

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

DOUTORADO

**DOSES E FONTES DE MANGANÊS NA
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

CLEITON GREDSON SABIN BENETT

Ilha Solteira - SP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Doses e fontes de manganês na cultura da cana-de-açúcar”

CLEITON GREDSON SABIN BENETT

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Salatiér Buzetti

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira – SP

Fevereiro/2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

B465d Benett, Cleiton Gredson Sabin.
Doses e fontes de manganês na cultura da cana-de-açúcar / Cleiton Gredson Sabin Benett. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2011.
69 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de produção, 2011

Orientador: Salatiér Buzetti
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Produtividade agrícola. 3. Plantas - Micronutrientes.
4. Densidade de perfilhos. 5. Análise tecnológica.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Doses e fontes de manganês na cultura da cana-de-açúcar

AUTOR: CLEITON GREDSON SABIN BENETT

ORIENTADOR: Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. TAKASHI MURAOKA

Cena / Usp/ Cena- Centro de Energia Nuclear Na Agricultura - Piracicaba/SP

Prof. Dr. Cássio Hamilton Abreu Junior

Departamento de Nutrição Mineral de Plantas / Usp/ Cena- Centro de Energia Nuclear Na Agricultura - Piracicaba/SP

Data da realização: 11 de fevereiro de 2011.

Dedico

*Aos meus pais,
Paulo Osmar Benett e Ilona Sabin Benett pelo
exemplo de vida, fé, coragem e por todo amor,
carinho, apoio e dedicação todos os dias de
minha vida.*

Ofereço

*A minha namorada,
Katiane Santiago Silva pelo apoio, incentivo, carinho,
companheirismo e confiança em minha jornada.
E aos meus familiares.*

Agradecimentos

A Deus, Nossa Senhora e Santo Expedito por terem me iluminado, me acompanhado e me fortalecido cada momento da minha vida.

Ao professor Dr. Salatiér Buzetti, pela orientação, confiança, ensinamento e amizade.

A Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Campus de Ilha Solteira-SP e a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Sistema de Produção” pela oportunidade da realização deste curso de doutorado.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsa de estudo e apoio institucional.

À Usina Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, pelo apoio e fornecimento da área e equipamentos necessários para a realização deste trabalho.

Aos Professores, Marcelo Andreotti, Luiz Malcolm Mano de Mello, Maria Aparecida Anselmo Tarsitano, Marco Eustáquio de Sá, Edson Lazarini, Morel de Passos e Carvalho, Marlene Cristina Alves, Francisco Maximino Fernandes e Enes Furlani Junior, bem como, os demais professores da FE/UNESP pela amizade, confiança e conhecimentos transmitidos, o meu muito obrigado.

Aos Departamentos de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Sementes e Sócio-economia e o Departamento de Biologia e Zootecnia, pelo apoio.

Aos Técnicos, Selma Maria Bozzite de Moraes (técnica do laboratório de análise genética de populações e silvicultura), Marcelo Rinaldi da Silva (técnico do laboratório de nutrição de plantas), João Batista Mariano de Carvalho e Carlos Araújo da Silva (técnicos do laboratório de fertilidade do solo) Alexandre Marques da Silva (laboratório de fertilidade de solos e nutrição de plantas) e Sidival Antunes de Carvalho (técnico do laboratório de bromatologia) pelo auxílio na realização das análises em laboratório e aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão.

Aos colegas de equipe, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Cássia Maria de Paula Garcia, Cristiano Magalhães Pariz, Alexandra Sanae Maeda, Thiago de Souza Celestrino, Paulo Ricardo Maestrello, Mateus Augusto de Carvalho Rodrigues, Nídia Raquel Costa, Ronaldo Cintra Lima, pela amizade, competência e inestimável ajuda nos experimentos.

A minha namorada Katiane que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação.

Aos bibliotecários pela dedicação e atenção dispensadas.

Aos demais colegas de Graduação, Mestrado e Doutorado, que me ajudaram de forma direta ou indireta na elaboração deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

CLEITON GREDSON SABIN BENETT, filho de Paulo Osmar Benett e Ilona Sabin Benett, nasceu na cidade de Alta Floresta-MT, em 09 de outubro de 1981.

Estudou na escola CNEC - Campanha Nacional de Escolas da Comunidade e concluiu o ensino médio (2º grau) em dezembro de 2000, na cidade de Alta Floresta.

Em agosto de 2001 ingressou no Curso de Agronomia na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/AF, campus de Alta Floresta, concluindo-o em agosto de 2005.

Ingressou em março de 2005 na Especialização em Geografia e Gestão Ambiental na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/AF, campus de Alta Floresta, concluindo-o em maio de 2007.

Ingressou em março de 2006 no Curso de Mestrado em Agronomia (Sistema de Produção), na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP/FE, campus de Ilha Solteira-SP, com pesquisa na área de Nutrição de Plantas. Defendeu dissertação em 22 de junho de 2007.

Ingressou em março de 2008 no Curso de Doutorado em Agronomia (Sistema de Produção), na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP/FE, campus de Ilha Solteira-SP, com pesquisa na área de Nutrição de Plantas.

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes cultivadas no Brasil, pois é a principal fonte de matéria-prima para a indústria sucroalcooleira, além de agregar uma grande quantidade de mão-de-obra à produção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses e fontes de manganês na cultura da cana-de-açúcar em cana planta e seu efeito residual em cana soca. O experimento foi conduzido no sítio Fujimoto, com coordenadas 20°32' S e 50°58' O, e altitude de 361 metros, área administrada pela Destilaria Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, no município de Suzanápolis - SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 3x5, sendo 3 fontes (Quelato, FTE e Sulfato de manganês) e 5 doses de manganês (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 kg ha⁻¹) aplicadas no sulco de plantio, em 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas por 1,5 m. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 86-7515, avaliando em cana planta e primeira soca. As fontes e doses de Mn aumentaram os teores foliares de macro e micronutrientes e o acúmulo de nutrientes nos colmos e na palhada. As fontes de Mn proporcionaram semelhantes produtividades de colmos, tanto para cana planta como para primeira cana soca, sendo que o quelato de Mn proporcionou maior número de colmos por metro em cana soca. As doses de Mn não influenciaram a produtividade de colmos da cana planta e da cana soca, porém aumentaram o número de internódios e o diâmetro médio de colmos na cana planta até as doses de 6,9 e 6,6 kg ha⁻¹ de Mn, respectivamente. A aplicação das doses de manganês resultou em aumento dos valores de açúcar total recuperável por ha e tonelada de pol por ha em cana planta.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*. Produtividade. Micronutriente. Perfilho. Análise tecnológica.

ABSTRACT

Currently, sugar cane is one of the most important crops grown in Brazil, it is the main source of raw material for sugar industry, besides adding a lot of manpower to production. This study aimed to evaluate the effect of doses and sources of manganese in the sugar cane crop. The experiment was conducted at Fujimoto farm with coordinates 20 ° 32 'S, 50 ° 58'W, and altitude of 361 meters, area administered by the Vale do Paraná SA Alcohol and Sugar Distillery in Suzanápolis county - SP. A randomized blocks design in a factorial scheme 3x5, with three sources (chelate, FTE and manganese sulfate) and 5 doses of manganese (0, 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 kg ha⁻¹) applied at planting in four replications. The plots consisted of four rows 5 m long, spaced by 1.5 m. The variety of sugar cane used was RB 86-7515, grown in two cuts. The sources and levels of Mn influenced the macro and micro nutrients content and accumulation of nutrients in the stalks and straw. Mn sources provided similar yields of stems for both plant cane and ratoon cane, the Mn chelate caused a larger number of stems per meter of furrow in sugarcane ratoon. The doses of Mn did not affect the crop yield of plant cane and sugar cane ratoon, but increased the number of internodes and stem diameter in sugarcane plant until the doses of 6.9 and 6.6 kg ha⁻¹ Mn, respectively. The application of doses of Mn resulted in increased values of total recoverable sugar per ha and per ton of pol ha in sugarcane plant, without any influence on other variables in the cane plant and ratoon cane.

Keywords: *Saccharum officinarum*. Production. Micronutrient. Tiller. Technological analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Valores de precipitação acumulada durante o mês (mm), umidade relativa (UR%) (a) e temperatura máxima, média e mínima (°C) (b) no período experimental na cultura da cana planta e cana soca. Suzanápolis-SP, 2008 a 2010.....	25
Figura 2.	Número médio de internódios (NI) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.....	33
Figura 3.	Diâmetro médio do colmo (DC) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.....	35
Figura 4.	Valores médios de matéria seca de colmos (a) e de palhada em cana planta (b) e do colmo em cana soca (c) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	37
Figura 5.	Teores médios de Zn foliar em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.....	40
Figura 6.	Teores médios de Ca da palhada em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana soca). Suzanápolis-SP, 2010.....	42
Figura 7.	Teores médios de Mn da palhada em cana planta (a) e cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	43
Figura 8.	Teores médios de Ca do colmo em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.....	45
Figura 9.	Teores médios de B do colmo em cana planta (a) e cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	46
Figura 10.	Acúmulo médio de N nos colmos em cana planta e cana soca (a) e valores de K em cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	48
Figura 11.	Interação de fontes e doses em cana planta para o acúmulo de Ca (a) e Mg (b), acúmulo de S em cana planta e cana soca (c) e acúmulo em cana soca de Ca e Mg (d) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	49

Figura 12. Acúmulo médio de B em cana planta (a), Fe em cana soca (b) e de Mn (c) e Zn (d) na cana planta e cana soca em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	51
Figura 13. Interação de fontes e doses em cana planta para os valores de Ca (a), doses para Mg (b) e S (c) acumulados na palhada e valores de Ca em cana soca (d) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	53
Figura 14. Acúmulo médio de Mn da palhada em cana planta e cana soca (a), Fe em cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	55
Figura 15. Valores médios de açúcar total recuperável por hectare (a) e tonelada de pol por hectare (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Resultados da análise química e granulométrica do solo na área experimental. Suzanápolis-SP, 2007.....	25
Tabela 2.	Valores médios de perfilhos por metro de sulco e índice ICF em função de fontes, épocas de avaliação e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.....	31
Tabela 3.	Valores médios de perfilhos por metro e índice ICF em função de fontes, épocas de avaliação e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana soca). Suzanápolis-SP, 2010.....	32
Tabela 4.	Valores médios de altura de colmos (AC) e número de internódios (NI) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	33
Tabela 5.	Valores médios do diâmetro de colmos (DC) e tonelada de cana por hectare (TCH) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	34
Tabela 6.	Valores médios de matéria seca de colmos e palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	36
Tabela 7.	Teores médios de macronutrientes (N, P e K) foliares em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	38
Tabela 8.	Teores médios de macronutrientes (Ca, Mg e S) foliares em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	38
Tabela 9.	Teores médios de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) foliares em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	39
Tabela 10.	Teores médios de macronutrientes (N, P e K) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	41
Tabela 11.	Teores médios de macronutrientes (Ca, Mg e S) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	41

Tabela 12.	Teores médios de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	43
Tabela 13.	Teores médios de macronutrientes (N, P e K) dos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	44
Tabela 14.	Teores médios de macronutrientes (Ca, Mg e S) dos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	45
Tabela 15.	Teores médios de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) dos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	46
Tabela 16.	Acúmulo médio de macronutrientes (N, P e K) nos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	47
Tabela 17.	Acúmulo médio de macronutrientes (Ca, Mg e S) nos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	49
Tabela 18.	Acúmulo médio de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) nos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	50
Tabela 19.	Valores médios acumulados de macronutrientes (N, P e K) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	52
Tabela 20.	Valores médios acumulados de macronutrientes (Ca, Mg e S) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	53
Tabela 21.	Valores médios acumulados de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	54
Tabela 22.	Teores médios de pureza do caldo (Pza) e pol% cana (PC) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	56

Tabela 23.	Teores médios de fibra, brix da cana (BC) e açúcares redutores do caldo (AR) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	56
Tabela 24.	Teores médios de açúcar total recuperável por hectare (ATR), e tonelada de pol por hectare (TPH) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Micronutrientes.....	18
2.2	Manganês.....	22
2.3	Estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Histórico da área experimental.....	24
3.2	Local do experimento.....	24
3.3	Varietade utilizada.....	26
3.4	Instalação e condução do experimento.....	26
3.5	Variáveis analisadas em cana-planta e cana-soca.....	27
3.5.1	<i>Parâmetros biométricos.....</i>	27
3.5.2	<i>Teores e acúmulo de nutrientes foliares, nos colmos e na palhada.....</i>	27
3.5.3	<i>Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.....</i>	28
3.6	Análise estatística.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	Parâmetros biométricos.....	31
4.2	Teores de nutrientes foliares, na palhada e nos colmos.....	37
4.3	Acúmulo de macro e micronutrientes nos colmos.....	47
4.4	Acúmulo de macro e micronutrientes na palhada.....	51
4.5	Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.....	55
5	CONCLUSÕES.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das culturas mais importantes no cenário sócio-econômico brasileiro, por ser a principal matéria-prima utilizada pela indústria sucroalcooleira para a produção de açúcar e álcool.

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma produção na safra de 2009/2010 de aproximadamente 604,5 milhões de toneladas em 7,4 milhões de ha. As regiões Centro-Sul respondem por aproximadamente 542,8 milhões de toneladas. Sendo o estado de São Paulo o maior produtor brasileiro com 4,1 milhões de ha de cana-de-açúcar, onde sua produção é destinada à fabricação de açúcar e álcool, revelando-se na maior agroindústria do estado e responsável por 362,6 milhões de toneladas de colmos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2011).

A agricultura mundial e brasileira atravessa por uma fase em que a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos são aspectos da maior relevância. Com a evolução dos tempos, ficou nítido para a agricultura que a adubação é um dos fatores que determinam aumentos na produtividade. As plantas necessitam tanto de macro quanto de micronutrientes, visto que esses elementos desempenham funções vitais em seu metabolismo. Porém, a utilização de micronutrientes em cana-de-açúcar ainda apresenta muitas controvérsias (VAZQUEZ; SANCHES, 2010).

Segundo Volkweiss (1991), com a aplicação de micronutrientes, via solo, busca-se aumentar sua concentração na solução, onde as raízes os absorvem, e assim, proporcionar maior eficiência de utilização pelas plantas. É, portanto, necessário que as fontes de micronutrientes utilizadas se solubilizem no solo no mínimo em velocidade compatível com a absorção pelas raízes e que sejam aplicadas em posição possível de ser por elas atingida, uma vez que os micronutrientes são geralmente pouco móveis no solo.

Sua carência pode levar a reduções na produtividade e até morte de plantas. As quantidades necessárias de micronutrientes são relativamente baixas quando comparadas à

extração de macronutrientes, no entanto desempenham fundamental importância no desenvolvimento da cultura. (ORLANDO FILHO, 1993).

A escolha do tipo de manejo e adubação no cultivo da cana-de-açúcar está relacionada às características botânicas e agroindustriais da variedade, ou seja, variedades diferentes respondem de maneira distinta ao mesmo manejo, dependendo da influência dos fatores edafoclimáticos (URQUIAGA et al., 1992).

No estado de São Paulo, não é comum a ocorrência de problemas relacionados à deficiência de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. Orlando Filho et al. (2001) alertaram para o fato de que a cana-de-açúcar poderia apresentar, com frequência, a chamada “fome oculta”, situação em que não aparecem os sintomas de deficiência, mas os níveis presentes são insuficientes a ponto de levarem a uma redução da produtividade.

Neste contexto, e considerando que a região Noroeste do estado de São Paulo passou a ser uma fronteira produtora de cana-de-açúcar, em substituição de pastagens, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar em cana planta e seu efeito residual em cana soca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar é uma planta da classe Magnoliopsida, pertencente à família Poaceae, gênero *Saccharum*, sendo a espécie cultivada o *Saccharum officinarum* (CRONQUIST, 1981).

A cana-de-açúcar é uma planta C4 e se adapta às condições de alta intensidade luminosa (11,5 a 12 horas de luz), altas temperaturas (25 a 30° C) e necessita de grandes quantidades de água para suprir as suas necessidades hídricas, uma vez que somente 30% de seu peso é representado pela matéria seca e 70% pela água, na dependência do estágio fenológico (SEGATO et al., 2006).

A planta se desenvolve em forma de touceira e sua parte aérea é formada por colmos, folhas, inflorescências e frutos e a subterrânea por raízes e rizomas. As raízes são fasciculadas ou em cabeleiras, sendo que 85% delas encontram-se nos primeiros 50 cm e aproximadamente 60% entre os primeiros 20-30 cm de profundidade, havendo pequenas variações nessa porcentagem dependendo, sobretudo das variedades (MAZAMBANI et al., 2006).

Esta cultura vem apresentando significativa expansão em sua área cultivada, assim com elevação substancial em sua produtividade, reflexo conjugado de vários fatores de produção, tais como: variedades melhoradas, tratamentos fitossanitários, práticas culturais e utilização de corretivos e fertilizantes (VITTI et al., 2006).

Nas últimas décadas, a produtividade agrícola da cana-de-açúcar teve um aumento expressivo no país, graças ao surgimento de novas variedades, manejo mais adequado do solo, uso de resíduos industriais e uso racional de adubos e corretivos. Porém, a produtividade média brasileira de 74 t ha⁻¹ ainda é baixa, visto que na região Centro-Sul a média de produtividade, considerando 5 cortes, é de 94 t ha⁻¹ (AMORIM et al., 2007).

2.1 Micronutrientes

Os micronutrientes constituem-se naqueles nutrientes requeridos em menor quantidade pelas culturas. Isso, porém, não implica que os mesmos desempenhem funções secundárias. Aliás, suas deficiências podem causar sérios problemas ao desenvolvimento das culturas, queda de produtividade e possivelmente, morte das plantas, visto que estes desempenham funções vitais no seu metabolismo (GUPTA, 2001).

Segundo Lopes (1999), os principais motivos que despertaram o maior interesse pela utilização de fertilizantes contendo micronutrientes no Brasil foi o início da ocupação da região dos cerrados, formada por solos deficientes em micronutrientes, por natureza.

Segundo Fageria et al. (2002), a deficiência de micronutrientes está muito generalizada por todo o mundo, devido:

- aumento na demanda de micronutrientes por práticas intensivas de manejo e adaptação de cultivares altamente produtivos, que podem ter maior exigência de micronutrientes;
- aumento na produção de culturas em solos marginais com baixos níveis de nutrientes essenciais;
- maior uso de fertilizantes concentrados com menor quantidade de contaminação por micronutrientes;
- diminuição do uso de esterco animais, compostos e resíduos de culturas e industriais;
- uso de solos com baixa reserva nativa de micronutrientes;
- envolvimento de fatores naturais e antropogênicos que limitam a adequada disponibilidade para as plantas e criam desequilíbrios entre os nutrientes.

Casarin et al. (2001) também relatam que em solos de baixa fertilidade ou que são explorados durante muitos anos, a ocorrência de deficiência de micronutrientes torna-se ainda mais agravada.

A importância dos micronutrientes para a cultura da cana-de-açúcar é evidenciada quando se observam as quantidades extraídas e exportadas pela mesma. São quantidades relativamente baixas quando comparadas a extração de macronutrientes, porém de fundamental importância ao desenvolvimento da cultura. As quantidades extraídas e exportadas de manganês nas folhas e colmos são de 1.420 e 1.052 g.100 t⁻¹, respectivamente (ORLANDO FILHO, 1993).

Assim estabelecida a necessidade de aplicação de micronutrientes, é necessário determinar qual o método de aplicação que seria mais recomendável para cada caso. Esse é um problema dos mais complexos, pois a eficiência dos diversos métodos de aplicação está intimamente relacionada com diversos fatores, com destaque para: fontes, tipo de solo, pH, solubilidade, efeito residual, mobilidade do nutriente e cultura, dentre outros (LOPES, 1999).

A disponibilidade de micronutrientes para as plantas depende, entre outros fatores, da textura, teor de matéria orgânica e principalmente, do pH do solo. O aumento do pH do solo reduz a disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco (MARSCHNER, 1995). Já para Vitti e Trevisan (2000), a disponibilidade de micronutrientes para as plantas (presença deste nutriente na solução do solo) depende de vários fatores, como: material de origem do solo; reação do solo (pH); textura do solo; aeração do solo (nos casos do Ferro, do Manganês e do Cobre); práticas culturais (calagem, adubação fosfatada, plantio direto); características genéticas da planta; desbalanceamento entre cátions metálicos (Fe, Cu, Mn e Zn); altas produtividades (lei do mínimo). Para Harter (1991), as reações de adsorção-dessorção tendem a ser mais rápidas que os processos de precipitação-dissolução, de modo que a adsorção, na interface sólido-solução pode ser o fator dominante para regular a concentração de micronutrientes em solução.

Segundo Rosolem e Franco (2000), as características químicas (pH, CTC, teor de matéria orgânica, cátions e ânions solúveis) e mineralógicas (tipo e teor de argila e de óxidos e hidróxidos de Al e Fe) dos solos influenciam as reações de adsorção dos nutrientes, podendo estar precipitados ou indisponíveis para as plantas na solução do solo. Considerando tais problemas, mais a dificuldade de distribuição de pequenas quantidades de micronutrientes no campo, tem-se buscado métodos alternativos para aplicação de macro e micronutrientes como a adubação foliar.

Na prática, a análise de solo é a ferramenta mais importante para diagnóstico da deficiência de micronutrientes. Entretanto, Galvão (2002) mencionou que a recomendação de micronutrientes com base na análise química do solo esta ainda muito limitada devido aos poucos estudos de calibração para esses nutrientes. Segundo Lopes (1991) e Volkweiss (1991), os principais métodos de aplicação de micronutrientes são a adubação via solo e foliar. Segundo estes autores, com a aplicação de micronutrientes, via solo, busca-se aumentar sua concentração na solução, que é onde as raízes os absorvem, e assim, proporcionar maior eficiência de utilização pelas plantas. É, portanto, necessário que as fontes de micronutrientes utilizadas se solubilizem no solo no mínimo em velocidade compatível com a absorção pelas

raízes e que sejam aplicadas em posição possível de ser por elas atingida, uma vez que os micronutrientes são geralmente pouco móveis no solo.

Para Vitti et al. (2005), as fontes de micronutrientes podem ser classificadas quanto à solubilidade e quanto à sua origem. No que diz respeito à solubilidade destas fontes, pode-se classificá-las em: a) menor solubilidade: fritas, óxidos, óxi-sulfatos e fontes boratadas (ulexita e colemanita) e b) de maior solubilidade: sulfatos, fontes quelatizadas, fontes de boro (ácido bórico, solubor, bórax) e fontes de molibdênio (molibdatos de sódio e de amônio).

Os óxidos são as fontes de menor solubilidade dos micronutrientes metálicos. Por isso, geralmente custam menos do que os sulfatos por unidade de micronutriente. Os óxidos não são solúveis em água e, conseqüentemente, não são eficientes para as culturas principalmente se aplicados na forma granular, uma vez que a superfície específica é bastante reduzida neste caso (VITTI et al., 2005). Alguns óxidos, podem ser utilizados na forma como foram extraídos pelo processo de mineração, mas a disponibilidade para as plantas de outros óxidos, como a do MnO_2 , é tão baixa, que seu uso não é recomendado diretamente na agricultura (LOPES, 1991).

Segundo Vitti et al. (2005), os sulfatos são as fontes mais comuns de sais metálicos contendo micronutrientes e apresentam propriedades físicas que os tornam adequados para misturas com outros fertilizantes. Os oxi-sulfatos são comercializados principalmente sob a forma granulada. A eficiência dos oxi-sulfatos granulados relaciona-se com o nível de micronutrientes solúveis em água que o produto contém.

Os oxi-sulfatos são bastante utilizados visando o fornecimento de micronutrientes via solo, uma vez que apresenta solubilidade intermediária entre os óxidos (via semente) e os sulfatos (foliar) (VITTI et al., 2005). São comercializados pelas indústrias produtoras pela sigla FTE, também chamadas “elementos traços fritados”, tradução literal do inglês “fritted trace elements”, daí a sigla FTE. Para sua obtenção, os micronutrientes são fundidos juntamente com sílica e boratos a $1.300^{\circ}C$. Ao sair do forno, o material é resfriado rapidamente em água dando cristais que em seguida são moídos muito finamente. Por sua solubilidade liberam gradualmente os micronutrientes no solo de modo semelhante ao de alguns óxidos, sais e fosfatos, o que representa vantagem, porque reduz o perigo de toxidez (MALAVOLTA, 1986). Segundo Mortvedt (2001), são produtos mais apropriados para programas de manutenção do que para correção de deficiências severas e apresentam maior eficiência em solos arenosos, em regiões com maior índice pluviométrico.

Os quelatos sintéticos ou naturais, os complexos orgânicos naturais e as várias combinações constituem-se nas fontes orgânicas de micronutrientes. Os quelatos são

formados pela combinação de um agente quelatizante com um metal através de ligações coordenadas. Podem ser sintéticos (manufaturados) ou naturais (de açúcar e outros produtos naturais). A estabilidade da ligação quelato-metal determina, geralmente, a disponibilidade do nutriente aplicado para as plantas (VITTI et al., 2005). Um quelato eficiente é aquele no qual a taxa de substituição do micronutriente quelatizado por cátions do solo é baixa, mantendo, conseqüentemente, o nutriente aplicado nesta forma de quelato por tempo suficiente para ser absorvido pelas raízes das plantas (LOPES, 1991).

A solubilidade e forma física (pó ou grânulo) das diversas fontes de micronutrientes e as condições de solo podem interagir de modo a resultar em maior ou menor efeito da adubação na correção de deficiências nutricionais. A eficiência agrônômica de uma fonte pode ser definida como sua capacidade de corrigir deficiências ou aumentar a absorção dos nutrientes pelas plantas (MORAES et al., 2004). A capacidade de uma fonte considerada padrão depende não só da própria fonte, mas também do método de aplicação e, quando aplicada no solo, de certas características do solo (VOLKWEISS, 1991).

Korndörfer et al. (1995) estudando o efeito das doses 0, 30, 50 e 70 kg ha⁻¹ de fritas na produção e qualidade tecnológica da cana-planta e cana-soca de três variedades de cana-de-açúcar, cultivadas em Areia Quartzosa de baixa fertilidade, verificaram efeito positivo do uso de micronutrientes sobre a produção de cana-de-açúcar em duas das três variedades testadas, com excelente retorno econômico. Porém, a qualidade tecnológica da cana (Pureza, Brix, Pol e Sacarose) não foi afetada pela aplicação de micronutrientes no solo. Resultados semelhantes de aplicação de micronutrientes no solo, sobre a qualidade tecnológica da cana foram observados por Azeredo e Bolsanello (1978).

A absorção de micronutrientes pela cana-de-açúcar é influenciada por diversos fatores, destacando-se a idade da planta, o tipo de solo e a variedade considerada. As curvas de absorção de micronutrientes permitem a definição das épocas em que as demandas são maiores. De maneira geral, em termos de exportação pelos colmos tem-se que: Fe > Mn > Zn (ORLANDO FILHO et al., 2001).

Em solos altamente intemperizados, a pobreza química dos constituintes do solo e a alta afinidade dos micronutrientes catiônicos (Zn, Cu, Fe e Mn) pelos colóides do solo levam, geralmente, à baixa concentração desses na solução do solo. Nesta condição, o fluxo difusivo é o principal mecanismo de transporte de Zn, Cu, Fe e Mn no solo (BARBER, 1995).

Em solos ácidos, a obtenção de altas produtividades de culturas exigentes passa, necessariamente, pelo emprego da calagem. No entanto, ao elevar o pH do solo, a calagem reduz a disponibilidade de micronutrientes catiônicos, tais como: Zn e Mn (SANDERS, 1983).

Muitos outros trabalhos relacionam o aumento do pH decorrente da calagem com a deficiência de micronutrientes metálicos, por diminuir sua solubilidade na solução do solo, tornando-os menos disponíveis para as plantas (RHOTON, 2000).

Para Yamada (2004), o consumo de micronutrientes na agricultura brasileira tem aumentado constantemente, permitindo um balanço positivo entre a entrada através dos fertilizantes e corretivos e a saída através da colheita, melhorando a fertilidade do solo e promovendo aumento na produção agrícola através da maior produtividade.

2.2 Manganês

O manganês atua principalmente como parte do sistema enzimático nas plantas, ativa várias reações metabólicas importantes e tem ação direta na fotossíntese, ajudando na síntese de clorofila e aumenta a disponibilidade de fósforo e cálcio. Dessa maneira, o manganês não é translocado na planta, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais novas. As deficiências ocorrem com mais frequência em solos com alto teor de matéria orgânica, em solos com pH de neutro a alcalino, e em solos que naturalmente têm baixo teor de Mn (LOPES, 1998).

O manganês está envolvido com enzimas ativadas por cátions e na evolução fotossintética de oxigênio (TAIZ et al., 2004). Também, nota-se grande quantidade de manganês nas zonas de crescimento da planta, principalmente no palmito. Este elemento concentra-se principalmente nos tecidos meristemáticos (VITTI et al., 2006).

2.3 Estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar possui entre 65 a 90% da sua massa fresca representada por água, e de 10 a 35% de matéria seca, isto dependendo do seu estágio de crescimento. Juntamente com o material seco estão presentes os elementos minerais. Esses minerais que estão na planta constituem-se em seus nutrientes, ou seja, a cana-de-açúcar como as demais plantas, necessita dos nutrientes para seu crescimento e desenvolvimento (DIAS; ROSSETTO, 2006).

Fauconnier e Bassereau (1975) afirmaram que as quantidades de nutrientes extraídas do solo pela cana-de-açúcar variam com o método de cultivo, variedade e disponibilidade de nutrientes no solo.

A cultura de cana-de-açúcar é grande extratora de nutrientes do solo. Considerando-se colmo + folhas + palmito, a quantidade de nutrientes extraída por uma tonelada de cana é de: 1,20 kg de N; 0,36 kg de P_2O_5 ; 1,48 kg de K_2O ; 1,12 kg de CaO; 0,68 kg de MgO e 0,36 kg de S (MALAVOLTA et al., 1997). Desta forma, as exigências minerais da cana-de-açúcar, assim como as quantidades de nutrientes removidas pela cultura são conhecimentos fundamentais para o estudo da adubação, indicando as quantidades de nutrientes a serem fornecidas (COLETI et al., 2006).

Coleti et al. (2006) avaliaram a extração de N, P_2O_5 , K_2O , CaO, MgO e SO_4 para cana-planta e cana soca para duas variedades na região de São José do Rio Preto-SP. Verificaram em cana-planta, variedade RB 835486, extração de 120 de N, 25 de P_2O_5 , 200 de K_2O , 17 de CaO, 23 de MgO e 44 de SO_4 ($kg\ ha^{-1}$) para uma produção de 100 toneladas. Para cana-soca a extração foi de 103 de N, 22 de P_2O_5 , 169 de K_2O , 13 de CaO, 19 de MgO e 15 de SO_4 ($kg\ ha^{-1}$) para uma produção de 100 toneladas. Enquanto, para a variedade SP81-3250 cana-planta, houve extração de 142 de N, 22 de P_2O_5 , 171 de K_2O , 16 de CaO, 22 de MgO e 18 de SO_4 ($kg\ ha^{-1}$) para uma produção de 100 toneladas. Para cana-soca de 120 de N, 28 de P_2O_5 , 179 de K_2O , 26 de CaO, 29 de MgO e 21 de SO_4 ($kg\ ha^{-1}$).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Histórico da área experimental

Anteriormente à implantação do experimento a área encontrava-se com pastagem de *Brachiaria brizantha* sendo substituída no início de 2008 pela cultura da cana-de-açúcar, variedade RB 86-7515.

3.2 Local do experimento

O experimento foi conduzido no sítio Fujimoto, com coordenadas 20°32' S e 50°58' O, e altitude de 361 metros, área administrada pela Destilaria Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, no município de Suzanápolis – SP, situada no Noroeste do estado de São Paulo. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006). As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados da análise química e granulométrica estão apresentados na Tabela 1.

O clima da região é classificado como Aw pela classificação de Köppen, com temperatura média anual de 23,7° C e precipitação pluvial média anual de 1300 mm. Os dados climáticos referentes ao período experimental, encontram-se na Figura 1.

Tabela 1. Resultados da análise química e granulométrica do solo na área experimental. Suzanápolis-SP, 2007.

Camada (cm)	P (resina) mg dm^{-3}	M.O. g dm^{-3}	pH CaCl_2	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %	Areia	Silte	Argila
				----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----							----- g kg^{-1} -----		
0-25	3	24	4,9	3,0	10	8	20	21,4	41,4	52	820	56	124
25-50	2	12	4,6	0,3	9	4	21	13,3	34,3	39	813	54	133
Camada (cm)	Cu*		Fe*		Mn*		Zn*		B**				
	----- mg dm^{-3} -----												
0-25	0,8		13		4,8		0,4		0,61				
25-50	0,9		8		2,5		0,1		0,50				

* Determinado em DTPA; ** Água quente. Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE. Análise granulométrica realizada no Laboratório de Física do Solo UNESP/FE.

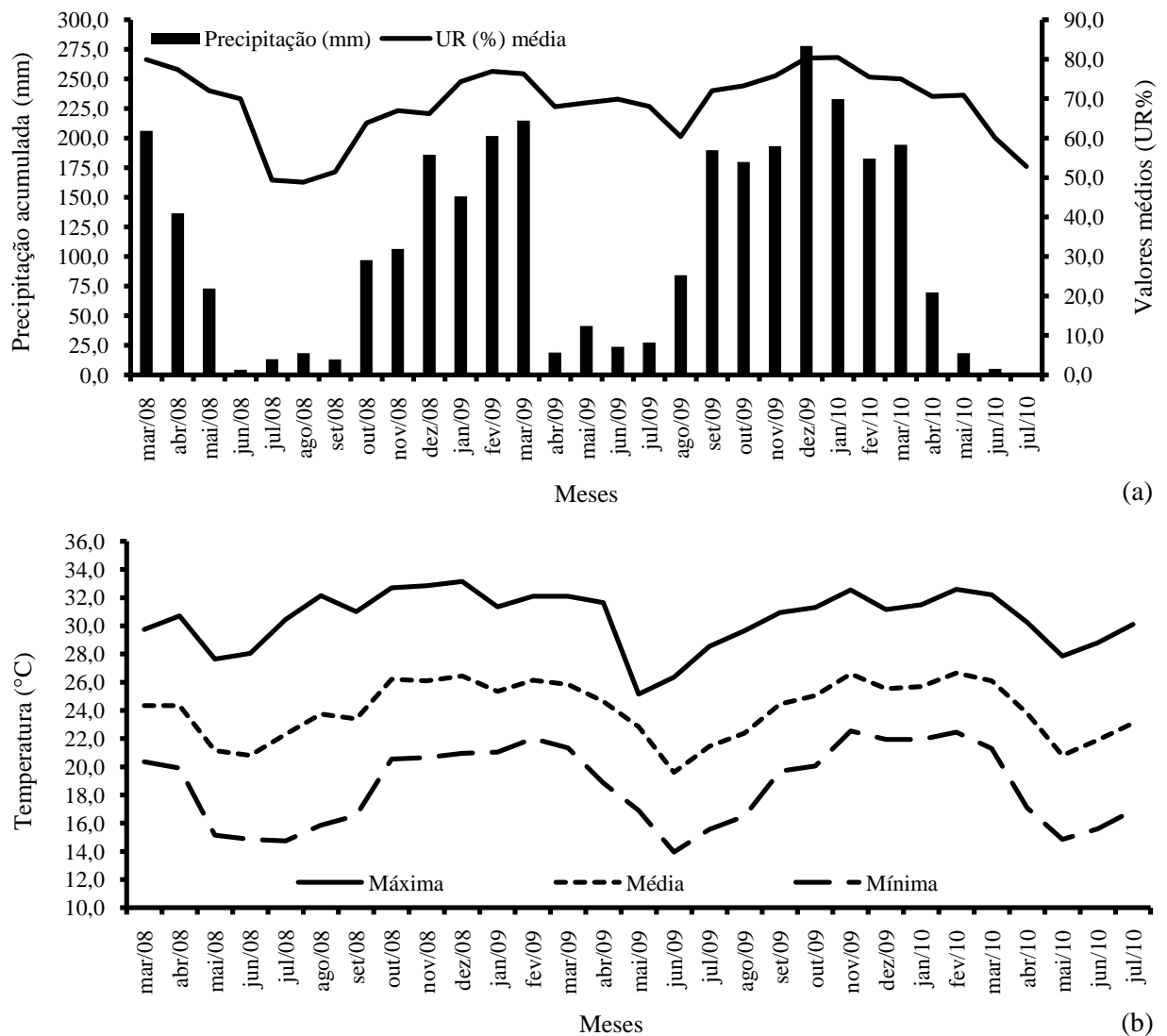


Figura 1. Valores de precipitação acumulada durante o mês (mm), umidade relativa (UR%) (a) e temperatura máxima, média e mínima (°C) (b) no período experimental na cultura da cana planta e cana soca. Suzanápolis-SP, 2008 a 2010. Valores médios obtidos das estações agrometeorológicas da UNESP/FE de Ilha Solteira-SP e Marinópolis-SP.

3.3 Variedade utilizada

A variedade utilizada foi a RB 86-7515 que apresenta alta produção em cana-planta e cana-soca, baixa exigência em fertilidade, boa brotação de soqueira (mesmo colhida crua), perfilhamento médio, florescimento eventual e pouco chochamento, alto teor de sacarose, médio teor de fibra e maturação média/tardia. Não deve ser plantada em solos argilosos de boa fertilidade devido à incidência de estrias vermelhas. Apresenta resistência ao mosaico, escaldadura-das-folhas, carvão, ferrugem, podridão vermelha e broca, reação intermediária de estrias vermelhas e falsas estrias vermelhas (PROGRAMA, 2008).

3.4 Instalação e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 3x5, sendo 3 fontes: Quelato (7% Mn), FTE BR 12 pó (1,8% B; 0,8% Cu; 3,0% Fe; 2,0% Mn; 0,10% Mo e 9,0% Zn) e Sulfato de manganês (31% Mn e 18% S) e 5 doses de manganês (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 kg ha⁻¹), aplicadas no sulco de plantio, com 4 repetições. Como o solo estava deficiente em Zn, aplicaram-se em todos os tratamentos, 5 kg ha⁻¹ do elemento (sulfato de zinco). Os tratamentos fontes e doses foram aplicados apenas no sulco de plantio, imediatamente antes do plantio da cana planta. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas por 1,5 m. No preparo do solo foram realizadas uma aração e aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário, posteriormente duas gradagens.

A cultura recebeu adubação de macronutrientes com 30, 150 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, conforme descrito por Raij et al. (1997). Na cana soca (primeira soca) foi realizada a aplicação de macronutrientes com 80 e 60 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, de acordo com as recomendações de Raij et al. (1997), aplicados nas entre linhas da cultura no dia 16 de outubro de 2009.

A variedade da cana-de-açúcar utilizada foi a RB 86-7515, cujo plantio foi realizado em 17 de março de 2008, adotando-se o sistema de plantio manual (convencional), em que os toletes foram distribuídos dentro dos sulcos de plantio, sendo colocados seis toletes com três gemas em cada metro de sulco. As colheitas foram realizadas sem queima e manualmente, sendo a cana planta colhida dia 08 de julho de 2009 e a primeira soca em 05 de julho de 2010.

3.5 Variáveis analisadas em cana planta e cana soca

3.5.1 Parâmetros Biométricos

As variáveis analisadas na cana planta e cana soca foram por parcela, obtendo-se a médias aritméticas do: número de perfilhos por metro, o qual foi realizado contando-se a quantidade de colmos em 5 m de sulco. O índice de clorofila foliar (ICF) foi mensurado na posição do terço médio da lâmina foliar da folha (+3) expandida a partir do ápice de cada planta através de clorofilômetro digital Falker, realizando leituras em três plantas por parcela no período de 64, 131, 208, 275, 327, 388 e 476 dias após o plantio em cana planta e aos 80, 150, 212, 262 e 345 dias após o corte em cana soca. A altura média de colmos foi avaliada em três plantas por parcela, com o auxílio de régua graduada do nível do solo até a primeira aurícula visível, classificada como folha (+1); enquanto que para o diâmetro médio de colmos utilizou-se um paquímetro, medindo o diâmetro na base, meio e ponta de três colmos por parcela. O número de internódios foi determinado contando-se o número de internódios presentes em um metro de colmo, avaliando-se um metro em cada três colmos. A produção de colmos por hectare foi determinada contando-se o número de colmos da área útil da parcela, cortando-se dez colmos industrializáveis por parcela, pesando-se e calculando-se a produtividade em tonelada de cana por hectare. A massa da matéria seca de colmos e da palhada foi realizada através da coleta de sete colmos industrializáveis, onde separou-se os colmos e a palhada (folhas verdes, secas e palmito), pesou-se as diferentes frações e depois o material foi triturado e levado para secar em estufa com circulação de ar forçada, com temperatura de 65 °C, por cerca de 72 horas ou massa em equilíbrio, calculando-se a massa da matéria seca por hectare de colmos e palhada.

3.5.2 Teores e acúmulo de nutrientes foliares, nos colmos e na palhada

Para a determinação dos teores de nutrientes foliares foram coletadas 20 folhas (+3) por parcela dentro da área útil, aos seis meses após o plantio para cana planta e quatro meses após brotação em cana soca, onde se retirou o terço médio, excluindo a nervura central

(Malavolta et al., 1997). As amostras foram colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 65 °C, por cerca de 72 horas ou massa em equilíbrio. Depois de seco, o material foi moído para análises dos teores de macro e micronutrientes, seguindo-se os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

Os teores de macro e micronutrientes dos colmos foram determinados segundo Malavolta et al., (1997). Foram coletados sete colmos aleatórios de 10 colhidos no momento da colheita e posteriormente triturados. Retirou-se uma amostra desse material triturado e colocado em estufa de circulação de ar forçada para secar com temperatura de 65 °C, por cerca de 72 horas.

Para a palhada (folhas verdes, secas e palmito), as plantas foram cortadas rentes ao solo, separando os colmos industrializáveis e a palhada, sendo coletadas em sete plantas. Depois o material foi colocado em estufa de circulação de ar forçada para secar a temperatura de 65 °C, por cerca de 72 horas. O material foi triturado para posteriores análises dos teores de macro e micronutrientes, conforme descrito em Malavolta et al. (1997).

Para a obtenção dos valores de macro e micronutrientes extraídos nos colmos e palhadas, foram quantificados os teores de nutrientes, segundo descrito em Malavolta et al. (1997) e calculando-se os teores em kg ha⁻¹.

3.5.3 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

As variáveis analisadas na cana planta e cana soca foram: pureza do caldo (%), pol da cana (%), fibra (%), brix (%), açúcares redutores do caldo (AR%), açúcar total recuperável por hectare (ATR) e tonelada de pol no caldo da cana por hectare (TPH).

Foram coletadas três colmos industrializáveis, onde as amostras foram identificadas de acordo com cada parcela e levadas ao laboratório da Destilaria Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar para a realização das análises conforme o Conselho dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (CONSECANA, 2006).

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para fontes de manganês e épocas de avaliação e, para as doses de Mn foram realizadas análises de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística Sanest (ZONTA et al., 1987).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros biométricos

Os valores referentes ao número médio de perfilhos por metro e índice de clorofila foliar (ICF) da cana planta estão apresentados na Tabela 2. As fontes e doses de manganês não apresentaram efeito significativo sobre o número médio de colmos e índice ICF da cana planta durante o período avaliado. Já para a época de avaliação observou-se efeito significativo para número de colmos por metro de sulco e índice ICF (Tabela 2).

O maior perfilhamento ocorreu aos 131 DAP (dias após o plantio) e o menor perfilhamento aos 476 DAP, havendo uma redução de aproximadamente 68% do máximo perfilhamento até a colheita. O perfilhamento tem influência direta na produtividade da cana-de-açúcar e cada cultivar tem um potencial de perfilhamento. O perfilhamento é um dos componentes para a formação do potencial agrícola, em conjunto com a altura e o diâmetro de colmos (LANDELL; SILVA, 2004). A redução do número de perfilhos por metro é uma característica fisiológica da cultura da cana-de-açúcar, que foi observada por diversos autores (CASTRO; CHRISTOFOLETTI, 2005; DILLEWIJN, 1952; SILVA et al. 2007). Oliveira et al. (2004, 2005), trabalhando com diferentes cultivares RB 855113, RB 72454 e RB 855536, constataram maior perfilhamento entre 135 e 182 DAP, com 7,4 a 23,0 perfilhos por metro de sulco, respectivamente. Ressalta-se que o perfilhamento depende das características genéticas de cada variedade (OLIVEIRA et al., 2007).

Para os valores médios dos índices de clorofila foliar em clorofilômetro (Tabela 2), houve efeito significativo para épocas de amostragem, onde o maior valor foi observado aos 327 DAP, com leitura ICF de 46,6. Nesse período houve maior incidência de chuvas, ocasionando melhor absorção de Mn e outros nutrientes pela planta. Este fato é devido ao manganês ser constituinte da molécula de clorofila (MARSCHNER, 1995).

Tabela 2. Valores médios de perfilhos por metro de sulco e índice ICF em função de fontes, épocas de avaliação e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.

Tratamentos	Cana planta	
	Perfilho m ⁻¹	Clorofila (ICF)
Fontes		
Quelato	10,9 a	38,6 a
FTE BR 12	10,8 a	38,3 a
Sulfato de Manganês	10,8 a	39,0 a
Avaliações (DAP*)		
64	10,4 c	43,9 b
131	14,1 a	37,7 d
208	11,8 b	32,2 e
275	10,5 c	38,0 d
327	10,2 c	46,6 a
388	10,3 c	40,2 c
476	8,4 d	32,0 e
Doses (kg ha⁻¹)		
0	10,7	38,5
2,5	11,0	38,6
5,0	10,9	38,6
7,5	10,6	38,7
10,0	10,8	38,8
CV (%)	15,93	8,91

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * DAP: Dias após o plantio.

Na Tabela 3 constam os valores referentes ao número médio de colmos por metro e índice ICF da cana soca. Quando se avaliaram as fontes de Mn verificou-se efeito significativo para colmos por metro, onde as fontes Quelato e FTE proporcionaram o maior perfilhamento, diferindo do Sulfato de manganês. Para doses de Mn não se observou efeito significativo (Tabela 3).

Ao avaliar as épocas verifica-se efeito significativo aos 80 DAC (dias após o corte), havendo o máximo perfilhamento, e aos 345 DAC o menor perfilhamento (Tabela 3). Almeida et al. (2008) verificaram perfilhamento semelhante na variedade RB 92579 aos 90 dias após o corte. Silva et al. (2008), trabalhando com as variedades RB 72-2454 e IAC 86-2480, encontram máximo perfilhamento aos 90 dias com cerca de 19 e 21 perfilhos por metro de sulco, respectivamente. Silva et al. (2007) e Wiedenfeld (2003) citaram que o crescimento inicial rápido e uniforme conduz a cultura a um bom estande, o que possibilita o rápido fechamento de entrelinha e o controle mais efetivo das plantas daninhas, além da cobertura homogênea do solo, que promove eficiente aproveitamento da energia luminosa pela planta.

Os valores médios de leitura em clorofilômetro (Tabela 3) revelaram efeito significativo somente aos 80 DAC, com valor de 40,9, não diferindo nos demais períodos de avaliação. Teixeira et al. (2004) observaram que as leituras em clorofilômetro mostraram-se eficaz para estimar os teores de clorofila no feijoeiro submetido à adubação de manganês. O'Neil et al. (2006) relataram que a redução nas leituras do SPAD-502 depende principalmente das características genéticas da planta.

Tabela 3. Valores médios de perfilhos por metro de sulco e índice ICF em função de fontes, épocas de avaliação e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana soca). Suzanápolis-SP, 2010.

Tratamentos	Cana soca	
	Perfilho m ⁻¹	Clorofila (ICF)
Fontes		
Quelato	11,7 a	37,0 a
FTE BR 12	11,3 ab	36,5 a
Sulfato de Manganês	11,2 b	36,8 a
Avaliações (DAC*)		
80	14,2 a	40,9 a
150	13,0 b	35,9 b
212	10,6 c	35,8 b
262	10,3 c	35,7 b
345	8,7 d	35,6 b
Doses (kg ha ⁻¹)		
0	11,3	37,3
2,5	11,7	36,3
5,0	11,6	38,3
7,5	11,0	35,5
10,0	11,4	36,4
CV (%)	13,40	6,60

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * DAC: Dias após o corte.

Os dados referentes à altura média de colmos e número de internódios da cana planta e cana soca estão apresentados na Tabela 4.

Na avaliação das fontes de Mn, não se constatou efeito significativo para tais avaliações em nenhum dos períodos testados (Tabela 4). Gava et al. (2003) constataram que o crescimento máximo da cultura ocorreu durante o período inicial de crescimento, havendo um acréscimo gradual até a fase de maturação. Barbosa (2005), trabalhando com cinco variedades em sistema irrigado e sequeiro, não observaram efeito significativo na altura média de colmos no estágio de colheita.

Quando se avaliaram as doses de Mn em cana planta, observou-se efeito significativo para o número de internódios, cujos valores se ajustaram a regressão quadrática com o ponto de máximo estimado em 6,9 kg ha⁻¹ de Mn (Figura 2). Shigaki (2003) e Gascho e Shih (1983) descreveram que a disponibilidade de água no solo pode ser o principal fator responsável pela maior alongação dos entrenós da cana-de-açúcar.

Tabela 4. Valores médios de altura de colmos (AC) e número de internódios (NI) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta		Cana soca	
	AC (m)	NI m ⁻¹	AC (m)	NI m ⁻¹
Fontes				
Quelato	2,89 a	9,28 a	2,91 a	8,43 a
FTE BR 12	2,87 a	8,98 a	2,92 a	8,63 a
Sulfato de manganês	2,83 a	9,36 a	2,94 a	8,76 a
Doses (kg ha⁻¹)				
0	2,75	8,42	2,84	8,55
2,5	2,90	9,69	2,91	8,77
5,0	2,87	9,21	2,94	8,63
7,5	2,91	9,24	2,97	8,39
10,0	2,88	9,47	2,93	8,69
CV (%)	5,87	6,78	3,99	6,99

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

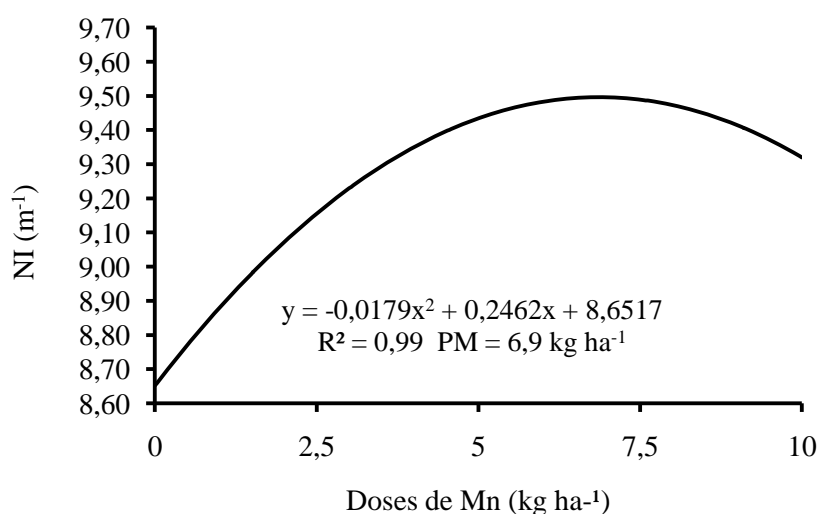


Figura 2. Número médio de internódios (NI) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.

Quando se avaliaram os diâmetros médios do colmo e a produtividade de colmos da cana planta e cana soca (Tabela 5), em função das fontes Mn, não foram constatados efeitos significativos para nenhuma das variáveis. Já as doses de Mn afetaram significativamente o diâmetro médio do colmo na cana planta (Figuras 3).

Tabela 5. Valores médios do diâmetro de colmo (DC) e tonelada de cana por hectare (TCH) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta		Cana soca	
	DC (cm)	TCH (t ha ⁻¹)	DC (cm)	TCH (t ha ⁻¹)
Fontes				
Quelato	2,59 a	93,5 a	2,70 a	99,7 a
FTE BR 12	2,57 a	93,3 a	2,68 a	101,6 a
Sulfato de Manganês	2,63 a	88,7 a	2,69 a	97,3 a
Doses (kg ha ⁻¹)				
0	2,48	87,4	2,67	90,1
2,5	2,65	91,1	2,64	101,0
5,0	2,58	87,5	2,71	104,7
7,5	2,66	93,8	2,69	99,8
10,0	2,60	99,2	2,74	101,9
CV (%)	5,35	15,67	4,07	15,38

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores do diâmetro médio do colmo se ajustaram à regressão quadrática com o ponto de máximo estimado em 6,6 kg ha⁻¹ de Mn (Figura 3). Paes et al. (1997), avaliando três cultivares de cana-de-açúcar, observaram que o diâmetro variou entre 2,6 a 3,0 cm, valores estes, próximos aos obtidos neste trabalho. Ramesh e Mahadevas (2000), trabalhando com variedades de cana-de-açúcar, observaram efeito significativo no diâmetro médio do colmo aos 360 dias após o plantio. Assim, o diâmetro pode ser influenciado por fatores genéticos da planta.

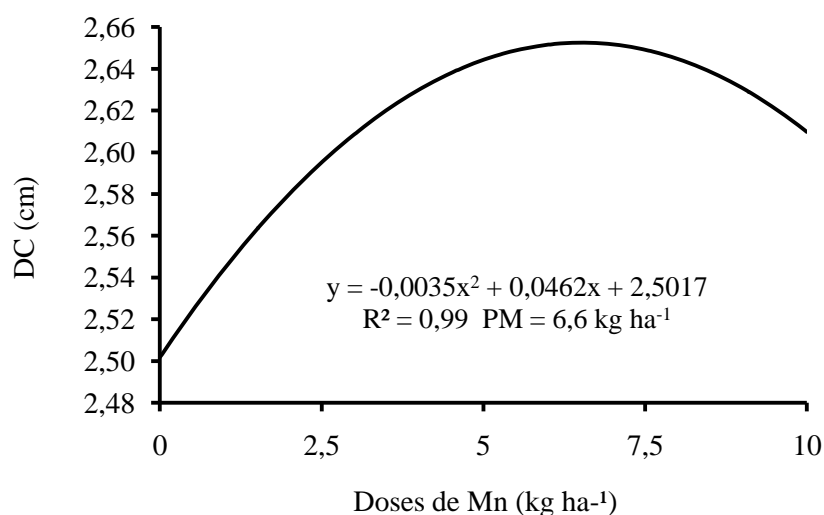


Figura 3. Diâmetro médio do colmo (DC) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.

A produtividade de colmos não se ajustou às regressões testadas, obtendo-se produtividades que variaram de 87 a 99 t ha⁻¹ na cana planta e de 90 a 104 t ha⁻¹ na cana soca. Gava et al. (2008) verificaram, em estudo com três variedades de cana-de-açúcar em primeiro ciclo de cultivo na região de Jaú - SP, produtividades de 115,8; 112,1 e 91,9 t ha⁻¹ para as variedades RB 86-7515, RB 85-5536 e SP 80-3280, respectivamente. Oliveira et al. (2008), estudando o comportamento de variedades de cana-de-açúcar em primeiro ciclo de cultivo na região de Carpina - PE, obtiveram produtividades médias de 87,6 t ha⁻¹ para a RB 86-7515.

Neste sentido, verificam-se poucos estudos enfocando o Mn na cultura da cana-de-açúcar e que a produtividade da cultura é dependente do solo, condições climáticas, variedade, manejo do solo, principalmente adubação, e manejo da própria cultura.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores de massa da matéria seca de colmos e da palhada em cana planta e cana soca. Quando se avaliou as fontes de Mn não se observou efeito significativo para a massa da matéria seca de colmos e da palhada em cana planta e cana soca.

Observa-se interação entre fontes e doses de Mn, sendo que as fontes FTE BR 12 (FTE) e sulfato de manganês (SM) se ajustaram à regressão linear crescente (Figura 4a). Já os dados referentes à fonte quelato (Q) se ajustaram à regressão quadrática com ponto de máximo estimado em 9,17 kg ha⁻¹. Resultados estes, próximos aos encontrados por Carvalho et al. (1993) ao avaliarem o potencial produtivo das variedades CB 47-355, SP 70-1143, SP 71-1406, RB 72-454 e NA 56-79, uma vez que os acúmulos de matéria seca na parte aérea das plantas variaram de 30,47 a 36,35 t ha⁻¹. Já Maeda (2009), avaliando a adubação com N e K

na variedade RB 86-7571 em cana crua e queimada, verificou produtividade de matéria seca de colmos de 21,7 t ha⁻¹ quando realizou a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N em cana crua.

Tabela 6. Valores médios de matéria seca de colmos e palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta		Cana soca	
	Colmo	Palhada	Colmo	Palhada
	t ha ⁻¹ de MS		t ha ⁻¹ de MS	
Fontes				
Quelato	26,05	8,93 a	28,94 a	9,04 a
FTE BR 12	26,45	9,50 a	29,71 a	10,05 a
Sulfato de Manganês	24,35	8,82 a	29,89 a	9,99 a
Doses (kg ha ⁻¹)				
0	21,57	6,73	26,05	8,71
2,5	24,58	8,53	28,69	10,05
5,0	25,88	9,09	29,25	9,56
7,5	27,26	10,68	32,06	9,91
10,0	28,79	10,40	31,53	10,23
CV (%)	8,39	20,45	8,83	13,36

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As doses de Mn influenciaram a matéria seca do ponteiro em cana planta (Figura 4b) e matéria seca de colmos em cana soca (Figura 4c), cujos dados se ajustaram à regressão linear crescente. Esses resultados são inferiores aos encontrados por Oliveira et al. (2003), quando trabalhando com variedades de cana-de-açúcar, observaram na RB 86-7515 valor de 18,45 t ha⁻¹ de matéria seca da palhada. Franco et al. (2009) trabalhando com doses de Zn (0, 3 e 6 kg ha⁻¹) na variedade SP 81-3250 obtiveram produtividade de matéria seca de colmos de 37,2 e 33,5 t ha⁻¹ nas doses 0 e 6 kg ha⁻¹ de Zn, respectivamente.

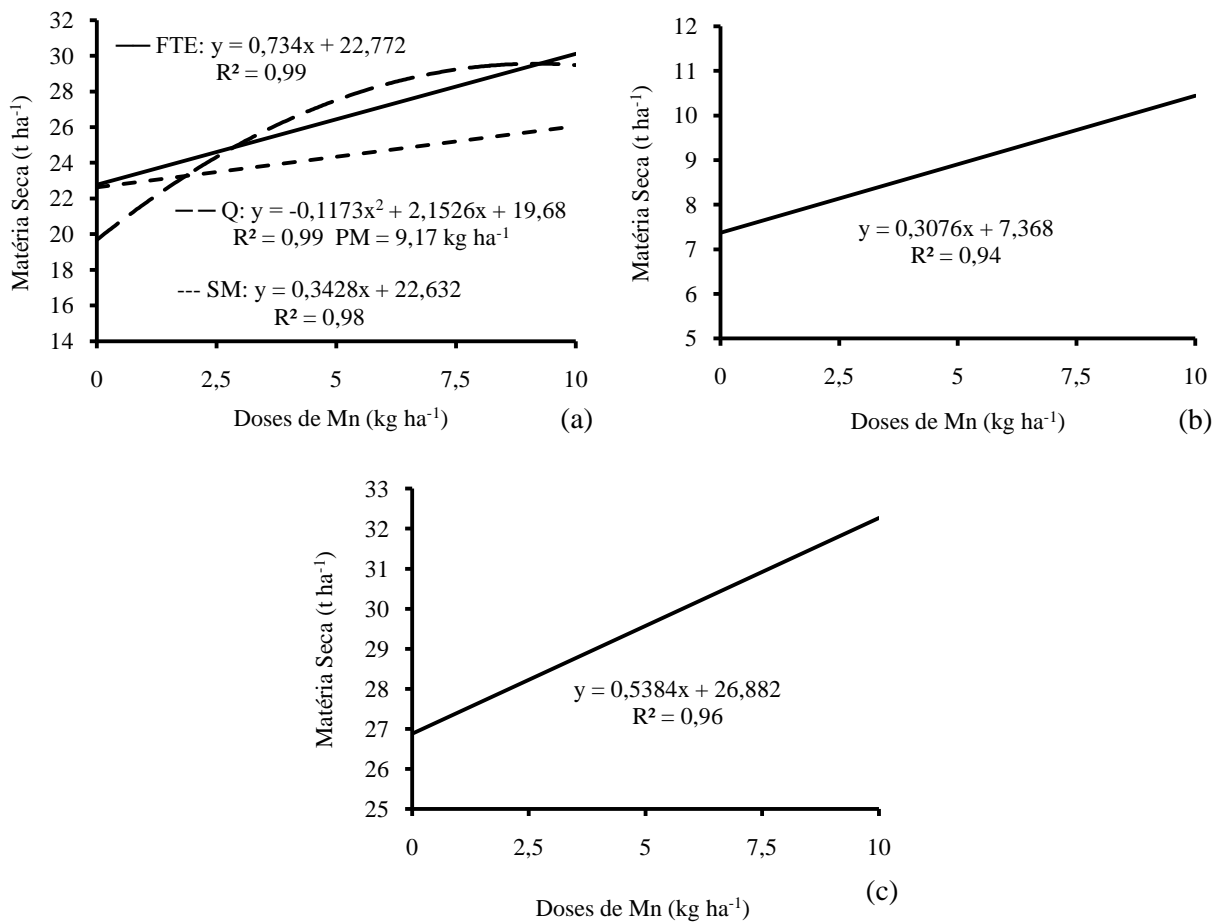


Figura 4. Valores médios de matéria seca de colmos (a) e de palhada em cana planta (b) e de colmos em cana soca (c) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanópolis-SP, 2009 e 2010.

4.2 Teores de nutrientes foliares, na palhada e nos colmos

Os valores referentes aos teores de N, P e K foliares da cana planta e cana soca estão apresentados na Tabela 7. Quando se avaliou as fontes de Mn, observou-se efeito significativo apenas para os teores de P foliar em cana planta sendo que as fontes quelato diferiu da FTE BR 12, não ocorrendo efeito significativo para as demais avaliações em cana planta e cana soca.

Em cana planta os teores de N, P e K, se encontram abaixo dos teores adequados. Segundo Malavolta et al. (1997), os teores adequados de N, P e K devem estar entre 19 a 21, 2,0 a 2,4 e 11 a 13 g kg⁻¹, respectivamente. Para cana soca os teores de N também ficaram abaixo da faixa adequada de 20 a 22 g kg⁻¹. Esses valores foram superiores aos encontrados por Marques et al. (2007a) quando trabalhando com cultivares de cana-de-açúcar constataram

em cana soca (RB 86-7515) teores médios de N, P e K de 8,87, 0,73 e 8,97 g kg⁻¹, respectivamente. Para as doses não foi obtido efeito significativo nos dois anos de avaliação.

Tabela 7. Teores médios de macronutrientes (N, P e K) foliares em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	N	P	K	N	P	K
	g kg ⁻¹ de MS			g kg ⁻¹ de MS		
Fontes						
Quelato	15,47 a	1,76 a	11,23 a	19,04 a	1,95 a	14,00 a
FTE BR 12	15,21 a	1,65 b	10,73 a	18,80 a	2,02 a	14,01 a
Sulfato de Manganês	15,21 a	1,75 ab	10,69 a	19,05 a	1,98 a	13,73 a
Doses (kg ha ⁻¹)						
0	15,75	1,74	10,94	19,13	2,04	13,61
2,5	15,29	1,73	11,27	18,64	1,98	13,83
5,0	15,37	1,66	10,83	19,91	2,01	14,38
7,5	15,43	1,74	10,72	19,17	2,01	13,88
10,0	15,27	1,74	10,66	18,95	1,87	13,83
CV (%)	4,59	7,98	9,72	3,58	6,70	5,89

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os teores foliares de Ca, Mg e S (Tabela 8) houve efeito significativo das fontes de Mn apenas para os teores de Mg em cana planta, onde as fontes quelato e sulfato de manganês diferiram da fonte FTE BR 12. Para os demais tratamentos não se observou efeito significativo.

Tabela 8. Teores médios de macronutrientes (Ca, Mg e S) foliares em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹ de MS			g kg ⁻¹ de MS		
Fontes						
Quelato	3,79 a	2,40 a	1,49 a	3,63 a	2,57 a	1,16 a
FTE BR 12	3,89 a	2,14 b	1,43 a	3,56 a	2,36 a	1,15 a
Sulfato de Manganês	3,98 a	2,45 a	1,41 a	3,66 a	2,64 a	1,12 a
Doses (kg ha ⁻¹)						
0	3,83	2,37	1,37	3,83	2,66	1,13
2,5	3,82	2,32	1,44	3,52	2,47	1,13
5,0	3,76	2,32	1,43	3,52	2,50	1,16
7,5	4,19	2,27	1,42	3,67	2,43	1,13
10,0	3,83	2,37	1,44	3,54	2,56	1,16
CV (%)	9,07	10,88	9,34	12,62	15,99	6,96

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de cálcio foliar em cana planta e enxofre em cana planta e cana soca estão abaixo do adequado, segundo Malavolta et al. (1997), os quais citam as faixas de 8 a 10 g kg⁻¹ de Ca e 2,5 a 3,0 g kg⁻¹ de S. Já os teores de magnésio estiveram dentro da faixa adequada de 2,5 a 3,0 g kg⁻¹, tanto para cana planta quanto para cana soca.

Na Tabela 9 estão os valores referentes aos teores de B, Fe, Mn e Zn foliar em cana planta e cana soca. Ao avaliar as fontes de Mn, observou-se efeito significativo para os teores de Fe e Mn em cana planta. Nos teores de Fe, a fonte FTE BR 12 diferiu das demais fontes. Esse fato é devido que a fonte FTE BR 12 tem em sua composição 3,0% de Fe. Já para os teores de Mn as fontes quelato e sulfato diferiram da fonte FTE BR 12.

Quando se avaliaram os teores de micronutrientes em cana soca, observa-se efeito significativo apenas para os teores de Zn foliar, sendo que com a fonte FTE BR 12 se obteve o maior valor, diferindo da fonte quelato (Tabela 9), isto vem ocorrer devido a fonte FTE BR 12, ter disponível 9,0% de Zn em sua composição. Madeiros et al. (2009), trabalhando com cultivares de cana-de-açúcar e doses de escória siderúrgica, verificaram que a aplicação de escória siderúrgica no solo aumentou os teores foliares de Mn. Já Iwasaki et al. (2002) quando realizaram aplicação de escória siderúrgica observaram maiores concentrações de Mn na folha do feijão caupi.

Tabela 9. Teores médios de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) foliares em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta				Cana soca			
	B	Fe	Mn	Zn	B	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹ de MS				mg kg ⁻¹ de MS			
Fontes								
Quelato	19,89 a	224,80 b	239,55 a	17,90 a	16,33 a	273,00 a	117,93 a	17,86 b
FTE BR 12	18,42 a	257,35 a	211,50 b	17,50 a	17,60 a	276,26 a	110,13 a	22,06 a
Sulfato de Manganês	18,62 a	237,70 b	230,75 a	17,55 a	16,73 a	272,00 a	116,33 a	18,40 ab
Doses (kg ha ⁻¹)								
0	18,71	236,16	201,83	15,88	16,11	271,66	105,55	18,33
2,5	19,17	253,83	219,41	16,76	16,77	272,00	117,88	19,33
5,0	18,34	247,41	226,91	17,66	16,33	270,11	118,44	19,22
7,5	18,64	221,75	231,83	18,25	16,33	280,66	117,33	21,56
10,0	20,05	238,91	236,33	19,58	18,88	274,33	114,77	19,66
CV (%)	19,12	13,16	12,82	16,31	21,63	11,24	18,16	20,80

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de micronutrientes foliar ficaram dentro da faixa adequada segundo Malavolta et al. (1997), exceto os teores de Zn em cana planta e cana soca que se encontram pouco abaixo da faixa adequada. Isso pode evidenciar a ocorrência de antagonismo entre o Mn e Zn.

Para as doses de Mn observou-se resultado significativo apenas para os teores de Zn foliar em cana planta (Figura 5) cujos teores se ajustaram à regressão linear crescente, variando de 15,88 a 19,58 mg kg⁻¹ de Zn.

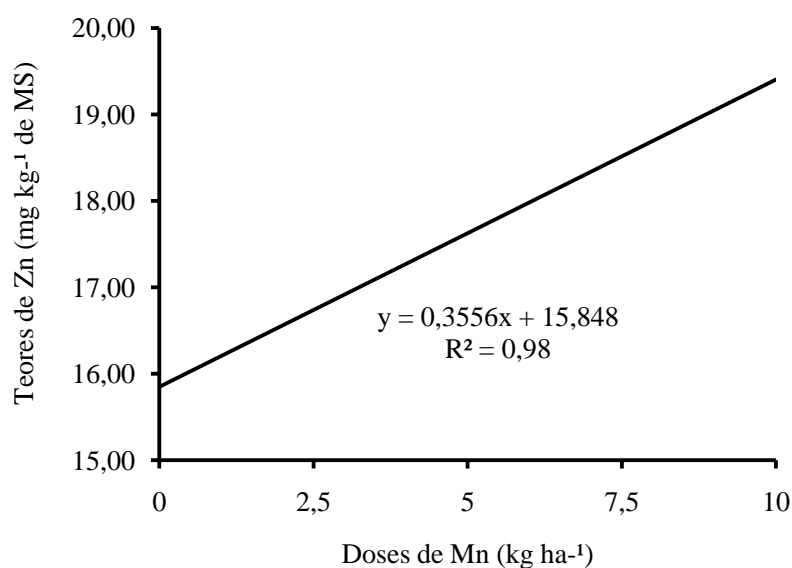


Figura 5. Teores médios de Zn foliar em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.

Os teores de N, P e K da palhada em cana planta e cana soca estão apresentados na Tabela 10. Verificou-se que para fontes de Mn ocorreu efeito significativo apenas para os teores de N e P em cana planta, sendo que a fonte FTE BR 12 propiciou os menores teores de N em relação ao quelato, entretanto sem diferenças do sulfato. Já para os teores de P ocorreu efeito contrario, com maior teor na fonte FTE BR 12 em relação ao quelato. Esses teores de N, P e K foram superiores aos verificados por Schultz (2009) quando trabalhou com diferentes sistemas de manejo (em cana crua e queimada) e adubação (com vinhaça e nitrogenada em cobertura ou incorporada) na cultivar RB 86-7515, onde constatou em cana crua, teores máximos de N, P e K de 4,1; 0,2 e 3,8 g kg⁻¹ em cana planta, respectivamente e teores de 3,0; 0,2 e 1,9 g kg⁻¹ em cana soca, respectivamente.

Para as doses de Mn não houve efeito significativo para nenhuma das análises realizadas em cana planta e cana soca.

Tabela 10. Teores médios de macronutrientes (N, P e K) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	N	P	K	N	P	K
	g kg ⁻¹ de MS			g kg ⁻¹ de MS		
Fontes						
Quelato	6,25 a	0,50 b	8,25 a	5,94 a	0,66 a	9,86 a
FTE BR 12	5,02 b	1,74 a	8,20 a	6,18 a	0,70 a	9,78 a
Sulfato de Manganês	5,74 ab	1,07 ab	9,50 a	5,88 a	0,63 a	9,60 a
Doses (kg ha⁻¹)						
0	6,41	1,49	8,91	6,84	0,75	8,72
2,5	5,18	0,77	7,83	5,94	0,70	8,33
5,0	6,23	1,03	8,50	5,64	0,66	9,61
7,5	5,25	0,28	9,41	5,61	0,58	10,42
10,0	5,29	1,95	9,58	5,97	0,62	8,66
CV (%)	15,03	25,86	29,79	32,84	33,24	29,80

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os dados referentes aos teores de Ca, Mg e S da palhada (Tabela 11), verifica-se que para as fontes de Mn não ocorreu efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas. Schultz (2009) trabalhando com adubação em cana-de-açúcar observou teores de Ca superiores e teores de Mg inferiores aos encontrados neste trabalho em cana planta e cana soca.

Tabela 11. Teores médios de macronutrientes (Ca, Mg e S) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹ de MS			g kg ⁻¹ de MS		
Fontes						
Quelato	4,04 a	2,35 a	0,82 a	3,52 a	1,40 a	0,84 a
FTE BR 12	3,16 a	2,23 a	0,93 a	3,60 a	1,54 a	0,86 a
Sulfato de Manganês	3,44 a	2,40 a	0,89 a	3,65 a	1,36 a	0,90 a
Doses (kg ha⁻¹)						
0	2,86	2,18	0,90	3,81	1,42	0,86
2,5	3,59	2,32	0,85	3,51	1,28	0,91
5,0	3,42	2,15	0,82	4,27	1,37	0,86
7,5	3,54	2,40	0,79	3,04	1,47	0,83
10,0	4,33	2,58	1,06	4,82	1,62	0,86
CV (%)	26,05	18,29	20,70	28,54	15,50	10,28

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as doses de Mn observou-se efeito significativo para os teores de Ca em cana soca (Figura 6), onde os dados se ajustaram à regressão linear positiva, com teores entre 2,58 a 4,89 g kg⁻¹. Esses teores foram próximos aos encontrados por Marques et al. (2007b) onde trabalharam com doses de lodo de esgoto (42,3 mg kg⁻¹ de Ca na matéria seca) e analisaram os teores de Ca no ponteiro sem folhas e obtiveram teores de 5,1 e 4,8 g kg⁻¹, nas doses 0 e 160 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, respectivamente.

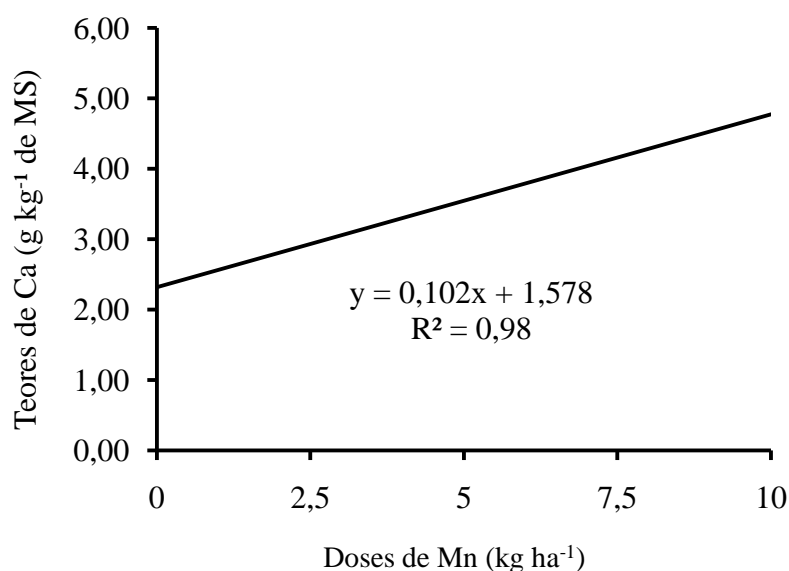


Figura 6. Teores médios de Ca da palhada em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana soca). Suzanápolis-SP, 2010.

Na Tabela 12 estão apresentados os teores de B, Fe, Mn e Zn da palhada em cana planta e cana soca. Quando se avaliaram as fontes de Mn verificou-se efeito significativo para os teores de Fe, Mn e Zn em cana planta. Os teores de Fe e Zn diferiram significativamente, onde a fonte FTE BR 12 proporcionou os maiores teores, diferindo do quelato e sulfato de manganês. Este acontecimento é devido à ocorrência de Fe e Zn na composição da fonte FTE BR 12 e também a provável antagonismo entre o Zn e Fe, concordando com Woolhouse (1983), os quais citam que o antagonismo entre Zn e Fe é resultante da semelhança dos raios iônicos desses elementos.

Em cana soca ocorreu efeito significativo somente para o teor de B da palhada, sendo que a fonte FTE BR 12 proporcionou o maior valor em relação à fonte quelato e sulfato de manganês.

Tabela 12. Teores médios de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta				Cana soca			
	B	Fe	Mn	Zn	B	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹ de MS				mg kg ⁻¹ de MS			
Fontes								
Quelato	75,73 a	77,90 b	202,80	66,30 b	68,70 ab	190,00 a	150,00 a	29,93 a
FTE BR 12	72,92 a	132,30 a	144,20	81,80 a	70,06 a	199,63 a	161,13 a	32,80 a
Sulfato de Manganês	75,33 a	77,90 b	193,30	71,00 b	68,48 b	188,03 a	173,26 a	34,40 a
Doses (kg ha⁻¹)								
0	72,43	100,83	149,83	81,33	69,37	178,22	141,33	29,44
2,5	75,74	90,50	178,50	64,83	67,97	180,61	154,22	33,00
5,0	75,41	84,16	173,33	71,50	69,52	196,66	153,11	31,11
7,5	74,81	92,00	246,33	64,33	68,81	121,27	186,11	33,66
10,0	74,92	121,00	252,50	83,16	69,74	195,00	172,44	34,66
CV (%)	6,16	23,01	16,74	11,59	18,82	15,70	27,30	27,97

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se avaliaram os teores de Mn em cana planta, observou-se interação entre fontes e doses de Mn (Figura 7a). As fontes FTE BR 12 (FTE) e Quelato (Q) se ajustaram à regressão quadrática com o ponto de máximo estimado de 6,2 e 5,4 kg ha⁻¹ de Mn, respectivamente. Já em cana soca ocorreu efeito significativo para as doses de Mn nos teores de Mn da palhada, cujos valores se ajustaram à regressão linear crescente, variando de 142,62 a 180,31 mg kg⁻¹ de Mn, nas doses 0 e 10 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 7b).

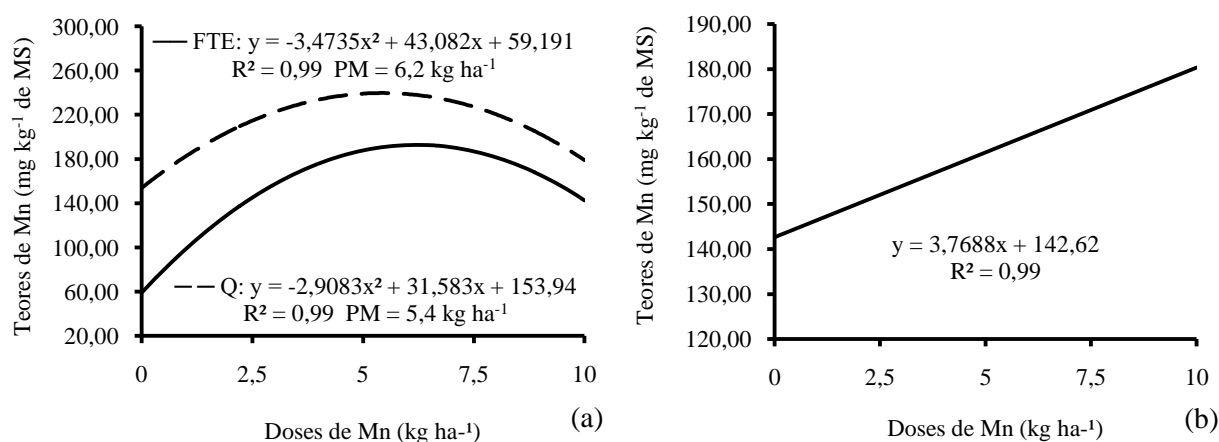


Figura 7. Teores médios de Mn da palhada em cana planta (a) e cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Os teores de N, P e K do colmo em cana planta e cana soca estão apresentados na Tabela 13. Para as fontes de Mn ocorreu efeito significativo somente quanto aos teores de N em cana planta, onde a fonte FTE BR 12 diferiu do quelato. Enquanto que para as doses de Mn, não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas. Marques et al. (2007b) trabalhando com doses de lodo de esgoto observaram teores máximos de N, P e K de 2,2, 0,4 e 5,5 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 13. Teores médios de macronutrientes (N, P e K) dos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	N	P	K	N	P	K
	g kg ⁻¹ de MS			g kg ⁻¹ de MS		
Fontes						
Quelato	3,49 b	0,25 a	3,56 a	3,22 a	0,38 a	4,40 a
FTE BR 12	3,87 a	0,24 a	3,30 a	3,24 a	0,38 a	4,67 a
Sulfato de Manganês	3,62 ab	0,29 a	3,60 a	3,05 a	0,32 a	3,78 a
Doses (kg ha⁻¹)						
0	3,85	0,27	3,88	3,41	0,34	4,05
2,5	3,81	0,26	3,61	3,20	0,37	4,58
5,0	3,60	0,30	3,22	3,00	0,34	4,31
7,5	3,54	0,23	3,66	3,18	0,42	4,97
10,0	3,50	0,23	3,05	3,05	0,33	3,50
CV (%)	8,67	25,32	23,39	9,88	29,49	31,10

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Camilotti et al. (2006) encontraram teores de nitrogênio nos colmos próximos aos encontrados neste trabalho, com valores em cana soca de 3° e 4° cortes variando de 3,80 a 4,46 g kg⁻¹ e 2,55 a 2,65 g kg⁻¹, respectivamente. Entretanto, Marques et al. (2007b) encontraram em colmos da variedade SP 70-1143 cultivada em solo com doses de lodo de esgoto (5,5 mg kg⁻¹ de Ca na matéria seca) variando de 0 a 160 t ha⁻¹, teores entre 1,30 e 2,20 g kg⁻¹ de N.

Na Tabela 14 constam os teores de Ca, Mg e S do colmo da cana planta e cana soca, sendo que, para fontes de Mn houve efeito significativo para os teores de Ca e Mg em cana soca, onde a fonte FTE BR 12 apresentou os maiores teores de Ca e Mg diferindo estatisticamente do sulfato de manganês. Nogueira et al. (2007) encontraram teores de Mg que oscilaram de 0,37 a 0,45 g kg⁻¹, sendo que o maior valor ocorreu com o emprego de vinhaça complementada com nitrogênio.

Pode-se observar que nas doses de Mn ocorreu efeito significativo para os teores de Ca do colmo em cana planta, com ajuste dos dados à regressão linear positiva, conforme as doses (Figura 8).

Tabela 14. Teores médios de macronutrientes (Ca, Mg e S) dos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹ de MS			g kg ⁻¹ de MS		
Fontes						
Quelato	0,39 a	0,39 a	0,39 a	0,63 ab	0,58 b	0,56 a
FTE BR 12	0,42 a	0,46 a	0,40 a	0,69 a	0,66 a	0,57 a
Sulfato de Manganês	0,37 a	0,39 a	0,41 a	0,60 b	0,60 ab	0,58 a
Doses (kg ha⁻¹)						
0	0,32	0,35	0,39	0,62	0,66	0,56
2,5	0,41	0,44	0,39	0,61	0,60	0,57
5,0	0,36	0,42	0,39	0,64	0,56	0,56
7,5	0,39	0,41	0,40	0,67	0,65	0,56
10,0	0,44	0,45	0,41	0,65	0,60	0,58
CV (%)	20,57	22,68	6,04	11,86	14,02	10,96

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

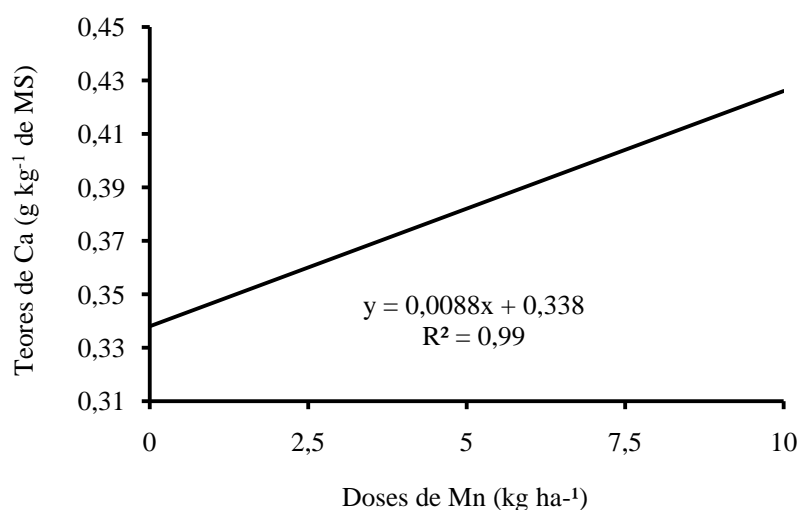


Figura 8. Teores médios de Ca do colmo em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar (cana planta). Suzanápolis-SP, 2009.

Os valores referentes aos teores de micronutrientes do colmo em cana planta e cana soca constam na Tabela 15. Observou-se efeito significativo para fontes nos teores de Fe e Zn, sendo que com a fonte FTE BR 12 obtiveram-se os maiores valores, diferindo das fontes quelato e sulfato de manganês em cana planta. Já para cana soca ocorreu significância para os teores de Zn do colmo, onde a fonte FTE BR 12 foi superior às demais. Isso se deve ao efeito

residual da aplicação do FTE BR 12 em cana planta. Nogueira et al. (2007), trabalhando com lodo de esgoto e vinhaça por quatro anos consecutivos, não observaram efeito significativo para os teores de Fe, Mn e Zn.

Tabela 15. Teores médios de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) dos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta				Cana soca			
	B	Fe	Mn	Zn	B	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹ de MS				mg kg ⁻¹ de MS			
Fontes								
Quelato	21,61 a	45,53 b	61,73 a	36,20 b	12,50 a	59,86 a	72,53 a	21,80 b
FTE BR 12	19,33 a	57,53 a	64,80 a	48,73 a	13,02 a	54,86 a	75,10 a	32,03 a
Sulfato de Manganês	20,09 a	49,67 b	63,80 a	36,06 b	13,06 a	61,43 a	69,56 a	21,10 b
Doses (kg ha⁻¹)								
0	20,59	66,88	61,33	35,22	12,10	63,33	71,77	21,88
2,5	20,53	43,66	63,77	40,00	12,80	65,33	79,33	25,38
5,0	20,36	49,88	67,22	39,77	12,80	57,77	64,33	24,38
7,5	19,52	52,11	63,77	41,33	13,27	52,50	72,55	26,72
10,0	21,04	42,00	61,11	42,11	13,33	56,50	74,00	26,50
CV (%)	9,03	22,10	20,75	15,15	31,01	22,30	18,31	26,03

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se avaliaram as doses de Mn observou interação entre fontes e doses para os teores de B do colmo em cana planta (Figura 9a), sendo que as fontes quelato (Q) e FTE BR 12 (FTE) se ajustaram à regressão linear negativa e positiva, respectivamente. Em cana soca ocorreu efeito significativo para doses de Mn nos teores de B do colmo, ajustando-se à regressão linear positiva (Figura 9b). Esse teores de B podem estar relacionados à fonte FTE BR 12 ter disponível em sua mistura cerca de 1,8% de B e à baixa solubilidade do material utilizado.

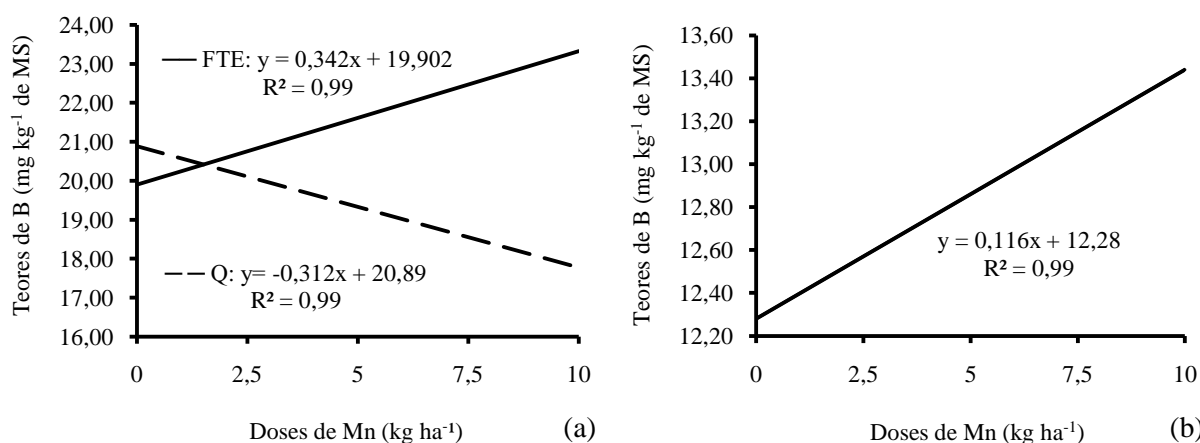


Figura 9. Teores médios de B do colmo em cana planta (a) e cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

4.3 Acúmulo de macro e micronutrientes nos colmos

Na Tabela 16 estão apresentados os valores de N, P e K do colmo em cana planta e cana soca. Quando se avaliaram as fontes de Mn observaram-se efeito significativo apenas para os teores de N em cana planta, onde a fonte FTE BR 12 diferiu das fontes quelato e sulfato de manganês com 14,17 e 14,82 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses resultados são inferiores aos encontrados por Mendes (2006) que estudando o acúmulo de nutrientes em sete variedades de cana-de-açúcar constatou que a RB 86-7515 extraiu 150 kg ha⁻¹ de N, produtividade de 155 t ha⁻¹. Barbosa et al. (2002) estudando a RB 72-454 em cana planta observaram remoção de 134 kg ha⁻¹ e Coleti et al. (2002) avaliando o acúmulo de N na SP 81-3250 constataram para cana planta extração de 207 kg ha⁻¹ de N, resultados esses superiores aos encontrados neste trabalho.

Tabela 16. Acúmulo médio de macronutrientes (N, P e K) nos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	N	P	K	N	P	K
	kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹		
Fontes						
Quelato	87,97 b	6,48 a	86,31 a	92,72 a	11,31 a	115,70 a
FTE BR 12	102,14 a	5,80 a	77,76 a	89,49 a	11,44 a	128,16 a
Sulfato de Manganês	87,32 b	6,79 a	79,18 a	86,67 a	9,91 a	123,65 a
Doses (kg ha ⁻¹)						
0	83,55	5,70	75,88	83,86	8,93	101,21
2,5	92,87	6,21	82,56	83,89	10,26	105,25
5,0	91,74	7,07	73,83	84,76	9,78	125,43
7,5	95,12	6,89	86,90	99,66	13,70	168,73
10,0	99,09	5,91	86,24	95,96	10,75	111,91
CV (%)	9,52	29,88	15,94	9,68	22,38	13,94

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas avaliações das doses de Mn ocorreu efeito significativo para os valores de N acumulados em cana planta e cana soca (Figura 10a), com ajustes à regressões lineares crescente com teores de 85,81 a 99,14 kg ha⁻¹ e 81,63 a 97,62 kg ha⁻¹, respectivamente. Oliveira (2008), trabalhando com diferentes cultivares de cana-de-açúcar, observou que a RB 86-7515 acumulou nos colmos cerca de 141,21 kg ha⁻¹ de N, com produtividade de 168 t ha⁻¹, sendo esses valores superiores aos encontrados neste trabalho.

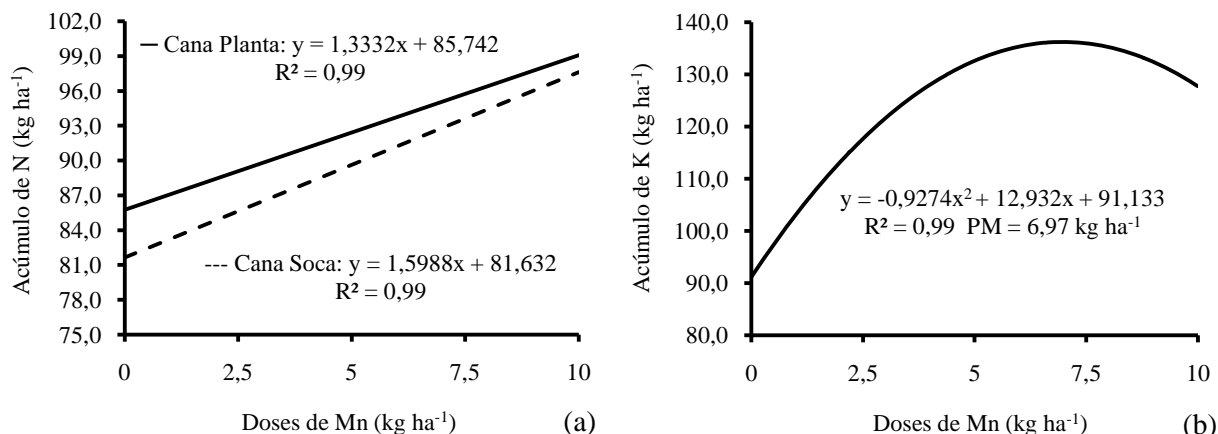


Figura 10. Acúmulo médio de N nos colmos em cana planta e cana soca (a) e valores de K em cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

O acúmulo de K nos colmos em cana soca se ajustaram à regressão quadrática com ponto de máximo estimado em 6,97 kg ha⁻¹ de Mn, com valor de K extraído de 136,21 kg ha⁻¹ (Figura 10b). O efeito significativo no acúmulo de K para as doses e Mn, se deve a possível ocorrência do sinergismo entre o K x Mn. Sendo assim, esses resultados são superiores aos encontrados por Gomes (2003) trabalhando com dois tipos de solo e doze cultivares em Porto Feliz-SP, onde observou valores máximos de K extraídos de 107,27 kg ha⁻¹ na cultivar RB 82-5336 em cana soca, com produtividade de 69 t ha⁻¹.

Os dados referentes ao acúmulo de Ca, Mg e S nos colmos em cana planta e cana soca estão apresentados na Tabela 17. Ao avaliar as fontes de Mn, observou-se somente efeito significativo para o acúmulo de Mg em cana planta e cana soca, onde a fonte FTE BR 12 apresentou os maiores valores em relação às demais fontes.

Para as doses de Mn observou-se interação para fontes e doses quanto ao acúmulo de Ca e Mg em cana planta (Figura 11a b). Para o acúmulo de Ca as fontes FTE BR 12 (FTE) e quelato (Q) se ajustaram à regressão linear crescente e os dados referentes à fonte sulfato de manganês (SM) se ajustaram à regressão quadrática com ponto de máximo estimado em 8,55 kg ha⁻¹ de Mn (Figura 11a). Silva (2007) avaliando a extração de Ca pela RB 86-7515 constatou valores médios de 13 kg ha⁻¹.

Já para o acúmulo de Mg, as fontes FTE BR 12 (FTE) e sulfato de manganês (SM) se ajustaram à regressão linear crescente, enquanto que a fonte quelato (Q) se ajustou à regressão quadrática com ponto de máximo estimado em 6,83 kg ha⁻¹ de Mn (Figura 11b).

Tabela 17. Acúmulo médio de macronutrientes (Ca, Mg e S) nos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Fontes						
Quelato	9,46	9,87 b	10,28 a	18,06 a	16,37 b	16,45 a
FTE BR 12	10,37	11,27 a	10,46 a	19,91 a	19,36 a	17,37 a
Sulfato de Manganês	9,62	9,21 b	10,08 a	17,87 a	17,00 b	17,29 a
Doses (kg ha⁻¹)						
0	6,27	7,65	8,56	15,96	16,39	15,03
2,5	9,72	10,20	9,72	17,66	17,04	16,81
5,0	10,30	10,15	10,29	18,29	16,02	16,10
7,5	10,27	10,45	10,90	21,27	19,13	18,88
10,0	12,52	12,11	11,90	20,35	19,32	18,36
CV (%)	12,32	11,84	9,14	13,84	13,50	14,55

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

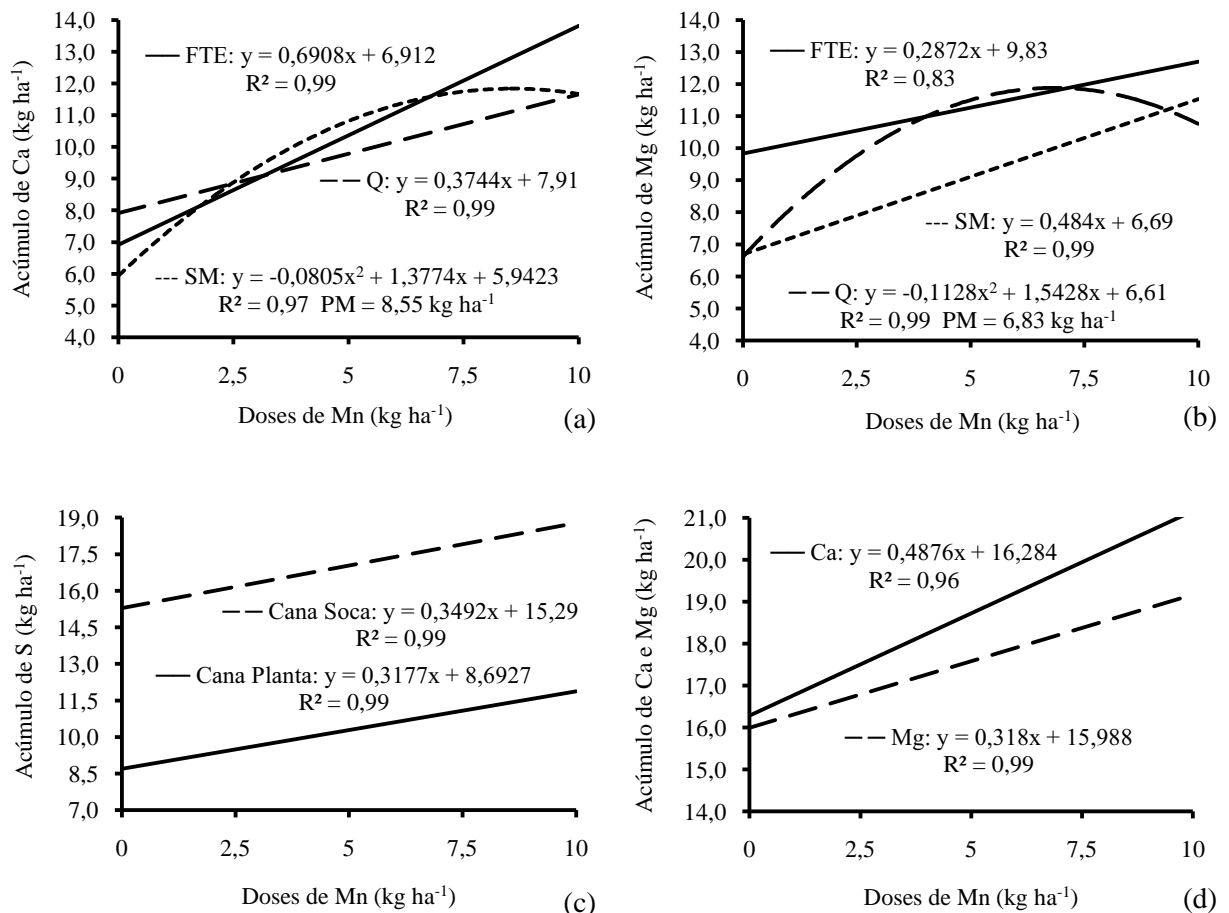


Figura 11. Interação de fontes e doses em cana planta para o acúmulo de Ca (a) e Mg (b), acúmulo de S em cana planta e cana soca (c) e acúmulo em cana soca de Ca e Mg (d) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Os valores extraídos de S para doses de Mn se ajustaram à regressão linear positiva para cana planta e cana soca (Figura 11c). A aplicação de sulfato de manganês pode ter influenciado no acúmulo de S, devido a presença desse elemento em sua composição. Em cana soca ocorreu efeito significativo para doses de Mn no acúmulo de Ca e Mg, com ajuste à regressão linear positiva, respectivamente (Figura 11d).

Tasso Junior et al. (2007), avaliando as variedades RB 85-5453; RB 85-5156; RB 83-5486; SP 89-1115 e IAC 91-2195 na região de Colina-SP, obtiveram médias acumuladas de 29,22; 29,18 e 15,70 kg ha⁻¹ de Ca, Mg e S, respectivamente.

Quando se avaliaram os valores acumulados de micronutrientes (Tabela 18) ocorreu efeito significativo para os valores de B, Fe e Zn em cana planta e valores de Zn em cana soca, onde a fonte FTE BR 12 proporcionou os maiores valores extraídos, diferindo das demais fontes de manganês. Esse fato pode ser devido à fonte utilizada conter teores de B e Zn em sua mistura, ocorrendo efeito residual. Tasso Junior (2007), trabalhando com vinte variedades de cana-de-açúcar em cana planta na região de Olímpia-SP, observou que a RB 86-7515 extraiu 1,4 kg ha⁻¹ de Mn e 2,3 kg ha⁻¹ de Zn para uma produtividade de 152 toneladas de colmos por hectare, sendo esses superiores aos encontrados neste trabalho com referência à produtividade de colmos.

Tabela 18. Acúmulo médio de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) nos colmos em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta				Cana soca			
	B	Fe	Mn	Zn	B	Fe	Mn	Zn
	kg ha ⁻¹				kg ha ⁻¹			
Fontes								
Quelato	0,51 b	1,30 b	1,53 a	0,93 b	0,42 a	1,43 a	2,14 a	0,64 b
FTE BR 12	0,56 a	1,83 a	1,55 a	1,30 a	0,53 a	1,49 a	2,29 a	0,96 a
Sulfato de Manganês	0,50 b	1,06 b	1,61 a	0,87 b	0,53 a	1,51 a	2,00 a	0,61 b
Doses (kg ha ⁻¹)								
0	0,44	1,40	1,28	0,76	0,51	1,34	1,94	0,64
2,5	0,50	1,41	1,45	0,98	0,57	1,49	2,29	0,74
5,0	0,52	1,54	1,53	1,06	0,48	1,35	2,30	0,71
7,5	0,54	1,32	1,58	1,11	0,54	1,49	2,31	0,79
10,0	0,63	1,31	1,97	1,26	0,40	1,71	2,30	0,79
CV (%)	9,88	32,07	20,80	14,24	31,31	16,51	20,37	27,05

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as doses de Mn verificou-se efeito significativo para o acúmulo de B em cana planta (Figura 12a) e de Fe em cana soca (Figura 12b) com ajuste dos dados à regressão linear crescente. Também se observou regressão linear crescente para o acúmulo de Mn (Figura 12c) e Zn (Figura 12d) em cana planta e cana soca, respectivamente.

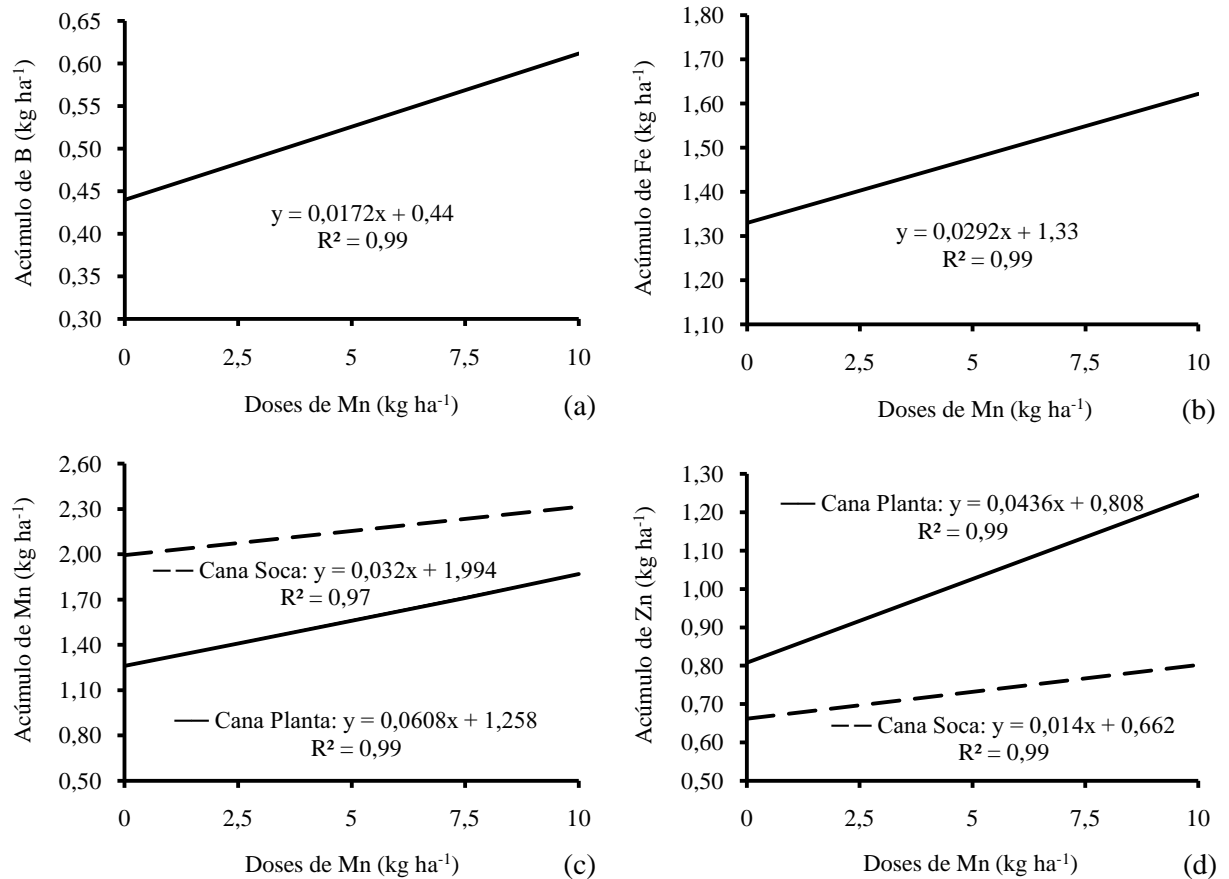


Figura 12. Acúmulo médio de B em cana planta (a), Fe em cana soca (b) e de Mn (c) e Zn (d) na cana planta e cana soca em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanópolis-SP, 2009 e 2010.

4.4 Acúmulo de macro e micronutrientes na palhada

Os dados referentes aos acúmulos de N, P e K na palhada em cana planta e cana soca constam na Tabela 19. Quando se avaliaram as fontes de Mn, pode-se observar efeito significativo para os valores de N, K e P em cana planta, sendo que a fonte quelato proporcionou o maior valor de N, diferindo da fonte FTE BR 12. Para os valores de P, as fontes FTE BR 12 e sulfato de manganês foram superiores à fonte quelato, sendo que para os valores de K a fonte FTE BR 12 superou as duas outras fontes. Já para as doses de Mn não ocorreu efeito significativo em nenhuma das variáveis analisadas. Oliveira et al. (1999),

trabalhando com decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo, verificaram na variedade SP 79-1011 valores de 64, 6,6 e 66 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

Tabela 19. Valores médios acumulados de macronutrientes (N, P e K) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	N	P	K	N	P	K
	kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹		
Fontes						
Quelato	64,01 a	3,76 b	45,58 b	62,08 a	4,57 a	75,76 b
FTE BR 12	47,41 b	5,90 a	58,71 a	64,40 a	6,13 a	82,34 a
Sulfato de Manganês	52,39 ab	5,60 a	50,88 b	57,13 a	4,74 a	68,96 b
Doses (kg ha⁻¹)						
0	44,64	5,00	52,21	63,59	5,98	77,26
2,5	51,48	4,33	48,54	60,03	5,52	72,66
5,0	62,83	5,69	49,35	58,58	6,53	75,32
7,5	59,24	4,98	47,03	62,06	5,25	73,16
10,0	54,81	6,43	61,48	61,76	6,13	79,16
CV (%)	24,18	27,89	15,55	19,91	25,15	8,44

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 20 estão apresentados os valores de Ca, Mg e S da palhada em cana planta e cana soca. Para as fontes ocorreu significância apenas em cana soca para os valores acumulados de Ca e S. Para os valores de Ca, o maior valor foi observado na fonte FTE BR 12, diferindo das fontes quelato e sulfato de manganês em cana soca. Quando se analisou o valor de S, as fontes FTE BR 12 e sulfato de manganês diferiram da fonte quelato para cana soca.

Observou-se interação entre as fontes e doses de Mn para os valores de Ca da palhada em cana planta, sendo que as fontes FTE BR 12 (FTE) e quelato (Q) se ajustaram à regressão linear positiva e a fonte sulfato de manganês se ajustou à regressão quadrática com ponto de máximo estimado em 6,0 kg ha⁻¹ (Figura 13a). Esses resultados foram inferiores aos encontrados por Oliveira et al. (2003) com a variedade RB 86-7515 e valor acumulado de 81 kg ha⁻¹ de Ca.

Para as doses de Mn ocorreu efeito significativo cujos valores se ajustaram à regressão linear crescente para os valores de Mg e S em cana planta (Figura 13b e 13c) e Ca em cana soca (Figura 13d). Oliveira et al (2003) encontraram valores de Mg acumulados na palhada, valores estes, próximos aos deste trabalho.

Tabela 20. Valores médios acumulados de macronutrientes (Ca, Mg e S) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹		
Fontes						
Quelato	35,45 a	21,12 a	7,40 a	25,07 b	13,44 a	7,59 b
FTE BR 12	29,87 a	20,93 a	8,81 a	35,04 a	15,32 a	8,82 a
Sulfato de Manganês	29,87 a	21,95 a	8,07 a	24,09 b	15,00 a	8,81 a
Doses (kg ha⁻¹)						
0	19,56	15,34	6,21	24,97	12,56	7,67
2,5	30,05	19,63	7,28	28,37	13,92	8,97
5,0	31,17	19,47	7,49	27,82	15,50	8,24
7,5	37,53	25,40	8,46	27,56	14,43	8,32
10,0	42,77	26,82	11,04	31,63	16,52	8,85
CV (%)	22,03	22,77	29,59	15,42	21,76	14,64

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

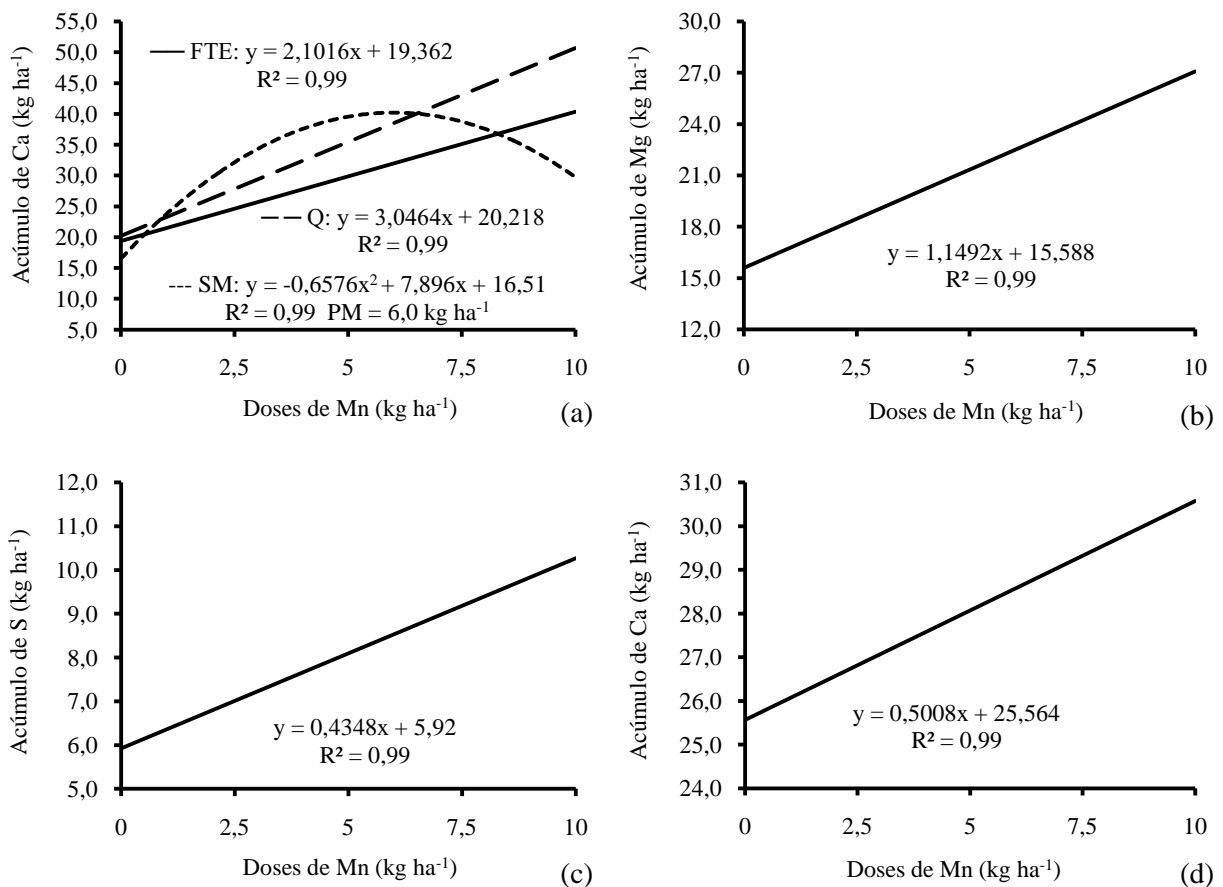


Figura 13. Interação de fontes e doses em cana planta para os valores de Ca (a), doses para Mg (b) e S (c) acumulados na palhada e valores de Ca em cana soca (d) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Na avaliação das fontes de Mn em cana planta e cana soca, para os valores de micronutrientes da palhada, verificou-se efeito significativo apenas para os valores de B, Mn e Zn em cana soca, essa significância pode ser devido ao efeito residual da aplicação da fonte FTE BR 12 (Tabela 21). Para os valores de B e Zn, a fonte FTE BR 12 foi superior às demais fontes. Para os valores de Mn da palhada, a fonte sulfato de manganês apresentou o maior valor, diferindo da fonte quelato (Tabela 21).

Tabela 21. Valores médios acumulados de micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) da palhada em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta				Cana soca			
	B	Fe	Mn	Zn	B	Fe	Mn	Zn
	kg ha ⁻¹				kg ha ⁻¹			
Fontes								
Quelato	0,63 a	1,05 a	1,82 a	0,75 a	0,79 b	1,73 a	1,39 b	0,47 b
FTE BR 12	0,69 a	1,23 a	1,44 a	0,84 a	1,00 a	2,01 a	1,59 ab	0,54 a
Sulfato de Manganês	0,66 a	1,08 a	1,46 a	0,51 a	0,84 ab	1,84 a	1,90 a	0,49 b
Doses (kg ha ⁻¹)								
0	0,48	0,83	0,92	0,40	0,84	1,56	1,29	0,47
2,5	0,64	1,01	1,70	0,55	0,80	1,81	1,54	0,52
5,0	0,68	0,88	1,40	0,77	0,93	1,88	1,57	0,49
7,5	0,79	1,56	1,60	0,99	0,85	2,09	1,81	0,53
10,0	0,71	1,41	1,26	0,81	0,97	1,96	1,90	0,53
CV (%)	15,46	38,78	26,47	31,59	21,12	18,92	24,48	23,97

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já para efeito das doses de Mn aplicadas, observa-se que os valores de Mn em cana planta e se ajustaram à regressão quadrática com ponto de máximo estimado de 6,03 kg ha⁻¹ e, em cana planta os valores se ajustaram a regressão linear positiva (Figura 14a). Os valores de Fe acumulados na palhada se ajustaram à regressão linear positiva conforme as doses de Mn em cana soca (Figura 14b).

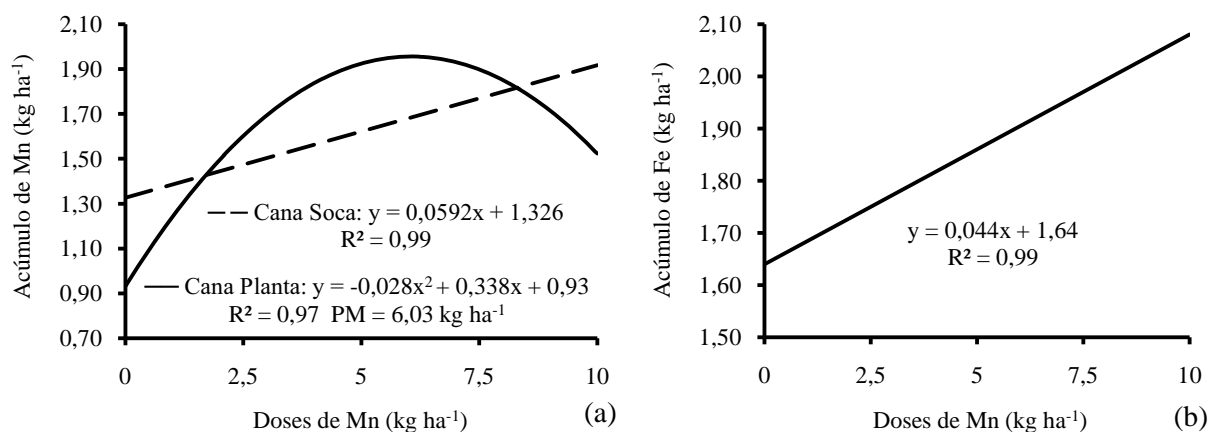


Figura 14. Acúmulo médio de Mn da palhada em cana planta e cana soca (a), Fe em cana soca (b) em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

4.5 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

Na avaliação das fontes e doses de manganês na cana planta e cana soca sobre os teores médios de pureza do caldo, pol no caldo da cana e pol% cana, os resultados não apresentaram efeito significativo (Tabela 22). Marques et al. (2007a), avaliando cultivares de ciclo precoce, médio e tardio, não verificam diferenças significativas em relação aos parâmetros tecnológicos. Andrade et al. (1995), trabalhando com a aplicação de fritas e de fontes solúveis de boro, cobre e zinco, via solo, no sulco de plantio, não detectaram incremento nos parâmetros tecnológicos e Wang et al. (2005), trabalhando com a aplicação de Zn, não verificaram aumento significativo no pol% cana. Marques et al. (2007b); Marques (1990) observaram que doses de lodo de esgoto não exerceram influência sobre as características agro-industriais da cana-de-açúcar.

Na Tabela 23, estão apresentados os dados de fibra, brix e açúcares redutores do caldo em cana planta e cana soca. Para as fontes e doses de manganês não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 23). Franco et al. (2009), em experimento com aplicação de doses de Zn, após 90 dias do plantio em cana planta, observaram efeito significativo nos teores de Brix, Pol da cana e AR. Já Fravet et al. (2010) observaram que a aplicação de torta de filtro na linha superficial e na entrelinha incorporada diminuiu o brix do caldo e o pol% cana quando realizado em soqueira. A literatura é escassa em relação à resposta da cultura a aplicação de micronutrientes, em geral, principalmente Mn.

Tabela 22. Teores médios de pureza do caldo (Pza) e pol% cana (PC) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta		Cana soca	
	Pza	PC	Pza	PC
	----- % -----		----- % -----	
Fontes				
Quelato	89,73 a	15,85 a	89,82 a	16,53 a
FTE BR 12	89,16 a	15,69 a	89,07 a	16,10 a
Sulfato de Manganês	89,90 a	15,86 a	88,11 a	15,94 a
Doses (kg ha⁻¹)				
0	89,48	15,70	90,12	16,21
2,5	89,23	15,84	88,41	16,12
5,0	90,32	15,98	87,60	16,04
7,5	89,26	15,83	87,83	15,83
10,0	89,68	15,65	91,04	16,74
CV (%)	3,09	4,29	4,38	5,82

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 23. Teores médios de fibra, brix da cana (BC) e açúcares redutores do caldo (AR) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta			Cana soca		
	Fibra	BC	AR	FIBRA	BC	AR
	----- % -----			----- % -----		
Fontes						
Quelato	13,02 a	18,32 a	0,57 a	12,40 a	18,13 a	0,57 a
FTE BR 12	13,00 a	18,22 a	0,58 a	12,80 a	17,75 a	0,57 a
Sulfato de Manganês	13,30 a	18,41 a	0,56 a	12,54 a	18,09 a	0,60 a
Doses (kg ha⁻¹)						
0	13,39	17,17	0,57	12,46	17,98	0,55
2,5	12,92	18,25	0,58	12,84	18,18	0,57
5,0	13,19	18,37	0,55	12,50	18,32	0,57
7,5	13,00	18,25	0,57	12,46	18,02	0,62
10,0	13,03	18,53	0,57	12,64	17,45	0,60
CV (%)	5,72	3,92	14,58	4,85	6,72	11,25

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as variáveis toneladas de cana por ha, açúcar total recuperável por ha e tonelada de pol por ha não ocorreu efeito significativo para fontes de manganês na cana planta e cana soca (Tabela 24). Duarte Júnior e Coelho (2008), avaliando o efeito da adubação verde sobre o rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto, não constataram efeito significativo quando analisaram a variável ATR. Já Silva et al. (1998) encontraram efeito na produtividade quando empregaram 30 t ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Tabela 24. Teores médios de açúcar total recuperável por hectare (ATR), e tonelada de pol por hectare (TPH) em função de fontes e doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009 e 2010.

Tratamentos	Cana planta		Cana soca	
	ATR	TPH	ATR	TPH
	----- t ha ⁻¹ -----		----- t ha ⁻¹ -----	
Fontes				
Quelato	14,4 a	17,6 a	16,0 a	19,5 a
FTE BR 12	14,2 a	17,3 a	16,1 a	19,6 a
Sulfato de Manganês	13,6 a	16,8 a	15,2 a	18,4 a
Doses (kg ha⁻¹)				
0	12,6	15,6	14,2	17,3
2,5	14,0	17,2	16,0	19,4
5,0	13,7	16,9	16,5	20,0
7,5	14,5	17,7	15,5	18,8
10,0	15,4	19,0	16,4	20,3
CV (%)	16,12	16,39	15,89	16,18

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já para doses de manganês ocorreu efeito significativo para açúcar total recuperável por hectare (Figura 15a) e tonelada de pol por hectare (Figura 15b) em cana planta, com ajuste dos dados à regressões lineares positivas. Prado (2001), trabalhando com doses de escória de siderurgia, comparada a doses de calcário, na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, na observou efeito significativo nos valores de brix, Pol, Fibra e ATR em cana planta e cana soca.

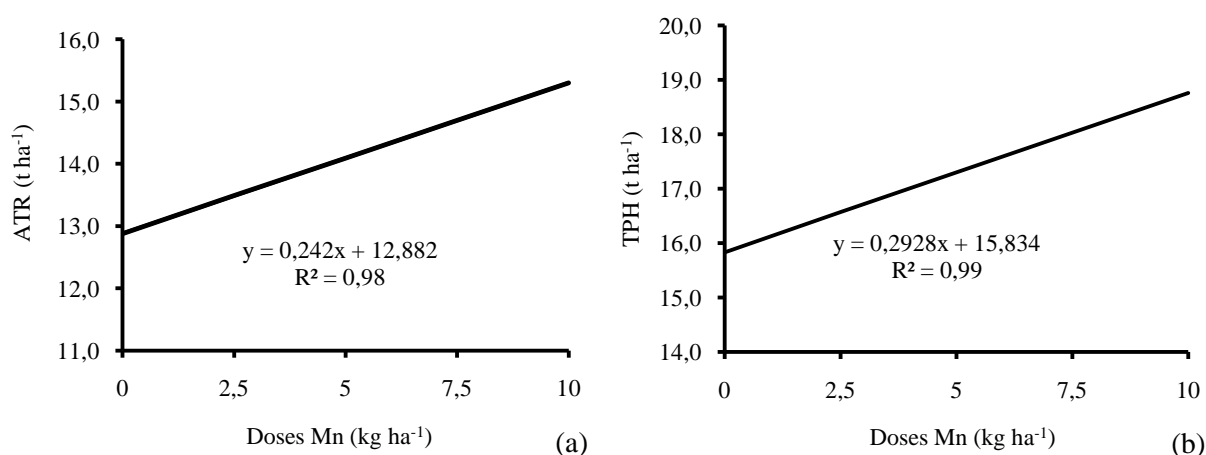


Figura 15. Valores médios de açúcar total recuperável por hectare (a) e tonelada de pol por hectare (b) em cana planta em função das doses de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Suzanápolis-SP, 2009.

Demetrio et al. (2008) avaliaram dez clones RB's e verificaram que os valores de tonelada de pol por ha variaram de 14,2 a 20,2. Fravet et al. (2010), avaliando o efeito das

doses da torta de filtro, observaram efeito significativo para tonelada de cana por ha e tonelada de pol por ha, onde os dados se ajustaram à regressão quadrática com ponto de máximo na dose de 57,59 e 56,90 t ha⁻¹ de torta de filtro, respectivamente. Os principais fatores relacionados à qualidade tecnológica da cana-de-açúcar analisados neste trabalho, mesmo não ocorrendo efeito significativo estão dentro dos valores padrões recomendados por Ripoli e Ripoli (2004).

5 CONCLUSÕES

As fontes e doses de Mn aumentaram os teores foliares de macro e micronutrientes e o acúmulo de nutrientes nos colmos e na palhada.

As fontes de Mn proporcionaram semelhantes produtividades de colmos, tanto para cana planta como para primeira cana soca, sendo que o quelato de Mn proporcionou maior número de colmos por metro em cana soca.

As doses de Mn não influenciaram a produtividade de colmos da cana planta e da cana soca, porém aumentaram o número de internódios e o diâmetro médio de colmos na cana planta até as doses de 6,9 e 6,6 kg ha⁻¹ de Mn, respectivamente.

As fontes de manganês não influenciaram a qualidade da cana planta e cana soca variedade RB 86-7515.

A aplicação das doses de manganês resultou em aumento dos valores de açúcar total recuperável por ha e tonelada de pol por ha em cana planta.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

AMORIM, S. R. et al. Teores de Fe, Mn e Zn em Cultivares de Cana-de-Açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007. CD-ROM.

ANDRADE, L. A. B. et al. Efeitos das aplicações de fritas e de fontes solúveis de boro, cobre e zinco, via solo, na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), variedade SP70-1143. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 5, p. 21-27, 1995.

AZEREDO, D. F.; BALSANELLO, J. Efeito de micronutrientes na produção e na qualidade da cana-de-açúcar no Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (Zona da Mata). Estudo preliminar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 9, p. 9-17, 1978.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414 p.

BARBOSA, E. A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Vitória da Conquista-BA, 2005.

BARBOSA, M. H. P. et al. Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB72454 no ciclo da cana-planta. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2002. p. 264-267.

CAMILOTTI, F. et al. Produtividade e qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar cultivada com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 32-35, 2006.

CARVALHO, G. J.; ANDRADE, L. A. B.; EVANGELISTA, A. R. Avaliação do potencial forrageiro de cinco variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes estádios de desenvolvimento. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 11, n. 4, p. 18-23, 1993.

CASARIN, V.; VILLA NOVA, V. S.; FORLI, F. Micronutrientes em cana-de-açúcar. In: MARQUES, M. O.; MUTTON, M. A. (Coords.). **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. v. 1, p. 1-12.

CASTRO, P. R. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A. F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: controle biológico**. Maceió: Insecta, 2005. p. 3-48.

COLETI, J. T. et al. Remoção de macronutrientes pela cultura da cana-planta e cana-soca em Argissolos, variedades RB 835486 e SP 81-3250. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 5, p. 32-36, 2006.

COLETI, J. T. et al. Remoção de macronutrientes pela cana planta e cana soca, em argissolos, variedades RB83 486 e SP81 3250. CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2002. p. 316-321.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: cana-de-açúcar: terceiro levantamento**. Brasília: Conab, 2011. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_09_14_50_boletim_cana_3o_lev_safra_2010_2011.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2011.

CONSECANA. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Consecana, 2006. 112 p.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 126 p.

DEMETRIO, P. A.; ZONETTI, P. C.; MUNHOZ, R. E. F. Avaliação de clones de cana-de-açúcar promissores rbs quanto à resistência à broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) na região noroeste do Paraná. **Iniciação Científica CESUMAR**, Maringá, v. 10, n. 1, p. 13-16, 2008.

DIAS, F. L. F.; ROSSETO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 104-119.

DILLEWIJN, C. Van. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 723-732, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 77, p. 185-268, 2002.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La cana de azucar**. Barcelona, Blume, 1975. 443 p.

FRANCO, H. C. J. et al. Produtividade e atributos tecnológicos da cana-planta relacionados à aplicação de zinco. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 27, n. 5, p. 30-34, 2009.

FRAVET, P. R. F. et al. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, 2010.

GALLO, J. R.; ALVAREZ, R.; ABRAMIDES, E. Amostragem de cana-de-açúcar, para análise foliar. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 54, p. 899-921, 1962.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Eds.). **Crop-water relations**. New York: John Wiley, 1983. p. 445-479.

GAVA, G. J. et al. Recuperação do nitrogênio (^{15}N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 621-630, 2003.

GAVA, G. J. C. et al. Produtividade e atributos tecnológicos de três cultivares de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento subsuperficial. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...** STAB, 2008. p. 751-755.

GOMES, J. F. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes por primários cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2003.

GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E. **Micronutriente e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. v. 1, p. 13-41.

HARTER, R. D. Micronutrient adsorption-desorption reactions in soils. In: MORTVERDT, J. J. et al. (Eds.). **Micronutrients in the agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 59-88.

IWASAKI, K. et al. Effects of silicon supply on apoplastic manganese concentrations in leaves and their relation to manganese tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Plant and Soil**, Australia, v. 238, n. 2, p. 281-288, 2002.

KORNDÖRFER, G. H. et al. Avaliação de três variedades de cana (*Saccharum officinarum*) submetidas a adubação com micronutrientes. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 23-26, 1995.

LANDELL, M. G. A.; SILVA, M. A. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 18-23, 2004.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1998. 177 p.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: ANDA, 1999. 58 p. (Boletim Técnico, 8)

- LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba, POTAFOS/CNPQ, 1991. p. 357-390.
- MADEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O.; AQUINO, B. F. Micronutrientes e silício nas folhas de cana de açúcar: escória siderúrgica. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 27-37, 2009.
- MAEDA, S. A. **Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado**. 2009. 110 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Iha Solteira, 2009.
- MALAVOLTA, E. **Micronutrientes na adubação**. Paulínia: Nutriplant Indústria e Comércio, 1986. (Boletim Técnico)
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MARQUES, M. O. **Efeito da aplicação de lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar**. 1990. 164 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- MARQUES, M. O. et al. Qualidade e produtividade da cana-de-açúcar cultivada em solo com doses crescentes de lodo de esgoto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 111-122, 2007b.
- MARQUES, T. A. et al. Parâmetros biométricos e tecnológicos de cultivares de cana-de-açúcar para o oeste paulista. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 2, p. 46-51, 2007a.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MAZAMBANI, A. E. et al. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 11-18.
- MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. 2006. 46 f. Dissertação – (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2003.

MORAES, M. F. et al. Resposta do arroz em casa de vegetação a fontes de micronutrientes de diferentes granulometria e solubilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 611-614, 2004.

MORTVEDT, J. J. Tecnologia e produção de fertilizantes com micronutrientes: presença de elementos tóxicos. In: FERREIRA, M. E. et al. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p. 237-254.

NOGUEIRA, T. A. R. et al. Nutrientes em cana-de-açúcar de 5º corte cultivada em solo tratado com lodo de esgoto e vinhaça por quatro anos consecutivos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 7-19, 2007.

O'NEIL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, Madison, v. 46, p. 681-687, 2006.

OLIVEIRA, E. C. A. **Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema irrigado de produção**. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Rendimento de colmo e atributos tecnológicos de cultivares de cana-de-açúcar, plantadas no Nordeste, sob dois sistemas de irrigação, In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 756-761.

OLIVEIRA, M. W. et al. Matéria seca e nutrientes na palhada de dez variedades de cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 21, n. 3, p. 30-31, 2003.

OLIVEIRA, M. W. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.

OLIVEIRA, R. A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

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

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná: taxa de crescimento. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 6, n. 1-2, p. 85-89, 2005.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Fealq/USP, 1993. p. 133-146.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A. A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E. (Coord.). **Micronutriente e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. v. 1, p. 355-373.

PAES, J. M. U. et al. Estudos de espaçamentos e doses de nitrogênio na produção e em algumas características biométricas de três variedades de cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 6, p. 18-20, 1997.

PRADO, R. M. Qualidades tecnológicas da cana-planta e cana-soca em função da aplicação da escória de siderurgia e do calcário. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 2, n. 1/2, p. 51-56, 2001.

PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Variedades RB de Cana-de-açúcar**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos – PMGCA/UFSCar, 2008. 30 p. Disponível em: <http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/VariedadesRB_2008.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2011.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100)

RAMESH, P.; MAHADEVAS, W. M. Effect of formative phase drought on different classes os shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 185, p. 249-258, 2000.

RHOTON, F. E. Influence of time on soil response to no-till practices. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 2, p. 700-709, 2000.

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.

ROSOLEM, C. A.; FRANCO, G. R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 807-814, 2000.

SANDERS, J. R. The effect of pH on the total and free ionic concentrations of manganese, zinc and cobalt in soil solution. **Journal Soil Science**, New Delhi, v. 34, n. 2, p. 315-323, 1983.

SCHULTZ, N. **Efeito residual da adubação em cana planta e adubação nitrogenada em cana de primeira soca com aplicação de vinhaça**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SHIGAKI, F. **Variedade de cana-de-açúcar para alimentação bovina cultivadas sob condições de déficit hídrico**. 2003, 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2003.

SILVA, F. C. et al. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 1-8, 1998.

SILVA, L. C. **Análise de crescimento e acúmulo nutrientes de sete cultivares de cana-de-açúcar na Região de Coruripe**. 2007. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2007.

SILVA, M. A. et al. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 545-552, 2007.

SILVA, M. A.; JERONIMO, E. M.; DAL'COL LÚCIO, A. Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 979-986, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Tradução de SANTARÉM, E.R. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TASSO JÚNIOR, L. C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região centro-norte do estado de São Paulo**. 2007. 167 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP, 2007.

TASSO JUNIOR, L. C. et al. Extração de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro-norte do estado de São Paulo. **STAB - Açúcar, Álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 6, p. 6-8, 2007.

TEIXEIRA, I. R. et al. Teores de clorofila em plantas de feijoeiros influenciadas pela adubação com manganês e zinco. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 147-152, 2004.

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

VAZQUEZ, G. H.; SANCHES, A. C. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, Ituverava, v. 7, n. 1, p. 267- 276, 2010.

VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. de C.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cana-de-açúcar: mitos e realidades. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR, 2., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2005.

VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D. B.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 121-138.

VITTI, G. C.; TREVISAN, T. Manejo de macro e micronutrientes para a alta produtividade da Soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: Potafos, 2000. v. 2, p.383-422.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 391-412.

WANG, J. J. et al. Zinc fertilization of sugarcane in acid and calcareous soils. **Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists**, Florida, v. 25, p. 49-61, 2005.

WIEDENFELD, B. Enhanced sugarcane establishment using plant growth regulators. **Journal of American Society of Sugarcane Technologists**, Canal Point, v. 23, p. 48-61, 2003.

WOOLHOUSE, H. W. Toxicity and tolerance in the responses of plant to metals. In: LANGE, O. L.; OSMOND, C. B.; ZIEGLER, H. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin : Springer, 1983. v. 12C, p. 245-300.

YAMADA, T. **Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção**: o sucesso da experiência brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. 12 p. (Arquivo do Agrônomo, 105).

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Sistema de análise estatística para microcomputadores**: manual de utilização. 2. ed. Pelotas: UFPEL, 1987.