

**EFEITOS DE FONTES E DOSES DE
NITROGÊNIO EM SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR, CULTIVAR SP79-1011**

DANIELE DO NASCIMENTO MARCELO

2008

DANIELE DO NASCIMENTO MARCELO

**EFEITOS DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR, CULTIVAR SP79-1011**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Luiz Antônio de Bastos Andrade

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Marcelo, Daniele do Nascimento.

Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011 / Daniele do Nascimento Marcelo. – Lavras : UFLA, 2008.

44 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Luiz Antônio de Bastos Andrade.

Bibliografia.

1. Adubação nitrogenada. 2. Uréia. 3. Nitrato de amônio. 4. *Saccharum spp.* I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.61894

DANIELE DO NASCIMENTO MARCELO

**EFEITOS DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR, CULTIVAR SP79-1011**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 18 de dezembro de 2008

Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho UFLA

Pesq. Dr. Moisés de Souza Reis EPAMIG

Prof. Dr. Luiz Antônio de Bastos Andrade
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

A **DEUS** por sempre me guiar neste caminho.

OFEREÇO

À minha mãe Maria das Graças,
À minha segunda mãe Ana Maria,
Ao meu segundo pai Jesus,
Aos meus irmãos Marcos e Paula.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES – pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Luiz Antônio de Bastos Andrade, pela orientação, amizade e confiança.

Aos membros da Banca, Gabriel José de Carvalho – UFLA/ DAG e Moisés de Souza Reis – EPAMIG.

Ao alambique JM, localizado no município de Perdões – MG, na pessoa de seu proprietário Sr. João Mendes.

À Usina Luciânia, localizada no município de Lagoa da Prata – MG representada pelo Eng^o. Agr^o. Gustavo Melasipo Vilela Leite, pela realização das análises laboratoriais da cana-de-açúcar.

Ao meu namorado Jairo Boaventura, por seu apoio incondicional.

Aos meus amigos Priscila Alves, Ana Camila Pessatte, Álvaro Carlos, Bruno De Conti, Ana Luiza Costa pela amizade e carinho.

BIOGRAFIA

DANIELE DO NASCIMENTO MARCELO, filha de Ângelo Donizete Marcelo e Maria das Graças do Nascimento Marcelo, nasceu em Santo André, Estado de São Paulo, aos 5 de julho de 1983.

Diplomou-se como Engenheira Agrônoma em junho de 2006 pela Universidade Federal de Lavras, UFLA, Minas Gerais.

Em agosto de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, Área de concentração Fitotecnia, na Universidade Federal de Lavras – UFLA, Minas Gerais.

Em 24/04/2008 passou a atuar como residente em engenharia agrônômica junto a Vale do Ivaí S/A, localizada em São Pedro do Ivaí, Paraná.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Importância da cana-de-açúcar no Brasil.....	3
2.2 Importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar.....	3
2.3 Adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar.....	5
2.4 Fatores relacionados à baixa resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada.....	7
2.4.1 Mineralização da matéria orgânica e dos restos culturais.....	7
2.4.2 Variabilidade experimental.....	9
2.4.3 Fixação biológica de nitrogênio.....	10
2.4.4 Perdas de nitrogênio no solo.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Caracterização da área experimental.....	16
3.2 Tratamentos, parcelas e delineamento experimental.....	18
3.3 Instalação e condução do experimento.....	19
3.3.1 Variedade utilizada.....	19
3.4 Características avaliadas.....	20
3.4.1 Teores foliares de N.....	20
3.4.2 Número de colmos por metro.....	20
3.4.3 Rendimento médio de colmos por hectare.....	20
3.4.4 Análises químico-tecnológicas da cana-de-açúcar.....	21
3.4.5 Análises estatísticas.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22

4.1 Teores foliares de nitrogênio na cana-de-açúcar.....	22
4.2 Número de colmos por metro linear.....	24
4.3 Rendimento de colmos e rendimento de açúcar por hectare.....	25
4.4 Comprimento de colmo (m) e diâmetro de colmo (cm).....	27
4.5 Características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar.....	31
5 CONCLUSÕES.....	33
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
7 ANEXOS.....	43

RESUMO

MARCELO, Daniele do Nascimento. **Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011**. 2008. 44 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

A cultura da cana-de-açúcar é atualmente uma das culturas de grande importância no cenário mundial, principalmente devido à busca por alternativas que minimizem os efeitos do aquecimento global. O etanol destaca-se como uma ferramenta fundamental neste contexto. O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura e o aumento de doses tem proporcionado incrementos significativos nos rendimentos da soqueira. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de uréia ou nitrato de amônio, em cinco doses, sobre a palhada remanescente do corte de um canavial, terceira soca, sem queima prévia, nos teores foliares de nitrogênio, rendimento da soqueira e características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar. O experimento foi instalado num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em área localizada no alambique João Mendes “JM”, no município de Perdões, estado de Minas Gerais. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, esquema fatorial 2 x 5, sendo duas fontes nitrogenadas (uréia – 44% e nitrato de amônio – 32%) e cinco doses (0, 40, 80, 120 e 160 kg. ha⁻¹). A aplicação da ureia ou nitrato de amônio, nas doses estudadas não influenciou nos teores foliares de nitrogênio, rendimento da soqueira e características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar.

Orientador: Luiz Antônio de Bastos Andrade

ABSTRACT

MARCELO, Daniele do Nascimento. **Effects of Sources and Doses of Nitrogen in Sugarcane Ratoon, cultivar SP79-1011**. 2008. 44 p. Dissertation (Master Program in Agricultural Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.

Currently sugar cane is one of the main crops in the world scene, mainly because of the search for alternatives to minimize the effects of global warming. In this context the ethanol is a fundamental tool in eminence. The nitrogen is one of the most required nutrients by the crop and the increase in its doses has promoted significant increments in the sugar cane ratoon yields. This work was carried out with the objective of finding out the effect of either urea or ammonium nitrate in five doses on the remaining straws after the sugar cane cut, third ratoon crop, without previous burning, on leaf nitrogen contents, sugarcane ratoon yield or the sugar cane chemical-technological characteristics. The experiment was installed in a Red-Yellow Latosol dystropic area at alembic João Mendes "JM", located in the municipality of Perdões, Minas Gerais State. A randomized-block design with three replications in a 2x5 factorial arrangement with two nitrogen sources (urea – 44% and ammonium nitrate – 32%) and five doses (0, 40, 80, 120 and 160 kg.ha⁻¹de N) was used. The application of urea or ammonium nitrate in the studied doses had not influence on the leaf nitrogen contents, sugarcane ratoon yield or the sugar cane chemical-technological characteristics.

Guidance: Luiz Antônio de Bastos Andrade - UFLA

INTRODUÇÃO

No atual cenário mundial, há uma constante busca por alternativas que minimizem os efeitos do aquecimento global. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) apresenta-se como uma alternativa promissora, pois tem como um de seus principais produtos o etanol, uma fonte de energia limpa e renovável. O Brasil, maior produtor mundial, na safra 2007 produziu 501,54 milhões de toneladas, ocupando uma área de 7,01 milhões de hectares (Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2008).

Tendo em vista a grande demanda mundial pelos biocombustíveis, faz-se necessária a expansão da área cultivada em novas fronteiras agrícolas. Em relação à fertilidade do solo, a maioria dos solos brasileiros é pobre e ácido e a extração de nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar é muito alta, principalmente potássio, nitrogênio, magnésio, cálcio, enxofre e fósforo.

O nitrogênio é um elemento muito importante para as soqueiras de cana-de-açúcar, essencial para o crescimento das plantas, sendo exigido em grandes quantidades. A fonte nitrogenada largamente utilizada é a ureia, mas podem ocorrer perdas devido ao processo de volatilização, principalmente em área de colheita de cana crua, sem prévia queima da palhada, que permanece sobre a superfície do solo em grande quantidade (Cantarella et al. 1999) dificultando operações tradicionais de cultivo e a incorporação do adubo nitrogenado ao solo (Vitti, 1998).

A substituição da ureia pelo nitrato de amônio pode-se constituir numa boa opção, já que a volatilização é praticamente nula quando se usa esta fonte, o que aumentaria a disponibilidade no solo e os teores foliares na planta.

Outra questão importante no rendimento das soqueiras, diz respeito às doses de nitrogênio utilizadas. Alguns trabalhos mostram que o aumento das

doses aplicadas tem proporcionado incrementos significativos nos rendimentos das soqueiras. Entretanto, o nitrogênio em excesso pode ser prejudicial à cultura da cana-de-açúcar, atrasando a maturação (Rodrigues, 1995).

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de ureia ou nitrato de amônio, em cinco doses, sobre a palhada remanescente do corte do canavial sem queima prévia, nos teores foliares de nitrogênio, rendimento da soqueira e características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cana-de-açúcar no Brasil

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. A área ocupada pela cultura, na safra 2007/08 foi de 7,08 milhões de hectares, com uma produção de 501,54 milhões de toneladas, destinadas ao setor sucroalcooleiro. Do total produzido, 45,97% (230,56 milhões de toneladas) destinou-se à fabricação de açúcar e 54,03% (270,98 milhões de toneladas) para a produção de álcool. (Conab, 2008).

O estado de Minas Gerais destaca-se na produção de cana-de-açúcar, ocupando a terceira colocação no ranking nacional. Na safra 2007, a área ocupada pela cultura foi de 391 mil hectares com uma produção de 29.034 milhões de toneladas (União da Indústria de Cana-de-açúcar Unica, 2008).

A cultura da cana-de-açúcar apresenta grande destaque na economia brasileira, contribuindo para geração de divisas. Tal importância deve-se à sua múltipla utilização, podendo ser empregada sob diferentes formas, tais como forragem para alimentação animal ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, melado, açúcar e álcool (Costa, 2001)

2.2 Importância do nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar

O nitrogênio é o quarto elemento mais abundante na planta, depois do carbono, hidrogênio e oxigênio. O nitrogênio é constituinte obrigatório de proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de diversos

processos bioquímicos e enzimáticos, entre outros, faz parte da molécula de clorofila (Malavolta, 1980; Carnaúba, 1990).

A cana-de-açúcar é uma planta da família *Poaceae* que apresenta grande resposta na produção de fitomassa com o aumento do teor de nitrogênio na planta (Bolton & Brown, 1980). Além desta característica, a cana-de-açúcar é uma planta do ciclo C₄, que em comparação às plantas C₃, produzem duas vezes mais material seco por unidade de nitrogênio presente na folha (Black et al., 1978).

O nitrogênio ocorre em três formas principais no solo: N orgânico integrante da matéria orgânica do solo e não disponível para as plantas; N amoniacal fixado pelos materiais argilosos, que é lentamente disponível para as plantas e íons de amônio e nitrato ou compostos solúveis, assimilados pelas plantas (Bellow, 2002).

O nitrogênio absorvido aumenta a atividade meristemática da parte aérea resultando em maior perfilhamento e índice de área foliar (IAF) da cana-de-açúcar; além de aumentar a longevidade das folhas (Silveira, 1985).

Segundo Das (1936), o N aumenta o comprimento dos colmos da cana-de-açúcar, o que provoca redução na espessura da parede celular, podendo levar à redução na porcentagem de fibras na planta. Há relatos de que ocorre aumento linear na quantidade de açúcar produzida por hectare com as doses de N, apesar de resultar, também, em elevação no teor de umidade de colmos, levando à redução no teor de sacarose (Clements et al., 1941; Korndorfer & Martins, 1992).

Tanto o excesso, quanto a deficiência de N tem influência na qualidade tecnológica dos colmos. Na deficiência de N, decresce o teor de umidade da planta, diminuindo a qualidade do caldo; aumenta o teor de fibra; diminui a concentração de sacarose; ocorre acúmulo de sacarose nas folhas e alta relação

folha: colmo. Com excesso de N, ocorre seu acúmulo no colmo, piora a qualidade do caldo e atrasa a maturação (Carnaúba, 1990).

A necessidade da cana-de-açúcar por nitrogênio, segundo Penatti & Forti (1994), é em parte suprida pelo solo e pela fixação biológica, sendo necessário, em muitas situações, o fornecimento do nutriente através de fertilizantes químicos.

2.3 Adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar

A fertilização da cultura com nitrogênio constitui uma ferramenta importante para o aumento da produtividade e longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar (Vitti, 2003).

Analisando-se dados de produtividade agrícola verifica-se que, no Brasil, ocorre diminuição progressiva de cana-planta para as soqueiras, fato que tem contribuído para uma renovação de canavial após 4º ou 5º corte, demandando altos investimentos. Uma adubação bem feita com nitrogênio pode constituir-se numa forma de diminuir estas diferenças de produtividades observadas entre os ciclos da cultura (Sobral & Lira, 1984).

Orlando Filho et al. (1999) obtiveram, em quatro cortes do canavial, um aumento médio da ordem de 20 e 35% para as doses de 60 e 120 Kg/ha, respectivamente, em relação a testemunha sem aplicação de nitrogênio.

Yadav et al. (1990), estudando diferentes fontes de nitrogênio em cana-planta e cana-soca cultivar Co1148, relataram que aplicando-se 50 Kg de N/ha, houve um incremento no rendimento de cana, mas com redução na qualidade do caldo. Espironelo et al. (1987) conduzindo quatro experimentos comparando a aplicação de três fontes de nitrogênio e uma de potássio, em três socas de cana, verificaram que para os cinco níveis de nitrogênio utilizados (0, 50, 100, 150 e

200 Kg/ha), das nove cultivares estudadas, cinco apresentaram respostas positivas no rendimento de colmos e sacarose.

Azeredo (1997) estudou o efeito de quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 Kg/ha) em cana-de-açúcar, em dois solos do Rio de Janeiro. Observou que houve resposta diferenciada sobre o desenvolvimento e produção final de colmos e de açúcar na cana-planta, mas não foram afetados os teores de pol, fibras e açúcares totais da cana.

Moreno (1974), fazendo uma análise econômica da resposta de cana-soca à aplicação de nitrogênio, verificou que não houve resposta do nutriente, provavelmente devido ao fato de existir no solo quantidade suficiente deste elemento em forma de matéria orgânica dos resíduos de cana-planta e outras fontes. Anjos (1995), trabalhando com ureia em cana-soca, concluiu que doses de 0 a 120 Kg de N/ha não influenciaram características químico-tecnológicas da cana, rendimento de colmos, açúcar e álcool por hectare da cana-de-açúcar, cultivares SP70-1143 e SP71-1406. Em levantamento realizado por Azeredo et al. (1986) de 135 experimentos que receberam nitrogênio em cana-planta, nas regiões nordeste e centro-sul do Brasil, em apenas 26 houve resposta significativa à adubação nitrogenada.

A análise de 81 experimentos conduzidos no estado de São Paulo, também revelou baixa resposta da cana-planta à adubação nitrogenada; em apenas 26 experimentos houve efeito da aplicação do fertilizante (Cantarella & Raij, 1986). Entretanto, para cana soca, o percentual de resposta foi de 49%.

Rossiello (1987) agrupou os resultados de 105 experimentos, conduzidos no Brasil no período de 1960 a 1986, sob a forma de rendimento relativo, e verificou que somente em 22% deles houve resposta da cana-planta à adubação nitrogenada.

Zambello Júnior & Orlando Filho (1981) concluíram que, de maneira geral, as soqueiras de cana-de-açúcar apresentam maiores possibilidades de

respostas positivas à adubação nitrogenada que a cana-planta. Humbert (1968), citado por Carnaúba (1990), sugere que a explicação para este fato está na diferença de profundidade dos sistemas radiculares da cana-planta e das soqueiras, estando, no último caso, menos aptos a absorverem o N em profundidade, tornando a adição de N às socas, essencial à manutenção de altas produtividades.

Recomenda-se, em geral, uma dose média de 100 Kg de N/ha em soqueiras de cana-de-açúcar, independente de qualquer fator. Desse modo, pode-se presumir que em diversas condições essa recomendação de adubação nitrogenada seria subestimada e em outras superestimadas (Zambelo Júnior & Orlando Filho, 1981; Penatti & Forti, 1994).

2.4 Fatores relacionados à baixa resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada

As causas da baixa resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada não estão suficientemente esclarecidas. Vários autores atribuíram estes resultados à variabilidade experimental, à fixação biológica de nitrogênio, à mineralização da matéria orgânica e dos restos culturais, às épocas de aplicação do fertilizante e perdas por lixiviação e desnitrificação, e também às diferenças varietais na utilização do nitrogênio (Oliveira, 1999).

2.4.1 Mineralização da matéria orgânica e dos restos culturais

Embora lenta e gradual, a mineralização da matéria orgânica do solo é de grande importância para agricultura, pois é por meio dela que os vegetais obtêm parte dos nutrientes necessários para o seu desenvolvimento (Gava, 1999). Sampaio et al. (1995), trabalhando em solos de Pernambuco, avaliaram a

capacidade de suprimento de nitrogênio em resposta à fertilização com nitrogênio e concluíram que a principal fonte de nitrogênio para as plantas foi a matéria orgânica existente e a manutenção de restos culturais no solo.

A mineralização da matéria orgânica do solo, dos restos culturais da própria cana-de-açúcar, do material vegetal produzido durante o período de reforma do canavial e o teor inicial de N mineral no solo, também têm sido citados como prováveis causas da baixa resposta da cana-planta à adubação nitrogenada, em áreas onde se cultiva a cana-de-açúcar por muitos anos. Para as áreas onde se cultiva a cana pela primeira vez, pode haver efeito da cultura anterior (Oliveira, 1999).

Acredita-se que o preparo do solo também contribui para diminuir o efeito do N-adubo, porque na reforma do canavial, as operações de aração, gradagem e calagem, que coincidem com a elevação da temperatura e umidade, promovem maior aeração do solo e aceleram a mineralização da matéria orgânica e, também, dos restos culturais, aumentando, desta forma, a quantidade de N mineral disponível para a cana, por ocasião do plantio (Azeredo et al., 1981; Bittencourt et al., 1986; Zambelo Júnior & Orlando Filho, 1981; Carnaúba, 1990). Outro fator a ser considerado nas baixas respostas da cana-planta à adubação nitrogenada, comparativamente à cana soca, é o seu menor desenvolvimento na fase inicial, que leva à menor intensidade na demanda do nitrogênio.

Outra hipótese foi formulada por vários pesquisadores, Chuí & Samuels (1981), Lima Júnior (1982), Bittencourt et al. (1986) e Vitti (1998), relacionando as variações de respostas com a aplicação de nitrogênio na cultura à disponibilidade de N no solo. Essa reserva seria formada por resíduos vegetais da própria cultura da cana (rizoma, cinzas, ponteiro, folhas), que ao serem mineralizados proporcionariam uma fonte importante de nitrogênio.

Estudos conduzidos por Sampaio et al. (1985) e Araújo et al. (1994) mostram que a mineralização do nitrogênio dos solos cultivados com cana foi suficiente para suprir a demanda da cana-planta. Gomes Júnior et al. (1993) estudaram o efeito da incorporação ao solo, do material vegetal (relação C/N de 30) crescido durante o período de pousio. A incorporação ao solo de 60 t/ha deste material, constituído de 30% de plantas de cana-de-açúcar e 70% de plantas daninhas, promoveu aumento nas produtividades agrícolas e industriais da cana-planta.

Entretanto, Sobral & Lira (1983) não encontraram correlação entre o teor de matéria orgânica do solo e a resposta da cana-planta ao nitrogênio, em 15 experimentos conduzidos na Região Nordeste do Brasil.

Ng Kee Kwong et al. (1987) e Chapman et al. (1992) estudaram a degradação desses resíduos vegetais e concluíram que essa possível fonte de nitrogênio seria pequena e portanto não poderia constituir-se em uma fonte de grande importância para a cultura.

Segundo Silveira (1985), as variações de respostas estariam relacionadas com o genótipo da cultivar de cana-de-açúcar e à fatores ambientais inter-relacionados com as características fisiológicas da eficiência de utilização de N.

2.4.2 Variabilidade experimental

Para Cantarella & Raij (1986), o erro experimental, muitas vezes elevado em ensaios de campo, não permite detectar respostas moderadas ao nitrogênio, resultando na ausência de efeito do N aplicado. Segundo estes autores, a análise restrita aos índices estatísticos em experimentos individuais pode dificultar a observação de tendências gerais apontadas pelos dados experimentais. Como exemplo, são citados os resultados de Espironelo et al. (1981). Em 12 experimentos de adubação nitrogenada em cana soca, esses

pesquisadores observaram aumentos de produção de cana em nove casos, em sete dos quais os acréscimos de produção variaram de 15 a 27%; no entanto, somente em um dos casos o aumento conseguido foi significativo. Entretanto, na análise conjunta, a resposta ao nitrogênio foi significativa. No Hawaí, Hilton & Mckenzie (1980) também concluíram que a variabilidade experimental não permitiu detectar o efeito do N em ensaios analisados individualmente.

Rossiello (1987) analisou os resultados de 104 experimentos de adubação em cana-planta, verificando que quando o coeficiente de variação foi menor que 10%, houve significância em 42% dos experimentos. Quando maior que 10% a probabilidade de resposta reduziu-se a 18%. Para esse autor, devido à estreita faixa de resposta da cana ao fertilizante nitrogenado, os efeitos da adubação somente poderão ser notados em condições homogêneas de solo e manejo experimental. Pela análise dos 104 experimentos, o autor verificou que os coeficientes de variação relativamente elevados nas pesquisas com cana-de-açúcar estavam associados a poucas repetições ou ao uso de talhões comerciais.

Marinho & Barbosa (1996) realizou análises conjuntas de variância e de tendência linear em 141 experimentos conduzidos na região nordeste brasileira, constatando que a cana-planta apresentou resposta altamente significativa à adubação nitrogenada em análises conjuntas de tendência linear de grupos de experimentos com mesma dose de nitrogênio. A cultivar CB45-3, presente em 66% dos ensaios e tida como pouco responsiva ao nitrogênio (Azeredo et al., 1981), apresentou alta resposta à adubação nitrogenada.

2.4.3 Fixação biológica de nitrogênio

Döbereiner et al. (1972) descreveram a presença de bactérias, principalmente do gênero *Beijerinckia sp*, encontradas na rizosfera da cana-de-açúcar. A bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus*, atualmente

conhecida como *Gluconacetobacter diazotrophicus* foi encontrada dentro do rizoma e no colmo da cana-de-açúcar (Cavalcante & Döbereiner, 1988; Boddey et al., 1991) sendo um indicativo de que esses microrganismos têm uma importante função em fornecer o nitrogênio pela fixação biológica (FBN).

Lima et al. (1987) e Urquiaga et al. (1992) relataram que, no Brasil, a cana-de-açúcar cresce com baixa dose de N-fertilizante entre 60 a 120 Kg N ha⁻¹, tendo uma produtividade em torno de 65 a 70 t ha⁻¹ de colmos e a planta toda acumula entre 100 a 120 Kg N ha⁻¹. Portanto, a FBN teria um papel como um possível fornecedor de N para a cultura, pois solos cultivados com cana-de-açúcar por muitos anos, não sofreram queda na produtividade. Nesses trabalhos, foi estimado o potencial de fixação biológica do nitrogênio em diferentes cultivares de cana-de-açúcar, sendo que este variou de 36 a 65% do total de N acumulado nas plantas e as variações encontradas foram atribuídas aos diferentes genótipos de cana-de-açúcar.

Estudos também têm mostrado que a cana-de-açúcar pode manter a fixação biológica sob níveis moderados de fornecimento de N (Ruschel & Vose, 1982). Segundo Dong et al. (1994), a concentração de 80 nM de NO₃⁻ no meio de cultura, não afetou a fixação do N₂ pelo *Gluconacetobacter diazotrophicus*, mas a presença de 3 mg de NH₄⁺ por litro de solução inibiu a nitrogenase (Ruschel & Vose, 1982). Entretanto, no campo, a presença de amônio na solução do solo deve ter curta duração, dada a rápida nitrificação observada em solos cultivados com cana-de-açúcar (Padovese, 1988; Riveira & Treto, 1988) e, portanto, o NH₄⁺ não será fator limitante à FBN.

Com o refinamento das técnicas analíticas, principalmente as isotópicas, associadas ao balanço de massa do nitrogênio no sistema solo-planta, foi possível mostrar que a cana pode obter proporções variáveis do N total acumulado na biomassa através da FBN (Rossiello, 1987). Utilizando a técnica isotópica e o balanço de nitrogênio, Lima et al. (1987) constataram a ocorrência

da FBN e também observaram que há influência varietal nesta fixação. Urquiaga et al. (1992) estimaram que a contribuição da FBN, como fonte de nitrogênio para a cana, pode variar de 170 a 210 Kg de N há⁻¹ ano⁻¹.

Segundo Tsai et al. (1994), aparentemente não se têm detectado grandes deficiências de N ou observado quedas drásticas na produção em solo que não receberam adubação nitrogenada, durante décadas, evidenciando, portanto, que a cultura pode obter seu N a partir da fixação biológica.

Pesquisas têm demonstrado que a inoculação com *G. diazotrophicus* em diferentes genótipos de cana-de-açúcar (principalmente nas cultivares RBs) podem provocar uma série de mudanças anatômicas e fisiológicas na planta hospedeira. Dentre essas mudanças pode-se citar um aumento das raízes laterais assim como mudanças na geometria das raízes pelo aumento da proporção de raízes finas e do sistema radicular como um todo (Olivares et al., 2002).

A FBN é influenciada diretamente com maior ou menor intensidade por alguns fatores como: umidade, disponibilidade de molibdênio, genótipo, aplicação de nitrogênio, meio de propagação da planta (micropropagação), entre outros (Xavier, 2006).

Para Rossiello (1987) e Vallis & Keating (1994), atribuir à fixação biológica a falta de resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada parece arriscado. Segundo análises feitas por Vallis & Keating (1994), em muitos experimentos com ¹⁵N houve grande influência do “*pool substitution*” e, uma vez demonstrada a fixação biológica do N associada à decomposição dos açúcares existentes nos restos culturais da cana, os resultados obtidos por Urquiaga et al. (1992) também são questionáveis. Assim, na opinião de Vallis & Keating (1994) a real contribuição da fixação biológica do N para a nutrição da cana-de-açúcar ainda está para ser respondida.

2.4.4 Perdas de nitrogênio no solo

As perdas do nitrogênio são uma das possíveis causas da baixa resposta da cana-de-açúcar à adubação. As perdas do N por lixiviação ocorrem quando a água percola através do solo, arrastando esse elemento para uma profundidade além daquela explorada pelo sistema radicular da cultura, causando redução na eficiência da adubação e contaminação do lençol freático (Oliveira, 1999).

A taxa de lixiviação e a massa do nitrogênio lixiviado no solo são dependentes de vários fatores, destacando-se: a quantidade de chuva (Salcedo et al., 1988); fontes e doses de fertilizantes (Camargo, 1989); solubilidade dos sais e a afinidade dos íons pelos sítios de adsorção do solo (Kinjo et al., 1978); composição química dos restos culturais adicionados ao solo e clima e características do solo (temperatura, umidade e aeração). Tais fatores podem acelerar ou retardar a mineralização da matéria orgânica, bem como a intensidade com que os nutrientes são retirados da solução do solo pelos vegetais ou pelos microrganismos (Rivera & Treto, 1989; Orlando Filho et al., 1995).

Uma das formas de diminuir a lixiviação é o parcelamento da adubação nitrogenada; entretanto, baseando-se nas citações de Azeredo et al. (1986), verifica-se que na maioria dos trabalhos conduzidos com cana-de-açúcar no Brasil não houve efeito do parcelamento, o que talvez seja um indicativo de pequenas perdas por lixiviação. Possivelmente, estas perdas estejam associadas à imobilização microbiológica do N e também às características da cana como: eficiência de absorção, aprofundamento do sistema radicular e capacidade de acumular nitrogênio no colmo, nas fases mais jovens do ciclo (Silveira, 1985).

A adição ao solo de resíduos orgânicos de relação C:N acima de 30 reduz a possibilidade de lixiviação de N do solo devido sua imobilização (Kiehl, 1987).

No que se refere às perdas de nitrogênio, a volatilização merece destaque, pois há situações que apresentam valores significativos e preocupantes do ponto de vista ambiental e agrônomo, diminuindo a eficiência de utilização do N-fertilizante (Vitti, 2003).

Dos fertilizantes nitrogenados, a ureia é a principal fonte de nitrogênio empregada na fertilização da cana-de-açúcar, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Entretanto, com a implantação da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, sem despalha a fogo, têm-se verificado que a aplicação de ureia sobre a palhada pode levar a grande perda por volatilização de amônia (Prammanee et al., 1989). Isso ocorre devido à atividade ureolítica e pela baixa capacidade em reter a amônia nos resíduos vegetais, comparada a um solo sem os mesmos, o que reduzirá a eficiência agrônoma do adubo. Existem outros fatores, ambientais e edáficos, que podem influenciar na volatilização da amônia do solo, como a temperatura, velocidade do ar, umidade, pH, capacidade de troca catiônica, classe textural, taxa de evaporação da água do solo, capacidade de tamponamento do solo, doses e modo de aplicação e a presença de potássio (Oliveira et al., 1999).

Como meio de reduzir perdas por volatilização de fontes nitrogenadas aplicadas na cana-de-açúcar, na presença de palha, tem-se a possibilidade de incorporar o fertilizante nitrogenado (Prammanee et al., 1989). Entretanto, por causa da dificuldade de incorporação dos fertilizantes em solos com espessa camada de palha, constata-se a necessidade de uso de fontes nitrogenadas que apresentem menores perdas do elemento por volatilização (Trivelin et al., 1997).

Segundo Cantarella (1998) utilizando-se fontes nitrogenadas com formas de N menos susceptíveis à volatilização de $N-NH_3$, como nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio em solos ácidos, as perdas são reduzidas. Cantarella et al. (1999) constataram que não houve perdas mediante o uso de nitrato de amônio.

A atividade da urease da palhada e da enzima livre no próprio solo é outro fator que pode diminuir a eficiência agrônômica da ureia, isto porque, quando há uma rápida hidrólise do fertilizante, as perdas por volatilização também podem aumentar. A quantidade de palhada de canaviais colhidos sem queima varia de 10 a 30 t ha⁻¹ de matéria seca e, nesse material, o nitrogênio oscila de 40 a 80 kg ha⁻¹ (Trivelin et al., 1996). A intensidade de mineralização dessa matéria orgânica adicionada na superfície do solo dependerá de diversos fatores, tais como: tipo de solo, teor de matéria orgânica e N-total, relação C:N, tempo de uso dos solos, pH, temperatura, umidade, suprimento de nutrientes inorgânicos e interações solo-planta (Myers et al., 1994).

De acordo com Penatti & Forti (1994), o nitrogênio é um dos nutrientes mais difíceis de serem recomendados adequadamente, sendo necessários estudos de calibração de adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área localizada no alambique João Mendes – ‘JM’, no município de Perdões-MG, situado na região sudoeste do estado de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são latitude de 21° 05’ 20” sul, longitude W. Gr. de 45° 05’ 50” e altitude de 826 metros.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, que se caracteriza por ser uma estação seca entre abril e setembro e uma estação chuvosa de outubro a março. A região apresenta uma média anual de precipitação de 1.493,2 mm e temperatura média de 19,3°C (Brasil, 1992).

As temperaturas médias e os índices pluviométricos mensais, referentes aos anos de 2006 e 2007, período de condução do experimento, são apresentados nas Figuras 1 e 2 respectivamente.

O solo no qual o experimento foi instalado caracteriza-se como Latossolo vermelho-amarelo distrófico, com relevo plano a suave ondulado. Os resultados das análises químicas e granulométricas do solo estão apresentados na Tabela 1.

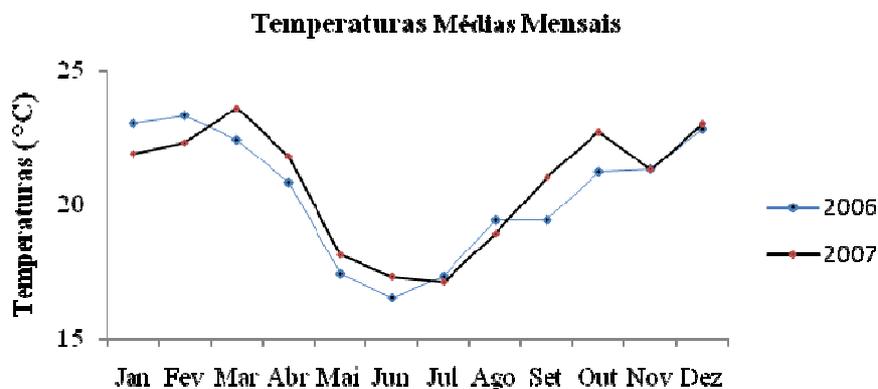


FIGURA 1 - Variação mensal da temperatura média do ar (°C) dos anos de 2006 e 2007, UFLA, Lavras (MG) (FONTE: ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE LAVRAS – MG).

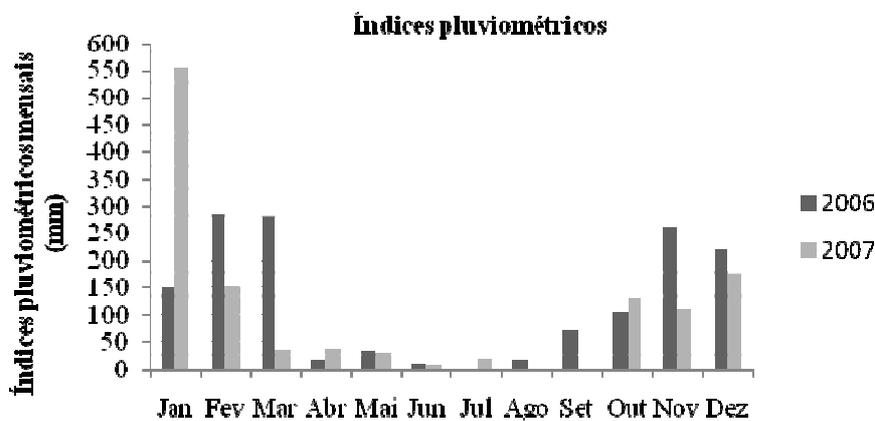


FIGURA 2 - Variação mensal da pluviosidade (mm) dos anos de 2006 e 2007, UFLA, Lavras (MG) (FONTE: ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE LAVRAS – MG).

TABELA 1 - Características químicas e granulométricas do solo da área experimental, profundidade de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Determinações	Resultados **	
	0 a 20 cm	20 a 40 cm
pH em água	5,1	5,5
Al ⁺³ trocável (cmolc/dm ³)	0,5	0,2
H + Al (cmolc/dm ³)	5,0	3,2
Ca ⁺² trocável (cmolc/dm ³)	0,6	1,1
Mg ⁺² trocável (cmolc/dm ³)	0,3	0,2
P disponível (ppm)	2,0	0,9
K disponível (ppm)	47	25
Matéria Orgânica (%)	1,9	1,5
SB (cmolc/dm ³)	1,0	1,7
t (cmolc/dm ³)	1,5	1,9
T (cmolc/dm ³)	6,0	4,9
m (%)	33	11
V(%)	16,9	34,2
Zn (ppm)	0,4	0,2
Fe (ppm)	76,0	59,4
Mn (ppm)	3,6	3,4
Cu (ppm)	1,3	3,5
B (ppm)	0,9	0,5
S (ppm)	10,8	10,3
M.O. (dag. kg ⁻¹)	1,9	1,5
Areia (%)	44	44
Silte (%)	12	11
Argila (%)	44	45

Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA. P e K: extrator Mehlich – 1; Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 N; H+Al extrator SMP.

3.2 Tratamentos, parcelas e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 5), com três repetições. O primeiro fator foi constituído por duas fontes de nitrogênio (ureia – 44% de N e nitrato de amônio – 32% de N) e o outro fator correspondeu a cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160

Kg de N/ha), totalizando 10 tratamentos. Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de 80 Kg de K_2O /ha utilizando-se KCl, de acordo com a análise de solo (Ribeiro, 1999).

As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de cana-de-açúcar, espaçadas de 1,40 m, com comprimento de 12 metros. A área total das parcelas foi de 100,8 m². A área útil da parcela foi de 56 m² considerando as quatro linhas centrais e eliminando-se 1 metro nas extremidades da linha. As parcelas foram espaçadas de 1,0 m entre si, facilitando o manejo e as avaliações.

Cada bloco foi constituído por dez parcelas, ocupando uma área de 1.083,6 m². Os blocos foram separados entre si por duas linhas de cana, espaçados de 1,40 m. A área total ocupada foi de 3.973,2 m².

3.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado no campo após a realização do corte de um canavial comercial, de terceira soca, no mês de novembro de 2006.

Não houve necessidade de nenhum tipo de controle de pragas e doenças durante a condução do experimento, sendo feito apenas o controle de plantas daninhas por meio de capinas realizadas manualmente sempre que necessário. A colheita foi realizada de forma manual, sem queima prévia do canavial, em agosto de 2007.

3.3.1 Cultivar utilizada

A cultivar de cana-de-açúcar utilizada foi a SP 79-1011, que apresenta as seguintes características: boa brotação de soca, produtividade e maturação média, pouco exigente em solos, médio perfilhamento, alto teor de sacarose, ausência de florescimento e chochamento (Andrade, 2002).

3.4 Características avaliadas

3.4.1 Teores foliares de N

Aos cinco meses após a instalação do experimento, foi realizada a coleta de 20 folhas de cana-de-açúcar por área útil da parcela para determinação do teor foliar de N. Foi utilizada a folha +3 (folha com a terceira aurícula visível, segundo o sistema Kuijper), excluindo-se a nervura central e utilizando-se para análise a parte mediana da lâmina foliar (Gallo et al., 1968).

As determinações dos teores de nutrientes nas folhas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Lavras. A metodologia utilizada foi proposta por Malavolta et al. (1989).

3.4.2 Número de colmos por metro

Por ocasião da colheita da cana, foram realizadas contagens do número de colmos na área útil de cada parcela, calculando-se, posteriormente, o número médio de colmos por metro.

3.4.3 Rendimento médio de colmos por hectare

O rendimento foi obtido através de pesagens de 15 colmos colhidos sequencialmente, despontados e desfolhados nas quatro linhas da área útil de cada parcela. Pesaram-se então, os colmos em balança tipo dinamômetro, com capacidade para 120 Kg, seguindo metodologia de Mariotti & Lascano (1969), citados por Arizono et al. (1998). Posteriormente, realizou-se a transformação do peso da área útil da parcela em toneladas por hectare.

3.4.4 Análises químico-tecnológicas da cana-de-açúcar

Por ocasião da colheita, foram retirados, aleatoriamente, 12 colmos seguidos na área útil de cada parcela, eliminando-se o palmito e a palha. Após a identificação, os colmos foram enfeixados, identificados e enviados para o laboratório da Usina Coimbra-Luciânia, em Lagoa da Prata, Minas Gerais, para determinação de brix (%) cana, POL (%) cana, pureza (%) da cana e Açúcar Total Recuperável - ATR (Kg/t).

3.4.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, com realização do teste de F, utilizando-se o software sisvar (Ferreira, 2000) sendo as comparações entre os tratamentos integrantes do esquema fatorial efetuada por meio de análises de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teores foliares de nitrogênio na cana-de-açúcar

Os resumos das análises de variância realizadas para teores de nitrogênio nas folhas da cana-de-açúcar, aos cinco meses após o corte, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio aplicadas, são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 – Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio na folha da cana-de-açúcar, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.
		Teor de nitrogênio
Fontes	1	0,0020
Doses	4	0,0144
Fontes x doses	4	0,0194
Erro	18	0,0165
Média	-	1,6076
C.V. (%)	-	7,98

*significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Verifica-se, pelos dados da Tabela 2, que não ocorreram efeitos significativos, tanto para a interação fonte x doses quanto para os fatores isolados fontes e doses de nitrogênio.

Os valores médios obtidos para o teor foliar de nitrogênio, em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, estão apresentados na Tabela 3.

Os dados apresentados na Tabela 3 estão de acordo com os encontrados por Gallo et al. (1968), que realizaram um levantamento do estado nutricional de canaviais no Estado de São Paulo, em cana-planta e cana-soca, sendo avaliadas

apenas as cultivares Co 419 e CB 41/76 e constaram que para o nitrogênio os limites de concentração na folha variou de 1,08 a 2,68%.

No entanto, os teores médios de nitrogênio observados apresentaram valores um pouco abaixo dos teores considerados ideais para a cultura (18 – 25 g/Kg ou 1,8 – 2,5%) segundo Rajj et al.(1997).

Orlando Filho & Zambello Júnior (1979) consideraram para CB41-76, em solo LE, como adequada a faixa de 2,00 a 2,10% de N nas folhas. Zambello Júnior & Orlando Filho, (1981) admitiram como adequados teores de N nas folhas entre 1,92 e 2,37%, aos cinco meses de idade, para a cultivar CB41-76 cultivada em solos LVa, PV, LR e LE.

TABELA 3 – Valores médios obtidos para o teor de nitrogênio na folha da cana-de-açúcar, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Nitrogênio (Kg.ha ⁻¹)	Teor de nitrogênio na folha (%)	
	Ureia	Nitrato de amônio
0	1,65	1,46
40	1,51	1,60
80	1,64	1,59
120	1,62	1,63
160	1,64	1,70
Média	1,62	1,60

Gallo et al. (1974) não observaram qualquer efeito da dose do adubo nitrogenado na concentração foliar de nitrogênio. A falta de resposta aos efeitos dos adubos nitrogenados na concentração foliar do nitrogênio, provavelmente se deve à suficiência do elemento no solo, tendo em vista que o valor de matéria orgânica está próximo ao teor médio (Tabela 1). Outra explicação pode ser atribuída à fixação biológica de N, pois em áreas como a do experimento, não

existe tráfego intenso de caminhões, tratores pesados, colhedoras mecânicas, que compactam o solo, e isto contribui para uma maior fixação assimbiótica de N.

4.2 Número de colmos por metro linear

O resumo da análise de variância para o número de colmos da cana-de-açúcar por ocasião da colheita, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio, é apresentado na Tabela 4.

TABELA 4 - Resumo da análise de variância para número de colmos por metro linear, avaliados por ocasião da colheita do experimento, em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.
		Número de colmos por metro linear
Fontes	1	0,0929
Doses	4	0,7208
Fontes x doses	4	0,8433
Erro	18	0,7206
Média	-	10,4556
C.V. (%)	-	8,12

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

É possível notar pela Tabela 4, que não ocorreram efeitos significativos de fontes, doses e da interação fonte x doses no número de colmos por metro cujos valores são apresentados na Tabela 5.

Anjos (1995) trabalhando com doses de 0, 40, 80 e 120 Kg.ha⁻¹ de nitrogênio em cana soca das cultivares SP70-1143 e SP71-1406 não obteve

respostas significativas para doses no número de colmos na colheita, concordando com os resultados obtidos pelo presente trabalho.

TABELA 5 – Valores médios de número de colmos por metro linear obtido por ocasião da colheita em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Nitrogênio (Kg.ha ⁻¹)	Número de colmos na colheita	
	Ureia	Nitrato de amônio
0	10,49	11,13
40	10,36	10,66
80	10,27	10,60
120	10,41	9,37
160	11,03	10,24
Média	10,51	10,40

4.3 Rendimento de colmos e rendimento de açúcar por hectare

O resumo da análise de variância realizada para rendimento de colmos e de açúcar da cana-de-açúcar na colheita, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio aplicadas, é apresentado na Tabela 6.

TABELA 6 - Resumo da análise de variância para o rendimento de colmos e de açúcar em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	
		Rendimento de colmos	Rendimento de açúcar
Fontes	1	2,4883	0,1320
Doses	4	64,9821	2,1381
Fontes x doses	4	33,7476	1,1787
Erro	18	62,1990	2,2257
Média	-	66,4413	11,6863
C.V. (%)	-	11,87	12,77

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Observam-se pela Tabela 6, que não ocorreram efeitos significativos de fontes, doses e da interação fonte x doses. Os valores médios obtidos para o rendimento de colmos e rendimento de açúcar, em função das fontes e doses aplicadas, são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 - Valores médios de rendimento de colmos e rendimentos de açúcar ($t.ha^{-1}$) em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Nitrogênio ($Kg.ha^{-1}$)	Rendimento de colmos ($t.ha^{-1}$)		Rendimento de açúcar ($t.ha^{-1}$)	
	Ureia	Nitrato de amônio	Ureia	Nitrato de amônio
0	64,98	73,65	11,36	13,01
40	68,56	67,38	12,11	11,94
80	65,73	64,46	11,52	11,44
120	61,13	61,44	10,75	10,70
160	70,35	66,70	12,35	11,66
Médias	66,15	66,72	11,62	11,75

Espironelo et al. (1987) verificaram efeitos positivos sobre o rendimento de açúcar por hectare quando da aplicação de 0, 50, 100, 150 e 200 Kg. ha⁻¹. Yadav et al. (1990) estudando nitrogênio em cana soca, cultivar Co1448, obtiveram incremento de cana utilizando-se de doses de nitrogênio de até 150 Kg. ha⁻¹. Vitti et al. (2007) estudaram doses crescentes de nitrogênio (0 a 175 Kg .ha⁻¹), obtendo respostas significativas para rendimento de colmos e de açúcar, discordando dos resultados obtidos no presente trabalho.

Entretanto, Moreno (1974) verificou o comportamento da cana soca em função da aplicação de doses crescentes de nitrogênio, justificando que as quantidades de nitrogênio existente naquele solo foram suficientes para atender a demanda da planta. Orlando Filho & Zambello Júnior (1980), citados por Anjos (1995) mencionam que não há efeitos de doses crescentes de nitrogênio no rendimento de açúcar.

Os valores obtidos para rendimento de colmos no presente trabalho são compatíveis com a média da região para cana soca, em torno de 60 t.ha⁻¹ (Andrade, 2006).

4.4 Comprimento de colmo (m) e diâmetro de colmo (cm)

Os resumos das análises de variância para comprimento e diâmetro de colmos da cana-de-açúcar, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio aplicadas, são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Resumo da análise de variância para o comprimento e diâmetro de colmos em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	
		Comprimento de colmos	Diâmetro de colmos
Fontes	1	0,00003	0,00016
Doses	4	0,05496*	0,01608
Fontes x doses	4	0,01852	0,00546
Erro	18	0,01301	0,01252
Média	-	1,20	2,13
C.V. (%)	-	9,53	5,23

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Nota-se na Tabela 8, que ocorreram efeitos significativos apenas para doses de nitrogênio para o parâmetro comprimento de colmos (Figura 3), enquanto que para diâmetro de colmos não houve efeitos significativos para fontes, doses e interação fontes x doses.

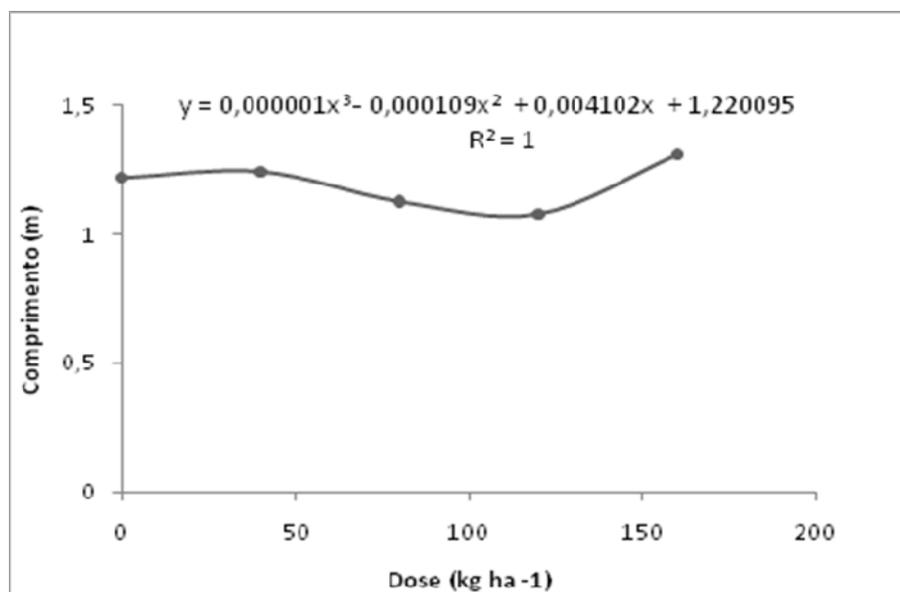


FIGURA 3 – Comprimento de colmos em função das doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, MG, 2008.

Os valores médios obtidos para comprimento de colmos, em função das doses de nitrogênio aplicadas, são mostrados na Tabela 9.

TABELA 9 - Valores médios de comprimento de colmos em função das doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Nitrogênio (Kg.ha⁻¹)	Comprimento de colmos (m)
0	1,23
40	1,22
80	1,17
120	1,06
160	1,32
Médias	1,20

Bocardo (1998) estudando doses de nitrogênio de 0, 40, 80, 120, 160 e 200 Kg.ha⁻¹, cultivares RB72-454 e SP79-2233, obteve resposta positiva para o fator doses na característica comprimento de colmos (m) e ausência de resposta para diâmetro de colmos, conforme foi observado neste trabalho. Segundo este autor, a ausência de resposta significativa dos tratamentos para diâmetro de colmos pode ser explicado por ser uma característica intrínseca de cada cultivar.

Os valores médios obtidos para diâmetro de colmos, em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, são mostrados na Tabela 10.

TABELA 10 - Valores médios de diâmetro de colmos em função das fontes e doses de nitrogênio aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Nitrogênio (Kg.ha⁻¹)	Diâmetro de colmos (cm)	
	Ureia	Nitrato de amônio
0	2,08	2,17
40	2,18	2,19
80	2,18	2,10
120	2,06	2,06
160	2,18	2,19
Médias	2,13	2,14

4.5 Características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar

Os resumos das análises de variância para as características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio aplicadas, são apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 - Resumo das análises de variância para características químico-tecnológicas de cana-de-açúcar, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio, UFLA, MG, 2008.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.			
		Brix % cana	Pol % cana	PZA % cana	ATR (Kg/t)
Fontes	1	0,0691	0,0030	0,0864	0,2083
Doses	4	0,0221	0,0539	0,8738	1,0111
Fontes x Doses	4	0,0182	0,0548	1,2205	3,7874
Erro	18	0,0530	0,0941	1,0338	7,2411
Média	-	23,20	17,57	87,04	166,60
C.V. (%)	-	0,99	1,75	1,17	1,62

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Os valores médios obtidos para características tecnológicas da cana-de-açúcar em função dos tratamentos aplicados são apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 - Valores médios para as características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio, UFLA, Lavras, MG, 2008.

Nitrogênio (Kg.ha ⁻¹)	Brix % cana		Pol % cana		PZA % cana		ATR (Kg/t)	
	Ureia	Nitrato de amônio	Ureia	Nitrato de amônio	Ureia	Nitrato de amônio	Ureia	Nitrato de amônio
0	23,18	23,31	17,48	17,64	86,60	86,91	165,82	167,22
40	23,12	23,36	17,67	17,72	87,83	87,45	167,31	167,77
80	23,19	23,20	17,53	17,75	86,51	87,73	166,39	168,11
120	23,12	23,08	17,58	17,34	87,27	86,72	166,61	164,42
160	23,15	23,29	17,57	17,47	87,25	86,11	166,46	165,90
Médias	23,15	23,25	17,56	17,58	87,09	86,98	166,52	166,68

Verifica-se que não houve efeito significativo para as características em estudo, concordando com os resultados obtidos por Prado & Pancelli (2006) que estudando doses crescentes de N (0, 50, 100, 150 e 200 Kg.ha⁻¹) em cana soca, SP79-1011, observaram que não houve efeitos significativos na qualidade tecnológica dos colmos. Entretanto, discorda dos resultados obtidos por Yadav et al. (1990) os quais verificaram redução na qualidade do caldo e por Zambello Júnior et al. (1977) que encontraram respostas para POL % cana em função da aplicação de doses crescentes de nitrogênio. Alvarez et al. (1960) detectaram aumento linear no teor de ATR (Kg.t⁻¹) quando da aplicação de 0, 80 e 160 Kg de N.ha⁻¹ em cana-planta.

5 CONCLUSÕES

Não houve efeitos da aplicação da ureia ou nitrato de amônio, nas doses estudadas, nos teores foliares de nitrogênio, rendimento da soqueira e características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.; AMARAL, A.Z.; ARRUDA, H.V. Ensaio de adubação NPK em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.63, p.1061-1069, dez. 1960.

ANDRADE, L.A.B. Utilização de variedades selecionadas de cana-de-açúcar na produção de cachaça de alambique, **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. v. 23, n. 217, p.33-36.

ANDRADE, L.A.B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M.G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2.ed. rev. e amp. Lavras: UFLA, 2006. p.24-27.

ANJOS, I.A. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (cana-soca), sob diferentes doses de nitrogênio**. 1995. 59p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ARAÚJO, A.M.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Mineralização do C e do N em amostras retiradas ao longo de 10 anos de cultivo com cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina: SBCS, 1994. p. 22-23.

ARIZONO, H.; MATSUOKA, S.; GHELLER, Y.; HOFFMANN, H.P.; BASSICHELLO, A.I.; MENESEZ, L.L. Alternativas para avaliação de produção de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.16, n.5, p.20, maio/jun. 1998.

AZEREDO, D. F.; GLÓRIA, N.A.; MANHÃES M.S. Efeitos da calagem na cana-planta e nas características químicas de dois solos do Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 2., 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Piracicaba: Stab, 1981. p.71-88.

AZEREDO, D.F.; BOSANELLO, J.; WEBER, H.; VIEIRA, J.R. Nitrogênio em cana-planta. **STAB-Açúcar, álcool e Subprodutos**, v.4, n.5, p.26-33, 1986.

AZEREDO, D.F. **Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar em dois solos do estado do Rio de Janeiro: cana-planta**. 1997. 167p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campos.

BITTENCOURT, V.C.; FAGANELLO, B.F.; SALATA, J.C. Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar (planta). **STAB, Açúcar, álcool e subprodutos**. Piracicaba, v. 5, n.1, p.25-29, set./out. 1986.

BLACK, E.C.; BROWN, R.C.; MOORE, R.C. Plant photosynthesis. In: DÖBEREINER, J.; BURRIS, R.H.; HOLLAENDER, A. (Ed.). Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. New York: Plenum, 1978. p. 95-110.

BOCARD, M. R. **Efeitos de fontes e doses de nitrogênio, aplicadas nas formas fluida e sólida, em soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1998. 37 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. **Plant and Soil**, The Hague, v.137, n.1, p.111-117, 1991.

BOLTON, J.K.; BROWN, R.H. Photosynthesis of grass species differing in carbon dioxide fixation pathways. V. Response of *Panicum maximum*, *Panicum milioides* and tallfescue (*Festuca arundinaceae*) to nitrogen nutrition. **Plant Physiology**, Bethesda, v.66, n.1, p.97-100, July 1980.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas**: 1961-1990. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84p.

CAMARGO, P.B. **Dinâmica do nitrogênio dos fertilizantes ureia (15N) incorporados ao solo na cultura de cana-de-açúcar**. 1989. 104p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba.

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

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., Ilhéus, 1984. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p. 74-79.

- CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, Londrina, 1999. **Anais...** Londrina: Álcool Subprodutos, 1999. p.82-87.
- CARNAÚBA, B.A.A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.8, n. 3/4, p.24-41, 1990.
- CAVALCANTE, V.A.; DÖBEREINER, J. A new acid-tolerant nitrogen bacterium associated with sugarcane. **Plant Soil**, Bethesda, v.108, p.23-31, 1988.
- CHAPMAN, L.S.; HAYSOM, M.B.C.; SAFFIGNA, P.G.N. Eying in cane fields from ¹⁵N labeled trash and residual fertilizer. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 14., Brisbane, 1992. **Proceedings...** Brisbane: Watson Ferguson, 1992. p.84-89.
- CHUÍ, F.; SAMUELS, G. Evaluacion de La eficiencia Del N aplicado como fertilizante em cultivos irrigados de plantillas y retornos de cana de azúcar. Mexico: GEPLAGEA, 1981. v. 1. (Boletín, 20).
- CLEMENTS, H.F.; MARTIN, S.P. MORIGUCHI, S. Composition of sugar cana plants grown in deficiency nutrient solution. **Hawaiian Planters`Record**, Honolulu, n. 45, p.227-239, 1941.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Segundo Levantamento de cana-de-açúcar**. 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 01 out. 2008.
- COSTA, M.C.G. **Eficiência agrônômica de fontes nitrogenadas na cultura da CNA-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo**. 2001. 79p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- DAS, U.K. Nitrogen nutrition of sugar cane. **Plant Physiology**, Bethesda, v.11, p.251-317, 1936.
- DÖBEREINER, J.; DAY, J.M.; DART, P.J. Nitrogenase activity in the rhizosphere of sugarcane and some other tropical grasses. **Plant and Soil**, The Hague, v.37, n.4, p.191-196, 1972.

DONG, Z.; CANNY, M. J.; MCCULLY, M. E.; ROBORETO, M. R.; CABADILLA, C. F.; ORTEGA, E.; RODÉS, R. A nitrogen-fixing endophyte of sugarcane stems: a new role for the apoplast. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.105, p.1139-1147, 1994.

ESPIRONELO, A.; OLIVEIRA, H.; LESPSCH, I.F.; NAGAI, V.; PEREIRA, J.C. Efeitos da adubação NPK, em três profundidades, em soca de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2., 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: STAB, 1981. p. 89-109.

ESPIRONELO, A.; CANTADELLA, H.; IGUE, T.; NELLI, E.J.; COLETI, J.T.; BOVI, V.; RAMOS, M.T.B. Aplicação de aquamônia, ureia, nitrato de amônia 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. **Resumos...** Piracicaba: STAB, 1987. p. 12.

FERREIRA, D.F. **SISVAR-Sistema de análises de variância para dados balanceados**: programa de análises estatísticas e planejamento de experimento, versão 4.3. Lavras: UFLA, 2000.

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo, pela análise foliar. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.30, p.365-382, 1968.

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; ALVAREZ, R. Teores de nitrogênio nas folhas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), cultivar CB41/76. **Bragantia**, Campinas, v.33, p.25-31, 1974.

GAVA, G.J.C. **Utilização do nitrogênio da ureia (15N) por soqueira de cana-de-açúcar no manejo sem despalha a fogo**. 1999. 81p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura), Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GOMES JÚNIOR, R.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ANDRADE, A.G. Efeito da incorporação ao solo do material vegetal produzido durante o pousio e adubação nitrogenada na produtividade da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5., Águas de São Pedro, 1993. **Anais...** Águas de São Pedro: [s.n.], 1993. p.76-81.

HILTON, H.W.; MCKENZIE, R.J. The response of varieties to amounts of applied nitrogen as measured by yield tests – 1960 to 1978. In: HAWAIIAN SUGAR PLANTERS ASSOCIATION. EXPERIMENTAL STATION. **Annual Report**: 1979. Honolulu, 1980. p.22-24.

KIEHL, J.C. Nitrogênio: Dinâmica e disponibilidade no solo. In: **Curso de atualização em fertilidade do solo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.139-157.

KINJO, T.; KIEHL, E.J.; PRATT, P.F. Movimento do nitrato em colunas de terra de um latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.2, p.106-109, 1978.

KORNDÖRFER, G.H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB- Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.10, n.3, p.26-31, 1992.

LIMA, E.; BODDEY, R.M.; DÖBEREINER, J. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugarcane using a ¹⁵N aided nitrogen balance. **Soil Biology Biochemistry**, New York, v.19, n.2, p.165-170, 1987.

LIMA JÚNIOR, M.A. **Nitrogen nutrition of sugar cane in N.E. Brasil**. 1982. 172p. Thesis (Doctor) – University of Saskatchewan, Saskatoon

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254 p. (Edições Ceres; 23)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1989. 201p.

MARINHO, M.L.; BARBOSA, G.V.S. Adubação nitrogenada da cana-planta na região nordeste do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6. 1996, Maceió, **Anais...** Maceió: STAB, 1996. p.455-460.

MORENO, F. **Avaliação de riscos na fertilização da cana-soca**. 1974. 75p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I.U.N.; BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L.; SWIFT, M.J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: Wiley-Sayce, 1994. p.81-112.

NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J.; CAVALOT, P.C.; RIVIERE, V. Value of cane trash in nitrogen nutrition of sugarcane. **Plant and Soil**, Bethesda, v.102, p.79-83, 1987.

OLIVARES, F.L.; REIS, V.M.; FAÇANHA, A.R. The role of endophytic diazotrops in sugarcane root morphogenesis and development. In: In: FINAM, T.M.; O' BRIAN, M.R.; LAYZELL, D.B.; VESSEY, J.K. AND NEWTON, W. (Ed). **Nitrogen Fixation: global perspectives**. Oxon: CAB International, 2002. p.476-477.

OLIVEIRA, M. W. de. **Dinâmica do nitrogênio da ureia (15N) no sistema solo-cana-de-açúcar com ou sem queimada da palhada**. 1999. 93p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Influência varietal na adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.1, n.1 p.25-50, 1979.

ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V. C.; ALVES, M. C. Aplicação de vinhaça em solo arenoso do Brasil e poluição do lençol freático com nitrogênio. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.13, n.6, p.14-16, 1995.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A.A.; BELTRAME, J.A.; LAVORENTI, N. A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.4, p.39-41, 1999.

PADOVESE, P.P. **Movimento e perdas de nitrogênio e potássio num solo com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 1988. 118p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

PENATTI, C.P.; FORTI, J.A. Adubação nitrogenada em soqueira de cana-de-açúcar – Resultados preliminares. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 6.1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1994. p.99-104.

- PRADO, R.M. ; PANCELLI, M.A. Nutrição nitrogenada em soqueiras e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.25, n.2, p.6-8, 2006.
- PRAMMANEE, P.; SAFFIGNA, P. G.; WOOD, A. W. Loss of nitrogen from urea and ammonium sulfate applied to sugar cane crop residues. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 11. 1989, MacKay. **Proceedings...** Mackay: Watson Ferguson, 1989. p.76-84.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RIVERA, R.; TRETO, E. Influencia de La fertilización-N y El tipo de planta cultivada sobre la dinámica de las formas minerales del N en suelo ferralítico rojo compactado. **Cultivos Tropicales**, v.11, n.71-80, 1989.
- RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista-UNESP, 1995. 99p. Apostila.
- ROSSIELLO, R.O.P. **Bases fisiológicas da acumulação de nitrogênio e potássio em cana-de-açúcar (Saccharum spp, cv. NA 56-79) em resposta à adubação nitrogenada em cambissolo**. 1987. 172p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- RUSCHEL, A.P.; VOSE, P.B. Nitrogen cycling in sugarcane. **Plant and Soil**, The Hague, v.67, p.139-146, 1982.
- SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CARNEIRO, C. J. G. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. IV. Perdas de N por lixiviação em cana- planta fertilizada com ureia-15N. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.7, p.725-732, jul. 1988.
- SAMPAIO, E.V.S.B. SALCEDO, I.H.; ALVES, G.D. Mineralização do carbono e do nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.9, p.33-38, fev.1985.
- SAMPAIO, E.V.B.S.; SALCEDO, I.H.; SILVA, V.M.; ALVES, G.D. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos

de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v.19, n.3, p.269-279, 1995.

SILVEIRA, J.A.G. **Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em condições de campo**. 1985. 152p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOBRAL, A.F. de; LIRA, L.J.A. Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar no nordeste do Brasil. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.1, n.5, p.29-34, maio/ jun. 1983.

SOBRAL, A.F. de; LIRA, L.J.A. Efeitos da adubação com nitrogênio em cana-soca no nordeste brasileiro. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.2, n.2, p.36-39, jan./fev. 1984.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUÊS, 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, p.89-99, fev. 1996.

TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; OLIVEIRA, M.W. Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça na fertilização de canaviais colhidos sem despalha a fogo. Parte I: Estabilidade química da mistura. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v.16, n.3, p.26-29, jan. 1997.

TSAI, S.M.; RODRIGUES, J.M.; MELLOTTTO, M.; TRIVELIN, P.C.O. Aspecto biológico do aproveitamento do nitrogênio pela cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIAS DE MANEJO DE SOLOS E ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1., 1994, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: IDEA, 1994. p.86-104.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA . **Dados e Cotações**. Disponível em:<<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 17 dez. 2008.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugarcane: nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.56, n.1, p.105-114, Jan./Feb. 1992.

VALLIS, I.; KEATING, B.A. Uptake and loss of fertilizer and soil nitrogen in sugarcane crops. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF

SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., Journsville, 1994. **Proceedings**. Journsville: Watson Ferguson, 1994. p. 105-113.

VITTI, A.C. **Utilização pela cana-de-açúcar (cana planta) do nitrogênio da ureia (15N) e do mineralizado no solo em sistemas de manejo com ou sem a queima**. 1998. 93p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

VITTI, A. C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade**. 2003.114p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Piracicaba.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, J.C.; PENATTI, C.P.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E.; FRANCO, H.C.J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.249-256, fev.2007.

XAVIER, R. P. **Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na produção sustentável da cultura de cana-de-Açúcar**. 2006. 71p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

YADAV, L.R.; KUMAR, R.; VERMA, R.S. Effects of nitrogen applied through different carriers on yield and quality of sugarcane. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.114, p.225-230, 1990.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J.; COLETTI, J.T.; ROSETTO, A.J. Adubação de soqueiras em três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivadas em LE no Estado de São Paulo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.89, n.3, p. 11-17, 1977.

ZAMBELLO JR. E.; ORLANDO FILHO, J. A adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.3, n.3, p.1-26, mar. 1981.

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Características químicas e granulométricas do solo da área experimental, profundidade de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.....	18
TABELA 2A	Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio na folha da cana-de-açúcar.....	22
TABELA 3A	Valores médios obtidos para o teor de nitrogênio na folha da cana-de-açúcar.....	23
TABELA 4A	Resumo da análise de variância para número de colmos por metro linear, avaliados.....	24
TABELA 5A	Valores médios de número de colmos por metro linear obtido por ocasião da colheita.....	25
TABELA 6A	Resumo da análise de variância para o rendimento de colmos e de açúcar.....	26
TABELA 7A	Valores médios de rendimento de colmos e rendimentos de açúcar (t. ha ⁻¹).....	26
TABELA 8A	Resumo da análise de variância para o comprimento e diâmetro de colmos.....	28
TABELA 9A	Valores médios de comprimento de colmos.....	30
TABELA 10A	Valores médios de diâmetro de colmos.....	30
TABELA 11A	Resumo das análises de variância para características químico- tecnológicas de cana-de-açúcar.....	31
TABELA 12A	Valores médios para as características químico- tecnológicas da cana-de-açúcar.....	32

ANEXO B		Página
FIGURA 1B	Variação mensal da temperatura média do ar (°C) dos anos de 2006 e 2007.....	17
FIGURA 2B	Variação mensal da pluviosidade (mm) dos anos de 2006 e 2007.....	17
FIGURA 3B	Comprimento de colmos em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	29