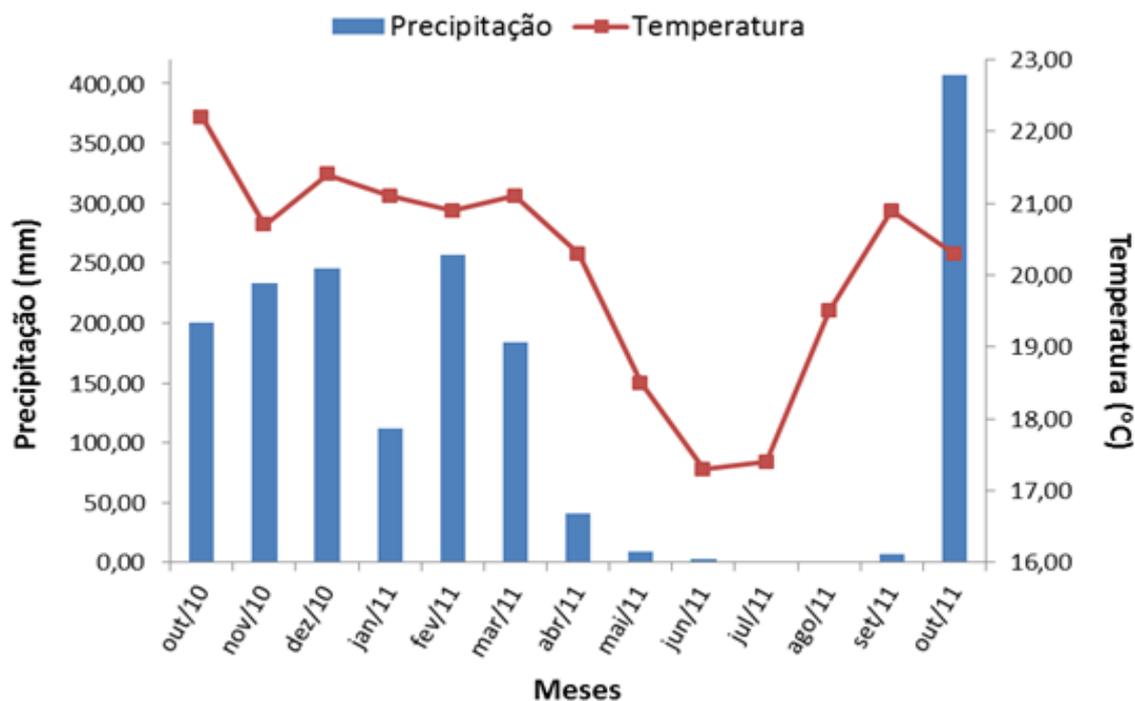


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média na Fazenda Água Limpa (FAL-UnB), DF Out/10 a Out/11. Fonte: Estação Agroclimatológica da FAL.

4.2. Genótipo utilizado

A variedade de cana-de-açúcar utilizada no trabalho foi o RB 86-7515, suas características agrônômicas e de manejo foram descritas pela CANAOESTE (s.d.) e Landell et al. (2006) como sendo para ambiente de produção com exigência de média fertilidade; para época de colheita de Julho a Outubro; brotação de soqueira como boa; perfilhamento classificado como bom; teor de sacarose médio; pouco florescimento; resistência ao carvão, escaldadura e ferrugens; e intermediário a resistência a broca do colmo. Quanto à produtividade a classificação é alta e o destaque para essa cultivar é a sua rusticidade e produção.

4.3. Desenvolvimento do experimento em campo

Durante a primeira quinzena de outubro de 2009 a cana-de-açúcar, cultivar RB 86-7515, foi plantada em uma área de 300 m². Foram semeadas 12 gemas por metro, com espaçamento entre linhas de 1,70 m. O solo foi adubado com 400kg ha⁻¹ de formulado 4-30-16. A área era anteriormente utilizada como pasto, por isso foi aplicado Fipronil (p.c. Regent), no sulco. O primeiro corte foi realizado em outubro de 2010, porém a produção não foi levantada devido não ser de interesse deste trabalho. O trabalho foi desenvolvido a partir da cana-soca de segundo corte.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas possuíam área útil de 12m² cada (6m x 2m), representadas pelos seis tratamentos.

Seis tratamentos foram estabelecidos com base na adubação nitrogenada em cobertura com o uso de duas formas de ureia, sendo elas: a convencional e a revestida com polímero de liberação lenta marca KimCoat[®]. Os tratamentos foram os seguintes:

- 1) Testemunha sem aplicação de N;
- 2) Ureia convencional na dose recomendada - 120 kg N ha⁻¹ (RAIJ et al., 1996 e o dobro da dose de SOUSA; LOBATO, 2004 - 60 kg N ha⁻¹);
- 3) Ureia convencional na dose dobrada - 240 kg N ha⁻¹;
- 4) Ureia revestida na dose simples - 120 kg N ha⁻¹;
- 5) Ureia revestida na dose dobrada - 240 kg N ha⁻¹;
- 6) Ureia revestida na metade da dose - 60 kg N ha⁻¹.

A colheita foi feita de forma manual e dividida em quatro semanas, sendo um bloco colhido por semana.

4.4. Avaliações experimentais

As análises foram feitas entre os meses de junho de 2011 até outubro de 2011. Nos dias 10/06, 18/07, 19/08 e 14/09, dez plantas de cada parcela selecionadas e marcadas anteriormente de forma aleatória, tiveram seu diâmetro de colmo medido. A medição foi feita com o uso de um paquímetro digital, a uma altura de aproximadamente 1,20 metros.

Nos dias 14/06, 18/07, 19/08, e 23/09 foram realizadas as análises de grau Brix, para essa determinação um colmo de cada tratamento foi selecionado de forma aleatória para a medição. A planta selecionada foi cortada com o uso de um facão e sua base e seu topo foram analisados, fazendo uso de um refratômetro-sacarímetro analógico.

No dia 28/09 com auxílio de uma trena, as dez plantas anteriormente selecionadas, tiveram sua altura medida. Ainda no mesmo dia o número de perfilhos por parcela foi contado de forma manual.

No dia 28/10 foi feita a colheita da área, onde foram realizadas as medições de diâmetro de colmo e altura das dez colmos selecionados de cada parcela, de

grau Brix de três plantas de cada parcela selecionadas aleatoriamente e com o uso de uma balança cada parcela teve sua produção medida em quilogramas.

4.5. Índice de maturação (IM)

O índice de maturação baseia-se em valores do grau Brix da base e da ponta do colmo, sendo que valores acima de 0,85 indicam cana madura, conforme descrição de Segato e Pereira (2006). No experimento existiram quatro amostragens durante o desenvolvimento da cultura, com coletas mensais de junho a setembro e uma amostragem do grau Brix no momento da colheita em novembro.

4.6. Delineamento e análise estatística

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (BANZATTO; KRONKA, 1995). Os dados foram analisados pelo software "ESTAT", versão 2.0, desenvolvido pelo Polo Computacional e Departamento de Exatas da UNESP, Campus de Jaboticabal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 o diâmetro do colmo foi medido em quatro amostragens e constatou-se não existir diferença estatística entre tratamentos ($P > 0,05$). Observou-se que os internódios mensurados apresentaram valores acima de 30 mm, sendo os mesmos classificados como de diâmetro grosso segundo Mozambani et al. (2006).

Na medição da altura e o perfilhamento total das touceiras nas parcelas não foi verificada diferenças significativas ($P > 0,05$) entre tratamentos (Tabela 2).

Em setembro, quando ocorreu essa avaliação os perfilhos já se encontravam definidos, sendo assim a partir deste ponto os colmos puderam crescer em altura e espessura conforme Segato et al.(2006) descreveram. Comparando os valores da altura em setembro e no momento da colheita em novembro (Tabela 4) verificou-se um acréscimo em torno de 40 cm no período. De acordo com CANAOESTE (s.d.) e Landell et al. (2006) a cultivar RB 867515 foi classificada como de bom nível de perfilhamento.

Tabela 1. Valores médios do diâmetro, em cm, do colmo da cana, em função da forma de ureia e da quantidade de nitrogênio fornecido em cobertura na área.

TRATAMENTO	MEDIÇÕES DO DIÂMETRO DO COLMO			
	1ª (10/06/11)	2ª (18/07/11)	3ª (19/08/11)	4ª (14/09/11)
	----- cm -----			
T1-Testemunha sem N ¹	32,01 a ¹	32,13 a	32,22 a	32,48 a
T2-UCoDR (120 kg N ha ⁻¹)	30,71 a	31,45 a	30,48 a	30,99 a
T3-UCoDD (240 kg N ha ⁻¹)	31,26 a	31,58 a	31,10 a	31,50 a
T4-URvDS (120 kg N ha ⁻¹)	31,15 a	31,26 a	30,98 a	31,47 a
T5-URvDD (240 kg N ha ⁻¹)	31,39 a	31,48 a	31,47 a	31,60 a
T6-URvMD (60 kg N ha ⁻¹)	31,69 a	31,76 a	31,30 a	31,44 a
Teste F Tratamento	0,66 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,70 ^{NS}
Teste F Bloco	1,77 ^{NS}	1,73 ^{NS}	1,07 ^{NS}	1,07 ^{NS}
DMS (5%)	2,54	2,73	3,16	2,69
CV (%)	3,53	3,77	4,41	3,71

¹Tratamentos= 1) Testemunha sem aplicação de N; 2) Ureia convencional na dose recomendada; 3) Ureia convencional na dose dobrada; 4) Ureia revestida na dose simples; 5) Ureia revestida na dose dobrada; 6) Ureia revestida na metade da dose.

²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

^{NS}Valor não significativo pelo Teste F em nível de 5% de probabilidade.

Para identificar o acúmulo do teor de sacarose no colmo foram realizadas medições do grau Brix do colmo em quatro amostragens, de junho a setembro, verificando-se que existiram diferenças significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$), com exceção da 4ª amostragem da parte da base do colmo que apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 2. Valores médios da altura, em metros, do como e número total de perfilhos das parcelas, em função da forma de ureia e da quantidade de nitrogênio fornecido em cobertura na área.

TRATAMENTO	ALTURA	PERFILHAMENTO TOTAL
	----- m -----	----- n ^o -----
T1-Testemunha sem N ¹	1,43 a ²	101,75 a
T2-UCoDR (120 kg N ha ⁻¹)	1,41 a	102,25 a
T3-UCoDD (240 kg N ha ⁻¹)	1,49 a	104,75 a
T4-URvDS (120 kg N ha ⁻¹)	1,33 a	90,00 a
T5-URvDD (240 kg N ha ⁻¹)	1,42 a	102,25 a
T6-URvMD (60 kg N ha ⁻¹)	1,45 a	101,50 a
Teste F Tratamento	2,31 ^{NS}	0,39 ^{NS}
Teste F Bloco	2,25 ^{NS}	0,92 ^{NS}
DMS (5%)	0,15	38,50
CV (%)	4,88	16,67

¹Tratamentos= 1) Testemunha sem aplicação de N; 2) Ureia convencional na dose recomendada; 3) Ureia convencional na dose dobrada; 4) Ureia revestida na dose simples; 5) Ureia revestida na dose dobrada; 6) Ureia revestida na metade da dose.

²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

^{NS}Valor não significativo pelo Teste F em nível de 5% de probabilidade.

As diferenças de grau Brix da base do colmo e ponta ficaram dentro do esperado conforme explicaram Diola e Santos (2010), que o processo de acúmulo de reservas ocorre da base ao ápice do colmo e pode ser intensificado pela redução de nutrientes disponíveis ou deficiência hídrica, período em que as amostragens ocorreram.

Não foram verificados diferenças entre os tratamentos para as características : diâmetro do colmo, altura da planta e Grau Brix (Tabela 3). Ao verificar os resultados, notou-se que o tratamento 1 (sem nitrogênio em cobertura) apresentou maior diâmetro de colmo, maior altura, porém o grau Brix da base e da ponta do colmo foram os menores. Essa informação está de acordo com as explicações de Segato et al., (2006) e Diola e Santos (2010) que relacionaram a intensidade de acúmulo de sacarose com a forte influência das condições ambientais (temperaturas mais baixas e período de seca) além da carência de nitrogênio.

Observou-se nos valores do índice de maturação (IM), nas quatro amostragens e no momento da colheita, que ocorreu, de modo geral, uma progressão nos valores, indicando o acúmulo de sólidos solúveis do caldo, que está estreitamente correlacionado ao teor de sacarose da cana (Tabela 5).

De acordo com Segato e Pereira (2006), IM maiores ou iguais a 0,85 indicam que a cana se encontra madura, com condições aptas para a colheita. Isso se verificou a partir da segunda amostragem, ficando apenas o tratamento 4 (ureia revestida com dose simples - 120 kg N ha^{-1}) classificado como cana em maturação.

A produção média de cana por parcela não diferiu estatisticamente ($P > 0,05$) entre tratamentos. Entretanto, notou-se que a maior produção foi obtida no tratamento 3 (ureia convencional dose dobrada - 240 kg N ha^{-1}), seguido do tratamento 2 (ureia tradicional dose recomendada - 120 kg N ha^{-1}), sendo tratamento 5 (ureia revestida dose dobrada - 240 kg N ha^{-1}) a terceira maior produção de cana e a menos produção foi verificada no tratamento 4 (ureia revestida na dose simples - 120 kg N ha^{-1}) (Tabela 6). A maior produtividade obtida no tratamento 3 apresentou 16,6 tonelada de colmo ha^{-1} a mais do que a média brasileira de cana na safra de 2011/2012 de acordo com os dados levantados pela CONAB (2012).

Ao analisar os resultados obtidos verificou-se que as condições climáticas, principalmente, no que se refere à precipitação na área experimental (Figura 1), interferiram ao ponto de não apresentar diferenças quanto às formas e doses das

ureias e refletiram em um comportamento acima do esperado para a testemunha (sem nitrogênio em cobertura). Oliveira et al. (2007), sobre nutrição mineral e adubação de cana, informou que o acúmulo de N pela cana varia de acordo com a cultivar, a idade da cultivar e a disponibilidade do N e de outros elementos na solução do solo e, também, depende de fatores edafoclimáticos. Quanto ao adubo revestido (de liberação lenta) Cantarella (2007) explicou que a taxa de liberação de N, depende principalmente, do tamanho de partícula do fertilizante, da temperatura, do pH do solo e da umidade deste. Para Cantarella et al. (2008) e Rosseto et al. (2010) o uso de ureia revestida em cana-de-açúcar pode ser uma possível prática capaz de reduzir as perdas de NH_3 ; no entanto, a magnitude das reduções depende de fatores como temperatura, umidade e ocorrência de chuvas. Essas informações corroboram na explicação dos resultados obtidos neste experimento.

Tabela 3. Valores médios do grau Brix, do como, em função da forma de ureia e da quantidade de nitrogênio fornecido em cobertura na área.

TRATAMENTO	MEDIÇÕES DO GRAU BRUX							
	1ª (14/06/11)		2ª (18/07/11)		3ª (19/08/11)		4ª (23/09/11)	
	BASE	PONTA	BASE	PONTA	BASE	PONTA	BASE	PONTA
T1-Testemunha sem N ¹	19,22 a ²	16,05 a	21,22 a	18,85 a	23,00 a	20,67 a	23,40 ab	21,02 a
T2-UCoDR (120 kg N ha ⁻¹)	19,55 a	16,35 a	21,22 a	18,83 a	24,12 a	20,87 a	24,57 a	21,30 a
T3-UCoDD (240 kg N ha ⁻¹)	20,70 a	16,40 a	21,37 a	19,30 a	22,67 a	20,22 a	23,15 ab	20,50 a
T4-URvDS (120 kg N ha ⁻¹)	18,70 a	15,75 a	21,80 a	18,25 a	24,05 a	20,87 a	23,50 ab	21,65 a
T5-URvDD (240 kg N ha ⁻¹)	19,25 a	15,95 a	22,20 a	19,07 a	22,50 a	19,40 a	23,27 ab	21,65 a
T6-URvMD (60 kg N ha ⁻¹)	19,60 a	16,05 a	21,40 a	19,15 a	23,12 a	20,32 a	21,82 b	20,75 a
Teste F Tratamento	0,63 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,46 ^{NS}	0,29 ^{NS}	1,21 ^{NS}	0,77 ^{NS}	3,55*	0,50 ^{NS}
Teste F Bloco	1,23 ^{NS}	2,32 ^{NS}	2,87 ^{NS}	3,03 ^{NS}	4,07*	6,36**	1,82 ^{NS}	0,35 ^{NS}
DMS (5%)	3,87	2,19	2,63	3,16	2,88	2,92	2,14	2,68
CV (%)	8,63	5,94	5,31	7,28	5,39	6,23	4,01	5,55

¹Tratamentos= 1) Testemunha sem aplicação de N; 2) Ureia convencional na dose recomendada; 3) Ureia convencional na dose dobrada; 4) Ureia revestida na dose simples; 5) Ureia revestida na dose dobrada; 6) Ureia revestida na metade da dose.

²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

**Valor significativo a 1% de probabilidade, *valor significativo a 5% de probabilidade e ^{NS}valor não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 4. Valores médios do diâmetro, em cm, da altura, em metros, e grau Brix, da base e da ponta, do colmo de cana, em função da forma de ureia e da quantidade de nitrogênio fornecido em cobertura na área.

TRATAMENTO	DIÂMETRO DO COLMO	ALTURA DO COLMO	GRAU BRUX - POSIÇÃO NO COLMO	
			BASE	PONTA
	---- cm ----	---- m ----		
T1-Testemunha sem N ¹	31,81 a ²	1,95 a	21,30 a	19,98 a
T2-UCoDR (120 kg N ha ⁻¹)	30,90 a	1,83 a	21,70 a	21,61 a
T3-UCoDD (240 kg N ha ⁻¹)	30,76 a	1,91 a	21,56 a	21,38 a
T4-URvDS (120 kg N ha ⁻¹)	30,78 a	1,82 a	22,72 a	21,38 a
T5-URvDD (240 kg N ha ⁻¹)	31,59 a	1,87 a	22,90 a	21,26 a
T6-URvMD (60 kg N ha ⁻¹)	31,09 a	1,90 a	22,33 a	20,30 a
Teste F Tratamento	0,44 ^{NS}	1,65 ^{NS}	1,77 ^{NS}	1,18 ^{NS}
Teste F Bloco	0,60 ^{NS}	0,86 ^{NS}	1,32 ^{NS}	0,57 ^{NS}
DMS (5%)	3,07	0,25	2,06	2,57
CV (%)	4,30	5,82	7,77	10,19

¹Tratamentos= 1) Testemunha sem aplicação de N; 2) Ureia convencional na dose recomendada; 3) Ureia convencional na dose dobrada; 4) Ureia revestida na dose simples; 5) Ureia revestida na dose dobrada; 6) Ureia revestida na metade da dose.

²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

^{NS}Valor não significativo pelo Teste F em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Valores do Índice de Maturação (IM), razão do Brix da ponta/Brix da base, do colmo de cana, em função da forma de ureia e da quantidade de nitrogênio fornecido em cobertura na área, determinados em diferentes épocas.

TRATAMENTO	AMOSTRAGEM PARA CALCULO DO ÍNDICE DE MATURIDADE (IM) ¹				COLHEITA
	1 ^a (14/06/11)	2 ^a (18/07/11)	3 ^a (19/08/11)	4 ^a (23/09/11)	
T1-Testemunha sem N ¹	0,83	0,88	0,89	0,89	0,93
T2-UCoDR (120 kg N ha ⁻¹)	0,83	0,88	0,86	0,86	0,99
T3-UCoDD (240 kg N ha ⁻¹)	0,79	0,90	0,89	0,88	0,99
T4-URvDS (120 kg N ha ⁻¹)	0,84	0,83	0,86	0,92	0,94
T5-URvDD (240 kg N ha ⁻¹)	0,82	0,85	0,86	0,93	0,92
T6-URvMD (60 kg N ha ⁻¹)	0,81	0,89	0,87	0,95	0,90

¹Índice de Maturação: baseia-se em valores do grau Brix da ponta e da base do colmo, sendo que valores acima de 0,85 indicam cana madura (SEGATO; PEREIRA, 2006).

Tabela 6. Produção média de cana, em kg na parcela e em tonelada por hectare, em função da forma de ureia e da quantidade de nitrogênio fornecido em cobertura na área.

TRATAMENTO	PRODUÇÃO POR	PRODUTIVIDADE POR
	PARCELA	HECTARE
	----- kg -----	----- t -----
T1-Testemunha sem N ¹	91,10 a ²	76,25
T2-UCoDR (120 kg N ha ⁻¹)	97,55 a	81,29
T3-UCoDD (240 kg N ha ⁻¹)	100,40 a	83,66
T4-URvDS (120 kg N ha ⁻¹)	80,35 a	66,95
T5-URvDD (240 kg N ha ⁻¹)	96,90 a	80,75
T6-URvMD (60 kg N ha ⁻¹)	80,35 a	66,95
Teste F Tratamento	1,33 ^{NS}	-
Teste F Bloco	0,03 ^{NS}	-
DMS (5%)	40,64	-
CV (%)	10,36	-

¹Tratamentos= 1) Testemunha sem aplicação de N; 2) Ureia convencional na dose recomendada; 3) Ureia convencional na dose dobrada; 4) Ureia revestida na dose simples; 5) Ureia revestida na dose dobrada; 6) Ureia revestida na metade da dose.

²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

^{NS}Valor não significativo pelo Teste F em nível de 5% de probabilidade.

Um grande número de pesquisas com fertilizantes marcados com ¹⁵N tem mostrado que a maior parte do nitrogênio absorvido pela planta vem do solo e, em menor proporção, da deposição com a água da chuva, fixação biológica de N₂ (VITTI et al., 2008). Vários trabalhos têm mostrado dados indicando a ocorrência de fixação biológica de N₂ em cana como os de Sampaio et al. (1988) e Urquiaga et al. (1992), com estimativas de contribuição de até 210 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N (URQUIAGA et al., 1992). Neste experimento os bons resultados conseguidos nas diversas avaliações pelo tratamento 1 (sem adubação de cobertura nitrogenada) pode ser explicado pela disponibilidade do nutriente na solução do solo, além da decomposição da palhada do primeiro corte, que pode proporcionar um aporte de nitrogênio entre 40 a 80 kg ha⁻¹ (TRIVELIN et al., 1995; 1996; CANTARELLA, 1998; VITTI et al., 2008).

A maioria dos trabalhos com fertilizantes de liberação controlada foram desenvolvidos em outros países, sob condições diferentes das do Brasil, o que torna necessária a condução de experimentos envolvendo fertilizantes revestidos por polímeros em condições edafoclimáticas brasileiras, em especial em regiões que apresentam grande potencial à produção de grãos, a exemplo da região do cerrado. Tais trabalhos são de extrema valia, pois permitem estabelecer relações custo-benefício, bem como quantificar a eficiência

agronômica da adubação, validando, dessa forma, o emprego desse tipo de fertilizante (GIRARDI; MOURÃO FILHO, 2003; FANCELLI, 2010).

6. CONCLUSÕES

Pela interpretação dos resultados pode-se concluir que:

A condição ambiental de estresse hídrico comprometeu a resposta da cana-de-açúcar a comparação da adubação nitrogenada com as ureias convencional e revestida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISCOTT, T.M. **Nitrate, agriculture and the environment**. Wallingford: CABI publishing, 2004. 279p.

ALLEN, S.E. Slow released nitrogen fertilizers. In: HAUCK, R.D. (Ed.) **Nitrogen in crop production**. Madinson: America Society of Agronomy, 1984. p.195-206.

ANJOS, J.T.; TEDESCO, M.J. Volatilização de amônia proveniente de dois fertilizantes nitrogenados aplicados em solos cultivados. **Científica**, v.4, p.49-55, 1976.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247p.

CANAOESTE. **Guia varietal**: características de manejo das principais variedades. Ribeirão Preto: Canaoeste, s.d. 4p. (Folder Técnico).

CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistema de cana crua. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.16, n.4, p.21-22, 1998.

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

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

CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. Ammonia losses by volatilization from coastcross pasture fertilized with two nitrogen sources. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., Águas de São Pedro, 2001. **Proceeding...** Piracicaba, Brazilian Society of Animal Husbandry, 2001a. p.190-192.

CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de N por volatilização de amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada em sistemas de colheita de cana sem queima prévia. In:

CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., Londrina, 1999. **Anais...** Piracicaba, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1999. P. 82-87.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v.65, n.4, p.397-401, 2008.

CANTARELLA, H.; MATTOS Jr. D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN, A.T. Fruit yield of valencia sweet Orange fertilized with difernt N sources and the loss of applied N Nutr. **Cycl. Agroecosyst.**, v.67, p.215-223, 2003b.

COSTA, M.C.G.; VITTI, G.C; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:631-637, 2003.

DECHEN, A.R; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.91-132.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Eds.). **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool - tecnologia e perspectivas**. Viçosa: UFV, 2010. p.24-49.

ERNEST, J.W.; MASSEY, H.F. The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from ureia in soils. **Soil Science Soc. Am. Proc.**, v.24, p.87-90, 1960.

ESPIRONELO, A.; CANTARELLA, H.; IGUE, T.; NELLI, E.J.; COLETI, J.T.; BOVI, V.; RAMOS, M.T.B. Aplicação de aquamônia, uréia, nitrato de amônio e cloreto de potássio em cinco níveis, em três socas de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 4., Olinda, 1987. **Anais...** Piracicaba, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1987. p.94-102.

FANCELLI, A.L. Milho. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas**. Piracicaba: IPNI, 2010. p.38-93. v.3.

FERGUSON, R.B.; KISSEL, D.E.; KOELIKER, J.K.; BASEL, W. Ammonia volatilization from surface-applied urea: effect of hydrogen ion buffering capacity. **Soil Science Society of America Journal**, 48:578-582, 1984.

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

GROFFMAN, P.M. Nitrogen in the environment. In: SUMNER, M.E. (Ed.) **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.C190-C200.

HALL, W. Benefits of enhanced-efficiency fertilizers for the environment. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. **Proceedings...** Paris, International Fertilizers Industry Association, 2005. 9p.

HANGROVE, W.L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conductions. In: BOOK, B.R.; KISSEL, D.E.

(Eds.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals, National Fert. Develop. Center. Tennessee Valley Authority, 1988b. p.17-36.

HAUCK, R.D. Slow released and bio-inhibitor-amended nitrogen fertilizers. In: ENGELSTAD, O.P. (Eds.). **Fertilizers technology and use**. 3.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p.203-332.

HAUCK, R.D.; KOSHINO, M. Slow release and amended fertilizers. In: OLSON, R.A., (Ed.) **Fertilizers technology and use**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1971. p.455-495.

LAGREID, M.; BOCKMAN, OC.; KAARSTRAD, O. **Agriculture fertilizers and the environment**. Wallingford: CABI Publishing, 1999. 294p.

LAMMEL, J. Cost of different options available to the farmers: Current situation and prospects. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. **Proceedings...** Paris, International Fertilizers Industry Association, 2005. 9p.

LANDELL, M.G.A.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A.; VASCONCELOS, A.C.M.; PINTO, L.R.; CRESTE, S. Manejo varietal em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; SENE PINTO, A.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Orgs.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. p.57-65.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-H₃ na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.489-496, 1997b.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-H₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.421-487, 1997a.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:363-376, 2000.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; SENE PINTO, A.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Orgs.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. p.11-18.

NELSON, D.W. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification. In: STEVENSON, F.J. (Ed.) **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.327-363.

OLIVEIRA, M.W.; FREIRE, F.M.; MACÊDO, G.A.R.; FERREIRA, J.J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, v.28, n.239, p.30-43, 2007.

OVERREIN, L.N.; MOE, P.G. **Factors affecting urea hydrolysis and ammonia volatilization in soil**. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 31: 57-61, 1997.

PRAMMANEE, P.; SAFFIGNA, P.G.; WOOD, A.W.; FRENEY, J.R. Loss of nitrogen from urea and ammonium sulfate applied to sugar cane crop residues. **Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.**, 11:76-84, 1989.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1996. 285p.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; URQUIAGA, S.C. The fate of fertilize nitrogen in soil-plant systems with emphasis on tropics. In: International symposium on agrochemical: Fate in food and the environment using isotope techniques, Viena, 1982. **Proceedings...** Viena, International Atomic Energy Agency, 1982. p.277-289.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu, 1995. 101p.

ROSSETO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Cana-de-açúcar. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas**. Piracicaba: IPNI, 2010. p.161-230. v.3.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; VICTORIA, R.L.; TRIVELIN, P.C.O. Redistribution of the nitrogen reserves of ¹⁵N enriched stem cuttings and dinitrogen fixed by 90-day-old sugarcane plants. **Plant and Soil**, v.108, p.275-279, 1988.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; SENE PINTO, A.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Orgs.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. p.19-36.

SHAVIV, A. Controlled release fertilizers. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. **Proceedings...** Paris, International Fertilizers Industry Association, 2005. 13p.

SOUSA, D.M.G.S; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In:_____. **Cerrado, correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. Cap.5, p.129-146.

SUHET, A.R; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: Embrapa-DDT, 1986. p.119-144.

TERMAN, G.L. **Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizer, organic amendments, and crop residues**. Adv. Agron., 31:189-223, 1979.

TRENKEL, M.E. **Improving fertilizers use efficiency. Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture**. Paris: International Fertilizers Industry Association, 1997. 151p.

TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; VITTI, A.C.; GAVA, G.J.C.; BENDASSOLLI, J.A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:193-201, 2002a.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.C.S.; VICTORIA, R.L. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e ureia-¹⁵N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.2, p.89-99, 1996.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C.S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e

ureia-¹⁵N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.12, p.1375-1385, 1995.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugarcane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.115-114, 1992.

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

VITTI, A.C.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; ROSSETTO, R. Nitrogênio. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Eds.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico. 2008. p.239-269.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C.; ALTRAN, W.S. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: tecnologias e perspectivas**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2012. cap. 4, p.73-118.