

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



MANOEL DOS SANTOS OLIVEIRA FILHO

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A
DOSES DE NITROGÊNIO**

Rio Largo

2014

MANOEL DOS SANTOS OLIVEIRA FILHO

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A
DOSES DE NITROGÊNIO**

“Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.”

Orientador: Prof. Gilson Moura Filho

Rio Largo

2014

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha

O48c Oliveira Filho, Manoel dos Santos.
Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar submetida a doses de nitrogênio /
Manoel dos Santos Oliveira Filho. – 2014.
76 f. : il.

Orientadora: Gilson Moura Filho.
Co-orientador: Abel Washington de Albuquerque.
Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal) – Universidade Federal
de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2014.

Bibliografia: f. 71-73.
Glossário: f. 74.
Anexos: f. 75-76.

1. Adubação nitrogenada. 2. Ureia. 3. Cana-de-açúcar. 4. Cana-planta. I. Título.

CDU: 631.847:633.61

A meu pai Manoel dos Santos Oliveira (In memoriam). Homem de caráter incorruptível me ensinou sempre a trilhar no caminho do bem. De onde estiveres, tenho certeza que estás orgulhoso do que me tornei e aonde cheguei. A Saudade é imensa...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e pelas valiosas oportunidades concedidas, por me iluminar e me abençoar sempre. Obrigado Senhor por nunca me abandonar e tornar minha fé inabalável.

A minha mãe Maria de Fátima Gomes Melo Oliveira, minhas irmãs, Juliana Melo Oliveira e Elizângela Silva dos Santos, pessoas imprescindíveis para que esta etapa fosse concluída. Agradeço pelo apoio, paciência nos momentos de dificuldade e por sempre me motivarem. Agradeço minha tia Maria Dilza Melo Nascimento e a todos que compõem o seu lar em especial, minhas madrinhas Maria Helena Melo Nascimento e Flávia Eudócia Melo Nascimento por todo incentivo e torcida. Ao meu irmão Jorge Luís Moreira Oliveira e minhas amadas sobrinhas Ianá Enoi e Sara Manuela (como é bom ter vocês junto a mim nessa conquista). Ao compadre Zanelli Antônio Melo Nascimento e a meu tio Flaviano Gomes Melo por toda sabedoria transmitida e por me orientar nos momentos de dúvidas e aflições. Ao meu tio Paulo pelo incentivo no início e por ser o portador da notícia da aprovação no processo seletivo.

A meu amigo e orientador, professor Dr. Gilson Moura Filho, pela grande contribuição para a vida profissional, e em quem encontrei não somente confiança e estímulo mas amizade e compreensão. Sou grato por todo o conhecimento adquirido nestes seis anos de convivência, obrigado pela compreensão em muitos momentos, pelos conselhos em muitas situações e por acreditar em mim sempre.

Agradeço a meu co-orientador e hoje meu amigo, professor Dr. Abel Washington de Albuquerque, pessoa pela qual tenho grande admiração profissional e pessoal, sua contribuição para a conclusão deste trabalho foi fundamental. Obrigado pela preocupação de sempre, a cobrança para com nossas obrigações, e por todo o auxílio concedido durante todas as etapas do programa.

Ao Centro de Ciências Agrárias-UFAL, em especial ao Programa de Pós – Graduação Produção Vegetal pela aceitação, infra-estrutura e formação profissional concedida, bem como aos professores e funcionários que integram o mesmo. Aos amigos de turma Adriano, Vinicius, Paulo, Henrique, Joelmir, Jonhclecio, Felipe, Anderson, Laís, Erika, Gleice e os demais por dividir os momentos de alegria e tensões. Tenho certeza que formamos bons laços e que essa amizade perdure por muitos anos.

A todos que compõe o grupo de pesquisa de solos e nutrição de plantas CECA/UFAL. Leila, Renan, Vincent, Deni, Kelvin, Caio, Leopoldo por toda a ajuda e companheirismo nas atividades. Agradecimento em especial ao meu grande amigo Adriano Barboza Moura por toda colaboração, apoio e companheirismo em todas as etapas do experimento e durante o decorrer do programa.

Não poderia deixar de Agradecer aos meus amigos, irmãos de longas datas William, Rafael, Gilvan, Mário, Adriano e Vitor por estarem sempre presentes em todas as etapas da minha vida, por me apoiarem em minhas escolhas e torcerem pela realização dos meus objetivos.

Aos meu amigos, melhor dizendo, a minha segunda família, Jaime, Fábio, Volney, Diego, Rafael, Carlos, Gilney, Vandechock, Arthur, Sidney e Washington, pessoas que dividem comigo o mesmo palco a muitos anos, pessoas que sempre torceram e me apoiaram desde a seleção até conclusão desta etapa. A vocês (Família Aloha) o meu muito obrigado.

Ao grupo Toledo, em especial ao Dr. Hypolito e Arnaldo que fazem parte da Usina Sumáuma, pelo fornecimento do espaço físico para a implantação do trabalho e suporte para condução do mesmo.

A Todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para conclusão deste trabalho, fica aqui o meu agradecimento.

A todos, MUITO OBRIGADO!!

A verdadeira medida de um homem não é como ele se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas como ele se mantém em tempos de controvérsia e desafio.

Martin Luther King

RESUMO GERAL

Devido à importância econômica da agroindústria sucroalcooleira tem havido interesse pela investigação de variáveis que permitam alcançar a “máxima eficiência da adubação”, mormente a utilização de fertilizantes nitrogenados pela cultura, para obtenção de alta produtividade e redução nas perdas de N. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a produtividade da cana-de-açúcar em função de doses crescentes de N. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01, na Usina Sumaúma, localizada no município de Marechal Deodoro no Estado de Alagoas. A variedade utilizada foi a RB92579 plantada no dia 30 de janeiro de 2012 em espaçamento combinado (1,50 x 0,90 m). O estudo foi constituído por cinco tratamentos com quatro repetições, e o delineamento adotado foi em blocos casualizados onde se aplicou cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) na forma de ureia. Aos 60, 90 e 120 DAP realizou-se a contagem do número de perfilhos e aos 240 DAP medição de altura, diâmetro do colmo e leitura do teor de clorofila na folha +3 com o medidor SPAD-502 e coleta da mesma para análise foliar. Foi estimada a produção em toneladas por hectare (TCH e TPH) e foi feita a caracterização da qualidade tecnológica da cana, onde se obteve os dados de Brix, PC, Fibra, Pureza e ATR. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F através do programa estatístico SAEG 5.0. Para os parâmetros que apresentaram diferença estatística foi aplicada a regressão e os resultados foram apresentados em forma de gráfico. A adubação nitrogenada não influenciou no número de perfilhos por metro linear, altura e diâmetro do colmo no ciclo da cana-planta; promoveu um incremento de N foliar tendo como consequência um aumento no teor de clorofila na folha +3; A utilização do SPAD é uma técnica eficiente na determinação indireta do N, uma vez que, as leituras apresentam uma forte correlação positiva com o teor do nutriente na folha da cana-de-açúcar e pode servir de referência para recomendação de adubação nitrogenada. A adubação nitrogenada de plantio potencializou o TATRH, o TCH e TPH no ciclo da cana-planta elevando a produtividade do canavial; A maior dose de N aplicada não foi suficiente para se atingir picos máximos de TCH e TPH indicando possibilidade de resposta a doses superiores; A prática da adubação nitrogenada deve ser adotada no manejo da cana-planta, pois proporciona um maior retorno econômico da cultura aumentando a rentabilidade do canavial.

Palavras-chaves: Adubação nitrogenada, ureia, cana-planta

ABSTRACT

Due to the economic importance the sugarcane agroindustry there has been an interest in the investigation of variables that allow achieving the “maximum efficiency the fertilization”, especially nitrogen fertilizer utilization for the culture to gaining high productivity and reduction in N. This study aimed to assess the growth and productivity cane sugar subjected to increasing doses of nitrogen. The work was developed in the farm Flor da Ribeira, Lot 01, in sugarcane plant Sumaúma, localized in the municipality of Marechal Deodoro in the state of Alagoas. The variety used was the planted RB92579 on 30 January 2012 in combined spacing (1.50 x 0.90). The study was divided into five treatments with four replications, and the study design was randomized blocks where been applied five N rates (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) in the shape of urea. At 60, 90 and 120 DAP was held counting the number of tillers and 240 DAP measurement of height, culm diameter, reading using the SPAD-502 leaf collection and +3 for leaf analysis. Was estimated production in tons per hectare (TCH and TPH) and was cleaned the characterization of technological quality of sugar cane where was obtained the data from Brix, PC, fiber, purity and ATR. Data were subjected to analysis of variance and F test through of the statistical program SAEG 5.0. For parameters that showed statistical difference was applied regression and the results were presented in graphical form. Nitrogen fertilization did not influence the number of tillers per meter, height and culm diameter at the plant cane cycle; promoted increases foliar N resulting in an increase in chlorophyll content in the leaf +3; Use of the SPAD is an efficient technique for indirect determination of N once the readings show a strong correlation positive with the content in the leaves of cane sugar and can serve as a reference for recommending N fertilization. Nitrogen fertilization at planting potentiated the TATR, TCH and TPH in the plant cane cycle elevating the productivity of sugarcane field, the higher dose of N applied was not sufficient to achieve maximum peaks of TCH and TPH showing possibility of response to higher doses ; the practice of nitrogen fertilization should be adopted in the management of plant cane, it provides a greater economic return of the crop increasing the profitability of sugarcane plantation.

Keywords: Nitrogen fertilization, urea, sugarcane plant

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Balanço Hídrico e temperatura média decendial do período de implantação a colheita do experimento, fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro, AL.....	37
Figura 2. Avaliação dos aspectos biométricos (número de perfilhos, diâmetro do colmo e altura de plantas.....	40
Figura 3. Leitura com o SPAD-502 na folha +3.....	41
Figura 4. Identificação, Coleta e preparo da folha +3 para análise foliar.....	41
Figura 5. Resumo do processo de análise foliar para determinação de N total na folha.....	42
Figura 6. Índice SPAD em função de doses crescentes de N.....	47
Figura 7. N foliar em função do índice SPAD-502.....	46
Figura 8. Correlação entre teor de N foliar e índice SPAD-502.....	48
Figura 9. TATR _H em função das doses de N.....	64
Figura 10. TCH em função de doses crescentes de N.....	66
Figura 11. TPH em função de doses crescentes de N.....	66
Figura 12. MCA em função de doses crescentes de N.....	67
Figura 13. Croqui descritivo do experimento.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química de solo fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma.	38
Tabela 2. Análise física de solo fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma.....	38
Tabela 3. Número de plantas por metro linear, em três diferentes épocas, em função de doses crescentes de N.....	43
Tabela 4. Altura e diâmetro do colmo da cana-de-açúcar aos 240 DAP em função de doses crescentes de N.....	44
Tabela 5. N foliar e Índice SPAD em função de doses crescentes de N.....	45
Tabela 6. Brix, Pol, Fibra da cana-de-açúcar em função de doses crescentes de N..	61
Tabela 7. PC, ATR, TATRHH da cana-de-açúcar em função de doses crescentes de N.	63
Tabela 8. TCH e TPH da cana-de-açúcar em função de doses crescentes de N.....	65
Tabela 9. Margem de contribuição agrícola (MCA) em função de doses de N.....	68
Tabela 10. Resumo das principais características tecnológicas da cana-de açúcar.....	75

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Tonelada de Pol por hectare (TPH).....	58
Equação2. °Brix em percentagem	58
Equação3. Fibra em percentagem.....	59
Equação 4. Açúcares totais recuperáveis (ATR).....	59
Equação5. Pol da cana(PC).....	59
Equação 6. Tonelada de ATR por hectare (TATRH).....	60
Equação 7. Margem de contribuição agrícola (MCA).....	60

LISTADEABREVIATURAS E SIGLAS

ATR	Açúcares Totais Recuperáveis
PC	Pol da Cana
POL	Pol do Caldo
TATRH	Tonelada de Açúcares Totais Recuperáveis por Hectare
TCH	Tonelada de Cana por Hectare
TPH	Tonelada de Pol por Hectare

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	17
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1Cana-de-açúcar.....	18
2.1.1Origem e classificação botânica.....	18
2.1.2Aspectos morfológicos.....	18
2.1.3Aspectos Edafoclimáticos para o cultivo.....	19
2.1.3.1Clima.....	19
2.1.3.2Solo.....	20
2.1.4Importância econômica da cultura.....	21
2.2Adubação mineral na cana-de-açúcar.....	22
2.3 Nitrogênio.....	23
2.3.1Nitrogênio no sistema solo-planta.....	23
2.3.2Importância do nitrogênio na nutrição da cana-de-açúcar.....	24
2.3.3Resposta da cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio.....	25
2.4 Estado nutricional da cana-de-açúcar.....	26
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO.....	3
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	37

Caracterização do Ambiente.....	37
Delineamento experimental.....	38
Caracterização da variedade.....	39
Descrição das avaliações.....	39
Número de perfilhos por metro linear.....	39
Altura de plantas.....	39
Diâmetro do colmo.....	39
Índice SPAD.....	40
Análise foliar.....	41
Análise estatística.....	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
Número de perfilhos.....	43
Altura e diâmetro do colmo.....	44
Teor de N na folha +3 e índice SPAD.....	45
CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
RENDIMENTO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO.....	52
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
Caracterização do Ambiente.....	55
Delineamento experimental.....	56

Caracterização da variedade.....	57
Análise dos parâmetros agroindustriais.....	57
Parâmetros analisados.....	58
Rendimento agrícola (TCH)	58
Rendimento industrial (TPH)	58
Características tecnológicas.....	58
Margem de contribuição agrícola (MCA).....	60
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
Brix, POL e Fibra.....	61
PC, ATR, TATR.....	62
TCH e TPH.....	64
Margem de contribuição agrícola (MCA).....	68
CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
GLOSSÁRIO.....	74
ANEXOS.....	75

1. INTRODUÇÃO GERAL

Historicamente a cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo cultivada desde o período colonial. É matéria prima de produtos como o açúcar nas suas mais variadas formas e tipos: o etanol (anidro e hidratado), o vinhoto e o bagaço, torta de filtro, etc. Devido à grandeza dos números do setor sucroalcooleiro no Brasil, não se pode tratar a cana-de-açúcar, apenas como mais um produto, mas sim como o principal tipo de biomassa energética, base para todo o agronegócio sucroalcooleiro.

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2012/2013 está estimada em 8.567,2 mil hectares, distribuídos em todos Estados produtores conforme suas características. A produtividade média brasileira está estimada em 70 kg ha⁻¹, ou seja, 2,9% maior que na safra 2011/2012, que foi de 68 kg ha⁻¹ (CONAB,2012, p. 6).

O manejo da fertilidade do solo é uma prática imprescindível para a obtenção de resultados satisfatórios na agricultura. O nitrogênio é determinante na produção das culturas, além de ser um dos fertilizantes que mais participa do sistema agrícola (MAE, 1997, p. 201). Dos elementos essenciais, o N é um dos requeridos em maior quantidade pela cana-de-açúcar. Estima-se que para uma produtividade de 100 t ha⁻¹ de colmos a cana-de-açúcar retira do solo cerca de 200 a 300 kg ha⁻¹ de N (TRIVELIN, 1995, p. 1375).

O manejo inadequado de um canavial, especialmente da adubação nitrogenada, pode resultar tanto em redução da produtividade da cultura quanto na diminuição no número de cortes subsequentes. Quando se pensa em adubação, a maior preocupação ocorre em relação às dosagens e aos custos dos fertilizantes. Deste modo, a pesquisa foi fundamentada na hipótese de que pelo menos uma das doses de nitrogênio aplicadas possa influenciar no crescimento e desenvolvimento da cultura bem como elevar a produção da cana-de-açúcar.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade da cana-de-açúcar quando submetida a diferentes doses de nitrogênio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar

2.1.1 Origem e Classificação Botânica

A cana-de-açúcar, conforme a classificação botânica, pertence à divisão *Embryophita*, subdivisão *Angiospermae*, classe *Monocotyledonae*, ordem *Glumiflorae*, família *Poaceae*, tribo *Andropogonae*, subtribo *Saccharae*, gênero *Saccharum*, espécie *Saccharum spp.* O nome atual da espécie está relacionado ao fato de que todas as variedades de cana, atualmente cultivadas em todo o mundo, são para produção de açúcar, álcool, aguardente ou forragem. (ALVES, 2004, p.55).

A cana-de-açúcar tem seu primeiro contato com o homem na Nova Guiné, de lá a planta foi para a Índia no continente Asiático e sendo levada para à Europa pelas cruzadas, onde não houve sucesso devido a limitações climáticas. Na Europa seu cultivo chegou a Portugal na Ilha Madeira e a partir das expedições portuguesas ao Brasil, Martim Afonso de Souza, no ano de 1532, introduziu as mudas de cana-de-açúcar precursoras do cultivo comercial nas Capitanias. A partir de 1971 houve um grande impulso na produção canavieira, com a criação de novas variedades, novas técnicas culturais e industriais de produção da cultura e atualmente, o país é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia, Tailândia e Austrália. As regiões de cultivo são Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste, permitindo ao País duas safras ao ano garantindo a produção de açúcar e etanol tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo (RIDESA, 2003, p. 256 ; MACHADO, 2010; UNICA, 2007, p.70).

2.1.2 Aspectos morfológicos

A cana-de-açúcar é uma espécie classificada como gramínea tropical apresenta desenvolvimento em touceiras, e através da brotação de rizomas, no qual a planta após atingir o estágio aéreo ou apical na superfície do solo demonstra hábito de crescimento ereto levemente decumbente (BANDINELLI,2010, p. 4).

A cana-de-açúcar é composta por quatro partes: as raízes; o colmo; folhas e inflorescência. O sistema radicular da cana-de-açúcar é fasciculado, com grande expansividade nos primeiros 45 cm, podendo atingir o alcance de até 5 m de profundidade. Subdividem-se em: em: raízes primárias: originárias de sementes; adventícias: provenientes dos toletes; e raízes intermediárias. O sistema radicular tem função de fixar a planta e absorver água e nutrientes e o crescimento deste varia conforme o cultivar. As condições de solo têm influência no crescimento radicular, sendo a razão mais comum pela qual as culturas não conseguem expressar todo seu potencial genético. A absorção de fosfato e potássio ocorre em todo o sistema radicular inclusive nas regiões mais velhas (COSTA; MAZZA; VITTI, 2005).

O colmo, parte integrante superficial da planta, exhibe alto desenvolvimento vegetativo, sendo composto por nódios e interódios, no qual estes são bastante importantes na diferenciação de uma espécie para outra. O colmo possui como funcionalidade a sustentação das folhas e inflorescências (panículas), além de ser o meio fisiológico e principal pelo qual transcorre a maioria do câmbio vascular da planta. Suas folhas são órgãos importantes para os processos metabólicos da planta. Estão ligadas ao colmo pelas regiões nodulares, apresentando lâmina foliar serrilhada em formato alongado, e nas regiões intermediárias de ligação das folhas com o colmo, demonstram a presença de uma lígula membranosa (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2008, p. 45; MOZAMBANI et al., 2006, p. 11).

Como organismo vegetal pertencente ao grupo das angiospermas, suas inflorescências, são panículas abertas formadas por um eixo principal denominado de raque, do qual se originam estruturas secundárias e terciárias. Estas apresentam no seu ápice espiguetas constituídas de flores que irão produzir pequenos frutos. A espiguetas é um tipo especial de inflorescência que em uma de duas glumas apresenta flores pediceladas. A morfologia das flores oferece ótimas características taxonômicas, podendo ser usada também para reconhecimento de variedades. (ARANHA; YAHN, 1987, p. 03).

2.1.3 Aspectos edafoclimáticos para o cultivo

2.1.3.1. Clima

As principais variáveis climáticas no desenvolvimento de cana-de-açúcar são temperatura, luminosidade e umidade. Áreas ensolaradas, quentes e tropicais são mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura. A cana-de-açúcar encontra duas fases distintas, e que precisam de ambientes diferentes para atingir produção desejada: crescimento vegetativo: fase em que a planta é favorecida pelo clima úmido e quente; e maturação: quando

temperaturas mais amenas e a baixa disponibilidade de água favorecem o acúmulo de sacarose (MARIN, 2007).

De maneira geral, as fases de desenvolvimento vegetativo (brotação, perfilhamento e crescimento) são tanto maiores quanto melhor for a umidade disponível no solo (próximo à capacidade de campo). Entretanto, o excesso de umidade no solo, ou seja, o encharcamento é prejudicial à cultura da cana. Já a fase de maturação só se realizará por ocasião de déficit hídrico, resultado da condição de seca, já que é necessário a planta cessar o seu desenvolvimento para atingir a maturação (TRENTOFILHO, 2008, p. 91).

A cana-de-açúcar é uma planta do tipo C4, possuindo alta eficiência fotossintética a ponto luminoso elevado. Portanto, quanto maior for a saturação luminosa, mais fotossíntese seria realizada pela cultura e, logicamente, maior o seu desenvolvimento e acúmulo de açúcares. Em geral, o comprimento do colmo aumenta com o comprimento do dia, variando de 10 a 14 horas, sendo, porém reduzido para fotoperíodos longos entre 16 a 18 horas (BARBIERI E VILLA NOVA, 1982, p.36).

2.1.3.2. Solo

O solo também é um dos fatores que mais diretamente influenciam no crescimento da cana-de-açúcar, destacando-se pelo seu importante papel de fornecer suporte físico, água e nutrientes. No entanto, o conhecimento das características inerentes a cada solo é importante para julgar o potencial de produção agrícola dos mesmos (ORLANDO FILHO, 1983, p. 369; LEPSCH, 1987, p. 83),

A produção de cana-de-açúcar pode ser realizada em solos com diferentes aspectos físicos e químicos, mas a produtividade vai decrescendo à medida que as condições se afastam das ideais. A capacidade de armazenamento de água no solo deve ser superior a 150 mm, para garantir que não falte água para a planta e não haja impedimentos mecânicos para o desenvolvimento radicular. Para isso, solos profundos com no mínimo um metro de profundidade são ideais (STAUT, 2006; MARIN, 2007).

Os solos de tabuleiros são cultivados principalmente com cana-de-açúcar desde o litoral do Nordeste até a região de Campos e Macaé, no Estado do Rio de Janeiro (Jacomine, 2001). O cultivo da cana-de-açúcar ocupa uma área de 1,14 milhões de hectares somente no Nordeste, com maior concentração nos Estados de Alagoas e Pernambuco. Os solos predominantes nos tabuleiros costeiros, Argissolos e Latossolos Amarelos, que são pobres em matéria orgânica e nutrientes, têm baixa CTC, baixa saturação por bases e aumento de acidez

em profundidade. Embora os solos sejam considerados profundos, a presença de camadas coesas, normalmente, reduz sua profundidade efetiva (SOUZA, 1996, p. 36).

A cana-de-açúcar apresenta uma estreita relação com alguns fatores químicos, sendo seu desenvolvimento facilmente influenciado pelas condições de acidez do solo, saturação por bases, porcentagem de alumínio, enfim. Dificilmente os solos tem a capacidade de suprir a demanda da cultura de cana-de-açúcar, todos os nutrientes em quantidades adequadas e no momento certo, desta forma o manejo adequado de qualquer tipo de solo é imprescindível para obtenção de produtividades elevadas (HAAG et al., 1987, p. 88; STAUT, 2006).

2.1.4 Importância econômica

O setor sucroalcooleiro gera para o Brasil sete bilhões de dólares por ano, o que corresponde a cerca de 2,4% do PIB, gera cerca de um milhão de empregos diretos e o sequestro de 20% das emissões de carbono que o setor de combustíveis fósseis emite no país (BRASIL, 2007, p.139).

No Brasil, a cana-de-açúcar é a matéria prima básica para três importantes produtos da agroindústria: açúcar, álcool etílico e aguardente Atualmente busca-se a produção de uma matéria prima com elevada riqueza em sacarose e de médio a baixo teor de fibra, que possibilite também produzir energia, dada a sobra de bagaço após a industrialização da cana-de-açúcar. (AGRIANUAL, 2009).

O parque sucroalcooleiro nacional possui 355 usinas de açúcar e destilarias de álcool, sendo o setor responsável por cerca de 4,0 milhões de empregos diretos e indiretos, congregando mais de 72 mil agricultores. Tais características colocam o Brasil como o único país no mundo que tem mais de 80% dos seus recursos energéticos baseados no uso de fontes de energia renováveis e não poluentes (ÚNICA, 2007, p. 70; LIMA, 2008, p. 66).

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2012/2013 está estimada em 8.567,2 mil hectares, distribuídos em todos estados produtores conforme suas características. O estado de São Paulo é o maior produtor com 51,66% (4.426,45 mil hectares), seguido por Minas Gerais com 8,97% (768,64 mil hectares), Goiás com 8,54% (732,02 mil hectares), Paraná com 7,17% (614,01 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 6,31% (540,97 mil hectares), Alagoas com 5,35% (458,09 mil hectares) e Pernambuco com 3,48% (298,39 mil hectares). A produtividade média brasileira está estimada em 70,289 kg/ha, 2,9% maior que na safra 2011/2012, que foi de 68.289 kg/ha. O aumento ainda é tímido porque os produtores temem que o clima prejudique novamente os canaviais pela má distribuição das chuvas. Considerando a quantidade de área

expandida e renovada na safra anterior, mais de 16% do total cultivado, em termos lógicos, a produtividade deveria ser um pouco maior, já que o índice de produtividade destas áreas é o dobro das lavouras em ponto de renovação. É possível que a produtividade aumente no decorrer da safra, se o clima ajudar. Outro fator que colabora para a produtividade menor é a ausência de cana bisada para moagem nesta safra (CONAB, 2012, p. 8).

2.2 Adubação mineral na Cana-de-Açúcar

É essencial a reposição dos nutrientes exportados e lixiviados pela cana-de-açúcar graças à elevada produção de biomassa que demanda uma remoção considerável dos nutrientes do solo para que ocorra o pleno desenvolvimento da cultura. Essa reposição ocorre através da prática de adubação (BOKHTIAR & SAKURAI, 2005, p. 33; LUZ et al. 2005, p. 53). Adubos minerais são aqueles obtidos em minas e transformados em indústrias químicas. São diretamente assimilados pelas plantas ou sofrem apenas pequenas transformações no solo para serem absorvidos. Podem ter um ou mais elementos, sendo principais o nitrogênio, fósforo e potássio. Entre os adubos minerais, pode-se citar: Adubos nitrogenados, fosfatados, potássicos, mistos e corretivos.

Para obtenção de produtividades maiores em áreas cada vez menores o uso de fertilizantes é essencial, entretanto, deve-se considerando o fato de que 17 a 25% dos custos de plantio da cana-de-açúcar são oriundos da adubação e são necessárias 14 e 15 toneladas de cana-de-açúcar de plantio e soca, respectivamente, para pagar o custo de cada tonelada de adubo utilizado (ROSETTO et al, 2008 p. 221).

Para evitar perdas na adubação, é necessário estimar a quantidade necessária de cada nutriente na cana-de-açúcar, assim evitando gastos desnecessários com adubos. O conhecimento da extração de nutrientes retiradas do solo pela cana-de-açúcar e o uso de ferramentas como diagnose foliar são bons indicadores da quantidade de nutriente que precisa ser repostado no solo pela adubação (ROSETTO et al, 2008, p. 230). Moura Filho et al (2010) encontrou valores ótimos de teores foliares para a cana-de-açúcar entre 12,5-20,8; 1,0-2,1; 8,9-14,7; 1,7-4,0; 0,1-1,4; 0,7-1,8 g kg⁻¹; para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, na região de Alagoas. Estes valores estão dentro das faixas adequadas definidas por alguns autores em relação aos teores foliares dos mesmos nutrientes. Pode-se afirmar que a cana está bem nutrida quando seus teores foliares de N, P, K, Ca e Mg situam-se, respectivamente, entre 13,4-22,0; 1,2-3,0; 10,8-15,0; 2,9-10,0; 2,0-3,0 g kg⁻¹ (ESPIRONELLO et al., 1986, p. 377; KORNDORFER E ALCARDE, 1992, p. 217; RAIJ et al., 1996, p. 233; MALAVOLTA et al., 1997, p. 201; PRADO et al., 2002, p. 129; REIS JUNIOR e MONNERAT, 2003, p. 379).

2.3 Nitrogênio

2.3.1 Nitrogênio no sistema solo-planta

O nitrogênio é, em geral, o elemento que as plantas necessitam em maior quantidade. Porém, devido à multiplicidade de reações química e biológica, à dependência das condições ambientais e ao seu efeito no rendimento das culturas, o N é o elemento que apresenta maiores dificuldades de manejo na produção agrícola mesmo em propriedades tecnicamente orientadas. As formas preferenciais de absorção de N pelas plantas são o amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-). Entre essas duas formas inorgânicas citadas, o nitrato (NO_3^-) é predominante em solos sem restrição de oxigênio, já em outras condições tem-se maiores possibilidades de formação de amônio (NH_4^+). Para aumentar o nitrogênio disponível pelas plantas é importante favorecer a mineralização do N-orgânico e diminuir as perdas do nutriente, seja por volatilização, desnitrificação ou lixiviação (SANGOI et al., 2003, p. 65).

O processo de perda por volatilização de amônia consiste na passagem da amônia presente no solo à atmosfera. A volatilização de amônia parece ser a mais comum e expressiva forma de perda de N no solo é um processo rápido que ocorre na semana seguinte da aplicação de uréia (DIEST, 1988, p. 03). Quando a uréia é aplicada ao solo, o processo de perda N-NH_3 por volatilização envolve inicialmente a hidrólise por meio da urease, que é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou, ainda, originada de restos vegetais. Em função das características da urease, fatores que influenciam a atividades do microorganismo também influenciam a hidrólise da uréia, promovendo grandes variações na taxa de hidrólise para diferentes solos (REYNOLD & WOLF, 1987, p. 144).

Outras fontes de perda raramente medidas com boa precisão em condições de campo são as oriundas da desnitrificação, estas perdas ocorrem quando o N-nítrico encontra um ambiente anaeróbico, provocado por excesso de água, no qual a microbiota reduz o nitrato a formas gasosas (N_2 e N_2O) (CANTARELLA et al., 2007, p. 355).

A perda de N por lixiviação ocorre como consequência dos processos de transferência do N em profundidade com a água de percolação. Os principais fatores envolvidos nas perdas por lixiviação do nitrogênio, que ocorre geralmente na forma de nitrato, são textura do solo e quantidade de matéria orgânica presente no solo. Esses fatores foram identificados no trabalho realizado por Bergström&Johansson(1991, p. 801), que identificaram maiores perdas em solos arenosos que continham pequena quantidade de matéria orgânica, do contrário, observaram-se menores perdas em solos argilosos e ricos em matéria orgânica.

Dentro da planta o nitrogênio faz parte de muitos compostos principalmente das proteínas. Para fazer parte de aminoácidos (formadores de proteínas), o N deve estar na forma de amônio. Tem função estrutural no vegetal, pois faz parte de muitos componentes da célula e participa de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, além disso, o nível de N na planta influencia a absorção ou a distribuição de praticamente todos os nutrientes. A deficiência de N é visualmente detectada, principalmente por clorose (amarelecimento) geral da planta (em forma de “V” invertido em algumas plantas), devido à diminuição da quantidade de clorofila. O amarelecimento é gradual, sendo difícil identificação no início. Como o N é um elemento móvel na planta, à medida que a deficiência fica mais severa, há translocação do N das folhas mais velhas para as mais novas. Outro sintoma caracteriza-se pelo menor desenvolvimento das plantas, devido à baixa formação de proteínas e outros compostos nitrogenados que controlam o crescimento. (TAIZ & ZEIGER, 2004, p. 719; MALAVOLTA, 2006, p. 638).

Este nutriente é afetado por uma dinâmica complexa e seu manejo, objetivando o aumento do aproveitamento pelas plantas, é considerado um dos mais difíceis. Além disso, o nitrogênio apresenta grande versatilidade nas reações de oxirredução, e está presente em vários estados de oxidação, o que lhe confere especial importância nos ciclos biogeoquímicos e no metabolismo das plantas. Para sua formação é necessária diversas reações químicas, as quais necessitam de muita energia. Sendo assim, a sua utilização na agricultura é essencial para as plantas cumprirem seu ciclo de vida. (EPSTEIN E BLOOM, 2005, p. 400).

2.3.2 Importância do nitrogênio na nutrição da cana-de-açúcar

A grande importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar diz respeito ao fato de ela ser uma planta de metabolismo de carbono do tipo C₄, caracterizado por altas taxas de fotossíntese líquida e eficiência na utilização do nitrogênio e da energia solar, sendo altamente eficiente na produção de fotoassimilados. Como o nitrogênio é parte constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de vários processos bioquímicos, a sua carência promoverá a diminuição na síntese de clorofila, e aminoácidos essenciais, e também da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997, p. 201).

O transporte de N para a planta e dentro dela é de suma importância à sua sobrevivência e crescimento, e no caso da cana-de-açúcar, as formas de N absorvidas pelas raízes podem ser usadas pelas próprias células radiculares para sintetizarem compostos orgânicos, ou podem

ser diretamente transportadas, por fluxo de massa das raízes à parte aérea, onde ocorre a sua assimilação (SILVA & CASAGRANDE, 1983, p. 77).

Segundo Meinzer e Zhu (1998, p. 1227), o nitrogênio participa de modo fundamental no ciclo de Calvin-Benson, quando há falta de nitrogênio, a atividade da enzima ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), enzima responsável pela fixação de CO₂, localizada no estroma dos cloroplastos, não fixa totalmente o CO₂, sendo parte perdida. O CO₂ perdido retorna ao mesofólio foliar, sendo refixado pela enzima PEPcase, porém com gasto energético (ATP). Isto acarreta alguns prejuízos à cultura de cana-de-açúcar, como a diminuição na produção de esqueleto carbônico, perda no acúmulo de fitomassa e baixo desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Os sintomas de carência de N podem ser identificados a partir do surgimento de folhas menores que as normais e rígidas e pelo seu menor teor de umidade. A coloração destas é verde clara e se mostra mais nas folhas velhas. O colmo apresenta um crescimento coeso, apresentando plantas com desenvolvimento pequeno e diminuindo a relação parte aérea/raiz (HAAG et al., 1987, p. 140).

Malavolta (1997, p. 201) relata que uma planta bem nutrida de nitrogênio, apresenta alta atividade da enzima endógena. Estando bem nutrida, o acréscimo de N não aumentará a atividade da enzima, porém em planta deficiente de N, o emprego de fertilizantes nitrogenados promove maior atividade dessa enzima e conseqüentemente maior produção.

2.3.3. Resposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada

Para a obtenção de altas produtividades na cultura de cana-de-açúcar, todas as tecnologias disponíveis e relativas à condução da cultura têm de ser empregadas. Dentre essas tecnologias, a adubação assume papel de alta importância para o aumento da produtividade da cana-de-açúcar, principalmente em solos de comprovada carência de nutrientes (ORLANDO FILHO ET AL., 1996, p. 13).

As maiores limitações do meio a produção da cana-de-açúcar no Brasil não se relacionam à radiação solar, temperatura e nem mesmo à água, mas a disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes minerais nos solos, com destaque para o nitrogênio. Deste modo, a adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas para as culturas de maneira geral e para a cultura da cana-de-açúcar, é preciso atenção especial, pois os estudos sobre N apresentam resultados muito variáveis e muitas vezes até contraditórios (KORNDÖRFER et al., 2002, p. 28; TRIVELIN et al., 2002b, p. 636)

A adubação nitrogenada está normalmente associada ao maior crescimento vegetativo e, portanto, maior umidade da cana-de-açúcar, neste sentido, diversos autores observaram que com a aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cana-de-açúcar resultou na redução no teor de sacarose. No entanto, a quantidade total de açúcar produzida por hectare aumenta (ESPIRONELO et al.,1981, p.128;KORNDÖRFER& MARTINS 1992, p.26; FRITZ,1984, p. 630; RESENDE et al.,2006, p. 937)

Como a cultura da cana-de-açúcar apresenta alta exigência de nitrogênio, sendo este o segundo nutriente mais absorvido pela cultura (PRADO et al. 2002, p.130), espera-se efeito desse macronutriente na qualidade da matéria prima de cana-de-açúcar, no entanto, verifica-se, na literatura, que um grande número de experimentos com cana-planta não apresentaram resposta em produtividade à adubação nitrogenada, o que se têm atribuído à fixação biológica do N atmosférico; às perdas por lixiviação do N-fertilizante; ao vigor do sistema radicular da cana-planta comparada ao de soqueiras; às condições climáticas, como temperatura e pluviosidade; à melhoria da fertilidade do solo após a reforma dos canaviais, associada à calagem, ao preparo mecânico e à incorporação de restos da cultura anterior (AZEREDO et al., 1986, p. 26; CARNAÚBA, 1990,p. 24; ORLANDO FILHO et al., 1999, p. 34; URQUIAGA et al., 1995,p. 767).

2.4 Estado nutricional da cana-de-açúcar

O estado nutricional da cana influencia as taxas fotossintéticas e o metabolismo da sacarose tendo, portanto, efeitos na produtividade, longevidade e lucratividade do canavial e diversas técnicas são aplicadas para a avaliação do mesmo, com destaque para a diagnose foliar. A correta interpretação de resultados de análises foliares proporciona informações que favorecem o uso racional de insumos, evita desperdício, melhora o equilíbrio nutricional das plantas e, conseqüentemente, proporciona aumento da produtividade. Portanto, preconiza-se a utilização de métodos que disponibilizem subsídios para um diagnóstico nutricional eficiente e prático, a partir de resultados analíticos das folhas de uma planta (PARTELLI et al., 2005,p. 1456).

O N é um dos nutrientes requerido em maior quantidade, porém vêm sendo aplicado incorretamente ao longo dos anos pelos agricultores. Através de análise visual ou em recomendação tradicional, frequentemente suprido de modo insatisfatório pelo solo nos sistemas agrícolas, sendo um dos nutrientes mais limitantes para a obtenção de altas produtividades. A avaliação do estado nutricional das culturas constitui um dos maiores desafios para pesquisadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas, principalmente em

países onde ocorrem limitações na produtividade decorrentes de desequilíbrios nutricionais (CARVALHO et al., 2002, p.121; REICHARD et al., 1979, p. 17; CARVALHO et al., 2012; LEAL et al., 2007, p. 1111; SISTANI et al., 2008,p. 130; NEGREIROSNETO et al., 2010, p. 19; HOLZSCHUH et al., 2011, p. 1357; GHOLIZADEH et al., 2011,p.236)

Na década de 90 foi disponibilizado um equipamento capaz de gerar grandezas relacionadas com os teores de clorofila, o clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502, MINOLTA, 1989, p. 22.). O aparelho é portátil e fornece leituras que podem se relacionar com o teor de clorofila presente na folha. As medições são instantâneas, práticas, com baixo custo, sendo realizadas no campo. As leituras que são mostradas no visor do aparelho são medidas indireta da clorofila presente na folha. Atualmente a utilização de medidas indiretas para determinar o estado nutricional das plantas tem sido objeto de pesquisas em diversas culturas, nesses trabalhos a concentração de clorofila correlaciona positivamente com os teores de N na folha (PÔRTO et al., 2011, p. 311), por isso, tem possibilitado sua utilização como critério de avaliação do estado nutricional de N nas plantas (JESUS;MARENCO, 2008, p. 815; SAMBORSKI et al., 2009, p. 800; VEIGA et al., 2009, p. 1190; SINGH et al., 2010,p. 361).

É importante verificar se existe correlação entre o teor de N foliar e o índice SPAD para a comprovação de que o método de determinação indireta pode ser aplicado com confiabilidade.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL: Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP. 2009

ALVES, T.A. **Caracterização da cana-de-açúcar- Perspectivas do Setor Sucroalcooleiro na Região da Alta Noroeste Paulista**. UNESP, Ilha Solteira, 2004.p.55-57

ARANHA, C.; YAHN, C. A. Botânica da Cana de Açúcar. In: PARANHOS, S. B. (**Cana de Açúcar: Cultivo e Utilização. Vol 1**. Campinas, SP: Fund. Cargill, 1987. p. 03 – 18.

AZEREDO, D.F.; BOLSANELLO, J.; WEBER, H.; VIEIRA, J.R. Nitrogênio em cana-planta: doses e fracionamento. **STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 6, 1986. p. 26-33.

BANDINELLI, D. G. **Aspectos relacionados à cultura da cana-de-açúcar**. Júlio de Castilhos. 2010. 4-5p.

BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N. A. **Climatologia e a cana-de-açúcar**. Araras:PLANALSUCAR, Coordenadoria Regional Sul, 1982. 36 p.

- BERGSTRÖM, L.; JOHANSSON, R. Leaching of nitrate from monolith lysimeters of different types of agricultural soils. **Journal of Environment Quality**, v.20, 1991. p.801-807.
- BOKHTIAR, S.M.; SAKURAI K. Effect of application of inorganic and organic fertilizers on growth, yield and quality of sugar cane. **Sugar Tech**. v.7, 2005. p.33-37,.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco nacional da cana-de-açúcar e agroenergia 2007**. Brasília, 2007. 139 p.
- CANTARELLA, H.; TRIVELLIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura Brasileira**. Piracicaba: International plant nutrition institute, 2007. p. 355-413.
- CARNAÚBA, B.A.A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 7, 1990. p. 24-41.
- CARVALHO, A.J.C. et al. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1,2002. p.121-127.
- CARVALHO, M. A. de F.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. dos. Utilização do Clorofilômetro para Racionalização da Adubação Nitrogenada nas Culturas do Arroz do Feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2012.14p.(**Comunicado Técnico, 205**)
CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2012**. Brasília. 2012. 6-9p.
- COSTA, M. C. G; MAZZA, J. A.; VITTI, G. **Variedades de Cana de Açúcar vs. Adaptação ao solo vs. Renovação do sistema radicular**. 2005.
- DIEST, V. A. Volatilización del amoníaco en los suelos anegados, y sus repercusiones en el rendimiento de arroz. *Noticiarios de la Comisión Internacional del arroz*, **FAO**, v. 37, 1988. p. 1-6.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspective**. 2ed. Sunderland : Sinauer Associates, 2005. 400p.
- ESPIRONELO, A.; CAMARGO, A.P.; NAGAL, V.; LEPSCH, I,F. Efeitos de nitrogênio e fósforo como complementação da aplicação da aplicação de vinhaça em soca de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2., 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: STAB, 1981. p.128-139.
- ESPIRONELO, A. et al. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, 1986 p.377-382.
- FRITZ, J. Effects of Fertilizer Application up on sucrose % cane. In: Congress of International Society of Sugar Cane Technologists, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Durban: ISSCT, 1984. v. 2, p. 630-663.

GHOLIZADEH, A. et al. Temporal variability of SPAD chlorophyll meter readings and its relationship to total Nitrogen in leaves within a Malaysian paddy field. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.5, 2011. p.236-245,.

HAAG, Henrique Paulo et al. **Nutrição Mineral da Cana de Açúcar**. In: PARANHOS, Sérgio Bicudo (coord.). *Cana de Açúcar: Cultivo e Utilização*. Vol 1. Campinas, SP: Fund. Cargill, 1987. p. 88-162.

HOLZSCHUH, M.J. et al. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, 2011 p.1357-1366,.

JACOMINE, P.K.T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS. 2001, Aracaju, **Anais...** Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 2001, p.19-46.

JESUS, S.V.; MARENCO, R.A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica**, Manaus, v.38, n.4, 2008, p.815-818

KORNDORFER, G. H.; ALCARDE. J. C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, 1992 p.217-222.
KORNDÖRFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar, **STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 10, 1992. p. 26-31.

KORNDÖRFER, G.H.; COLOMBO, C.; CHIMELLO, M.A.; LEONE, P.L.C. Desempenho de variedades de Cana-de-Açúcar cultivadas com e sem Nitrogênio. **STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 20, 2002. p. 28-31.

LEAL, R.M.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; ZACCARO, R.P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, 2007. p.1111-1119.

LEPSCH, I.F. Influência dos fatores edáficos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Coord) **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p.83-98.

LIMA, R.M.P. **Caracterização de variedades de cana-de-açúcar quanto à resistência e tolerância ao raquitismo-da-soqueira**. 2008. 66f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

LUZ, P.H.C.; VITTI, G.C.; QUINTINO, T.A.; OLIVEIRA DE, D.B. **Utilização de adubação verde na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, GAPE – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 2005, 53p. (Apostila).

MACHADO, F de B. P.. **A história da cana-de-açúcar, da antiguidade aos dias atuais**. 2010.

MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis and yield potential. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.196, 1997. p. 201-210.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora: CERES. 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato, 1997. 201 p.

MARIN, F. R. **Características. Agência de Informação Embrapa**. 2006. **Clima**. Agência de Informação Embrapa. 2007.

MEINZER, F. C.; ZHU, J. Nitrogen stress reduces the efficiency of the C4 CO₂ concentrating system, and therefore quantum yield, in *Saccharum* (sugarcane) species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, 1998. p. 1227-1234.

MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502**. Instruction manual. Minolta Co., Osaka, Japan. 1989. 22p.

MOURA FILHO, G. et al. Determinação de Teores Ótimos de nutrientes em cana-de-açúcar na destilaria Japungu-PB, usando o método da chance matemática(Chm). In. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de plantas. 29. Guarapari, 2010. **Resumos expandidos...** Guarapari: SBCS, 2010. CD-ROM.

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

NEGREIROS NETO, J.V.; SANTOS, A.C.; LEITE, R.L.L.; CRUZ, R.S. Análise de diferentes doses de nitrogênio e espaçamento em milho no norte do Tocantins. **Biotemas**, v.23, n.4,2010 p.19-23,.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool; PLANALSUCAR, 1983. 369 p.

ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB- Açúcar, Alcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 14, n. 5, 1996. p. 13-17.

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, Alcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 17,1999 p. 39-41.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; COSTA, A.N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, 2005 p.1456-1460.

PÔRTO, M. L. et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, 2011 p.311-315.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, 2002 p.129-135

RAIJ, B. V.; 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, 1996. p.233-239 (Boletim técnico, 100).

REICHARD, K.; LIBARDI, P.L.; VICTÓRIA, R.L. & VIEGAS, G.P. Dinâmica do Nitrogênio num solo cultivado com milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, 1979. p.17-20,.

REIS JUNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, Brasília, v.38, n.3, 2003 p.379-385.

RESENDE, A.S. et al.. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicação de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 30, 2006 p. 937-941,.

REYNOLDS, C. M.; WOLF, D. C. Effects of soil moisture and air relative humidity on ammonia volatilization from surfaces-applied urea. **Soil Science**, v. 143, n. 2, 1987. p. 144-152.

RIDESA. Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar: Variedade RB. **Relatório Anual**. Recife: UFRPE/EECA, 2003. 256p.

ROSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. **Fertilidade do solo, nutrição e adubação**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, p. 221-238

SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N. & FALLON, E. Strategies to make use of plantsensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. **Agronomy Journal**, v.101, 2009. p.800-816

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência. Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, jan./fev. 2003. p.65-70,.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, p. 45-56

SILVA, L.C.F.; CASAGRANDE, J.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar (macronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983, p. 77-99.

SINGH, V. et al. Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, Dordrecht, v.88, n. 3, p. 361-380, 2010.

SISTANI, K.R.; SIKORA F.J. & M., Poultry litter and tillage influences on corn production and soil nutrients in a Kentucky silt loam soil. **Soil & Tillage Research**, v.98, 2008. p.130-139.

SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS - pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros, 1996, Cruz das Almas, **Anais...** Aracaju: EMBRAPA-CPATC/EMBRAPA-CPNMF/ EAUFBA/IGUFBA, 1996, p.36.75.

STAUT, Luiz Alberto. **Condições dos solos para o cultivo de cana-de-açúcar**. [s.l.:s.n], 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p

TRENTO FILHO, A.J. Produção de cana-de-açúcar e qualidade da cachaça em Morretes, PR. 2008. 91f. Dissertação (Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 12, 1995. p. 1375-1385.

TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; SARRIÉS, G.A. Utilização de nitrogênio e produtividade de cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, 2002b p. 636-646.

ÚNICA- União da indústria de cana-de-açúcar. **Produção e uso do etanol combustível no Brasil**: respostas às questões mais frequentes. São Paulo, 2007. 70p.

URQUIAGA, S.; RESENDE, A.S. de; QUEIROZ, J.G. ALVES, B.J.R.; OLIVEIRA, O.C. de; BODDEY, R.M. Efeito residual, a longo prazo, da queima, aplicações de vinha e adubado nitrogenado no rendimento da cana-de-açúcar. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 767-769.

VEIGA, F.L.; SARDELLI, J.A.P.; FERRARI, J.V.; GOUVEA, A.P.L.; JÚNIOR, E.V. & RODRIGUES, J.M.S. Avaliação dos Teores foliares de Clorofila, com o uso do SPAD-502, em função de cultivares e de regulador de crescimento em Algodoeiro. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7, 1988. **Anais...** Paraná, p.1186-1190. 2009.

CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO

Resumo: Uma das maiores limitações à produção da cana-de-açúcar no Brasil é disponibilidade de nutrientes minerais nos solos, com destaque para o nitrogênio, visto que o N é um constituinte estrutural indispensável para a adequada nutrição das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características biométricas e correlacionar o teor de clorofila nas plantas com os teores de nitrogênio total das folhas da variedade RB92579 submetida a doses crescentes de ureia. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01, na Usina Sumaúma, localizada no município de Marechal Deodoro no Estado de Alagoas. A variedade utilizada foi a RB92579 plantada no dia 30 de janeiro de 2012 em espaçamento combinado (1,50 x 0,90). O estudo foi constituído por cinco tratamentos com quatro repetições, e o delineamento adotado foi em blocos casualizados onde foram aplicadas cinco

doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) na forma de ureia. Aos 60, 90 e 120 DAP realizou-se a contagem do número de perfilhos e aos 240 DAP medição de altura e diâmetro do colmo e leitura do teor de clorofila na folha +3 com o medidor SPAD-502 e coleta da mesma para análise foliar. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F através do programa estatístico SAEG 5.0. Para os parâmetros que apresentaram diferença estatística foi aplicada a regressão e os resultados foram apresentados em forma de gráfico. A adubação nitrogenada não influenciou no número de perfilhos por metro linear, altura e diâmetro do colmo no ciclo da cana-planta; a adubação nitrogenada promoveu um incremento de N foliar tendo como consequência um aumento no teor de clorofila na folha +3; a utilização do SPAD é uma técnica eficiente na determinação indireta do N, uma vez que, as leituras apresentam uma forte correlação positiva com o teor do nutriente na folha da cana-de-açúcar e pode servir de referência para recomendação de adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, aspectos biométricos, ureia

CHAPTER 1

GROWTH AND DEVELOPMENT FROM THE SUGARCANE SUGAR SUBMITTED TO DOSES OF NITROGEN

Abstract: An of the major limitations to production of sugar cane in Brazil is nutrient availability in the soil, especially nitrogen because N is an indispensable structural constituent for adequate plant nutrition. The objective of this study was to evaluate the biometrical characteristics and correlate the level of chlorophyll in plants with the total nitrogen levels of the leaves of the variety RB92579 subjected to increasing doses of urea. The work was developed in the farm Flor da Ribeira, Lot 01, in sugarcane plant Sumaúma, localized in the municipality of Marechal Deodoro in the state of Alagoas. The variety used was the planted RB92579 on 30 January 2012 in combined spacing (1.50 x 0.90). The study was divided into five treatments with four replications, and the study design was randomized blocks where

were applied five N rates (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) in the shape of urea. At 60, 90 and 120 DAP was held counting the number of tillers and 240 DAP measurement of height, culm diameter, reading using the SPAD-502 leaf collection and +3 for leaf analysis. Data were subjected to analysis of variance and F test through of the statistical program SAEG 5.0. For parameters that showed statistical difference was applied regression and the results were presented in graphical. Nitrogen fertilization did not influence the number of tillers per meter, height and culm diameter at the plant cane cycle; promoted increases foliar N resulting in an increase in chlorophyll content in the leaf +3; Use of the SPAD is an efficient technique for indirect determination of N once the readings show a strong correlation positive with the content in the leaves of cane sugar and can serve as a reference for recommending N fertilization.

Keywords: Nitrogen fertilization, biometric aspects, urea

INTRODUÇÃO

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2012/2013 está estimada em 8,5 milhões de hectares (CONAB, 2012, p. 6). Uma das maiores limitações a produção da cana-de-açúcar no Brasil é disponibilidade de nutrientes minerais nos solos, com destaque para o nitrogênio, visto que o N é um constituinte estrutural indispensável para a adequada nutrição das plantas. Na biosfera o nitrogênio encontra-se em diferentes formas, incluindo o N molecular (N₂), amônia (NH₃), óxidos de nitrogênio (NO_x), nitrato e amônio (NO₃⁻ e NH₄⁺) e N orgânico como aminoácidos e peptídeos (WIRÉN et al., 1997, p. 191). Sua assimilação está diretamente relacionada com o metabolismo do carbono, que fornece energia na forma de esqueletos de C, necessários para converter o N-inorgânico em compostos orgânicos. O manejo inadequado da adubação nitrogenada, pode resultar tanto em redução da produtividade da cultura quanto na sua longevidade, reduzindo, por conseguinte, o número de colheitas (PEUKE; JESCHKE, 1993, p. 1167; VITTI et al., 2007, p. 249).

As características varietais definem o perfilhamento, a altura e o diâmetro do colmo, o comprimento e a largura das folhas e a arquitetura da parte aérea, sendo a expressão destes caracteres muito influenciados pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas. A biometria o método utilizado para avaliar o desenvolvimento vegetativo da cultura de cana-de-açúcar, onde todos estes fatores são avaliados. (LANDELL e BRESSIANI, 2008, p. 882).

Existem a métodos utilizados como estratégia para determinar a quantidade adequada de nutrientes para a cultura. Dentre eles destaca-se a diagnose foliar, que é um caso particular de análise de planta, onde a folha representa a planta como um todo, isso se deve ao fato de que na folha ocorrem os principais processos metabólicos, sendo esta o órgão que melhor representa o estado nutricional da cultura (MALAVOLTA, 2006, p. 638).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características biométricas e correlacionar o teor de clorofila nas plantas com os teores de nitrogênio total das folhas da variedade RB92579 submetida a doses crescentes de ureia.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do Ambiente

Para avaliar os efeitos da aplicação do N em solo cultivado com cana-de-açúcar, conduziu-se o experimento no período de janeiro de 2012 a fevereiro de 2013. Foi instalado em uma área de exploração comercial na Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01 (09°39'22,5''S,35°56'35,2''O) na Usina Sumaúma, localizada no município de Marechal Deodoro, Zona da Mata do Estado de Alagoas. A temperatura média da região esteve em torno de 27,0°C, apresentando máxima de 32,0°C e mínima de 22,0°C. A precipitação pluvial desde a implantação até a colheita foi de 1.055 mm, apresentando uma ETo de 1.940 mm. A área experimental está situada em área de Tabuleiro Costeiro sobre solo classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso Típico de textura média/argilosa (EMBRAPA 2006, p.101). As características químicas e físicas do solo encontram-se na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

Figura 1. Balanço Hídrico e temperatura média decendial do período de implantação a colheita do experimento, fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro, AL.

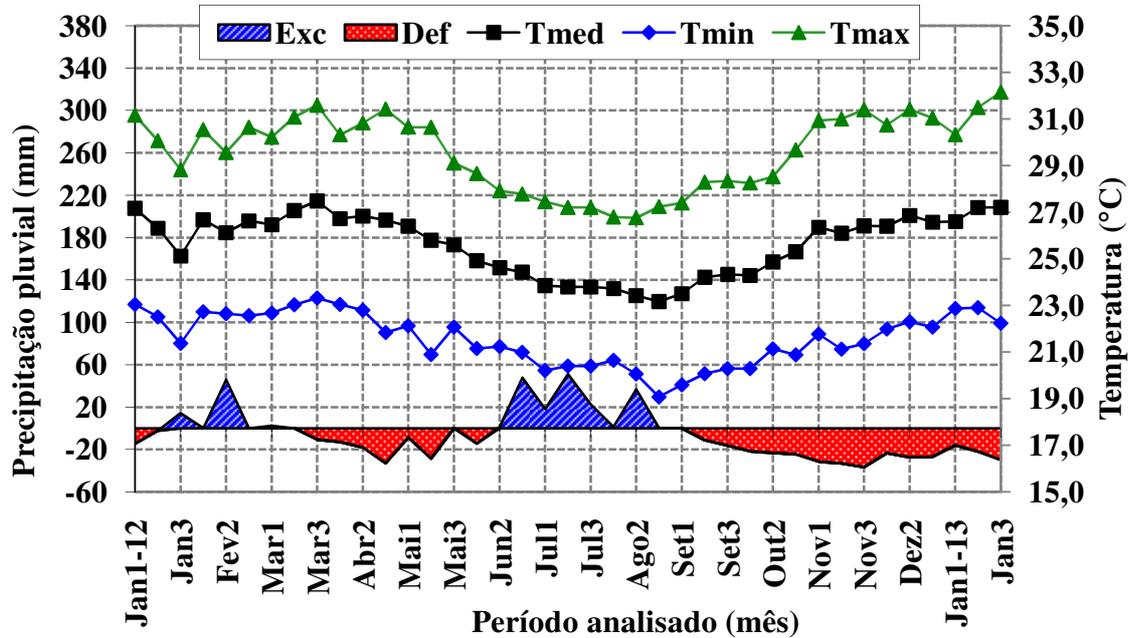


Tabela 1. Análise química de solofazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma

Profundidade	pH(H ₂ O)	Na	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg
--cm--		-----mg dm ⁻³ -----							cmol _c dm ⁻³	
00-20	5,5	15	8	25	15,7	0,71	1,4	13,8	1,9	0,9
20-40	5,2	10	4	13	25,5	0,56	0,8	8,27	0,6	0,3
40-60	4,9	12	2	17	21,4	0,28	1,4	7,47	0,6	0,2
								Saturação		
Profundidade	Al	H+Al	SB	CTCt	CTC	V	M	Na	K	M.O.
	-----cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----		
00-20	0,09	3,5	2,9	2,95	6,43	45,6	3	1	1	1,3
20-40	0,84	4,5	0,9	1,77	5,48	17,8	46	0,8	0,6	0,9
40-60	1,18	4,5	0,8	2,08	5,4	16,6	57	1	0,8	0,6

Tabela 2. Análise física de solofazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma

Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte/Argila	Classe textural
--------------	--------------	------------	-------	--------	--------------	-----------------

--cm--	-----g/kg-----				------(SBCS)-----	
0-20	470	280	50	200	0,25	Franco-Arenosa
20-40	420	190	90	300	0,30	Franco-Argiloarenosa
40-60	350	160	40	450	0,09	Argiloarenosa

O preparo do solo consistiu de uma gradagem para a destruição dos restos culturais e subsolagem com nivelamento. A adubação foi feita aplicando-se, no fundo do sulco de plantio 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 140 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme a recomendação padrão feita pela empresa.

Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de N na forma de ureia (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas no fundo do sulco. Cada parcela foi composta de oito linhas de cana-de-açúcar com 21 m de comprimento em um espaçamento combinado de 1,5 m x 0,9 m possibilitando assim a colheita mecanizada da cana crua. A área útil das parcelas foi constituída pelas quatro linhas centrais, com 11 m de comprimento. A distribuição das mudas foi feita com uma densidade mínima de 12 gemas por metro linear, com o intuito de garantir um bom *stand* de perfilhos no estabelecimento da cultura.

Caracterização da variedade

O plantio foi realizado no dia 30 de janeiro de 2012, caracterizado como plantio de verão. Utilizou-se a variedade RB92579 por suas características de adaptação regional e representatividade, pela área plantada no Estado de Alagoas, tendo como características morfológicas: hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e fraco serrilhamento na borda, difícil despalha, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular.

As características agroindustriais que mais se destacam na variedade RB92579 são: alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, proporcionam um bom fechamento de entrelinhas. Considerada de maturação média, esta variedade apresenta no meio de safra, alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, com longo período de utilização industrial

(PUI), e médio teor de fibra. Não apresenta restrição ao ambiente de produção. Intermediária a escaldadura das folhas e resistente a ferrugem (PMGCA, 2003).

Descrição das Avaliações

Número de perfilhos por metro linear

A contagem dos perfilhos foi realizada aos 60, 90 e 120 DAP. O número de perfilhos foi determinado a partir da contagem de perfilhos totais na área útil da parcela experimental, sendo posteriormente obtido o número médio de perfilhos por metro linear através da divisão do número de perfilhos contabilizados pela área útil utilizada (Figura 2A).

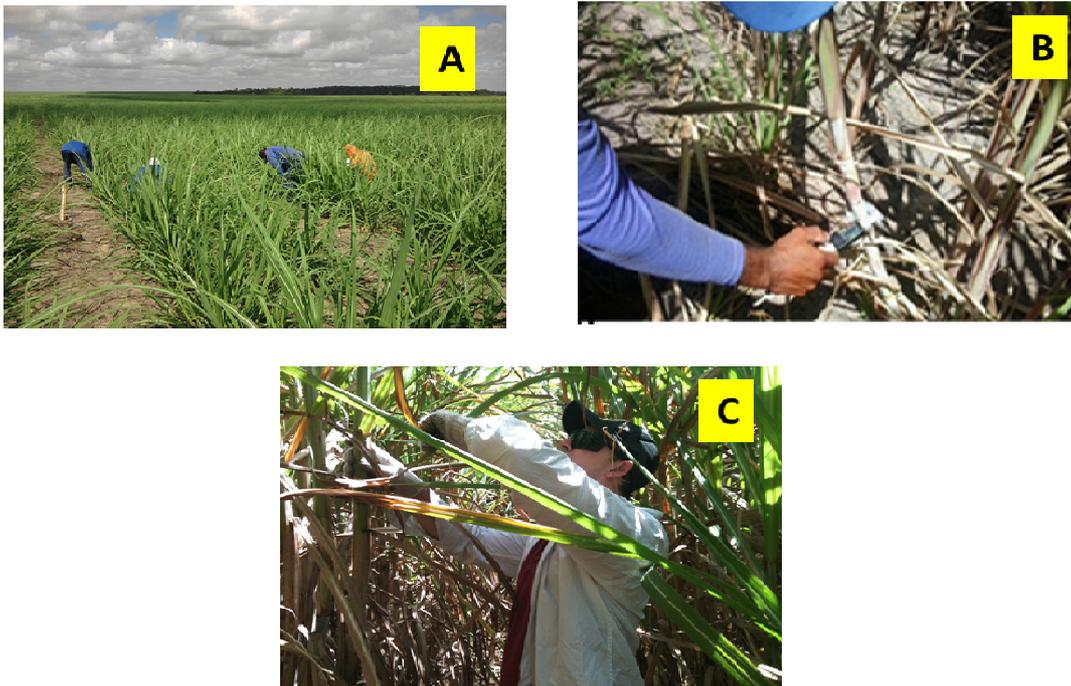
Altura de plantas

A altura de plantas foi mesurada com o auxílio de uma fita métrica, aos 240 DAP. A medição foi realizada partir do nível do solo até a última região auricular visível da folha +1 em 30 plantas escolhidas aleatoriamente nas quatro linhas centrais dentro da área útil demarcada na parcela (Figura 2C).

Diâmetro do colmo

Com o auxílio de um paquímetro, o diâmetro foi determinado aos 240 DAP. Foram selecionadas 30 plantas aleatoriamente nas quatro fileiras centrais dentro da área útil demarcada na parcela e posteriormente foi feita a determinação do diâmetro de cada planta na altura média do colmo (Figura 2B).

Figura 2. Avaliação dos aspectos biométricos: número de perfilhos (A), diâmetro do colmo (B) e altura de plantas (C)



Índice SPAD

Os teores de clorofila através do índice SPAD foram mensurados através do clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502, Minolta, 1989). O aparelho é portátil e fornece leituras que podem se relacionar com o teor de clorofila presente nas folhas correlacionando-as com os teores de N na folha (Pôrto et al., 2011). A leitura com o medidor foi realizada aos 240 DAP onde foram selecionadas dez plantas aleatoriamente dentro da área útil da parcela. A média de cada parcela foi calculada a partir dos valores obtidos por cinco leituras realizadas na folha +3 de cada planta selecionada anteriormente (Figura 3).

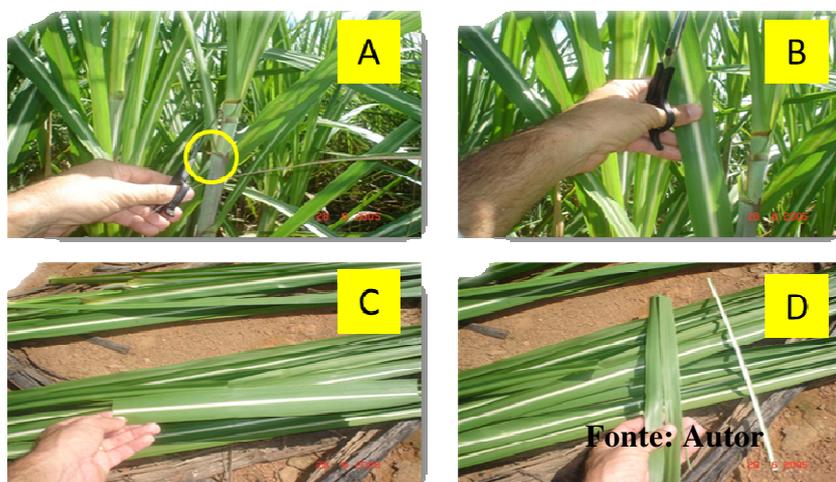
Figura 3.Leitura com o SPAD-502 na folha +3



Análise foliar

A coleta das folhas da cana-de-açúcar para análise foliar foi realizada aos 240 DAP. Foram selecionadas 20 plantas na área útil de cada parcela para a coleta da folha +3. Após a coleta das 20 folhas, retirou-se os 20 cm medianose em seguida descartou-se a nervura central das folhas, para proceder a análise foliar, de acordo com o sistema de Kuijper, Malavolta et al. (1997) (Figura 4).

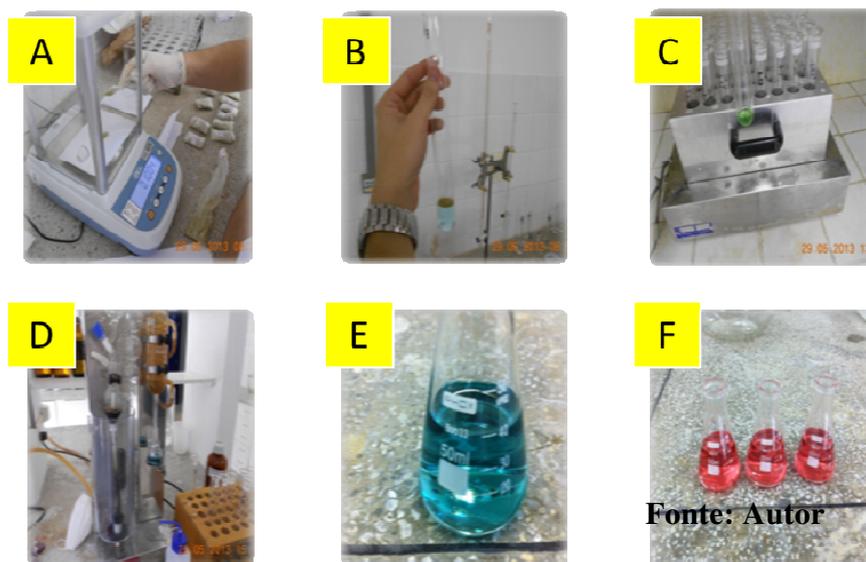
Figura 4. Identificação (A), Coleta (B) e preparo da folha +3 (C e D) para análise foliar



As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para o Laboratório de Análise Foliar do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. As folhas foram submetidas à secagem em estufa a 65⁰C com circulação forçada de ar por 72 h e passadas em moinho tipo Wiley, com peneiras de 20 mesh. As amostras moídas foram submetidas à digestão sulfúrica. Esta técnica baseia-se na oxidação da matéria orgânica, transformando o nitrogênio orgânico em mineral (sulfato de amônio), através da ação do

H_2SO_4^- e catalisadores a quente. Pesou-se 0,1g da amostra moída e seca em tubos para digestão de 50 ml, adicionou-se 10 ml de mistura catalítica (Mistura de Sulfatos). Os tubos foram inseridos em um bloco digestor e submetidos à digestão a 150°C por um período de duas horas, em seguida a temperatura foi elevada a 350°C e manteve-se a digestão por mais uma hora (Figura 5 A,B e C). Após a completa digestão da matéria orgânica, caracterizada por um líquido incolor ou levemente esverdeado, as amostras foram encaminhadas para a destilação pelo método semi-micro Kjeldahl. A solubilização sulfúrica (H_2SO_4^+ catalisadores) transforma proteína e aminoácidos do tecido vegetal em N-NH_4^+ que é destilado e complexado em ácido bórico com indicadormisto, e titulado com solução padronizada de H_2SO_4^- diluído (Figura 5 D,E e F) (EMBRAPA 2000, com adaptações).

Figura 5. Resumo do processo de análise foliar para determinação de N total na folha



Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F através do programa estatístico SAEG 5.0. Para os parâmetros que apresentaram diferença estatística foi aplicada a regressão e os resultados foram apresentados em forma de gráfico. Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação (R^2 ajustado) com o auxílio do programa FCalc.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Número de perfilhos

O resultado da contagem do número de perfilhos por metro linear encontra-se na Tabela 3. Foi constatado que não ocorreu efeito significativo das doses crescentes de N no número de plantas por metro linear, aos 60, 90 ou 120 DAP, indicando que nenhuma das doses influenciou no perfilhamento da cana-de-açúcar.

Tabela 3. Número de plantas por metro linear, em três diferentes épocas, em função de doses crescentes de N

Doses de N Kg ha ⁻¹	DAP			
	60	90	120	
-----Plantas por metro linear-----				
0	28,1	31,2	16,0	
30	27,8	31,2	16,4	
60	30,6	30,4	16,4	
90	27,2	30,6	15,5	
120	29,3	31,5	16,0	
FV	GL	-----Quadrados médios-----		
Blocos	03	38,3832	5,3300	0,9552
Tratamentos	04	7,2370 ^{ns}	0,8930 ^{ns}	0,5200 ^{ns}
Resíduo	12	7,9990	5,3050	1,1693
CV(%)		9,9	7,4	6,7
Média		28,6	31	16,1

ns- não significativo.

Embora não tenha ocorrido diferença significativa os resultados obtidos no presente trabalho foram superiores aos resultados obtidos por Silva (2012), que avaliou o crescimento da RB92579 sob a influência de doses de N associada à vinhaça, apresentando valores inferiores a 15 plantas por metro linear aos 60, 90 e 120 DAP. Observando os dados nota-se que o pico de perfilhamento se deu aos 90 DAP estando de acordo com Costa(2009), comomesmocultivar emcondiçõesde sequeiro,encontrou o máximo do perfilhamento aos 90 DAP, reduzindo-se até o momento dacolheita. De acordo com Castro (2000) e Oliveira et al., (2004b), o perfilhamento na cana-de-açúcar é crescente até o sexto mês após o plantio e a partir deste período, se inicia uma redução no número de perfilhos, decorrente da competição, por luz, área, água e nutrientes refletindo, assim, na diminuição e paralisação do processo, além da morte dos perfilhos mais jovens. Essa redução identificada na Tabela 3 aos 120 DAP ocorreu de maneira natural decorrente da competição por água, luz e nutrientes mantendo se

vivos apenas os perfilhos mais vigorosos. A redução não foi ocasionada por nenhum dos tratamentos.

Altura e diâmetro do colmo

Os dados referentes à altura e diâmetro do colmo encontram-se na Tabela 4. Foi constatado que não ocorreu efeito significativo das doses crescentes de N na altura das plantas e diâmetro do colmo.

Tabela 4. Altura e diâmetro do colmo da cana-de-açúcar aos 240 DAP em função de doses crescentes de N

Doses de N		Altura	Diâmetro
Kg ha ⁻¹		m	mm
0		2,2	26,7
30		2,1	27,4
60		2,1	25,1
90		2,2	25,6
120		2,2	27,2
FV	GL	-----Quadrados médios-----	
Blocos	03	0,1083	10,283
Tratamentos	04	0,0064 ^{ns}	4,0000 ^{ns}
Resíduo	12	0,0017	9,4349
CV(%)		1,9	11,6
Média		2,2	26

ns- não significativo.

A ausência de resposta para altura e diâmetro do colmo aos 240 DAP também foi identificada por Silva (2012), entretanto, a autora obteve valores superiores aos obtidos neste trabalho no tocante a altura de plantas, a diferença pode ser atribuída pelo K presente na vinhaça utilizada no trabalho do autor. Por outro lado, os valores do diâmetro do colmo, mesmo não apresentando diferença significativa, foram superiores aos obtidos pela autora mostrando que mesmo apresentando plantas de menor porte houve maior acúmulo de açúcares promovendo o engrossamento do colmo. Tais variáveis são altamente influenciadas pela disponibilidade de água e em condições climáticas favoráveis, supõe-se, que ocorreria influência das doses nestas variáveis.

A safra 2012-2013 foi afetada por um período de forte estiagem durante o período chuvoso. A seca que atingiu a região nordeste afetou os canaviais com baixos índices

pluviométricos (Figura 1) prejudicando consideravelmente o ciclo produtivo da cultura da cana-de-açúcar (CONAB, 2013, p. 06). O N é um elemento altamente influenciável pelas condições do ambiente pode ter sido influenciado por esse período de estiagem. As perdas de N podem ocorrer especialmente por volatilização e/ou lixiviação em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Altas temperaturas e ausência de chuva são fatores que promovem perda do N por volatilização (HARGROVE, 1988, p 17), no entanto, no presente estudo, a ausência de respostas do número de perfilhos, altura e diâmetro do colmo à adubação nitrogenada podem ser atribuídas à falta de água no solo impedindo que o N chegasse até as raízes da cana uma vez que o N é um nutriente muito móvel na solução de solo e é absorvido por fluxo em massa pela planta.

Teor de N na folha + 3 e Índice SPAD

Os dados referentes à análise de variância da análise foliar para determinação N total e Índice SPAD para determinação do teor de clorofila nas folhas encontram-se na Tabela 5. Nota-se que ocorreu diferença significativa no nível de 1% de probabilidade para a regressão linear, indicando que à medida que aumenta a dose de N há um incremento do nutriente na folha e concomitante aumento do teor de clorofila.

Tabela 5. N foliar e Índice SPAD em função de doses crescentes de N

Doses de N kg ha ⁻¹		N foliar g kg ⁻¹	Índice SPAD
0		12,67	32,91
30		13,47	33,32
60		13,92	33,78
90		14,2	34,12
120		14,37	35,90
FV	GL	-----Quadrados médios-----	
Blocos	3	0,1933	0,2707
Tratamentos	4	1,853**	52475**
Résiduo	12		
CV(%)		1,62	2,4
Média		13,7	34,0

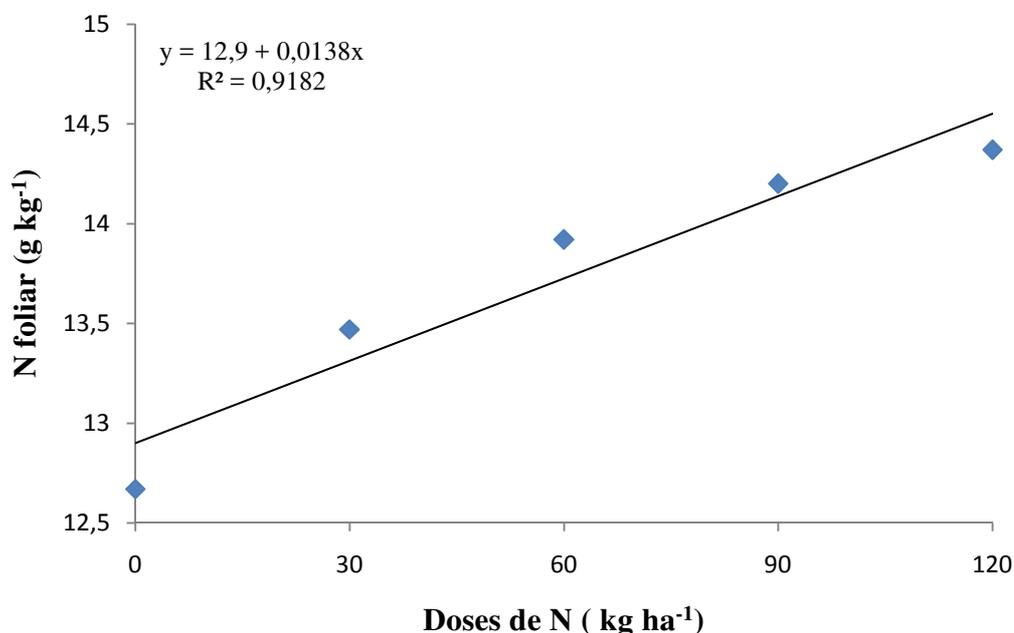
** – significativo no nível de 1% de probabilidade pelo teste F

O conhecimento da extração de nutrientes retirados do solo pela cana-de-açúcar e o uso de ferramentas como diagnose foliar são bons indicadores da quantidade de nutriente que

precisa ser repostado no solo pela adubação (ROSETTO et al, 2008, p. 221). Moura Filho et al (2010) encontrou valores ótimos de teores foliares de N para a cana-de-açúcar entre 12,5-20,8 g kg⁻¹, sendo assim, os valores obtidos neste trabalho estão dentro da faixa considerada adequada pelo autor. Silva (2012) obteve valores superiores aos obtidos no presente trabalho, o fato pode ser atribuído às características de fertilidade do solo e a disponibilidade de água no ano em que foi realizado o estudo.

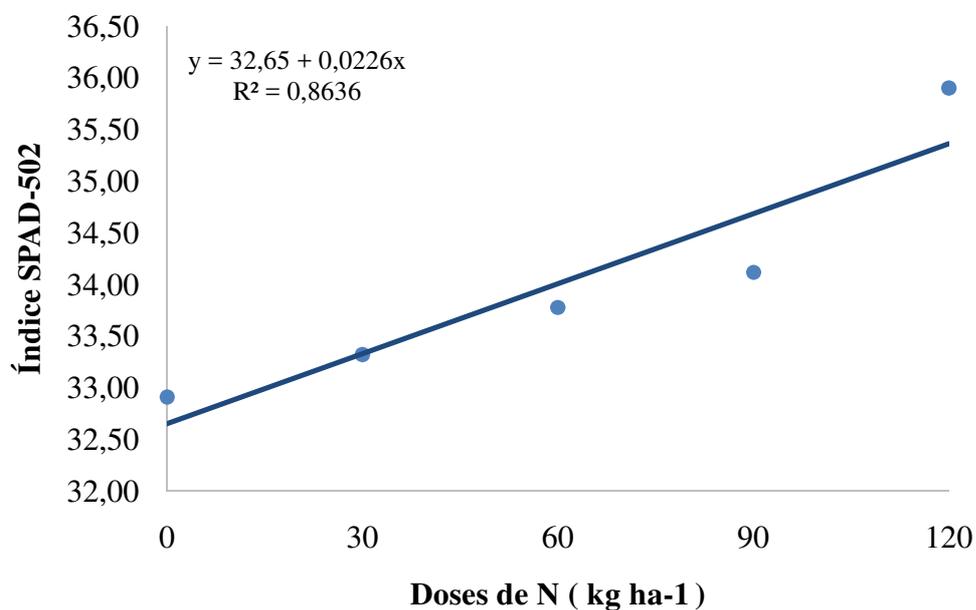
Na Figura 6 encontra-se a relação entre o teor foliar de N na folha +3 e as doses crescentes de N aplicadas.

Figura 6. N foliar em função de doses crescentes de N



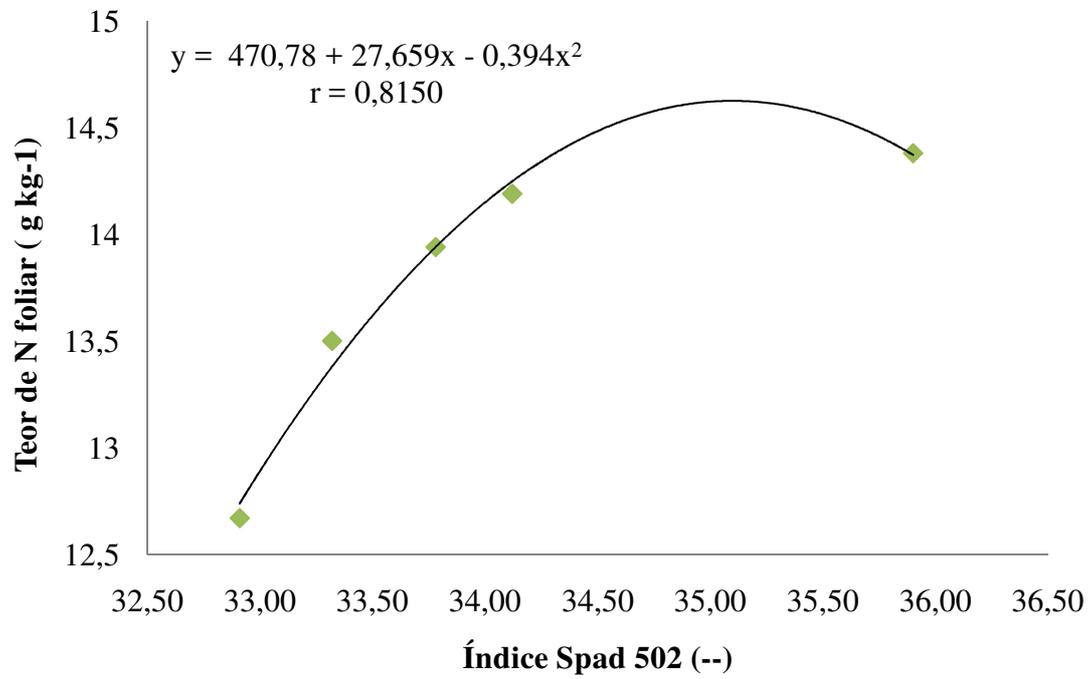
A partir da figura nota-se que a medida que aumenta a dose de N no solo ocorre um incremento no teor de N na folha +3. Na Figura 7 encontra-se a relação entre a leitura SPAD-502 e as doses crescentes de N aplicadas Vale (2009), trabalhando com diferentes doses de N verificou que não houve efeito significativo da leitura SPAD-502 com o aumento da aplicação de N, possivelmente porque a aplicação de N não promoveu diferenças significativas que fossem perceptíveis pela leitura SPAD-502, fato não observado neste trabalho..

Figura 7. Índice SPAD em função de doses crescentes de N



Malavolta (1997, p. 201) relatou que avaliar o estado nutricional consiste em fazer comparação entre amostra (uma planta ou um conjunto de plantas, sendo esta inteira ou parte da mesma) e amostra padrão (uma planta ou conjunto de plantas tidas como normal do ponto de vista nutricional). Esse levantamento é importante, pois o estado nutricional da cana influencia as taxas fotossintéticas e o metabolismo da sacarose tendo, portanto, efeitos na produtividade, longevidade e lucratividade do canavial (DEMATTÊ, 2005, p. 24). Existem diversas técnicas de avaliação do estado nutricional das plantas, sendo que dentre elas podemos destacar a diagnose foliar como a mais utilizada para determinação de N na folha, entretanto, O uso de medidas indiretas, para determinar a necessidade de um determinado elemento, como o teor de clorofila na avaliação do estado nutricional de N das plantas por exemplo, tem sido amplamente estudado nos últimos anos, devido a rapidez e praticidade (FONTES, 2001, p. 122). A aplicação do medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) (MINOLTA, 1989, p. 22) tem sido estudada para diversas culturas, e com resultados satisfatórios quanto à avaliação do estado nutricional de N (ZOTARELLI et al., 2003, p 1120). Entretanto, faz-se necessária a sua calibração para cada cultura e em cada situação. O resultado obtido neste trabalho mostra que o Índice SPAD-502 pode ser uma ferramenta utilizada para recomendação de adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar, pois apresenta uma alta correlação positiva com o teor de N foliar (Figura 8).

Figura 8.Correlação entre teor de N foliar e índice SPAD-502



CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada não influencia no número de perfilhos por metro linear, altura e diâmetro do colmo no ciclo da cana-planta;
2. A adubação nitrogenada promove um incremento de N foliar tendo como consequência um aumento no teor de clorofila na folha +3;
3. A utilização do SPAD é uma técnica eficiente na determinação indireta do N, uma vez que, as leituras apresentam uma forte correlação positiva com o teor do nutriente na folha da cana-de-açúcar e pode servir de referência para recomendação de adubação nitrogenada.

REFERÊNCIAS

CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: **Simpósio Internacional de Fisiologia da cana-de-açúcar**, 2000, Piracicaba. Anais. Piracicaba: STAB, 2000. 10p. (CD-ROM).

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2012. Brasília. 2012. 6-9p.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2013. Brasília. 2013. 6p.

COSTA, C. T. S.; Crescimento, pigmentos fotossintéticos e produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), no quarto ciclo de cultivo. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal). UFAL, 2009.

DEMATTE, J. L. I. Cultura da cana-de-açúcar: Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Informações Agrônomicas**, n. 111. 2005. 24 p

EMBRAPA- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileira de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 101p.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional de plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

HARGROVE, W.L. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Eds.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals: Tennessee Valley Authority, 1988. p.17-36.

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J.A. Melhoramento Genético, Caracterização e Manejo Varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A et al. **Cana-de-Açúcar**, Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 2008. 882p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora: CERES. 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato, 1997. 201 p.

MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502**. Instruction manual. Minolta Co., Osaka, Japan. 1989. 22 p.

MOURA FILHO, G. et al. Determinação de Teores Ótimos de nutrientes em cana-de-açúcar na destilaria Japungu-PB, usando o método da chance matemática (Chm). In. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de plantas. 29. Guarapari, 2010. **Resumos expandidos...** Guarapari: SBCS, 2010. CD-ROM.

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agraria**, v.5, n.1-2, 2004. p. 87-94,

PEUKE, A. D.; JESCHKE, W. D. The uptake and flow of C, N and ions between roots and shoots in *Racinus communis* L. - I: growth with ammonium and nitrate as nitrogen source. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 44, 1993. p. 1167-1176.

PMGCA- **Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar: Boletim técnico 02**. Rio Largo: CECA/UFAL, 2003. 7p.

PÔRTO, M. L. et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, 2011. p.311-315,.

ROSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. **Fertilidade do solo, nutrição e adubação**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, p. 221-238.

SILVA, A. A. **Crescimento, rendimento agrícola e teores nutricionais de cana-de-açúcar sob adubação nitrogenada e vinhaça**. 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal)- Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

VALE, D. W. Efeito da aplicação de nitrogênio nos atributos químicos do solo, na nutrição e na produção de cana-de-açúcar. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009

VITTI, A.C. et al. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, 2007. p.249-256,.

WIRÉN, N.V.; GAZZARRINI, S.; FROMMER, W.B. Regulation of mineral nitrogen uptake in plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 196, 1997p. 191-199.

ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, 2003.p. 1117-1122,

CAPÍTULO 2

RENDIMENTO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO

Resumo: O nitrogênio encontra-se em apenas 1% da massa seca total da planta, mas sua deficiência causa redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros da produtividade agrícola e industrial da variedade RB92579 submetida a doses de ureia. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01, na Usina Sumaúma, localizada no município de Marechal Deodoro no Estado de Alagoas. A variedade utilizada foi a RB92579 plantada no dia 30 de janeiro de 2012 em espaçamento combinado (1,50 x 0,90). O estudo foi constituído por cinco tratamentos com quatro repetições, e o delineamento adotado foi em blocos casualizados com parcelas experimentais compostas por oito sulcos de 21m de comprimento onde se aplicou cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) na forma de ureia. Foi estimada a produção em toneladas por hectare (TCH e TPH) e foi feita a caracterização da qualidade tecnológica da cana, onde se obteve os dados de Brix, Pol PC, Fibra, Pureza e ATR. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F através do programa estatístico SAEG 5.0. Para os parâmetros que apresentaram diferença estatística foi aplicada a regressão e os resultados foram apresentados em forma de gráfico. A adubação nitrogenada de plantio potencializou o TATRH, o TCH e TPH no ciclo da cana-planta elevando a produtividade do canavial; A maior dose de N aplicada não foi suficiente para se atingir picos máximos de TCH e TPH indicando possibilidade de resposta a doses superiores; A prática da adubação nitrogenada deve ser adotada no manejo da cana-planta, pois proporciona um maior retorno econômico da cultura aumentando a rentabilidade do canavial.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, produção, ureia

AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL YIELD FROM THE SUGARCANE SUBMITTED TO DOSES OF NITROGEN

Abstract: Nitrogen lies in only 1% total dry mass of the plant, but its deficiency causes a reduction in the synthesis of chlorophyll, essential amino acids and energy needed to produce carbohydrates and carbon skeletons, reflecting directly in the development and crop yield. The objective of this study was to evaluate the parameters of the agricultural and industrial productivity variety RB92579 subjected to doses of urea. The work was developed in the farm Flor da Ribeira, Lot 01, in sugarcane plant Sumaúma, localized in the municipality of Marechal Deodoro in the state of Alagoas. The variety used was the planted RB92579 on 30 January 2012 in combined spacing (1.50 x 0.90). The study was divided into five treatments with four replications, and the study design was randomized blocks where been applied five N rates (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) in the shape of urea. Was estimated production in tons per hectare (TCH and TPH) and was cleaned the characterization of technological quality of sugarcane where was obtained the data from Brix, PC, fiber, purity and ATR. Data were subjected to analysis of variance and F test through of the statistical program SAEG 5.0. For parameters that showed statistical difference was applied regression and the results were presented in graphical form. Nitrogen fertilization at planting potentiated the TATR, TCH and TPH in the plant cane cycle elevating the productivity of sugarcane field, the higher dose of N applied was not sufficient to achieve maximum peaks of TCH and TPH showing possibility of response to higher doses ; the practice of nitrogen fertilization should be adopted in the management of plant cane, it provides a greater economic return of the crop increasing the profitability of sugarcane plantation.

Keywords: Nitrogen fertilization, production, urea

INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético tem significativa importância para o agronegócio brasileiro gerando emprego e renda em escala nacional. A cana-de-açúcar ganhou interesse global como matéria-prima para produção de biocombustíveis devido ao seu equilíbrio de energia ser potencialmente positivo (RENOUF et al., 2008, p. 1144; SMEETS et al., 2009, p. 01). A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2012/2013 está estimada em 8,5 milhões de hectares (CONAB, 2012, p. 6).

O N encontra-se em apenas 1% da massa seca total da planta, mas sua deficiência causa redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura (EPSTEIN; BLOOM, 2004, p. 400; FRANCO et al., 2011, p. 29). Carnaúba (1990, p. 24) em uma revisão em mais de 20 trabalhos observou que as doses de nitrogênio responsável pela maior produtividade da cana-de-açúcar variaram de 25 até 400 kg ha⁻¹, indicando a importância de pesquisas científicas em torno da dose adequada e as respostas às aplicações de fertilizantes nitrogenados.

Orlando Filho et al. (1999, p. 39) constataram que a resposta da cana-planta ao N se refletiu no maior vigor das soqueiras, aumentando a produção nos cortes subsequentes, entre a cana-de-açúcar com e sem adubação nitrogenada, por outro lado Espironelo (1987, p. 94) cita trabalhos em que não se encontrou resposta da cana planta à adubação nitrogenada, sendo que a menor necessidade de nitrogênio foi encontrada em solos que já haviam sido cultivados com cana-de-açúcar.

Uma das maiores limitações do meio a produção da cana-de-açúcar no Brasil relaciona-se principalmente à disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes minerais nos solos, com destaque para o nitrogênio, uma vez que, depois do potássio o nitrogênio é elemento mais exigido pela cultura. Estima-se que para uma produção de 100 t ha⁻¹ de colmos a cana-de-açúcar extrai do solo cerca de 150 a 200 kg ha⁻¹ de N. O manejo da adubação nitrogenada pode resultar tanto em redução da produtividade da cultura quanto na sua longevidade, reduzindo, por conseguinte, o número de colheitas (PEUKE; JESCHKE, 1993, p. 1167; Vitti et al., 2007, p. 249).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros da produtividade agrícola e industrial da variedade RB92579 submetida a doses de ureia.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do Ambiente

Para avaliar os efeitos da aplicação do N em solo cultivado com cana-de-açúcar, conduziu-se o experimento no período de janeiro de 2012 a fevereiro de 2013. Foi instalado em uma área de exploração comercial na Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01 (09°39'22,5''S, 35°56'35,2''O) na Usina Sumaúma, localizada no município de Marechal Deodoro, Zona da Mata do Estado de Alagoas. A temperatura média da região esteve em torno de 27,0°C, apresentando máxima de 32,0°C e mínima de 22,0°C. A precipitação pluvial desde a implantação até a colheita foi de 1.055 mm, apresentando uma ETo de 1.940 mm. A área experimental está situada em área de Tabuleiro Costeiro sobre solo classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso Típico de textura média/argilosa (EMBRAPA 2006, p. 101). As características químicas e físicas do solo encontram-se na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

Figura 1. Balanço Hídrico e temperatura média decenal do período de implantação a colheita do experimento, fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro, AL.

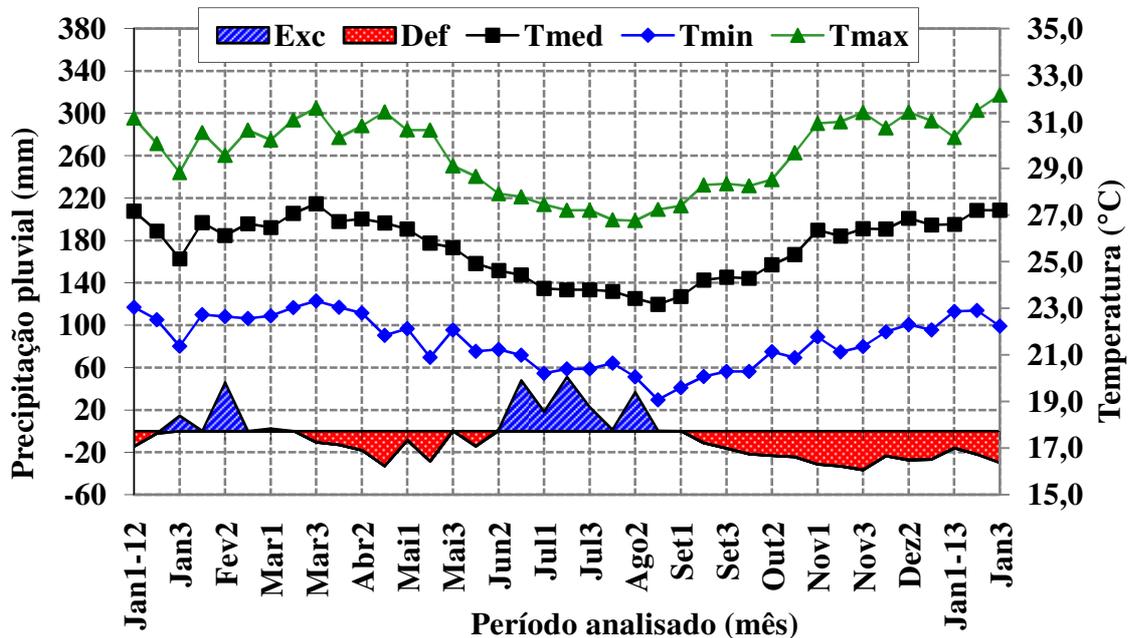


Tabela 1. Análise química de solo fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma

Profundidade	pH(H ₂ O)	Na	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg
--cm--		-----mg dm ⁻³ -----							cmol _c dm ⁻³	
00-20	5,5	15	8	25	15,7	0,71	1,4	13,8	1,9	0,9
20-40	5,2	10	4	13	25,5	0,56	0,8	8,27	0,6	0,3
40-60	4,9	12	2	17	21,4	0,28	1,4	7,47	0,6	0,2

Profundidade	Al	H+Al	SB	CTCt	CTC	V	M	Saturação		
								Na	K	M.O.
	-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----%-----			
00-20	0,09	3,5	2,9	2,95	6,43	45,6	3	1	1	1,3
20-40	0,84	4,5	0,9	1,77	5,48	17,8	46	0,8	0,6	0,9
40-60	1,18	4,5	0,8	2,08	5,4	16,6	57	1	0,8	0,6

Tabela 2. Análise física de solofazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma

Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte/Argila	Classe textural
--cm--	-----g/kg-----					------(SBCS)-----
0-20	470	280	50	200	0,25	Franco-Arenosa
20-40	420	190	90	300	0,30	Franco-Argiloarenosa
40-60	350	160	40	450	0,09	Argiloarenosa

O preparo do solo consistiu de uma gradagem para a destruição dos restos culturais e subsolagem com nivelamento. A adubação foi feita aplicando-se, no fundo do sulco de plantio 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 140 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme a recomendação padrão feita pela empresa.

Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de N na forma de ureia (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas no fundo do sulco. Cada parcela foi composta de oito linhas de cana-de-açúcar com 21 m de comprimento em um espaçamento combinado de 1,5 m x 0,9 m possibilitando assim a colheita mecanizada da cana crua. A área útil das parcelas foi constituída pelas quatro linhas centrais, com 11 m de comprimento. A distribuição das mudas foi feita com uma densidade mínima de 12 gemas por metro linear, com o intuito de garantir um bom *stand* de perfilhos no estabelecimento da cultura.

Caracterização da variedade

O plantio foi realizado no dia 30 de janeiro de 2012, caracterizado como plantio de verão. Utilizou-se a variedade RB92579 por suas características de adaptação regional e representatividade, pela área plantada no Estado de Alagoas, tendo como características morfológicas: hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e fraco serrilhamento na borda, difícil despalha, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular.

As características agroindustriais que mais se destacam na variedade RB92579 são: alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, proporcionam um bom fechamento de entrelinhas. Considerada de maturação média, esta variedade apresenta no meio de safra, alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, com longo período de utilização industrial (PUI), e médio teor de fibra. Não apresenta restrição ao ambiente de produção. Intermediária a escaldadura das folhas e resistente a ferrugem (PMGCA, 2003).

Análise dos parâmetros agroindustriais

Ao final do ciclo (360 dias), a cana-de-açúcar foi colhida, pesada e estimada a produção em toneladas por hectare (TCH) e TPH (toneladas de açúcar provável por hectare), multiplicando-se o TCH pela porcentagem de sacarose aparente corrigida (PC). Retirou-se aleatoriamente dentro de cada parcela uma amostra de 10 plantas para a caracterização da qualidade tecnológica da cana, sendo obtidos, no Laboratório Agroindustrial da Usina Sumaúma, os dados de Brix (%), Pol da cana o (PC %), fibra industrial (Fibra %), pureza (Pureza %), açúcares totais recuperáveis (ATR).

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SAEG 5.0. Para os parâmetros que apresentaram diferença estatística foi aplicada a regressão e os resultados foram apresentados em forma de gráfico com as fórmulas que melhor representa os dados. Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação (R^2 ajustado) com o auxílio do programa FCalc. Com base nos modelos de regressão selecionados para produção agrícola, em função das doses de N, foram calculadas as doses necessárias para

atingir a produção máxima, que foram denominadas de doses de máxima eficiência econômica.

Parâmetros analisados

Rendimento Agrícola

Tonelada de cana por hectare (TCH)

Produção de colmos na área, em que os valores obtidos são convertidos para $t\ ha^{-1}$.

Rendimento Industrial (TPH)

Tonelada de Pol por hectare

Quantidade de açúcar provável em um hectare, os valores são convertidos para t/ha.

A TPH é ser calculada pela equação:

$$TPH = \frac{TCH \times PC}{100} \quad (1)$$

Características tecnológicas

Teor de Sólidos Solúveis (Brix em %)

Sólidos solúveis Totais (Brix em %) é a porcentagem, em gramas, de sólidos dissolvidos na água presente em um produto (cana-de-açúcar). A determinação do Brix é feita a partir do caldo extraído da cana-de-açúcar efetuada em refratômetro digital, provido de correção automática de temperatura e ajuste de campo, com saída para impressora e/ou registro magnético, devendo o valor final ser expresso a 20°C. O índice de refração que é proporcional ao índice de sólidos solúveis ou Brix é obtido pela expressão:

$$Ir = \frac{\text{Sen}(i)}{\text{Sen}(r)} \quad (2)$$

Onde:

- Ir – Brix ou teor de sólidos solúveis;
- Sen (i) – Seno do ângulo de incidência
- Sen (r) – Seno do ângulo de refração.

Fibra (%)

A fibra industrial será função do peso, em gramas, do material fibroso residual de prensagem (bolo úmido de bagaço) e equivalerá 0,1005 desse peso, expresso em porcentagem. É determinada segundo a equação:

$$Fibra = (0,152 \times PBU - 8,367)(3)$$

Onde:

PBU = Peso úmido (grama) do bagaço da prensa (resíduo da prensagem de 500 g de cana)

Açúcares totais recuperáveis (ATR)

Os açúcares totais recuperáveis (ATR) constitui um dos parâmetros do sistema de pagamento de cana, e reflete o resultado da diferença entre o ART (açúcares redutores totais) da cana e as perdas na lavagem de cana, no bagaço final, na torta do filtro ou prensa e as “indeterminadas”, considerando a eficiência média padrão, assumindo perdas de 12% (Fernandes,2003). O ATR é calculado através da fórmula regulamentada pelo CONSECANA (1999):

$$ATR = 10 \times 0,88 \times 1,0526 \times PCC + 10 \times 0,88 \times ARC \quad (4)$$

Pol da cana (PC)

Pode ser definida como a porcentagem em massa de sacarose aparente contida em uma solução açucarada de peso normal determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada. A pol da cana (PC) é calculada pela equação:

$$PC = S \times (1 - 0,01 \times F) \times C(5)$$

Onde:

S = pol do caldo;

F = fibra da cana;

C = O coeficiente “C” é utilizado para a transformação da pol do caldo extraído pela prensa em pol de cana (PC).

TATR_H

Tonelada de ATR por hectare. É calculada pela equação:

$$TATR_H = TCH \times ATR / 1000 \quad (6)$$

Onde:

TCH= Tonelada de cana por hectare

ATR= Açúcares totais recuperáveis

MCA

Margem de contribuição agrícola

$$MCA = (VTC \times TCH) - (TCH \times CCT) - Tecn \quad (7)$$

Onde:

VTC = Valor do ATR x ATR

TCH = Tonelada de cana por hectare

CCT = Custo de carregamento e transporte (20,00 R\$/ t cana)

Tecn = Custo da tecnologia empregada(preço do kg de N: R\$ 3,02)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Brix, Pol e Fibra

Os dados referentes à análise de variância dos parâmetros tecnológicos Brix, Pol e Fibra, encontram-se na Tabela 6. De acordo com os dados, nota-se que não ocorreu diferença estatística significativa entre os tratamentos, indicando que nenhum dos parâmetros citados foi influenciado pelas doses aplicadas.

Tabela 6. Brix, Pol, Fibra da cana-de-açúcar em função de doses crescentes de N

Doses de N		Brix	Pol	Fibra
Kg ha ⁻¹		(%)	(%)	(%)
0		21,53	15,5	18,53
30		21,65	15,35	18,68
60		21,4	15	18,22
90		21,6	15,46	18,7
120		21,68	15,5	18,9
FV	GL	-----Quadrados Médios-----		
Tratamentos	04	0,04925	0,18512	0,25167
Reg. Linear	01	0,02500 ^{ns}	0,00552 ^{ns}	0,22201 ^{ns}
Reg. Quadrática	01	0,03500 ^{ns}	0,42004 ^{ns}	0,30606 ^{ns}
Reg. Cúbica	01	0,02500 ^{ns}	0,01980 ^{ns}	0,04489 ^{ns}
Reg. de 4º grau	01	0,11200 ^{ns}	0,29510 ^{ns}	0,43372 ^{ns}
Blocos	03	-	-	-
Resíduo	12	0,50967	0,55718	0,67216
CV(%)		3,31	4,86	4,41
Média		21,5	15,3	19

ns- não significativo.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Azeredo et al. (1986), Orlando Filho et al. (1994, p. 07), Korndörfer et al. (1997, p. 23) e Trivelin et al. (2002, p. 193), mostrando que a adubação nitrogenada não afetou a qualidade tecnológica dos colmos. Por outro lado, os resultados diferem dos obtidos por Silveira & Crocomo (1990, p. 07), que identificaram decréscimo no teor de Brix, Pol e fibra em plantas que se desenvolveram na presença de alta concentração de N, fato também identificado por Resende et. al (2006, p. 937) trabalhando com o cultivar CB 45-3 em dois ciclos de cultivo utilizando Ureia. Para o

autor, este resultado já era esperado, uma vez que o N prolonga o período vegetativo da cultura e, portanto, aumenta umidade da cana-de-açúcar tendo como consequência redução no teor de sacarose (KORNDÖRFER, 1994, p. 23;FRITZ, 1984, p.630). A ausência desse efeito neste trabalho, mesmo em doses mais elevadas de N, pode ter como explicação as baixas reservas e a mineralização de N no solo (VITTI, 2003, p. 249).

No presente trabalho, embora não tenha apresentado diferença significativa notou-se que o Brix da cana-de-açúcar se manteve acima dos 18% em todos os tratamentos. Para Ripoli (2004, p. 302), o valor recomendado para Pol deve estar acima de 14%, sendo assim, mesmo não apresentando diferença significativa, os valores de Pol obtidos neste trabalho encontram-se na faixa ótima recomendada pelo autor com média de 15,36%.

O teor de fibra não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5), corroborando com os resultados obtidos por Tasso Júnior et al. (2007, p .276).Uma porcentagem de fibra acima dos valores considerados aceitáveis é indesejável dentro do sistema de produção da cana-de-açúcar, uma vez que teores de fibra elevados pode diminuir a quantidade de caldo dos colmos, tornando-os isoporizados (SORDI e BRAGA JÚNIOR, 1996, p. 238). Franco (2003) menciona que os níveis de fibra de uma cana normal devem oscilar numa faixa de aproximadamente 10-13%, neste trabalho os valores de fibra estão acima da faixa adequada apresentando valores em torno de 18%.

Embora aparentemente seja uma característica indesejável, hoje muito se fala em produção de bioenergia. Muitas usinas de açúcar e álcool têm hoje, em sua grande maioria, a geração de energia própria, não necessitando assim de outro combustível senão do bagaço, o qual é produzido pelo processo da própria indústria sucroalcooleira.O bagaço propriamente dito está pronto quando essa fibra sai da moenda, então, passa pela queima e gera energia.

PC, ATR e TATRH

Os dados referentes à análise de variância dos parâmetros tecnológicos PC, ATR e TATRH, encontram-se na Tabela 7. Nota-se que não ocorreu diferença significativa para os parâmetros PC e ATR, entretanto, para TATRH, ocorreu diferença significativa no nível de 1% de probabilidade para a regressão linear, o que nos permite afirmar que à medida que se aumenta a dose de N ocorre um incremento de TATRH.

Tabela 7. PC, ATR, TATR_H da cana-de-açúcar em função de doses crescentes de N

Doses de N		PC	ATR	TATR _H
(kg ha ⁻¹)		(%)	(kg t ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
0		13,6900	149,27	11,82
30		13,7825	150,14	12,55
60		13,7325	147,09	12,40
90		13,2250	151,20	13,20
120		10,4725	151,41	14,64
FV	GL	-----Quadrados médios-----		
Tratamentos	4	0,123930	12,30096	04,6644
Reg. linear	1	0,00081 ^{ns}	11,37422 ^{ns}	15,8322 ^{**}
Reg. Quadrática	1	0,10458 ^{ns}	9,68614 ^{ns}	1,62862 ^{ns}
Reg. cúbica	1	0,33489 ^{ns}	0,00020 ^{ns}	0,93330 ^{ns}
Reg. de 4º grau	1	0,05544 ^{ns}	28,14326 ^{ns}	0,25743 ^{ns}
Blocos	3	-	-	-
Resíduo	12	0,54128	28,08252	0.25952
CV(%)		5,4	3,54	3,94
Média		13,63	149,82	12,93

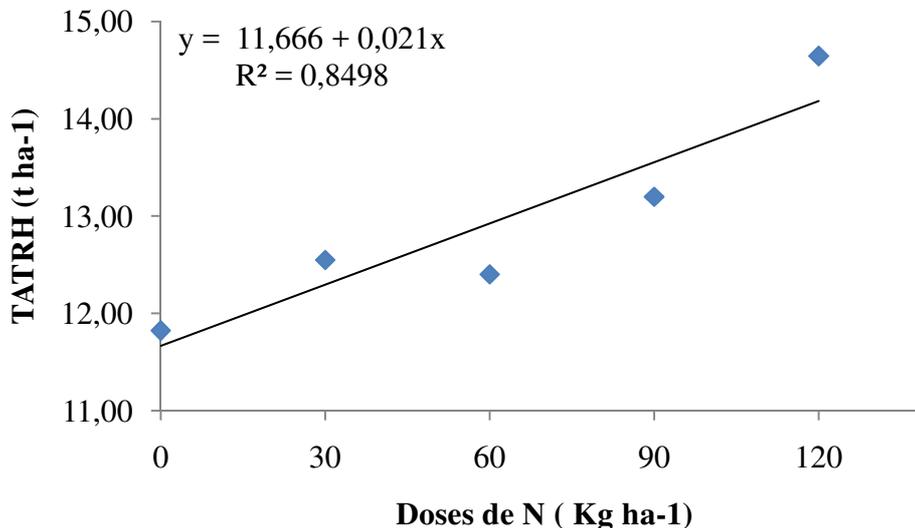
ns- não significativo. ** – significativo no nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Os valores de PC obtidos neste trabalho apresentam-se abaixo dos valores obtidos por Silva (2012), que avaliou o crescimento, rendimento agrícola e teores nutricionais da cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e vinhaça em Alagoas, obtendo uma média de 15% para as mesmas doses utilizadas neste trabalho. Entretanto, foi identificada ausência de resposta das doses crescentes de N no mesmo parâmetro corroborando com os dados obtidos no presente trabalho.

A cana é paga pela sua qualidade em açúcares. Esta qualidade é medida pela quantidade de Açúcar Total Recuperável (ATR) presente em cada tonelada de cana. Desta forma, o preço da cana é formado por quilogramas de ATR por tonelada (Kg ATR/tonelada de cana (CNA, 2007, p. 11). Quanto maior o valor do ATR obtido maior será a remuneração oferecida ao fornecedor. A ausência de resposta deste parâmetro ao incremento de N corrobora com os resultados obtidos por Trivelin et al.(2002, p. 193), entretanto, os valores de ATR obtidos neste trabalho apresentaram cerca de 10 kg t⁻¹ a mais que os obtidos pelo respectivo autor. Essa diferença pode ser atribuída às características genéticas inerentes as variedades utilizadas nos dois trabalhos.

TATRH é um acrônimo para o indicador “toneladas de açúcar total recuperável (ATR) por hectare” e, a exemplo do TCH (“toneladas de cana por hectare”), pretende demonstrar a produtividade da empresa produtora de matéria-prima para as agroindústrias canavieiras. Para obtê-lo basta multiplicar seu TCH pelo seu teor médio de ATR e dividir por mil para converter quilograma em tonelada. A dose que proporcionou o maior TATRH, em relação às demais doses aplicadas, foi a de 120 kg ha⁻¹ de N, apresentando uma média de TATRH em torno de 15 t ha⁻¹. Como a equação de regressão que melhor representou os dados foi a linear, considerou-se 90% da dose máxima (108 kg ha⁻¹) para a determinação do nível crítico apresentando 13,93 t ha⁻¹. (Figura 8)

Figura 9. TATRH em função das doses de N



Rendimento agrícola e industrial (TCH e TPH)

Os dados referentes à análise de variância do rendimento agrícola (TCH) e rendimento industrial (TPH), encontram-se na Tabela 8. A partir dos resultados nota-se que ocorreu diferença significativa no nível de 1% de probabilidade para a regressão linear, indicando que à medida que aumenta a dose de N ocorre um incremento em TCH e TPH.

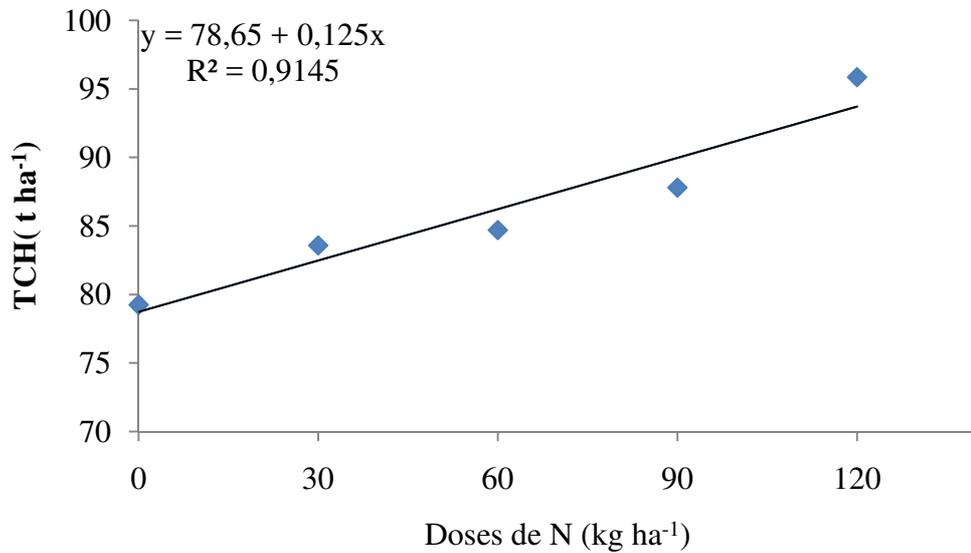
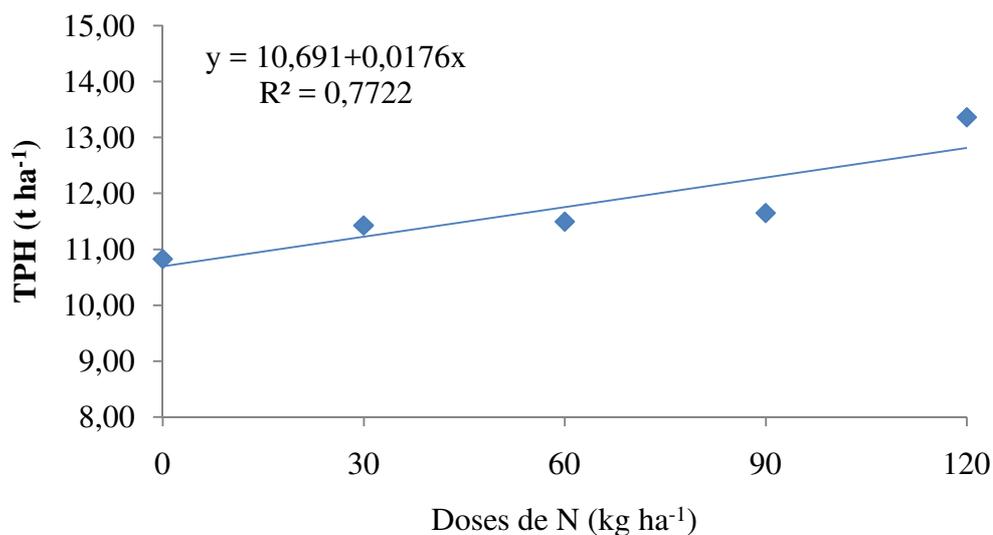
Tabela 8. TCH e TPH da cana-de-açúcar em função de doses crescentes de N

Doses de N (kg ha ⁻¹)		TCH (t ha ⁻¹)	TPH (t ha ⁻¹)
0		79	10,83
30		84	11,43
60		85	11,49
90		88	11,65
120		96	13,36
FV	GL	-----Quadrados Médios-----	
Tratamentos	04	15,650	363,771
Reg. linear	01	31,50000**	11,23600**
Reg. Quadrática	01	30,62500 ^{ns}	1,53121 ^{ns}
Reg. cúbica	01	30,62500 ^{ns}	1,74306 ^{ns}
Reg. de 4º grau	01	0,17500 ^{ns}	0,04056 ^{ns}
Blocos	03	-	-
Resíduo	12	673,333	0,50994
CV(%)		3,01	6,08
Média		86,1	11,7

ns- não significativo. ** – significativo no nível de 1% de probabilidade pelo teste F

O TPH é a relação entre TCH e PC, visto que a obtenção de uma produção de açúcar elevada é decorrente dos altos valores dessas variáveis. Korndörfer & Martins (1992, p. 26) observaram aumento linear na quantidade de açúcar produzida por hectare com as doses de N, estando de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho. Resultado semelhante também foi obtido por Vitti (2003) que avaliou a resposta da cana-de-açúcar a aplicação de nitrogênio com doses variando de 0 a 175 kg ha⁻¹, observando resposta linear às doses de N na produção de colmos.

A dose que proporcionou o maior TCH e TPH, em relação às demais doses aplicadas, foi a de 120 kg ha⁻¹ de N, apresentando uma média de TCH de 96,00 t ha⁻¹ e TPH de 13,36 t ha⁻¹, 17 e 2,5 toneladas de cana e açúcar por hectare, respectivamente, a mais que a testemunha. Como a equação de regressão que melhor representou os dados foi a linear, considerou-se 90% da dose máxima (108 kg ha⁻¹) para a determinação do nível crítico apresentando TCH em torno de 92 t ha⁻¹ e TPH em torno de 13 t ha⁻¹ (Figura 10 e Figura 11).

Figura 10. TCH em função de doses crescentes de N**Figura 11.** TPH em função de doses crescentes de N

A dose mais econômica de fertilizantes pode ser influenciada por uma série de variáveis, principalmente a precipitação. A safra 2012-2013 foi afetada por um período de forte estiagem durante o período chuvoso. A seca que atingiu a região nordeste afetou os canaviais com baixos índices pluviométricos Figura 1, prejudicando consideravelmente o ciclo produtivo da cultura da cana-de-açúcar (CONAB, 2013, p. 06). O N é um elemento altamente influenciável pelas condições do ambiente pode ter sido influenciado por esse período de estiagem. As perdas de N podem ocorrer especialmente por volatilização e/ou

lixiviação em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Alguns autores relataram que altas temperaturas associada à ausência de chuva são fatores que promovem perda do N por volatilização (HARGROVE, 1988, p. 17), no entanto, no presente estudo, a baixa resposta da produtividade à adubação nitrogenada pode ser atribuída à falta de água no solo impedindo que o N chegasse até as raízes da cana uma vez que o N é um nutriente muito móvel na solução de solo e é absorvido por fluxo em massa pela planta.

Silva (2012) estudando o crescimento, rendimento agrícola e teores nutricionais da cana-de-açúcar submetida à adubação nitrogenada e vinhaça aplicando a mesma dose obteve médias de produtividade superiores às médias obtidas no presente estudo, apresentando valores em torno de 120 t ha⁻¹ e 18 t ha⁻¹ de TCH e TPH respectivamente. A divergência nos resultados pode ser atribuída a diversos fatores, dentre eles, podemos destacar a seca mencionada anteriormente. A resposta linear tanto do rendimento agrícola quanto do rendimento industrial indica que há possibilidade de resposta da cana de açúcar a doses superiores a 120 kg ha⁻¹.

Margem de contribuição agrícola (MCA)

Os dados referentes à MCA encontram-se na Tabela 9. Nota-se ocorreu diferença significativa no nível de 1% de probabilidade para a regressão linear, onde se pode verificar que, à medida que aumentamos a dose, ocorre maior retorno econômico da cultura.

Tabela 9. Margem de contribuição agrícola (MCA) em função de doses crescentes de N

Doses de N		MCA
(kg ha ⁻¹)		(R\$/ ha ⁻¹)
0		4510,25
30		4708,03
60		4526,40
90		4786,79
120		5252,71
FV	GL	Quadrados médios
Tratamentos	04	363068,43
Reg. linear	01	978025,54 ^{**}
Reg. Quadrática	01	273437,64 ^{ns}
Reg. cúbica	01	136859,58 ^{ns}
Reg. de 4º grau	01	63950,96 ^{ns}
Blocos	03	--
Resíduo	12	54780,19
CV(%)		4,92
Média		4756,83

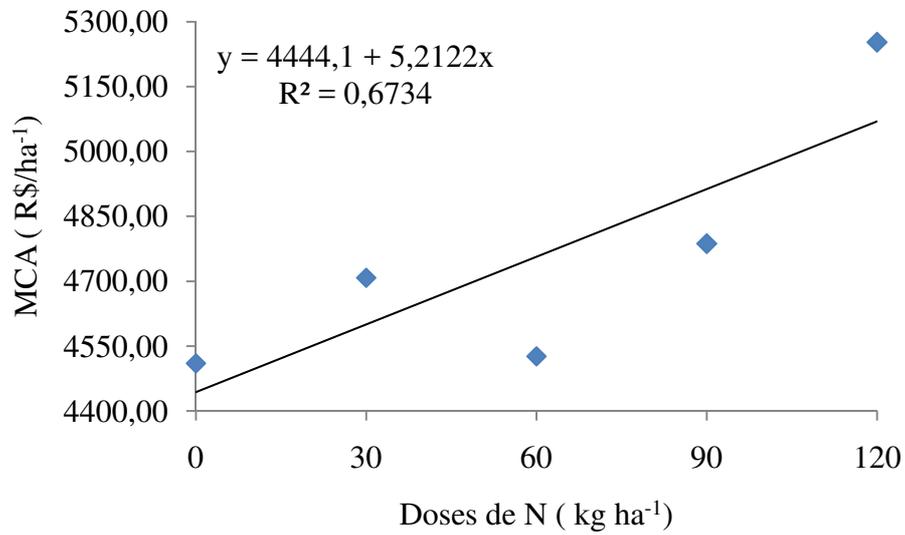
ns- não significativo. ** – significativo no nível de 1% de probabilidade pelo teste F

A margem de contribuição é uma poderosa ferramenta de gerenciamento que permite ao administrador tomar decisões importantes para melhor maximizar o seu lucro. A margem de contribuição corresponde à diferença entre a receita da venda de um determinado produto e os custos e despesas variáveis utilizados para sua fabricação. Este método considera os custos fixos como gastos dos períodos e fornece, de forma rápida e descomplicada, o desempenho econômico e financeiro de cada área de cultivo em uma determinada unidade produtiva. Para Fernandes (2003), a margem de contribuição (MCA) é a diferença entre a receita obtida com a matéria-prima entregue na indústria e os custos variáveis do corte, carregamento e transporte, e tratos culturais.

Considerando que na dose 0 kg ha⁻¹ de N a MCA correspondeu R\$ 4.510,25 ha⁻¹ e na dose de 120 kg ha⁻¹ de N a MCA correspondeu a R\$ 5.252,71 ha⁻¹, constatando um lucro de R\$ 742,26 ha⁻¹. Supondo que a tecnologia fosse adotada em uma propriedade de 2000 ha⁻¹ o lucro seria de R\$ 1.484.520,00.

Na Figura 12 é mostrado a Margem de contribuição agrícola em função de doses crescentes de N

Figura 12.MCA em função de doses crescentes de N



Como a equação de regressão que melhor representou os dados foi a linear, considerou-se 90% da dose máxima (108 kg ha⁻¹) para a determinação do nível crítico apresentando uma MCA de R\$ 5.007,02 por hectare.

CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada de plantio potencializa o TATR_H, oTCH e TPH no ciclo da cana-planta elevando a produtividade do canavial;
2. A maior dose de N aplicada (120 kg ha⁻¹) não foi suficiente para se atingir picos máximos de TCH e TPH indicando possibilidade de resposta a doses superiores;
3. A prática da adubação nitrogenada deve ser adotada no manejo da cana-planta pois proporciona um maior retorno econômico da cultura aumentando a rentabilidade do canavial.

REFERÊNCIAS

- AZEREDO, D.F.; BOLSANELLO, J.; WEBER, H.; VIEIRA, J.R. Nitrogênio em cana-planta: doses e fracionamento. **STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 6, p. 26-33.
- CARNAÚBA, B.A.A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 7, 1990. p. 24-41.
- CNA- Confederação da Agricultura e pecuária do Brasil. **Cana-de-açúcar: Orientações para o setor canavieiro**. Brasília. 2007. 11p.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2012**. Brasília. 2012. p. 6-9.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2013**. Brasília. 2013. 6p.
- CONSECANA- Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. Piracicaba.1999. 92p.
- EMBRAPA-Empresa brasileira de pesquisa agropecuária -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileira de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 400p.
- ESPINORELLO, A. 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 do Brasil, 4., Piracicaba, **Anais...** Olinda: **STABAçúcar, Álcool e Sub-Produtos**, p. 94-102, 1987.
- FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB. 2003. 240p.
- FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas**. 2003. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- FRANCO, H.C.J.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. . Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer in Brazilian field conditions. **Field Crops Research**, v. 121, 2011. p. 29-41.
- FRITZ, J. Effects of fertilizer application up on sucrose % cane. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., 1974, Durban.**Proceedings...** Durban: ISSCT, 1984. v. 2, p. 630-663.

GONÇALVES, L. A. C. Influência da fibra e da pol da cana e da pureza do caldo no processo de fabricação de açúcar e álcool. *Brasil Açucareiro*, v.105, 1987. p.49-64.

HARGROVE, W.L. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Eds.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals: Tennessee Valley Authority, 1988. p.17-36.

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

KORNDÖRFER, G. H.; VALLE, M. R.; MARTINS, M.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio da uréia pela cana planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, p. 23-26, 1997.

KORNDÖRFER, G.H. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: SÁ, M.E.;BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Editora Ícone, 1994. p. 19-44.

ORLANDO FILHO, J.; CARMELLO, Q.A.C.; PEXE, C.A.; GLORIA, A.N. Adubação de soqueiras de cana-de-açúcar sob dois tipos de despalha: cana crua x cana queimada. **STAB – Açúcar,Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 12,1994. p. 7-11,.

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 Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 17, 1999. p. 39-41.

PEUKE, A. D.; JESCHKE, W. D. The uptake and flow of C, N and ions between roots andshoots in *Racinus comunis* L. - I: growth with ammonium and nitrate as nitrogen source. **Journalof Experimental Botany**, London, v. 44, 1993 p. 1167-1176.

PMGCA- Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar: Boletim técnico 02.Rio Largo: CECA/UFAL, 2003. 7p.

RENOUF M. A.; WEGENER M. K.; NIELSEN L. K. An environmental life cycle assessment comparing Australian sugarcane with US corn and UK sugar beet as producers of sugars for fermentation. **Biomass Bioenergy**, v. 32, 2008 p.1144–1155.

RESENDE, A. S. et al. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, 2006. p.937-941.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.

SILVA, A. A. **Crescimento,rendimentoagrícolaetoesnutricionaisdecana-de-açúcarsob adubaçãonitrogenadae vinhaça**.2012.84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal)- UniversidadeFederal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

SILVEIRA, J. A. G.; CROCOMO, O. J. Assimilação de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em presença de elevado nível de N e de vinhaça no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 2, 1990. p. 7-15.

SMEETS, E. M. W.; BOUWMANW, L. F.; STEHFEST, E. VAN VUUREN, D. P; POSTHUMA, A. Contribution of N₂O to the greenhouse gas balance of first generation biofuels. **Global Change Biology**, v. 15, 2009 p.1–23.

SORDI, R.A.; BRAGA JR., R.S.L.C. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar durante a safra, em cana planta e soca, em relação ao ganho de peso, florescimento e isoporização. 4 In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6., 1996, Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade dos Técnicos Açúcareiros e Alcooleiros do Brasil, 1996. p.238-244.

TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; FRANCO, A.; NOGUEIRA, G. A.; NOBILE, F. O.; Camilotti, F.; Silva, A.R. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *Engenharia Agrícola*, v.27, 2007. p.276-283.

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

VITTI, A.C. **Aplicação de nitrogênio da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: Manejo e efeito na produtividade**. 2003. 114f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.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, 2007. p.249-256,.

WIRÉN, N.V.; GAZZARRINI, S.; FROMMER, W.B. Regulation of mineral nitrogen uptake in plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 196, 1997. p. 191-199.

GLOSSÁRIO

- AR** Açúcares Redutores. Determina a quantidade conjunta de frutose e glicose contida no caldo da cana-de-açúcar.
- ARC** Açúcares Redutores da Cana. Determina a quantidade conjunta de frutose e glicose contida na cana-de-açúcar.
- ATR** Açúcares Totais Recuperáveis. Medida pelo PC, PI (perda industrial média dos açúcares) e AR. Quantidade de açúcares totais contidos na cana, constituídos principalmente por sacarose e açúcares redutores (glicose e frutose) reduzidos em 11%, que é a perda média admitida no processo industrial.
- BRIX** Sólidos solúveis (açúcares e não-açúcares), isto é, pol do caldo mais açúcares redutores.
- CCT** Custos de Corte, Carregamento e Transporte.
- Fibra** A fibra da cana. Toda matéria seca insolúvel em água.
- MCA** Margem de Contribuição Agrícola. Diferença entre a receita obtida com a matéria-prima entregue na indústria e os custos do CCT e custos de adubação (Fernandes, 2003)
- PC** Pol da Cana (%). Percentagem em massa de sacarose aparente da cana. Calculada com os valores de $PC = \text{Pol do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C$. C é o fator de correção.
- POL** Pol do Caldo (%). Determina a percentagem em massa de sacarose aparente contida no caldo de cana.
- Pureza** A pureza do caldo (%). Relação entre a pol do caldo e o brix
- TATR** Tonelada de Açúcares Totais Recuperáveis por Hectare.
- TCH** Tonelada de Cana por Hectare.
- TPH** Tonelada de Pol por Hectare. Tonelada de açúcar provável por hectare.

ANEXOS

Tabela 8.Resumo das principais características tecnológicas da cana-de-açúcar

Variável	Significado	Conceito	Observação
Açúcares	Sólidos solúveis	Sacarose: 14,5 a 22%; Glicose: 0,5 a 1,1% e Frutose: 0,0 a 0,7%	Cana: Fibra (8 – 14%) + caldo (86 a 92%). Caldo: Água (75 – 82%) + Sólidos (18 – 25%). Sólidos solúveis (açúcares e não-açúcares).
ARC	Açúcares redutores da cana (%)	Determina a quantidade conjunta de frutose e glicose contida na cana-de-açúcar.	$ARC = AR \text{ do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C$. C é o coeficiente de transformação da pol e AR do caldo extraído em pol e AR do caldo absoluto. $C = 1,0313 - 0,00575 \times F$.
ATR	Açúcar total recuperável	Medida pelo PC, PI (perda industrial média dos açúcares) e AR. Quantidade de açúcares totais contidos na cana, constituídos principalmente por sacarose e açúcares redutores (glicose e frutose) reduzidos em 11%, que é a perda média admitida no processo industrial.	kg/t cana. ATR padrão: 138,62 kg de ATR por tonelada de cana.
PC	A pol da cana (%)	Porcentagem em massa de sacarose aparente da cana. Calculada com os valores de $PC = Pol \text{ do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C$. C é o fator de correção.	Delgado e César (1977) – Ricas: $PC > 14,0\%$ e $PZA > 85\%$; Médias: PC de 12,5 a 14% e $PZA > 82\%$; Pobres: $PC < 12,5\%$ e $PZA < 82\%$.
Pol	A pol do caldo (%)	Determina a percentagem em massa de sacarose aparente contida no caldo de cana	Pol = polarização da luz. Concentração de açúcar através de um polarímetro.
Pureza	A pureza do caldo (%)	Relação entre a pol do caldo e o brix	Indicativo do estágio de maturação da cana. Ideal acima de 85%.
TCH	Tonelada de cana por hectare	Tonelada de cana por hectare (t/ha).	
TPH	Tonelada de pol por hectare	Tonelada de açúcar provável por hectare.	$TPH = TCH \times PC/100$

FONTE: Moura Filho et al,2011.

Figura 13. Croqui descritivo do experimento

