

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES NO PLANTIO DA CULTURA
DA CANA-DE-AÇÚCAR**

JAQUELINE CRISTIANE ADORNA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Fevereiro 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES NO PLANTIO DA CULTURA
DA CANA-DE-AÇÚCAR**

JAQUELINE CRISTIANE ADORNA

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Fevereiro 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

A241a Adorna, Jaqueline Cristiane, 1980-
Adubação com micronutrientes no plantio da cultura da cana-de-açúcar / Jaqueline Cristiane Adorna. - Botucatu : [s.n.], 2011

x, 56 f. : ils. color., gráfs., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011

Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Torta de filtro. 3. Micronutrientes. 4. Adubação. I. Crusciol, Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

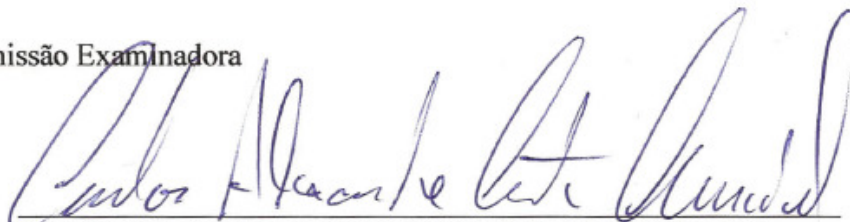
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES NO PLANTIO DA CULTURA DA
CANA-DE-AÇÚCAR"

ALUNA: JAQUELINE CRISTIANE ADORNA

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROFª DRª RAFFAELLA ROSSETTO

Data da Realização: 28 de fevereiro de 2011.

À minha família

Aos meus pais, Luiz Carlos Adorna e Maria Audinea Saviam Adorna, que com amor, me ensinaram a ser uma pessoa justa, simples, honesta e dedicada.

Ao meu esposo, Otavio Bagiotto Rossato, pelo apoio, incentivo, companheirismo, amor e cumplicidade.

Ao meu filho Pedro Otávio Adorna Rossato, aos meus irmãos, Giuliano Alessandro Adorna, Carlos Eduardo Adorna, às minhas cunhadas, Eliana Pescara Adorna e Adriana Pinheiro Adorna, e meus sobrinhos, Carlos Eduardo de Souza Adorna, Beatriz Fernanda Adorna e Luis Gustavo Adorna que com um simples sorriso e abraços conseguiram renovar minha energia para conquistar meus objetivos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus. pela vida e bênçãos recebidas

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, por sua orientação, amizade, paciência e confiança, fundamentais para o desenvolvimento do projeto e também desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao Otavio Bagiotto Rossato, por ter me auxiliado nesta empreitada, confiando em meu trabalho e indicando o melhor caminho para que eu chegasse até aqui.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro concedido através de bolsa de estudos.

Aos demais Professores do Departamento de Agricultura da FCA, especialmente aos Professores Dr. Ciro Rosolem, Dr. Roberto Lyra Villas Boas, Dirceu Maximino Fernandes e Marcelo de Almeida Silva, que no decorrer do curso contribuíram com seus ensinamentos, sugestões e informações que contribuíram para a realização dessa pesquisa.

A Rafaella Rossetto pelo incentivo e sugestões.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura), em especial à Ilanir Rosane R. Bocetto e Vera Lúcia Rossi, pelo auxílio e amizade.

Aos colaboradores do Departamento de Produção Vegetal/Agricultura da FCA, Dorival Pires de Arruda, Diocléia e Daniela pelo auxílio na realização das análises laboratoriais

Ao Grupo COSAN – Unidade da Barra, ao Sebastião Santos Ribeiro (Gerente Agrícola), Adauto Aparecido Biega (Encarregado de desenvolvimento técnico), aos auxiliares de desenvolvimento técnico de campo, Dirceu Olímpio, Cléber Zola, David, José, Wardo, Rodrigo Bixiguiha e outros, pela cessão das áreas agrícolas, apoio e contribuição para o desenvolvimento deste estudo.

A Usina Cerradinho em especial Luiz Renato (PIAU) e Zé Beraldo, pelo apoio e contribuição para o desenvolvimento deste estudo.

A todos os colaboradores da biblioteca ‘Paulo de Carvalho Mattos’ e da seção de Pós Graduação.

À Produquímica pela doação dos micronutrientes utilizados no trabalho, em especial a Valter Casarin.

A todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	6
4.1 Cana-de-açúcar.....	6
4.2 Micronutrientes.....	9
4.2.1 Micronutrientes no solo.....	10
4.2.2 Micronutrientes na planta.....	13
4.2.3 Fontes de micronutrientes e modos de aplicação	14
4.2.4 Efeito dos micronutrientes na produtividade.....	16
4.3 Torta de filtro.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1 Localização e caracterização das áreas experimentais.....	20
5.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	23
5.3 Instalação e condução dos experimentos.....	23
5.4 Caracterização química e física dos materiais utilizados no plantio da cana-de-açúcar.....	24
5.5 Entrada de micronutrientes durante o plantio de cana-de-açúcar.....	25
5.6 Avaliações realizadas.....	26
5.6.1 Número de perfilhos.....	26
5.6.2 Diagnose foliar.....	26
5.6.3 Biometria (altura de plantas, número de entrenós por colmo, número de colmos por metro e produtividades de colmos).....	27
5.6.4 Variáveis tecnológicas.....	28

5.6.4.1 Pol cana.....	28
5.6.4.2 Pureza do caldo.....	29
5.6.4.3 Fibra cana.....	29
5.6.4.4 Açúcar teórico recuperável.....	29
5.6.4.5 Produtividade de açúcar.....	30
5.7 Análise estatística.....	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6.1 Número de perfilhos.....	31
6.2 Diagnose foliar.....	33
6.3 Biometria, variáveis tecnológicas e produtividade de colmos e de açúcar...	40
7 CONCLUSÕES.....	48
8 REFERÊNCIAS	49

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Extração e exportação de micronutrientes para a produção de 100 t de colmos.....	14
Tabela 2 Textura dos solos nas três áreas experimentais na camada de 0,00-0,20 m...	22
Tabela 3. Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento nas três áreas experimentais.....	22
Tabela 4. Teores de micronutrientes em fertilizantes e corretivos utilizados para o plantio da cana-de-açúcar nas três áreas experimentais.....	24
Tabela 5. Atributos químicos e físicos da torta de filtro aplicada no sulco de plantio de cana-de-açúcar nas três áreas experimentais no estado de São Paulo.....	25
Tabela 6. Entrada de micronutrientes via torta de filtro, fertilizantes, corretivos e mudas nos três tipos de solo.....	26
Tabela 7. Número de perfilhos por metro linear de cana-planta em três tipos de solo do estado de São Paulo submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	32
Tabela 8. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	34
Tabela 9. Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	35
Tabela 10. Teores de zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo do estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	37
Tabela 11. Teores de ferro (Fe), boro (B), e molibdênio (Mo) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	39
Tabela 12. Altura de plantas (m), número de entrenós e número de colmos de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo submetida à aplicação	41

de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	
Tabela 13. Variáveis tecnológicas Pol (%), Fibra (%), Pureza (%) e ATR (kg t^{-1}) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	43
Tabela 14. Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TPH) em cana-planta cultivada em três tipos de solo no estado de São Paulo submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.....	45

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dados de precipitação mensal durante o primeiro ano de cultivo de cana-de-açúcar – Jaú (A) e Mirassol (B), SP.....	21
Figura 2. Pesagem das parcelas do experimento com (a) transbordo instrumentado com células de carga, (b) detalhe do monitor dentro do caminhão.....	27
Figura 3. Pesagem das parcelas do experimento através (a) de carregadora instrumentada com célula de carga com (b) detalhe do dinamômetro.....	28

1 RESUMO

Com relação ao aumento da área cultivada, a cana-de-açúcar disseminou-se em vários estados brasileiros, tendo se estabelecido sobre os mais diferentes tipos de solos, muitas vezes com características bastante distintas dos padrões ideais para produção. A cana-de-açúcar, assim como as demais plantas superiores necessita para o seu desenvolvimento dos macro e micronutrientes. Apesar de a cana-de-açúcar ser uma das culturas mais pesquisadas no Brasil, ainda existe pouca informação relativa ao uso de micronutrientes. Diante da necessidade dessas informações, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cana-de-açúcar à aplicação de micronutrientes em diferentes condições de cultivo. O projeto de pesquisa foi constituído de três experimentos conduzidos em condições de cana planta, em solos de textura argilosa (Latosolo Vermelho), arenosa (Neossolo Quartzarênico) e franco-arenosa (Argissolo Vermelho). Os experimentos foram instalados em áreas pertencentes à Usina da Barra localizada no município de Barra Bonita-SP, na safra 2008/2009 (Latosolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico), e na Usina Cerradinho no município de Catanduva - SP conduzido na safra 2009/2010 (Argissolo Vermelho). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 8 x 2, sendo a combinação de micronutrientes (1 – sem aplicação/testemunha, 2 – adição de Zn, 3 - adição de Cu , 4 - adição de Mn, 5 - adição de Fe, 6 – adição de B, 7 – adição de Mo, 8 – adição de Zn, Cu, Mn, Fe, B e Mo) com torta de filtro (0 e 30 Mg ha⁻¹ de torta de filtro) no sulco de plantio. Mediante os resultados constatou-se que a aplicação de Zn,

B, Cu, Mn, Fe e Mo no sulco de plantio sem torta de filtro não alterou os teores foliares de macro e micronutrientes e as variáveis tecnológicas Pol, Fibra, Pureza e ATR nos três tipos de solos avaliados. A aplicação de torta de filtro elevou os teores foliares de B para a faixa de suficiência no Neossolo. A torta de filtro aumentou o número de perfilhos e altura de plantas no Argissolo Vermelho, e o número de perfilhos, número de colmos e toneladas de colmos ha⁻¹ no Latossolo Vermelho. A aplicação de Zn e B aumentaram a produtividade de colmos e açúcar no Neossolo Quartzarênico.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, torta de filtro, micronutrientes e adubação

FERTILIZATION WITH MICRONUTRIENTS PLANTING IN THE CULTURE OF SUGARCANE (*Saccharum* spp.). Botucatu, 2011. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JAQUELINE CRISTIANE ADORNA

Advisor: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2 SUMMARY

Concerning the increase in cultivated area, the sugarcane has spread in several Brazilian states, having settled on the most different types of soils, often with quite different characteristics of the ideal standards for production. The sugarcane, like other higher plants need for their development of macro and micronutrients. Although sugarcane is one of the most researched crops in Brazil, there is still little information concerning the use of micronutrients. Faced with the need for such information, the purpose of this study was to evaluate the response of sugarcane to the application of micronutrients in different culture conditions. The research project was conducted three experiments carried out in the sugarcane plant, in clayey soils (Oxisol), sandy (Entisol) and sandy loam (Ultisol). The experiments were conducted in areas belonging to the Da Barra located in Barra Bonita-SP, in the 2008/2009 harvest (Oxisol and Entisol), and the plant mill Cerradinho in Catanduva - SP conducted in the 2009/2010 harvest (Ultisol). The experimental design was randomized blocks with four replications and 8 x 2 factorial, with the combination of micronutrients (1 - no application / control, 2 - addition of Zn, 3 - addition of Cu, 4 - addition of Mn 5 - addition of Fe, 6 - B addition, 7 - addition of Mo, 8 - Addition of Zn, Cu, Mn, Fe, B and Mo) and filter cake (0 and 30 Mg ha⁻¹ of filter cake) at planting. From the results it was found that application of Zn, B, Cu, Mn, Fe and Mo in the furrow without filter cake did not affect foliar concentrations of macro and micronutrients and technological parameters Pol, Fiber, Purity and ATR in three soil types evaluated. The application of filter cake increased the concentrations of B to the sufficiency range in Entisol. The filter cake increased the number of tillers and plant height in the Ultisol, and the number of tillers, number of stems and yield in the Oxisol. The application of Zn and B increased the yield and sugar yield in Entisol.

Key words: sugarcane, filter cake, micronutrient and fertilization

3 INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar está em plena expansão, com aumentos significativos de área, produção de matéria prima, açúcar e etanol. Esse fato é decorrente da pressão dos consumidores em nível mundial pelo consumo de combustíveis que provoquem menor impacto ambiental que o petróleo. Assim, tem sido constatado aumento expressivo no consumo de etanol, o que está levando a implantação de várias usinas no Brasil.

Com o aumento da área cultivada, a cana-de-açúcar foi disseminada para vários estados brasileiros, e com isso foi e está sendo estabelecida sobre os mais diferentes tipos de solos, muitas vezes com características bastante distintas dos padrões ideais. A busca pela escolha do fertilizante mais adequado bem como de adubação balanceada visando à máxima produtividade são pontos cada vez mais abordados. É neste contexto em que se enquadra a utilização de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar.

O estoque de micronutrientes no solo é de grande importância, pois esta fração está em equilíbrio com a solução do solo. Esse estoque é regulado pelo balanço entre as entradas (calagem, aplicação de torta, vinhaça, fertilizantes, materiais orgânicos, e outras fontes de micronutrientes) e saídas (exportação e perdas por escoamento superficial, lixiviação ou por erosão) do solo além da formação de complexos que tornam os nutrientes indisponíveis as plantas. Por isso, em solos onde as saídas são maiores que as entradas de micronutrientes o cultivo proporcionará a redução do estoque e por conseqüência, em um determinado momento irá faltar na solução do solo, proporcionando reduções na produtividade das culturas.

Nos últimos anos, com o aumento na produtividade de colmos e por consequência da exportação de nutrientes, aliado ao uso de fertilizantes mais concentrados e com menores teores de desses elementos, a exploração de solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica e micronutrientes, no material de origem (menor estoque de micronutrientes), tem levantado o questionamento da necessidade da adubação utilizando esses nutrientes. Na literatura são encontrados poucos trabalhos com micronutrientes em cana-de-açúcar e não se tem clareza das condições de resposta a micronutrientes.

O consumo de fertilizantes contendo micronutrientes tem aumentado na cultura da cana no Brasil, principalmente nos momentos em que a cultura tem proporcionado boa remuneração. Essa condição faz com que alguns técnicos, recomendem a adubação com esses elementos de forma generalizada, ou seja, independente da condição em que está se trabalhando. Por outro lado, existem técnicos que recomendam a não utilização desses nutrientes, também de maneira generalizada, sem critério algum. Porém, em ambos os casos as decisões são tomadas sem embasamento científico e dados consistentes. Além disso, é reduzido o número de trabalhos com o uso de micronutrientes em cana-de-açúcar, não se observando uma clareza da própria pesquisa quanto ao tema, em função da pouca repetibilidade da experimentação agrícola.

É provável que em áreas que frequentemente recebem calcário, aplicação de torta de filtro, composto orgânico, vinhaça, fertilizantes e materiais orgânicos de modo geral, a aplicação de micronutriente pode não resultar em incremento de produtividade, principalmente em solos de elevada fertilidade e/ou quando da utilização de variedades tolerantes a solos pouco férteis.

Assim, faz necessário, verificar em que condições existem resposta da cultura da cana-de-açúcar a aplicação de micronutrientes, a fim de que, os técnicos possam tomar a decisão de aplicar ou não micronutrientes embasados em dados de pesquisa consistentes.

Com a finalidade de contribuir com mais informações sobre esse assunto foi que se idealizou o presente trabalho que visa avaliar a aplicação de micronutrientes em diferentes condições de cultivo de cana-de-açúcar.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) teve sua origem provável em Nova Guiné e é cultivada no Brasil desde o século XVI, estabelecendo-se definitivamente na região Centro Sul e Nordeste (PROCÓPIO et. al, 2003).

Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2010), a área ocupada na safra 2010/2011 com a cultura da cana-de-açúcar é de 8,17 milhões de hectares, superior em 10% à da safra anterior. Desse total 85,93% (7,02 milhões de hectares) estão na região centro-sul e os 14,06% (1,15 milhões de hectares) restantes, na região norte/nordeste. Estima-se para essa safra uma produtividade média de 79,769 kg ha⁻¹, superior à safra anterior em 2,20%. A estimativa de produção nacional de cana-de-açúcar destinada à indústria sucroalcooleira é de 651,51 milhões de toneladas.

A cana-de-açúcar desenvolve-se na forma de touceira e a parte aérea é formada por colmos. Cada entrenó produz uma nova folha em cerca de dez dias, e uma folha mais velha morre, deixando um número constante de oito a nove folhas por colmo. A maior porção de luz incidente é interceptada pelas seis folhas mais apical. A gradativa queda de temperatura e redução das precipitações é determinante para a ocorrência do processo de maturação, dessa forma, na região Sudeste do Brasil, o processo tem ocorrência natural a partir de abril/maio, com clímax no mês de setembro.

A cana-de-açúcar é denominada cana planta até sua primeira colheita, tendo um período de crescimento em torno de 12 ou 18 meses, dependendo da época de plantio. Se for plantada de setembro a outubro geralmente é colhida com cerca de 12 meses, é denominada cana de ano. Se for plantada de janeiro a março ela cresce por volta de 18 meses e, portanto, é denominada de cana de ano e meio. Após a primeira colheita a cana sofre uma rebrota que é chamada de soca. As demais colheitas ocorrem anualmente por volta do mesmo período (mês), sendo chamadas de ressocas. As rebrotas da cana sofrem cerca de 4 a 5 cortes quando então a lavoura é renovada com uma cana de ano ou de ano e meio (RUDORFF, 1995).

Segundo Bray (1980), a condição ecológica é um fator importante no estudo da cultura canavieira, uma vez que ela envolve os limites e as possibilidades do domínio desta atividade agrícola. O espaço geográfico, onde está inserida a cultura, é que determina as alterações na fase da planta em função da ação do ambiente. As principais fases de desenvolvimento são: brotação, perfilhamento, crescimento e maturação. Para cada uma destas fases a cana apresenta diferentes exigências climáticas, sendo que algumas são mais exigentes do que outras. Por exemplo, após a fase de crescimento, para haver boa produção de sacarose nos colmos, a cana necessita passar por um período de baixa temperatura ou de deficiência hídrica, para que cesse o crescimento vegetativo e comece a fase de maturação.

A cultura da cana-de-açúcar representa hoje grande fonte de divisas para o Brasil, seja pela produção de açúcar quanto pela produção de álcool etílico. Esta cultura vem apresentando significativa expansão em sua área cultivada, assim como tem revelado aumento 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. Com relação ao aumento da área cultivada, a cana-de-açúcar disseminou-se em todos os estados brasileiros, tendo-se estabelecido sobre os mais diferentes tipos de solos, muitas vezes com características bastante distintas dos padrões ideais.

Muitas são as técnicas agrônômicas empregadas na produção de cana-de-açúcar, tais como a escolha de variedades adequadas ao solo e clima, conservação e correção química dos solos, controle de pragas e plantas daninhas, etc. A busca pela escolha do fertilizante mais adequado bem como de adubação balanceada visando à máxima

produtividade são pontos cada vez mais abordados e revisados. É neste contexto em que se enquadra a utilização de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar.

4.2 Micronutrientes

No Brasil o consumo de micronutrientes tem aumentado nos últimos anos, sendo que no início da década de 90, o consumo de produtos contendo micronutrientes situou-se em torno de 30.000 toneladas e no ano 2003, o Brasil consumiu cerca de 400.000 toneladas, sendo que destes, 12% foram utilizados na cultura da cana-de-açúcar (ANDA, 2004). Porém nos últimos anos com o aumento nos preços dos fertilizantes houve uma redução no consumo de fertilizantes contendo micronutrientes, sendo que no ano de 2008 cerca de 215.000 toneladas foram consumidas (ANDA, 2009).

De acordo com Fageria et al. (2002) a deficiência de micronutrientes esta muito generalizada por todo o mundo, devido ao aumento na demanda de micronutrientes por práticas mais intensivas de manejo e adaptação de cultivares altamente produtivos, que podem ter maior exigência a micronutrientes; aumento na produção de culturas em solos marginais com baixos níveis de nutrientes essenciais; maior uso de fertilizantes concentrados e com menor quantidade de micronutrientes; diminuição no uso de esterco de animais, de compostos e de resíduos de culturas, o uso de solos com baixas reservas nativas, e envolvimento de fatores naturais e antropogênicos que limitam a adequada disponibilidade para as plantas e criam desequilíbrios entre os nutrientes.

A cana-de-açúcar, bem como as demais plantas superiores, necessita para o seu desenvolvimento de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e de micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, Ni, Co). Os micronutrientes desempenham funções vitais no metabolismo das plantas, quer como parte de compostos responsáveis por processos metabólicos e/ou fenológicos, quer como ativadores enzimáticos.

A importância dos micronutrientes para a cultura da cana-de-açúcar é evidenciada quando se observam as quantidades extraídas dos mesmos. São quantidades relativamente baixas quando comparadas à extração de macronutrientes, porém de fundamental importância ao desenvolvimento da cultura. Reduções na produtividade e até

morte de plantas são conseqüências naturais advindas de desarranjos nos processos metabólicos, ocasionados pela carência de micronutrientes (ORLANDO FILHO, 1993).

4.2.1 Micronutrientes no solo

A disponibilidade de um nutriente representa a fração do solo que é acessível às raízes das plantas, englobando não só o estado físico e químico do elemento, mas também os efeitos das raízes (BATAGLIA, 1988). Os micronutrientes são absorvidos principalmente nas respectivas formas iônicas (Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Zn^{+2} , e HMoO_4^- ou MoO_4^{2-}), com exceção do B, cuja principal forma disponível no solo é o ácido bórico (H_3BO_3). Estas formas estão em equilíbrio com outras formas destes elementos na fase sólida do solo (argilominerais, óxidos e matéria orgânica).

A análise de solo para determinar a disponibilidade de micronutrientes é uma prática difundida, porém, isoladamente, não é suficiente para avaliar a disponibilidade de micronutriente em solos. Outros fatores ou propriedades de solos afetam diretamente a disponibilidade destes elementos e devem ser considerados em conjunto aos resultados analíticos. Os de maior relevância são: o material de origem, o pH, o teor de matéria orgânica e as interações com outros elementos.

A quantidade total de micronutrientes no solo depende do material de origem e dos processos de formação do solo. O conhecimento dos teores totais, embora não indique a disponibilidade dos elementos, auxilia a caracterizar a potencialidade para deficiência ou toxicidade. De modo geral, as rochas ígneas básicas, como o basalto, apresentam teores de Fe, Mn, Zn, Cu e Mo mais elevados do que as rochas sedimentares, como o arenito, o que reflete nos teores disponíveis destes elementos nos respectivos solos (BATAGLIA, 1988). Esta tendência também é constatada para Zn, Cu e Mn para solos do RS (VOLKWEISS et al., 1983). Fuller et al (1976) estudaram, entre outros elementos, a retenção do cobre e do zinco em solos com ampla variação do teor de argila e constataram uma alta correlação positiva entre os dois parâmetros; notaram também correlação com os óxidos de ferro.

A atividade das formas iônicas dos micronutrientes, que geralmente são usadas pelas plantas em condições de solos bem aerados, e a concentração das mesmas são

dependentes do pH do solo. A atividade dos elementos metálicos e do B em solução é diminuída com o aumento do pH, o que favorece a adsorção a fase sólida (B, Zn e Cu) ou precipitação na forma de óxidos (Fe e Mn). O inverso ocorre com o Mo, pois, a exemplo dos fosfatos, os íons molibdato são menos adsorvidos e estão mais disponíveis as plantas à medida que aumenta o pH, diminuindo a resposta ao Mo, principalmente quando ocorre aplicação de calcário (BATAGLIA, 1988). Camargo et al. (1982) demonstraram que, de maneira geral, os teores de cobre, ferro, manganês e zinco, solúveis em DTPA, de solos do Estado de São Paulo, diminuiram com o aumento do pH quando se adicionou calcário.

Porém, deve-se considerar que a calagem além de ser fonte de micronutrientes, é utilizada para a manutenção de pH entre 5,5 e 6,5, ou seja, os efeitos na disponibilidade de micronutrientes ocorrem, porém para os valores encontrados de pH, na maioria dos solos cultivados, a magnitude dessa redução ou aumento na disponibilidade de micronutrientes é menor que para situações de solos alcalinos ou onde ocorrem supercalagens e solos extremamente ácidos.

A matéria orgânica do solo tem alta afinidade por metais, como o Cu e Zn, formando complexos de superfície e complexos solúveis, o que pode afetar a disponibilidade destes elementos. Em solos orgânicos é comum a formação de complexos insolúveis, diminuindo a disponibilidade de alguns micronutrientes. Os exsudatos orgânicos das raízes e os subprodutos de microorganismos podem formar complexos que podem facilitar a solubilização, o transporte e a absorção de micronutrientes, como o Zn e o Cu (BATAGLIA, 1988).

Os elementos competem entre si e com outros compostos orgânicos e inorgânicos por lugares de adsorção ou por ligantes complexantes disponíveis. Assim, a retenção dos nutrientes não é afetada apenas pela sua concentração na solução, mas também pela concentração de todos os outros constituintes do sistema (MATTIGOD et al, 1979). As interações negativas (antagonismos) e positivas (sinergismos) entre elementos podem afetar diretamente a disponibilidade de vários micronutrientes. Uma das interações mais citadas é o antagonismo P-Zn, com indução de deficiência de Zn, comumente associada a altos teores de P disponível.

Outros fatores importantes são as características genéticas da planta, por exemplo, a soja apresenta diferenças entre as cultivares quanto à sensibilidade à

deficiência de manganês. Cultivares mais suscetíveis à deficiência de manganês não são capazes de reduzir esse elemento na superfície da raiz através da excreção de ácidos orgânicos. Observa-se que a disponibilidade dos micronutrientes depende de vários fatores que podem diminuir ou aumentar a eficiência de aproveitamento destes pelas plantas. Isto ressalta a importância de se fornecer os micronutrientes de maneira que as plantas consigam aproveitá-los eficientemente.

Em geral, segundo Bissani; Bohnen (2004) as condições que favorecem a manifestação de deficiência de micronutrientes em solos são:

- a) Boro: cultivo de espécie exigente (alfafa, girassol, etc), solos arenosos, período de seca e elevado pH do solo;
- b) Cobre: solos orgânicos e elevado pH do solo;
- c) Zinco: pH alto do solo, material de origem com baixo teor do Zn e solos arenosos;
- d) Molibdênio: pH baixo do solo, material de origem com baixo teor do Mo e solo com alto teor de óxidos de Fe;
- e) Manganês: pH alto do solo e solos arenosos;
- f) Ferro: solos alcalinos (pH > 8.5).

A recomendação atual para a cultura da cana-de-açúcar para o estado de São Paulo (Boletim Técnico, 100), indica que para solos com teor menor que 0,5 e 0,2 mg dm⁻³ respectivamente para Zn e Cu, se recomenda aplicar 5 kg de Zn e 4 kg de Cu por hectare. Para a cana-de-açúcar os demais micronutrientes não são contemplados no Boletim Técnico 100 (Espironello et al. 1996). Porém são apresentados os teores nos quais abaixo destes valores existe a possibilidade de resposta das culturas, cujo para B extraído com água quente, e Fe e Mn extraído por DTPA é 0,20; 5,00 e 1,20 mg dm⁻³ respectivamente.

Malavolta (1990) apresenta uma proposta de teores adequados no solo para alguns micronutrientes e os respectivos extratores, sendo que para B a faixa adequada fica entre 0,4-0,6 ppm quando extraído com água quente e 0,6-0,8 ppm quando extraído com HCl 0,05 mol l⁻¹. Cobre, entre 1,0-1,4, Ferro entre 40-80 e Manganês entre 20-40 ppm, quando extraídos com Mehlich⁻¹. Molibdênio entre 0,08-0,012 e 0,06-0,09 ppm quando extraídos por Oxalato de Amônio pH 3,3 e Fluoreto de Amônio 0,03 mol l⁻¹ em H₂SO₄ 0,05 mol l⁻¹ respectivamente. E 0,9-0,12 ppm para os teores de Zn extraídos com HCl 0,1 mol l⁻¹.

4.2.2 Micronutrientes na planta

A análise do tecido vegetal é uma das técnicas para a verificação do estado nutricional das plantas, permitindo uma avaliação complementar das condições de fertilidade do solo. A amostragem é a fase onde ocorrem os erros que mais dificultam a interpretação dos resultados da análise foliar. Geralmente, a parte da planta que melhor indica a situação de fertilidade do solo é a folha. Esta pode indicar o estado nutricional da planta, sendo utilizada na diagnose de possíveis deficiências.

Segundo Espironello et al. (1996), as faixas consideradas adequadas dos teores foliares de B variam de 10-30, Cu de 6-15, Fe 40-250, Mn 25-250, Mo 0,05-0,20 e o Zn de 10-50 mg kg⁻¹. Porém, existem grandes variações nos teores foliares de acordo com a variedade, idade de corte, categoria de corte, se cana-planta ou soqueira, a parte da folha coletada, época de amostragem, entre outros fatores. Isto tem dificultado o uso destas avaliações na cultura da cana, necessitando assim um maior banco de dados de cada variedade e condições de cultivo para se definir o nível foliar adequado de cada micronutriente.

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) além de ajudarem na definição das quantidades que devem ser repostas ao solo após a colheita. De maneira geral, em termos de exportação de micronutrientes pelos colmos da cana-de-açúcar tem-se a seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo. As quantidades presentes nos colmos e folhas da cana-de-açúcar estão contidas na Tabela 1.

Tabela 1. Extração e exportação de micronutrientes para a produção de 100 t de colmos (ORLANDO FILHO, 1993).

Planta	Zn	Cu	Fe	Mn	B
----- g 100 t -----					
Colmos	369	234	1.393	1.052	149
Folhas	223	105	5.525	1.420	86
Total	592	339	7.318	2.470	235

Segundo Bowen (1979) a quantidade de molibdênio exportada via colmos, para uma produção de 100 Mg ha⁻¹, são em torno de 3 g.

4.2.3 Fontes de micronutrientes e modos de aplicação

As principais fontes de micronutrientes são sais, ácidos e óxidos inorgânicos simples, silicatos complexos (FTE ou fritas) contendo um ou mais micronutrientes e quelatos naturais e sintéticos, que são usados como fontes destes elementos, isoladamente ou incorporados em adubos NPK. Adubos orgânicos, como esterco, tortas e compostos, apesar da baixa concentração, são fontes importantes de micronutrientes pelas altas doses aplicadas no solo (VOLKWEISS, 1991). Dentre os compostos inorgânicos simples, os boratos, sulfatos e molibdatos são os mais solúveis e, portanto, adequados tanto para aplicação na forma sólida como na de solução.

Entretanto por dissociarem completamente quando em solução, os íons dos elementos micronutrientes estão mais sujeitos às reações de adsorção e precipitação. Os óxidos têm baixa solubilidade, não sendo adequados para aplicação na forma de solução. Em geral os produtos são comercializados na forma de pó ou cristais. Fontes granuladas são às vezes utilizadas para misturas com adubos com macronutrientes.

Os silicatos complexos (FTE ou fritas) são obtidos pela fusão de silicatos ou fosfatos com uma ou mais fontes simples de micronutrientes, seguida de resfriamento, secagem e moagem. Fritas com diferentes composições podem ser obtidas pela fusão dos componentes necessários ou pela mistura de diferentes fritas previamente preparadas. São insolúveis em água devendo ser usadas finamente moídas, para aumentar sua dissolução. São adequadas para aplicação a lanço e incorporação no solo, dissolvendo levemente, dependendo da composição e do grau de moagem. Sua granulação ou aplicação localizada implica em grande perda de eficiência (BISSANI; GIANELLO, 2003).

Os adubos orgânicos, com exceção dos compostos de resíduos urbanos ou indústrias, apresentam geralmente baixa concentração de micronutrientes, mas como estes materiais são aplicados em grande quantidade, o aporte ao solo pode ser significativo. Além de serem fontes de micronutrientes, estes adubos podem aumentar a solubilidade dos já existentes

no solo pela formação de complexos solúveis com ânions de ácidos orgânicos (VOLKWEISS, 1991).

Quanto às formulações NPK, um ou mais micronutrientes podem ser adicionados a adubos simples, misturas de grânulos ou complexos granulados de macronutrientes, líquidos e sólidos. De maior importância são os adubos sólidos granulados para aplicação no solo, nos quais a(s) fonte(s) de micronutriente(s) é incorporada ou aderida aos grânulos do fertilizante. Devidos à aplicação localizada dos grânulos, somente as fontes solúveis de micronutrientes são adequadas para inclusão em fórmulas NPK, pois as fontes pouco solúveis apresentam menor eficiência neste tipo de produto (BISSANI; GIANELLO, 2003).

As fontes de micronutrientes podem ser aplicadas no solo, na parte aérea das plantas pela adubação foliar, nas sementes e nas raízes de mudas a serem transplantadas (VOLKWEISS, 1991; LOPES, 1991). Diferentes métodos de aplicação podem ser utilizados em cada caso, dependendo do elemento em questão, do solo e da cultura. O método de aplicação, a solubilidade, a forma física (pó ou grânulo) das fontes e as condições de solo podem interagir, de modo a afetar a eficiência da adubação na correção de deficiências.

A aplicação de micronutrientes no solo visa aumentar sua concentração na solução e assim proporcionar maior absorção pelas plantas. Fontes solúveis e insolúveis nas formas de pó, puro ou misturado a material inerte, de solução líquida, de suspensão ou de grânulos são usadas para aplicação no solo. As fontes pouco solúveis, como os óxidos e as fritas, devem ser aplicadas na forma de pó, para ter efeito do aumento da área superficial específica. Devido às reações de insolubilização (adsorção e precipitação) apenas pequena parte das doses aplicadas permanece na solução. A maior parte é incorporada à fração sólida do solo, o que justifica a necessidade de adicionar quantidades maiores que a absorvidas pelas plantas. Vários métodos podem ser utilizados para aplicação de micronutrientes no solo: a lanço com incorporação, a lanço sem incorporação e em linha.

O principal problema prático de aplicação de micronutrientes está na dificuldade para a distribuição uniforme de pequenas quantidades, geralmente de poucos kg/ha, quando usados fontes simples, fritas e quelatos. Na aplicação em linha, não é recomendável usar fontes em pó e as pequenas doses de sais ou quelatos são de difícil

distribuição pela dificuldade de regulação das distribuidoras de fertilizantes. Assim, pode-se deduzir que para aplicação no solo é mais prático o uso de formulas NPK contendo micronutrientes, facilitando a aplicação uniforme na lavoura (BISSANI; GIANELLO, 2003).

4.2.4 Efeito dos micronutrientes na produtividade

Os trabalhos com micronutrientes na cana-de-açúcar no Brasil, principalmente realizados a campo, são poucos, sendo que em alguns casos são observadas respostas a aplicação de micronutrientes e outras isso não ocorre. Marinho ; Albuquerque (1981), em ensaios conduzidos em Alagoas, obtiveram aumento de 14 a 24% na produtividade com a aplicação de 10 kg ha⁻¹ de Zn no sulco de plantio. Alvarez; Wutke (1963), utilizando 1 kg ha⁻¹ de Boro no solo e Malavolta (1990), com duas aplicações foliares de 0,175 kg ha⁻¹ de B, conseguiram aumentos de produtividade da ordem de 18%. Em solos de tabuleiro em Pernambuco, foi verificado que 5 kg ha⁻¹ de Cu, como sulfato de cobre, foram suficientes para elevar a produtividade média (cana-planta e duas soqueiras) em 13 ton ha⁻¹ (IAA-PLANALSUCAR, 1984).

Alvarez; Wutke (1963), para o ferro verificaram que a adição de 2 kg ha⁻¹ de Fe proporcionaram um aumento de 9% na produtividade de cana-de-açúcar. Também observaram resposta de até 21% para adição de 0,2 kg ha⁻¹ de Mo no sulco de plantio. Já, Azeredo; Bolsanello (1981) para Manganês obtiveram aumento de até 27 % na produtividade cana-planta com o uso de 5 kg ha⁻¹ de Mn no sulco e um aumento de 10% com pulverização foliar de uma solução com 0,1 g L⁻¹ de Molibdênio. Também, em três ensaios de campo conduzidos em Pernambuco, em solos de 0,6 a 1,8 mg dm⁻³ de Mn (Mehlich-1), IAA-PLANALSUCAR (1981), obteve aumento de 8 a 28 ton ha⁻¹ da cana-planta. Já o trabalho de Alvarez et al. (1979) realizado em 23 locais de produção de cana do estado de São Paulo, com pH variando de 4 a 6, teores de MO de 1,6 a 5,7 e diferentes tipos de solos não possibilitou constatar respostas à aplicação de micronutrientes (Fe, Mo, Zn, Cu, B e Mn) em cana-planta.

Vitti et al. (2005) ressaltam alguns dos motivos que podem propiciar que não haja resposta à adubação com micronutrientes: (a) o canavial não tenha alcançado o máximo potencial produtivo, havendo macronutrientes em quantidades insuficientes; (b) o calcário e os adubos utilizado nas práticas corretivas pode conter micronutrientes em sua

composição; (c) a utilização de resíduos orgânicos (composto, torta-de-filtro, vinhaça, outros materiais orgânicos) pode fornecer micronutrientes à cultura.

4.3 Torta de Filtro

A torta de filtro é um subproduto da agroindústria canavieira, obtida nos filtros rotativos após extração da sacarose residual da borra. Sua composição é variável, em função da variedade da cana, tipo de solo, maturação da cana, processo de clarificação do caldo e outros (ALMEIDA, 1944). Durante o processo de clarificação do caldo, a adição de produtos que auxiliam na floculação das impurezas pode aumentar o teor de alguns minerais, principalmente fósforo e cálcio. Cerca de 30% do conteúdo total de fósforo aparece na forma orgânica e o nitrogênio predomina na forma protéica, propiciando lenta liberação desses elementos e conseqüentemente alto aproveitamento pelas plantas. Segundo Brasil Sobrinho (1958), a torta de filtro possui também altos valores de matéria orgânica. A matéria orgânica presente na torta de filtro traz grandes benefícios à cana-de-açúcar, dentre eles: 1) presença de micronutrientes; 2) os minerais nela contidos estão menos sujeitos a lixiviação; 3) aumento da CTC dos solos na região onde a torta foi aplicada; 4) capacidade de reter maiores quantidades de água, que podem suprir deficiências hídricas, principalmente na brotação; 5) propicia melhores condições físico-químicas e microbiológicas para o desenvolvimento da planta (PENATTI; DONZELLI, 1991).

Para atender a essa expansão, mais áreas são plantadas e, conseqüentemente maiores volumes de resíduos (como a torta de filtro) são gerados. Estes podem ser utilizados na agricultura como fonte de nutrientes, reduzindo a contaminação ambiental e os custos com adubação. Segundo a UDOP - União dos Produtores de Bioenergia citado por Alvarenga; Queiroz (2008), a torta de filtro e a vinhaça podem substituir adubos químicos e acarretar uma diminuição dos custos em torno de US\$ 60 por hectare. Cada tonelada de cana moída gera em torno de 40 kg de torta de filtro (KORNDÖRFER, 2003) que é resultante da mistura do processo de clarificação do açúcar (lodo de decantação) com o bagaço moído (ALVARENGA; QUEIROZ, 2008). É viável a substituição da adubação química pela orgânica sem perdas na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos de colmos e de açúcar mascavo artesanal (ANJOS et al., 2007).

Nunes Jr. et al. (1988), trabalhando com 35 toneladas por hectare de torta de filtro fresca aplicado no sulco de plantio em um solo do tipo Areia Quartzosa, observou respostas positivas de produtividade em todos os vinte clones estudados, com um ganho médio de 13,4% em produtividade e em sacarose, no decorrer dos 4 cortes analisados. Ainda no mesmo ensaio, observou que a variedade SP71-1406 foi a que mais respondeu, com ganho de 92 toneladas em quatro colheitas. Não foi observado prejuízo na maturação das variedades.

Cardozo (1988) trabalhando com 5 toneladas por ha de torta seca aplicado no sulco, 30 e 50 t/ha de composto de torta de filtro e bagaço aplicado em área total e adubação mineral, observou que com apenas 5 ton por ha de massa seca houve melhoria na disponibilidade de nutrientes, sendo que a melhor produtividade ocorreu com 50 ton ha⁻¹ de composto aplicado em área total. Trabalhando em um Latossolo Vermelho amarelo, com a variedade SP70-1143, Penatti; Doni (1989a) variou doses de torta de filtro fresca em 5, 10 e 15 t/ha, todas juntamente com a adubação mineral, e concluiu que a partir do 3º corte do canavial, passou-se a ter diferenças significativas em produtividade favoráveis as doses crescentes de torta de filtro, mostrando efeito residual da torta, além de observar um aumento no teor de cálcio no solo em relação a área não tratada com torta. Em outro ensaio, o mesmo autor, trabalhou com doses crescentes de torta de filtro (0, 3, 6, 9 ton ha⁻¹ aplicado no sulco), com e sem adubação mineral de cobertura com nitrogênio e potássio. Os resultados mostraram que a resposta em produtividade nas doses crescentes de torta é positiva, não havendo, entretanto, efeito da adubação mineral de cobertura na produtividade. Com relação a Pol % cana, observa-se um pequeno decréscimo na mesma com o aumento nas doses de torta (PENATTI ; DONI, 1989b).

Donzelli; Penatti (1997), avaliando diferentes formas de adubação da cana em um Latossolo Roxo Ácrico, com a variedade SP80-1842, verificaram que o melhor retorno econômico ocorreu quando se aplicou 21 ton ha⁻¹ de torta no sulco de plantio, juntamente com a complementação mineral de 30 kg ha⁻¹ de N e 140 kg ha⁻¹ de K₂O. Não foi observada redução na Pol % cana nos tratamentos com torta de filtro.

Lopes da Silva (1995), avaliando a influência do cultivo contínuo de cana-de-açúcar por até 25 anos, nas propriedades químicas de solos argilosos, observou que um manejo adequado dos solos, com a adição de vinhaça e torta-de-filtro pode melhorar as

características químicas dos solos cultivados em relação ao solo nativo, não observando diminuição no carbono orgânico nas áreas de cultivo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

O projeto de pesquisa foi constituído por três experimentos, sendo instalado um em solo de textura argilosa (Latossolo Vermelho), no município de Igaracú do Tietê - SP (latitude de 22° 34'S e longitude 48° 30'W), um em solo de textura arenosa (Neossolo Quartzarênico), no município de Santa Maria da Serra - SP (latitude 22° 31'S e longitude 48° 20'W), ambas as áreas pertencentes à Usina Da Barra – Grupo Cosan. O terceiro experimento foi instalado em solo de textura franco-arenosa (Argissolo Vermelho), no município de Mirassol – SP (latitude 20°47'S e longitude 49°30'W), em área pertencente à Usina Cerradinho - Grupo Cerradinho. Esses solos foram classificados segundo adaptações propostas por Embrapa (2006).

Os dados de precipitação foram obtidos junto às estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Agronômico de Campinas- IAC. Para a precipitação pluviométrica mensal ocorrida nos experimentos conduzidos no Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico foi considerado os dados de precipitação registrada na estação meteorológica localizada no município de Jaú (Figura 1A). Já para o experimento realizado em Mirassol foi considerada a precipitação ocorrida neste município (Figura 1B).

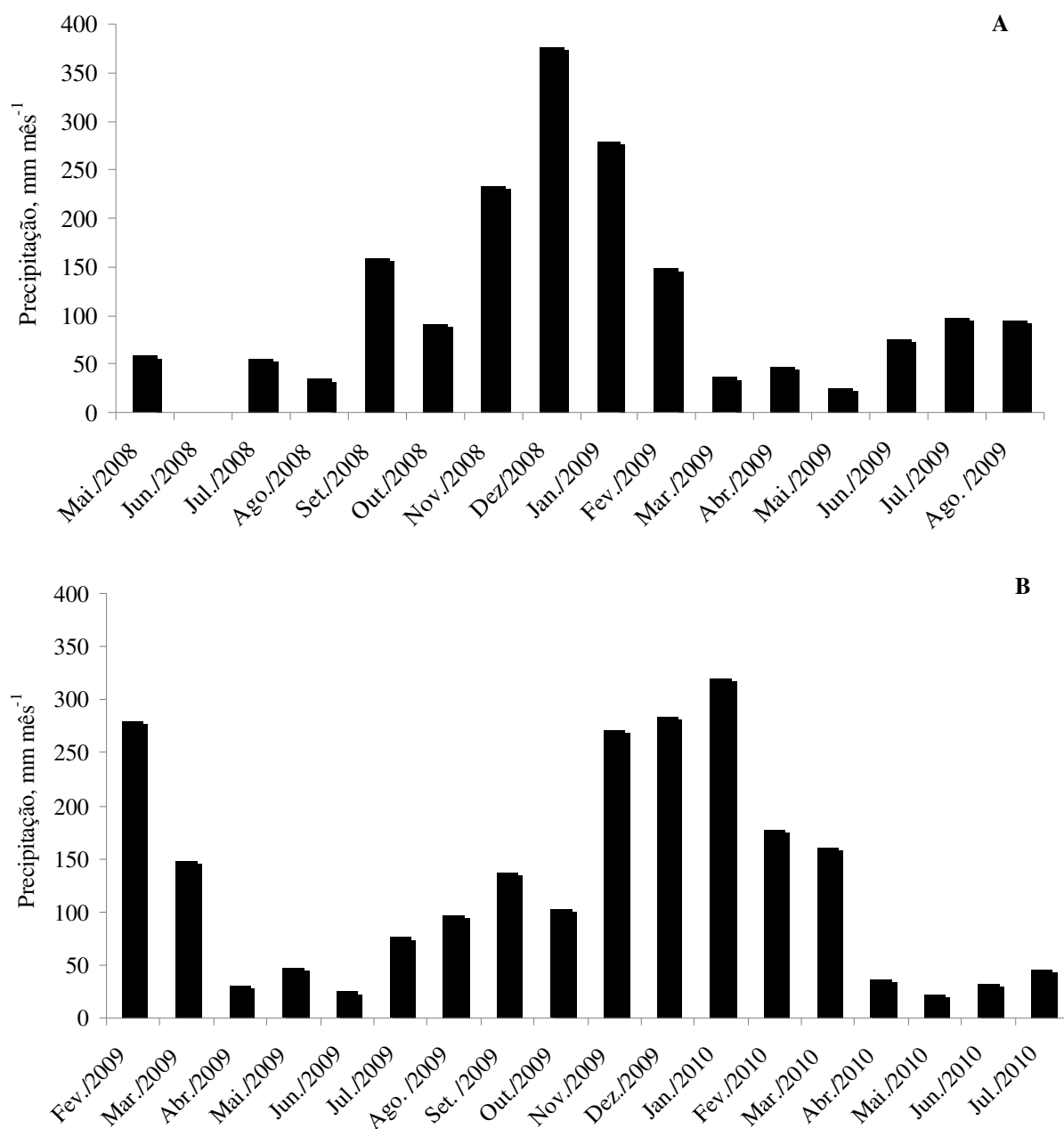


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica mensal durante o primeiro ano de cultivo de cana-de-açúcar – Jaú (A) e Mirassol (B), SP.

Antes da implantação dos experimentos foram coletadas amostras de terra, com trado tipo holandês, para a caracterização física e química (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Textura dos solos nas três áreas experimentais na camada de 0,00-0,20 m.

Solos	Areia	Silte	Argila
	-----g dm ⁻³ -----		
Latossolo Vermelho	166	269	565
Argissolo Vermelho	749	171	80
Neossolo Quartzarênico	928	18	54

Os atributos químicos e físicos foram determinados, respectivamente, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) e Embrapa (1997).

Tabela 3. Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento nas três áreas experimentais.

Solo	Camada, m	pH*	M.O.	P _{resina}	K	Ca	Mg	Al	V%	
		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----mmol _c dm ⁻³ ----					
LV	0,0-0,2	5,4	20	12	1,1	26	17	1	57	
LV	0,2-0,4	7,0	18	31	1,0	105	80	0	95	
LV	0,4-0,6	5,9	13	21	0,4	35	28	0	73	
AV	0,0-0,2	5,2	10	22	1,8	13	7	1	55	
AV	0,2-0,4	4,7	9	19	1,4	8	5	2	39	
AV	0,4-0,6	4,6	7	17	1,5	6	3	2	33	
NQ	0,0-0,2	5,7	6	6	2,7	9	4	1	58	
NQ	0,2-0,4	5,5	4	4	3,0	9	3	1	55	
NQ	0,4-0,6	5,7	5	4	3,5	8	3	1	56	
		Zinco	Cobre	Ferro	Manganês		Boro			
		-----mg dm ⁻³ -----								
LV	0,0-0,2	0,3	3,4	10	23,0		0,17			
LV	0,2-0,4	0,3	2,2	5	4,5		0,08			
LV	0,4-0,6	0,1	1,4	4	3,3		0,12			
AV	0,0-0,2	1,2	0,8	23	20,2		0,20			
AV	0,2-0,4	1,6	0,7	21	21,4		0,22			
AV	0,4-0,6	0,5	0,6	20	25,6		0,13			
NQ	0,0-0,2	0,4	0,6	40	2,9		0,09			
NQ	0,2-0,4	0,1	0,5	33	4,2		0,07			
NQ	0,4-0,6	0,1	0,5	33	3,2		0,07			

LV = Latossolo Vermelho; AV= Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico; * Metodologia descrita por Malavolta et al. 2001.

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 8 linhas de 10 m de comprimento, no espaçamento de 1,5 entre linhas para o Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho. Já para o Neossolo Quartzarênico as parcelas foram compostas de 9 linhas de 12 m de comprimento e espaçamento de 1,0 entrelinhas.

Os experimentos foram conduzidos no esquema fatorial 8 x 2, sendo sete tratamentos com aplicação de micronutrientes mais uma testemunha (1 – sem aplicação/testemunha, 2 – adição de Zn, 3 - adição de Cu, 4 - adição de Mn, 5 - adição de Fe, 6 – adição de B, 7 – adição de Mo, 8 – adição de Zn, Cu, Mn, Fe, B e Mo) combinado com e sem aplicação de torta de filtro (0 Mg ha⁻¹ e 30 Mg ha⁻¹ em base seca) no sulco de plantio.

5.3 Instalação e condução dos experimentos

Os experimentos foram instalados em maio/2008, agosto/2008 e fevereiro/2009, respectivamente, no Latossolo, Neossolo e Argissolo.

A aplicação de calcário foi realizada apenas no Argissolo, na quantidade de 1,5 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 85%.

A adubação utilizada no experimento conduzido sob o Latossolo Vermelho foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula 10-25-25. No Neossolo Quartzarênico foram utilizados 370 kg ha⁻¹ do formulado 00-18-36 onde foi aplicado torta de filtro e 500 kg ha⁻¹ do formulado 10-25-25 nas parcelas que não receberam torta de filtro. No Argissolo Vermelho foram aplicados 1000 l ha⁻¹ (densidade 1,14 g dm⁻³) do formulado 04-12-10.

As fontes de micronutrientes foram: Zn – Sulfato de zinco (20% Zn), Cu – Sulfato de cobre (13% Cu), Mn – Sulfato de manganês (26% Mn), Fe – Quelato de ferro (11% Fe), B – Tetraborato de Na – Bórax (11% B) e Mo – Molibdato de sódio (39% Mo). As quantidades aplicadas de cada fonte de micronutriente foram às seguintes: 25 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco (5 kg ha⁻¹ de Zn), 30,8 kg ha⁻¹ de sulfato de cobre (4 kg ha⁻¹ de Cu), 20 kg ha⁻¹ de sulfato de manganês (5,2 kg ha⁻¹ de Mn), 21 kg ha⁻¹ de quelato de ferro (4 kg ha⁻¹ de Fe), 10 kg ha⁻¹ de tetraborato de Na – Bórax (1,1 kg ha⁻¹ de B) e 0,5 kg ha⁻¹ de Molibdato de sódio

(0,195 kg ha⁻¹ de Mo). As fontes de micronutrientes foram diluídas em água e distribuídas na linha de plantio, a fim de proporcionar uniformidade na aplicação.

A definição da variedade a ser utilizada foi realizada de acordo com o ambiente de produção e critérios das próprias Usinas. No Latossolo, Argissolo e Neossolo foram utilizadas as variedades SP80-3280, SP81-3250 e RB 92-5211, respectivamente. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades da cultura.

5.4 Caracterização química e física dos materiais utilizados no plantio de cana-de-açúcar

Durante a instalação dos experimentos foram coletadas amostras de calcário, fertilizantes e torta de filtro para a caracterização química e física destes produtos segundo metodologia proposta pelo LANARV (1988). Os teores de micronutrientes presentes no calcário e fertilizantes utilizados durante a instalação do experimento estão contidos na Tabela 4.

Tabela 4. Teores de micronutrientes em fertilizantes e corretivos utilizados para o plantio da cana-de-açúcar nas três áreas experimentais.

Aubos e corretivo	Zinco	Cobre	Ferro	Manganês	Boro
	mg kg ⁻¹				
10-25-25* ¹	319,00	34,00	2.235,00	136,00	189,00
00-18-36* ²	292,00	33,00	5.475,00	235,00	189,00
04-12-10* ³	3,0	1,00	38,00	4,00	76,00
Calcário	60,00	29,00	3.760,00	635,00	189,00
Mudas**	3,69	2,34	13,93	10,52	1,49

* Formulado NPK, aplicado no ¹Latossolo Vermelho, no ²Neossolo Quartzarênico e no ³Argissolo Vermelho

**Considerando os teores encontrados por Orlando Filho, (1993).

As amostras de torta de filtro foram coletadas no momento da aplicação perfazendo 10 subamostras para compor uma amostra por local onde foram

instalados os experimentos. Os resultados da caracterização químico-física estão contidos na Tabela 5.

Tabela 5. Atributos químicos e físicos da torta de filtro aplicada no sulco de plantio de cana-de-açúcar nas três áreas experimentais do estado de São Paulo, 2008.

Solo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Umidade
	g kg ⁻¹ de matéria seca						
LV	9,2*	13,4	3,8	7,3	3,4	6,0	604
AV	4,9	8,4	4,5	8,7	1,5	2,6	620
NQ	8,5	12,0	4,0	8,0	2,5	6,2	624
Solo	C	C/N	Zinco	Cobre	Ferro	Manganês	Boro
	mg kg ⁻¹ de matéria seca						
LV	10,6	13/1	82	68	28.500	594	215
AV	7,2	12/1	64	54	25.050	606	137
NQ	9,8	12/1	72	50	24.500	574	200

LV = Latossolo Vermelho; AV= Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. * Metodologia descrita por Malavolta et al. 2001.

5.5 Entrada de micronutrientes durante o plantio de cana-de-açúcar

Para o cálculo das entradas de micronutrientes, além dos micronutrientes presentes nos fertilizantes e corretivos foram considerados também os micronutrientes presentes nas mudas de cana-de-açúcar utilizadas no plantio (Tabela 6), a partir dos dados de teores médios de micronutrientes no colmo relatados por Orlando Filho (1993).

Para o cálculo foram consideradas as quantidades de 15 ton ha⁻¹ de mudas para o Latossolo Vermelho, 12 Mg ha⁻¹ para o Argissolo Vermelho e 18 Mg ha⁻¹ para o Neossolo Quartzarênico (quantidades utilizadas no plantio dos experimentos e definidas por cada usina). Vale ressaltar que as mudas foram provenientes de viveiros das próprias empresas e apresentavam excelente aparência das condições de sanidade e nutricional.

Tabela 6. Entrada de micronutrientes via torta de filtro, fertilizantes, corretivos e mudas nos três tipos de solo.

Micronutrientes	LV		AV		NQ	
	Sem torta	Com torta	Sem torta	Com torta	Sem torta	Com torta
	-----g ha ⁻¹ -----					
Zinco	374	1.701	137	1.297	385	1.479
Cobre	69	1.284	73	1.051	76	960
Ferro	2.444	517.746	5.845	459.751	2.486	446.216
Manganês	294	10.989	1.083	12.063	325	10.677
Boro	211	4.013	377	2.860	216	3.721

LV = Latossolo Vermelho; AV= Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico

5.6. Avaliações realizadas

5.6.1 Número de Perfilhos

Para a contagem do número de perfilhos foram definidas dentro da área útil das parcelas duas linhas de plantas e, dentro destas, 5 metros aleatórios para as avaliações. Essa avaliação foi realizada no período de maior desenvolvimento vegetativo, nas seguintes datas: 28 de outubro de 2008, 16 de novembro de 2008 e 22 de julho de 2009 para o Latossolo Vermelho, Neossolo Quartzarênico e Argissolo Vermelho, respectivamente.

5.6.2 Diagnose foliar

A coleta de folhas para avaliação do estado nutricional foi realizada coletando-se a primeira folha a partir do ápice onde a bainha é totalmente visível (folha +1) em 30 plantas por parcela, no estágio de maior vegetação, desprezando a nervura central e

coletando o terço médio da folha (Espironello et al., 1996). Posteriormente o material foi seco em estufa e moído, para a avaliação dos teores de nutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, B, e Mo) conforme metodologia descrita por Malavolta (1997).

5.6.3 Biometria (altura de plantas, número de entrenós por colmo, número de colmos por metro e produtividade de colmos)

A altura de plantas, número de colmos por metro e número de entrenós por colmo foram determinados um dia antes da colheita, sendo os dois primeiros realizados em 20 colmos por parcela. O terceiro parâmetro foi determinado pela contagem de 5 m em duas linhas centrais de cada parcela. Assim, a altura de plantas foi determinada por meio de medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o solo até a região auricular da folha +1.

A produtividade de colmos no Latossolo se deu pela pesagem de área total da parcela através de um transbordo equipado com célula de carga (Figura 2A e 2B). Para o experimento no Neossolo e Argissolo foi realizada a pesagem dos colmos dos 5 sulcos centrais de cada parcela, com célula de carga (Figura 3A e 3B) sendo este peso extrapolado para a obtenção da produtividade em toneladas ha^{-1} .

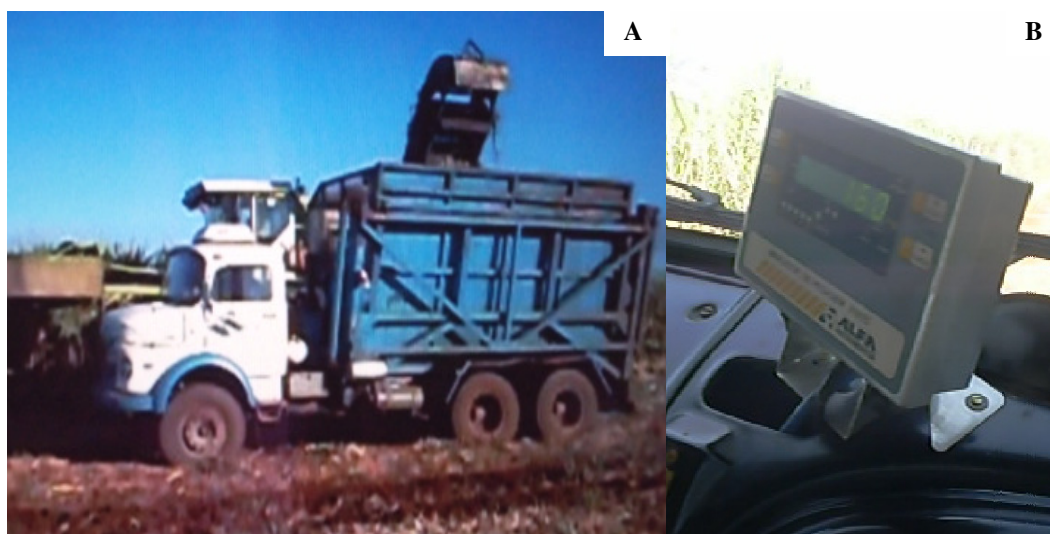


Figura 2. Pesagem das parcelas do experimento com (A) transbordo instrumentado com células de carga, (B) detalhe do monitor dentro do caminhão.

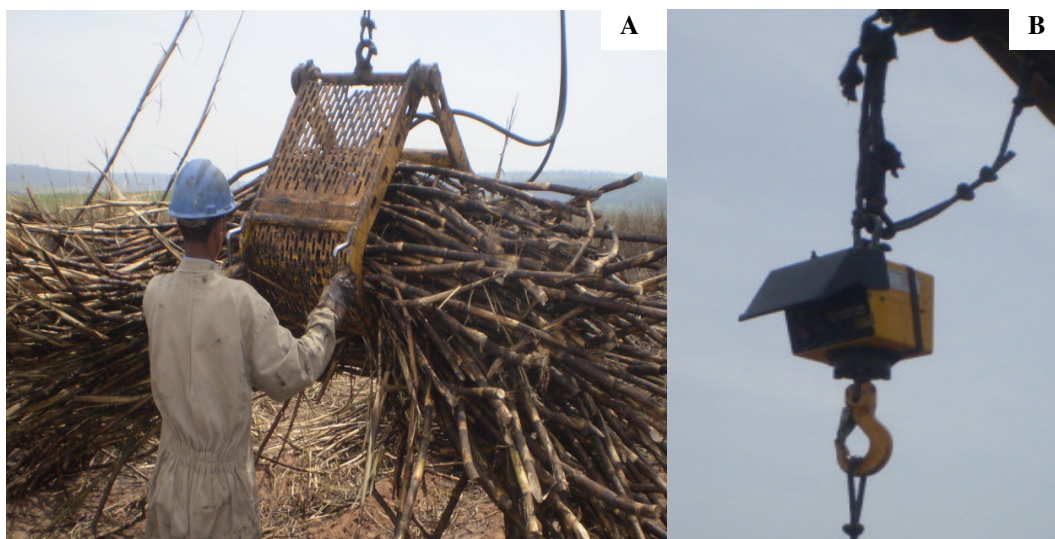


Figura 3. Pesagem das parcelas do experimento através (A) de carregadora instrumentada com célula de carga com (B) detalhe do dinamômetro.

A colheita do experimento se deu em 04 de agosto de 2009 (15 meses pós-plantio), 16 de setembro de 2009 (13 meses pós-plantio) e 13 julho de 2010 (17 meses pós-plantio) para os solos de textura argilosa, arenosa e franco-arenosa respectivamente.

5.6.4. Variáveis tecnológicas

No momento da colheita foram coletados 20 colmos que foram submetidos ao desponte na altura da gema apical (ponto de quebra) e encaminhados para o Laboratório de Pagamento de Pureza Cana, da Unidade de Produção de cada Usina, para serem processados segundo a metodologia do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose (SPCTS) conforme atualizações semestrais da CONSECANA.

5.6.4.1 Pol cana

A Pol (PCC) representa a porcentagem aparente de sacarose contida numa solução de açúcares. Para o caldo de cana madura o teor de glicose e frutose é geralmente baixo, menor do que 0,5%, comparado ao teor de sacarose, que pode estar acima de 16 %, na média da safra, fazendo com que seu valor se aproxime bastante do teor real de

sacarose, sendo normalmente aceito como tal. A sacarose, um dissacarídeo, é o principal parâmetro de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar; refere-se ao açúcar diretamente cristalizável no processo de fabricação (FERNANDES, 2003).

Obtida através da fórmula PCC (Pol% cana) = Pol% caldo * (1 - 0,01 * Fibra) * C, onde C = coeficiente de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto, calculado pela equação $C = 1,0313 - 0,00575 * F$ (fibra).

5.6.4.2 Pureza do caldo

A pureza reflete a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis, sendo denominada “pureza real”, entretanto quando esta determinação é realizada numa solução açucarada impura, diz-se “pureza aparente”. A pureza expressa quantos por cento dos sólidos solúveis (°Brix) são representados pela sacarose (Pol) (FERNANDES, 2003). Determinada através da seguinte relação: P (Pureza) = (Pol% caldo / Brix% caldo) x 100.

5.6.4.3 Fibra cana

A fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana. No colmo de cana, as fibras do parênquima são de estrutura mais frágil e fina, e formam as células isodiamétricas de estocagem do caldo de alto teor de sacarose (FERNANDES, 2003). No sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS) a fibra é estimada em função do peso de bagaço úmido da prensa. Determinada pelo método da prensa hidráulica, conforme determinado no Ato 13/83, de 21/04/1983 – IAA, citado por Mutton (1984) e atualizações semestrais do CONSECANA. $F = 0,08 * PBU + 0,876$, onde F é a Fibra cana e PBU refere-se ao peso do bagaço úmido da prensa, em gramas.

5.6.4.4 Açúcar teórico recuperável cana

O açúcar teórico recuperável (ATR) constitui uma das variáveis do sistema de pagamento de cana implantado em São Paulo a partir da safra de 1998/99, e reflete o resultado da diferença entre o ART (açúcares redutores totais) da cana e as perdas na lavagem de cana, no bagaço final, na torta do filtro ou prensa e as “indeterminadas”, considerando a eficiência média padrão, ou seja, representa a quantidade de açúcares (na

forma de açúcares invertidos ou ART) que são recuperados na usina assumindo perdas de 12% na lavagem de cana, extração (perda de Pol no bagaço final), torta dos filtros ou prensas e as “indeterminadas” (FERNANDES, 2003).

O açúcar teórico recuperável (ATR), dado em kg açúcar t⁻¹ de cana, foi calculado através da fórmula regulamentada pelo CONSECANA em 1999:

$$\text{ATR} = 10 \times 0,88 \times 1,0526 \times \text{PCC} + 10 \times 0,88 \times \text{ARC}, \text{ onde:}$$

- o fator 10, refere-se à Transformação de kg Pol/100 kg cana (%) em kg Pol t⁻¹ cana;
- o fator 0,88, refere-se à Eficiência industrial de lavagem, extração e tratamento caldo juntas, ou seja, coeficiente de recuperação, para uma perda industrial de 12%;
- o fator 1,0526, refere-se ao Fator que transforma a Pol em AR, ou seja, coeficiente estequiométrico para a conversão de Pol em açúcares redutores.

$\text{AR} = (9,9408 - 0,1049 \times \text{Pureza}) \times (1 - 0,01 \times \text{Fibra}) \times (1,0313 - 0,00575 \times \text{Fibra})$, sendo:

- primeiro parênteses: Regressão que correlaciona Pureza da cana com teor de AR;
- segundo parênteses: Regressão que transforma a AR do caldo para AR da cana;
- terceiro parênteses: Regressão que corrige a extração da prensa para extração real.

5.6.4.5 Produtividade de açúcar

Com base nos dados de produtividade de colmos e de Pol cana determinou-se a produtividade de açúcar em tonelada de açúcar (Pol) por hectare (TPH).

5.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias do fator micronutrientes foram comparadas pelo teste de Scott-Knott e as do fator torta de filtro pelo teste t (LSD), ambos a 5% de significância.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Número de perfilhos

O perfilhamento da cana-de-açúcar é influenciado por fatores como água, luz, temperatura, nutrição, época de plantio, pragas, doenças, espaçamentos e profundidade de plantio (BACCHI, 1983). O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes responsáveis pelo perfilhamento da cana-de-açúcar, sendo estes os principais nutrientes presentes na torta de filtro (Tabela 5). O número de perfilhos permite inferir a respeito do desenvolvimento inicial da cultura, e pode ter boas relações com a produtividade. Neste caso (Tabela 7), a aplicação de torta de filtro no Latossolo e Argissolo aumentou o número de perfilhos, porém não houve efeito do fator micronutriente.

Quanto ao efeito positivo da torta de filtro no Latossolo e no Argissolo, os resultados corroboram com os de Santos et al. (2010) que constataram que a aplicação de torta de filtro promoveu o aumento do número de perfilhos em um Latossolo Vermelho. Os efeitos benéficos da torta de filtro têm sido citados por vários autores entre eles Nunes Jr et al. (1988) e Cardozo (1988). Segundo Penatti; Donzelli (1991), a matéria orgânica presente na torta de filtro traz grandes benefícios a cana-de-açúcar, dentre eles: a presença de micronutrientes na matéria orgânica, os materiais nela contidos estão menos sujeitos a lixiviação; o aumento da CTC dos solos na região onde a torta é aplicada; a capacidade de reter maiores quantidades de água, que podem suprir deficiências hídricas, principalmente na brotação; proporcionar melhores condições físico-químicas e microbiológicas para o

desenvolvimento da planta. Nunes (2005) também relata que a matéria orgânica da torta de filtro reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, bloqueando os sítios de fixação com os radicais orgânicos, formando quelatos solúveis de ferro, manganês, zinco e cobre, disponibilizando-os às raízes.

Tabela 7. Número de perfilhos por metro linear de cana-planta em três tipos de solo do estado de São Paulo submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NQ		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
-----n° perfilhos m ⁻¹ -----									
Testemunha	14 ^{ns}	17	16 a	16 ^{ns}	16	16 a	22 Ab	24 Aa	23
Zn	14	17	15 a	14	16	15 a	25 Aa	23 Aa	24
Cu	13	17	15 a	13	16	15 a	22 Ab	23 Aa	22
Fe	14	17	16 a	14	17	15 a	22 Ab	22 Aa	22
Mn	14	17	15 a	15	16	15 a	25 Aa	23 Aa	24
B	12	17	15 a	15	17	16 a	24 Aa	23 Aa	24
Mo	14	17	16 a	15	15	15 a	25 Aa	25 Aa	25
Todos	13	18	15 a	13	16	15 a	24 Aa	25 Aa	24
Média	13 B	17 A		14 B	16 A		24	23	
CV%		10,31			6,90			7,71	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD ($p < 0,05$) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta.

No Neossolo houve interação dos fatores, dessa forma, no desdobramento do fator micronutriente dentro do fator torta de filtro, constatou-se efeito apenas quando não foi aplicada a torta de filtro, em que a aplicação de Zn, Mn, B, Mo e todos os micronutrientes aumentaram o perfilhamento. Isso pode ter ocorrido, pois esse solo apresentava baixos teores iniciais, principalmente de Zn e B (Tabela 3) e aplicação destes micronutrientes supriu as necessidades das plantas aumentando o número de perfilhos.

Para o Latossolo e o Argissolo não houve efeito do fator micronutriente nos resultados de perfilhamento, sendo que esses resultados podem estar relacionados ao suficiente fornecimento de micronutrientes provenientes do solo (Tabela 3), da mineralização da matéria orgânica devido ao revolvimento do solo, e das entradas de

micronutrientes (Tabela 6) presentes em corretivos e fertilizantes e micronutrientes em mudas de cana-de-açúcar.

6.2 Diagnose foliar

Para os teores foliares de N, P e K (Tabela 8) não houve interação entre os fatores e a aplicação de micronutrientes não afetou os teores foliares, nos três tipos de solos. Os teores de N também não sofreram influência quando aplicado torta de filtro. Embora existam teores consideráveis de N na torta de filtro, as quantidades aplicadas de N pelos formulados aplicados no momento do plantio devem ter suprido as necessidades das plantas.

Quanto ao teor de P, constatou-se que, para o Latossolo Vermelho, a aplicação de torta de filtro propiciou aumento nos teores foliares. Esse aumento pode ser relacionado com a disponibilidade de P no solo, pois esse nutriente tem elevada capacidade de se ligar a óxidos de Fe e Al presentes predominantemente em Latossolos, reduzindo a sua disponibilidade às plantas. Assim, com a aplicação de torta de filtro ocorre o bloqueio dos sítios de fixação com os radicais orgânicos reduzindo a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio. Além disso, a torta de filtro possui grande quantidade de P em sua constituição (Tabela 5). Discordando dos resultados encontrados, Nardin (2007) não encontraram aumento nos teores foliares de P com aplicação de doses crescentes de torta de filtro.

No Argissolo, também houve aumento nos teores foliares de K com a aplicação de torta de filtro. Isso se deve aos teores consideráveis de K (Tabela 5) presentes na torta de filtro além do aumento da CTC dos solos na região onde a torta é aplicada, o que reduz a lixiviação desse nutriente favorecendo a disponibilidade deste as plantas.

Para o Neossolo onde poderia ser esperado aumento nos teores foliares de N, P e K com a aplicação de torta de filtro, isso não ocorreu, pois a adubação mineral de plantio (NPK) foi maior onde não foi aplicada a torta de filtro, compensando a quantidade de NPK presente neste resíduo agroindustrial.

Tabela 8. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NQ		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
----- N (g kg ⁻¹)-----									
Testemunha	22 ^{ns}	20	21 a	20 ^{ns}	20	20 a	20 ^{ns}	21	20 a
Zn	22	22	22 a	21	19	20 a	19	21	20 a
Cu	20	20	20 a	21	20	20 a	20	19	20 a
Fe	21	22	21 a	22	22	22 a	20	21	21 a
Mn	21	21	21 a	20	21	21 a	19	19	19 a
B	19	21	20 a	22	20	21 a	21	20	21 a
Mo	22	19	21 a	22	21	22 a	21	20	21 a
Todos	22	21	22 a	19	21	20 a	22	20	21 a
Média	21 A	21 A		21 A	20 A		20 A	20 A	
CV%		9,85			9,25			7,00	
----- P (g kg ⁻¹)-----									
Testemunha	2,3 ^{ns}	2,4	2,4 a	2,6 ^{ns}	2,5	2,5 a	2,3 ^{ns}	2,3	2,3 a
Zn	2,2	2,4	2,3 a	2,6	2,4	2,5 a	2,3	2,3	2,3 a
Cu	2,2	2,5	2,4 a	2,6	2,5	2,6 a	2,3	2,4	2,4 a
Fe	2,3	2,3	2,3 a	2,6	2,5	2,5 a	2,4	2,4	2,4 a
Mn	2,2	2,3	2,3 a	2,6	2,6	2,6 a	2,4	2,4	2,4 a
B	2,2	2,4	2,3 a	2,5	2,3	2,4 a	2,3	2,6	2,4 a
Mo	2,2	2,3	2,2 a	2,7	2,4	2,6 a	2,5	2,4	2,4 a
Todos	2,2	2,5	2,3 a	2,5	2,4	2,5 a	2,4	2,4	2,4 a
Média	2,2 B	2,4 A		2,6 A	2,5 A		2,4 A	2,4 A	
CV%		5,64			9,28			4,85	
----- K (g kg ⁻¹)-----									
Testemunha	11	12	12 a	14 ^{ns}	17	16 a	13 ^{ns}	14	14 a
Zn	10	12	11 a	14	16	15 a	13	13	13 a
Cu	11	12	12 a	14	16	15 a	13	13	13 a
Fe	11	11	11 a	15	16	15 a	14	13	13 a
Mn	11	11	11 a	13	16	15 a	14	14	14 a
B	12	10	11 a	14	16	15 a	14	13	14 a
Mo	11	11	11 a	14	16	15 a	13	14	13 a
Todos	12	11	12 a	14	15	15 a	14	14	14 a
Média	11 A	11 A		14 B	16 A		14 A	13 A	
CV%		7,91			8,08			6,12	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD ($p < 0,05$) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta.

Para Ca, Mg e S (Tabela 9) também não houve interação entre a torta de filtro e os micronutrientes, e a aplicação de micronutrientes não influenciou os teores foliares de Ca, Mg e S.

Tabela 9. Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NQ		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
----- Ca (g kg ⁻¹)-----									
Testemunha	4,9 ^{ns}	3,8	4,4 a	5,2 ^{ns}	5,0	5,1 a	5,9 ^{ns}	6,0	6,0 a
Zn	5,0	3,8	4,4 a	4,8	5,3	5,1 a	6,1	6,1	6,1 a
Cu	4,6	3,7	4,1 a	4,7	5,8	5,2 a	7,0	6,4	6,7 a
Fe	4,9	3,7	4,3 a	4,9	6,9	5,9 a	5,8	6,4	6,1 a
Mn	5,2	3,5	4,4 a	4,6	5,9	5,3 a	6,0	6,1	6,0 a
B	5,0	4,0	4,5 a	4,1	4,7	4,4 a	5,8	6,9	6,4 a
Mo	4,5	3,6	4,1 a	4,2	5,1	4,7 a	7,4	6,4	6,9 a
Todos	4,5	3,7	4,1 a	4,8	5,5	5,2 a	5,8	6,5	6,2 a
Média	4,8 A	3,7 B		4,7 B	5,5 A		6,2 A	6,3 A	
CV%		18,51			25,26			15,53	
----- Mg (g kg ⁻¹)-----									
Testemunha	2,0 ^{ns}	2,1	2,0 a	2,4 ^{ns}	2,1	2,2 a	1,9 ^{ns}	1,9	2,0 a
Zn	1,9	2,2	2,1 a	2,2	2,2	2,2 a	1,8	1,8	1,8 a
Cu	1,9	2,1	2,0 a	2,4	2,4	2,4 a	2,0	1,9	2,0 a
Fe	2,0	2,0	2,0 a	2,3	2,5	2,4 a	1,9	2,0	2,0 a
Mn	1,9	2,2	2,1 a	2,3	2,4	2,4 a	2,0	1,9	2,0 a
B	2,0	2,3	2,2 a	2,3	2,2	2,3 a	1,9	2,0	2,0 a
Mo	2,0	2,0	2,0 a	2,3	2,1	2,2 a	2,2	1,9	2,1 a
Todos	1,9	2,1	2,0 a	1,9	2,4	2,2 a	2,0	1,9	1,9 a
Média	1,9 B	2,1 A		2,3 A	2,3 A		2,0 A	1,9 A	
CV%		8,68			13,05			5,94	
----- S (g kg ⁻¹)-----									
Testemunha	2,3 ^{ns}	2,2	2,3 a	2,0 ^{ns}	2,2	2,1 a	2,3 ^{ns}	2,1	2,2 a
Zn	2,2	2,1	2,2 a	1,9	2,0	2,0 a	2,0	2,2	2,1 a
Cu	2,2	2,3	2,3 a	2,0	2,2	2,1 a	2,1	2,3	2,2 a
Fe	2,2	2,2	2,2 a	2,1	2,2	2,2 a	2,2	2,2	2,2 a
Mn	2,3	2,2	2,2 a	1,9	2,2	2,1 a	2,4	2,3	2,3 a
B	2,3	2,3	2,3 a	2,0	2,1	2,1 a	2,4	2,3	2,3 a
Mo	2,4	2,1	2,5 a	2,0	2,2	2,1 a	2,3	2,3	2,3 a
Todos	2,2	2,2	2,2 a	1,9	2,1	2,0 a	2,1	2,2	2,1 a
Média	2,3 A	2,2 A		2,0 B	2,2 A		2,2 A	2,2 A	
CV%		11,13			8,39			8,90	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD (p<0,05) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta.

Para os teores foliares de Ca, onde foi aplicado torta de filtro, aconteceram duas situações distintas. Para o Latossolo houve redução dos teores foliares com a aplicação de torta de filtro, enquanto no Argissolo, a aplicação de torta de filtro propiciou aumento dos teores de Ca.

Para o Latossolo, os teores de cálcio presentes no solo (Tabela 3) estão acima dos limites de interpretação propostos por Espironello et. al (1996), principalmente na camada 0,20-0,40 m. Com a aplicação de torta de filtro, além de compostos orgânicos, novos cátions como o K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ e Fe^{2+} são introduzidos ao solo, regulando, provavelmente, a absorção de Ca. Já para o Argissolo os teores iniciais de Ca no solo (Tabela 3) foram menores e com isso a disponibilização do Ca presente na torta de filtro (Tabela 5) propiciou incremento dos teores foliares.

Esses resultados divergem dos encontrados por Nardin (2007), que não encontrou aumento nos teores foliares de Ca com aplicação de doses crescentes de torta de filtro. Os teores foliares de Mg e S aumentaram com a aplicação de torta de filtro no Latossolo e Argissolo, respectivamente. Esses resultados provavelmente ocorreram pelo maior aporte de Mg e S (Tabela 5) além das condições favoráveis para a disponibilização destes nutrientes promovidas pela torta de filtro.

Para os teores foliares de Zn, Cu e Mn (Tabela 10) não houve interação entre os fatores torta de filtro e micronutrientes e os teores foliares de Zn, Cu e Mn não foram afetados pela aplicação de micronutrientes no plantio de cana-de-açúcar. Mas, a aplicação de torta de filtro propiciou menores teores foliares de Cu, Mn e Zn no Latossolo e Mn no Argissolo.

Esses resultados podem ser explicados pela elevada afinidade que a matéria orgânica tem com estes metais diminuindo a disponibilidade destes as plantas, em solos que a decomposição da matéria orgânica é mais lenta, no caso o Latossolo Vermelho de textura argilosa. Oliveira et al. (1998) cita que deficiências de Fe, Cu, Mn e, ou Zn têm sido verificadas em solos com alto teor de matéria orgânica, em decorrência da sua ação quelante sobre esses íons, mas que à medida que ela se decompõe, ocorre a liberação dos micronutrientes.

Tabela 10. Teores de zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NQ		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
----- Zn (mg kg ⁻¹) -----									
Testemunha	28 ^{ns}	26	27 a	22 ^{ns}	30	26 a	20 ^{ns}	22	21 a
Zn	33	21	27 a	25	37	31 a	20	21	21 a
Cu	30	23	27 a	22	30	26 a	24	19	22 a
Fe	31	22	26 a	21	29	25 a	20	22	21 a
Mn	33	22	28 a	22	33	28 a	18	20	19 a
B	29	22	25 a	20	35	27 a	22	22	22 a
Mo	29	22	25 a	23	31	27 a	21	20	21 a
Todos	30	26	28 a	27	29	28 a	20	23	21 a
Média	30 A	23 B		23 B	32 A		21 A	21 A	
CV%		22,39			14,43			53,41	
----- Cu (mg kg ⁻¹) -----									
Testemunha	14 ^{ns}	13	14 a	9 ^{ns}	11	10 a	11 ^{ns}	14	12 a
Zn	15	13	14 a	10	11	10 a	11	15	13 a
Cu	15	15	15 a	10	11	10 a	11	14	13 a
Fe	14	13	14 a	10	12	11 a	11	14	13 a
Mn	15	13	14 a	10	12	11 a	11	14	13 a
B	15	13	14 a	9	11	10 a	12	14	13 a
Mo	15	13	14 a	10	11	10 a	11	13	12 a
Todos	15	13	14 a	9	11	10 a	11	15	13 a
Média	15 A	13 B		10 B	11 A		11 B	14 A	
CV%		8,30			8,39			12,12	
----- Mn (mg kg ⁻¹) -----									
Testemunha	218 ^{ns}	181	199 a	98 ^{ns}	84	91 a	67 ^{ns}	62	65 a
Zn	212	178	195 a	106	82	94 a	66	64	65 a
Cu	202	193	198 a	108	90	99 a	68	75	72 a
Fe	202	175	189 a	93	89	91 a	69	68	69 a
Mn	206	187	197 a	98	99	99 a	74	67	70 a
B	185	203	194 a	101	90	95 a	77	76	77 a
Mo	205	196	200 a	105	83	94 a	71	72	71 a
Todos	208	209	209 a	94	93	93 a	66	73	70 a
Média	205 A	190 B		100 A	89 B		70 A	70 A	
CV%		13,96			13,21			12,25	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD ($p < 0,05$) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta

No Argissolo e Neossolo, ocorreu o inverso, ou seja, os teores foliares aumentaram com a aplicação de torta de filtro, o que pode ser explicado pela maior velocidade de mineralização e conseqüente absorção pelas plantas nestes solos.

Embora os teores de Fe aplicados via torta de filtro sejam elevados (Tabela 5), não constatou-se nos três tipos de solos, efeito nos teores foliares de Fe (Tabela 11) quando aplicado torta de filtro e micronutrientes. O Fe encontra-se amplamente distribuído nos perfis da maioria dos solos, alcançando, em alguns casos, quantidades altas na camada arável (Bataglia, 1991), fato que contribui para não alteração nos teores foliares.

Para B e Mo (Tabela 11) no Latossolo e Argissolo não foi observado interação e nem variação nos teores foliares com a aplicação de micronutrientes. Porém a torta de filtro propiciou redução nos teores foliares de B e Mo no Argissolo, provavelmente porque nesse solo os teores no solo eram suficientes (Tabela 3) e a matéria orgânica presente onde foi aplicado à torta de filtro regulou a disponibilidade de nutrientes, fato que não ocorreu onde não foi aplicada a torta de filtro.

No Neossolo, houve interação entre os fatores para teor de B (Tabela 11). Dessa forma, no desdobramento do fator torta de filtro dentro do fator micronutriente, onde foram aplicados B, Zn, Mn, Cu, Fe e todos os micronutrientes, ocorreram aumentos nos teores foliares quando foi aplicado torta de filtro. Para o desdobramento do fator micronutriente dentro do fator torta de filtro constatou-se que a aplicação de Zn, Cu, Mn e B, quando a cultura recebeu torta de filtro, aumentaram o teor de B.

Também se observa que a aplicação de B, onde não foi aplicado torta de filtro, não propiciou aumento nos teores foliares, porém os teores do micronutriente no Neossolo, que estava abaixo do nível de suficiência, podem indicar provável resposta em produtividade quando este micronutriente for aplicado ao solo. Diferente dos resultados encontrados, outros autores como Espironello (1972) e Pedras (1982), para aplicação de boro, Cambria et al. (1989), para aplicação de zinco, e Alvarez Vicente (1984), para aplicações de B, Cu e Zn na cultura da cana-de-açúcar, encontraram aumentos nos teores foliares quando estes foram aplicados.

Para Mo também houve interação entre os fatores e no desdobramento do fator torta de filtro dentro do fator micronutriente, onde foi aplicado Mo e todos os micronutrientes constatou-se aumento nos teores foliares com a aplicação de torta de filtro. No desdobramento do fator micronutriente dentro do fator torta de filtro, constatou-se efeito somente quando não foi aplicada a torta de filtro, em que a aplicação de todos os micronutrientes reduziu os teores foliares de Mo.

Tabela 11. Teores de ferro (Fe), boro (B), e molibdênio (Mo) na folha diagnóstico (+1) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo, submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NQ		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
----- Fe (mg kg ⁻¹)-----									
Testemunha	129 ^{ns}	138	134 a	91 ^{ns}	92	91 a	94 ^{ns}	104	99 a
Zn	127	131	129 a	98	87	93 a	95	93	94 a
Cu	146	135	141 a	88	96	92 a	102	97	99 a
Fe	135	132	134 a	86	99	93 a	107	107	107 a
Mn	142	125	134 a	89	96	93 a	101	106	104 a
B	117	136	127 a	88	91	90 a	104	98	101 a
Mo	118	149	134 a	86	95	91 a	105	91	101 a
Todos	121	140	131 a	82	95	89 a	105	94	100 a
Média	130 A	136 A		89 A	94 A		102 A	100 A	
CV%		14,30			11,50			8,43	
----- B (mg kg ⁻¹)-----									
Testemunha	13 ^{ns}	16	15 a	24 ^{ns}	20	22 a	8 Aa	13 Ab	10
Zn	14	13	13 a	27	19	23 a	8 Ba	17 Aa	13
Cu	12	12	12 a	25	22	24 a	8 Ba	17 Aa	12
Fe	12	16	14 a	23	19	21 a	10 Ba	15 Ab	12
Mn	18	14	16 a	20	20	20 a	7 Ba	18 Aa	12
B	12	14	13 a	26	17	22 a	7 Ba	22 Aa	15
Mo	14	13	13 a	23	20	22 a	8 Aa	13 Ab	10
Todos	15	15	15 a	23	21	22 a	7 Ba	15 Ab	11
Média	14 A	14 A		24 A	20 B		8	16	
CV%		20,35			18,15			28,94	
----- Mo (mg kg ⁻¹)-----									
Testemunha	0,36 ^{ns}	0,43	0,40 a	0,45 ^{ns}	0,17	0,31 a	0,37 Aa	0,39 Aa	0,38
Zn	0,37	0,38	0,38 a	0,38	0,38	0,38 a	0,35 Aa	0,40 Aa	0,37
Cu	0,40	0,40	0,40 a	0,42	0,33	0,37 a	0,39 Aa	0,40 Aa	0,40
Fe	0,37	0,24	0,31 a	0,33	0,17	0,25 a	0,37 Aa	0,41 Aa	0,39
Mn	0,39	0,33	0,36 a	0,41	0,33	0,37 a	0,40 Aa	0,41 Aa	0,40
B	0,38	0,34	0,36 a	0,45	0,35	0,40 a	0,39 Aa	0,41 Aa	0,40
Mo	0,42	0,37	0,40 a	0,31	0,30	0,31 a	0,28 Ba	0,43 Aa	0,35
Todos	0,43	0,36	0,40 a	0,39	0,24	0,32 a	0,13 Bb	0,36 Aa	0,24
Média	0,39 A	0,36 A		0,39 A	0,29 B		0,33	0,40	
CV%		22,69			29,47			18,38	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD (p<0,05) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta.

Esse efeito pode ter ocorrido pelo fato de uma ou mais fontes dos micronutrientes terem afetado a disponibilidade ou absorção do Mo. Na literatura é citado que

a absorção de Mo pode ser reduzida pelo efeito competitivo do SO_4^{2-} (REISENAUER, 1963) presente na maioria das fontes de micronutrientes aplicadas no sulco de plantio.

Porém, é importante ressaltar que os teores dos micronutrientes nas folhas, em todos os solos, estavam dentro da faixa de suficiência para a cana-de-açúcar (Espironello et al., 1996), exceto para B no Neossolo sem a aplicação de torta de filtro. Nesse caso, os valores de B, abaixo do nível de suficiência, ocorreram principalmente por ser um solo arenoso e, portanto, com baixos teores de matéria orgânica, que é a principal fonte de B no solo (MALAVOLTA, 1980). Dando suporte a esses resultados, Becari (2010) avaliou os teores foliares de B em unidades produtoras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo e constataram que em cinco locais os teores deste micronutriente estavam abaixo do nível de suficiência (Espironello et al., 1996).

Vitti; Mazza (2002) encontraram, em amostras de folhas, teores de micronutrientes abaixo dos adequados, principalmente de B e Zn, nas regiões de Piracicaba e Araçatuba. Vale et al. (2008) avaliaram os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn em 890 áreas cultivadas com cana-de-açúcar nas regiões de Ribeirão Preto e Catanduva, duas importantes regiões produtoras do Estado de São Paulo, e constataram que a maioria das amostras analisadas tinham teores foliares de B, Cu e Zn abaixo do nível crítico.

6.3 Biometria, variáveis tecnológicas e produtividade de colmos e de açúcar

A altura de plantas, número de entrenós por colmo, número de colmos por metro (Tabela 12) são variáveis biométricas que auxiliam a explicar os efeitos dos tratamentos sobre a produtividade de colmos da cultura da cana-de-açúcar.

Para a altura de plantas (Tabela 12), no Latossolo houve interação entre os fatores, sendo que no desdobramento torta de filtro dentro do fator micronutrientes constatou-se aumento do valor com a aplicação da torta de filtro. Para o desdobramento do fator micronutriente dentro de torta de filtro constatou-se aumento na altura de plantas somente onde não foi aplicada a torta de filtro, porém com aplicação de Zn, Mn e todos os micronutrientes.

Tabela 12. Altura de plantas (m), número de entrenós e número de colmos de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NQ		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
----- altura (m) -----									
Testemunha	2,3 Bb	2,7 Aa	2,5	3,9 ^{ns}	4,1	4,0 a	2,7 ^{ns}	2,6	2,7 a
Zn	2,8 Aa	2,7 Aa	2,7	3,9	4,0	4,0 a	2,7	2,7	2,7 a
Cu	2,6 Ab	2,4 Aa	2,5	3,9	4,0	4,0 a	2,7	2,7	2,7 a
Fe	2,4 Ab	2,5 Aa	2,5	3,9	4,0	3,9 a	2,6	2,6	2,6 a
Mn	2,8 Aa	2,7 Aa	2,8	4,1	4,1	4,1 a	2,7	2,7	2,7 a
B	2,6 Ab	2,6 Aa	2,6	4,0	4,1	4,1 a	2,7	2,7	2,7 a
Mo	2,5 Ab	2,6 Aa	2,5	3,9	4,0	4,0 a	2,8	3,2	3,0 a
Todos	2,8 Aa	2,7 Aa	2,7	4,0	4,0	4,0 a	2,7	2,8	2,8 a
Média	2,6	2,6		3,9 B	4,0 A		2,7 A	2,8 A	
CV%		6,37			3,62			10,55	
----- n° entrenós colmo ⁻¹ -----									
Testemunha	20 ^{ns}	20	20 a	34 ^{ns}	34	34 a	20 ^{ns}	20	20 a
Zn	20	22	21 a	32	32	32 a	20	21	21 a
Cu	20	19	19 a	32	34	33 a	20	19	19 a
Fe	20	19	20 a	33	32	32 a	20	20	20 a
Mn	20	22	20 a	34	34	34 a	20	20	20 a
B	20	21	20 a	34	34	34 a	21	19	20 a
Mo	20	22	20 a	32	32	32 a	20	19	20 a
Todos	20	22	20 a	35	32	33 a	20	21	20 a
Média	20 B	21 A		33 A	33 A		20 A	20 A	
CV%		4,09			5,58			5,11	
----- n° colmos m ⁻¹ -----									
Testemunha	11 ^{ns}	13	12 a	20 ^{ns}	21	21 a	22 ^{ns}	20	21 a
Zn	10	13	11 a	19	21	20 a	22	18	20 a
Cu	10	13	11 a	19	20	20 a	20	21	21 a
Fe	10	13	11 a	22	20	21 a	22	20	21 a
Mn	10	12	11 a	23	21	22 a	22	19	20 a
B	9	14	11 a	19	19	19 a	21	19	20 a
Mo	11	13	12 a	21	20	21 a	21	21	21 a
Todos	9	14	12 a	20	18	19 a	21	20	21 a
Média	10 B	13 A		20 A	20 A		21 A	20 A	
CV%		10,55			9,89			7,99	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD (p<0,05) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta

A maior altura de plantas encontrada com a aplicação de Zn pode estar relacionada à função que esse exerce na planta potencializando a produção de auxina (Taiz et al., 2004). Além disso, os teores de Zn nesse solo (Tabela 3) indicavam probabilidade de incremento dessa variável com a aplicação do micronutriente. Um outro fator a ser considerado é que o pH do solo era elevado, principalmente na camada 0,20-0,40 m, o que pode ter reduzido a disponibilidade tanto de Mn quanto de Zn.

No Argissolo, ocorreu efeito apenas do fator torta de filtro (Tabela 12), em que a aplicação do resíduo incrementou a altura de plantas em 10 cm. Esse incremento na altura de plantas se deve aos efeitos benéficos da torta de filtro em especial a maior disponibilidade de água e nutrientes. Entretanto, no Neossolo não houve efeito dos fatores, bem como da interação.

A torta de filtro promoveu o aumento no número de entrenós e no número de colmos por metro no Latossolo (Tabela 12), como constatado para o número de perfilhos por metro (Tabela 7). Esses resultados apontam para a importância da torta de filtro em promover condições benéficas ao desenvolvimento de um maior número de perfilhos e conseqüentemente colmos por área. Nos demais solos essas variáveis não foram influenciadas pelos fatores e pela interação.

Para as variáveis tecnológicas, constatou-se efeito da interação entre os fatores no Argissolo, apenas para as variáveis Pol e ATR, e do fator torta no Neossolo nos valores de ATR (Tabela 13). No Argissolo, verificou-se efeito somente no desdobramento da interação torta dentro de micronutriente, em que foi constatado redução nos valores dessas variáveis com aplicação da torta de filtro quando a cana recebeu todos os micronutrientes. No Neossolo, a aplicação de torta de filtro reduziu o valor de ATR. Entretanto, no Latossolo não foram constatados efeitos dos fatores, bem como das interações.

Siqueira et al. (1979), Azeredo; Bolsanello (1981), Pedras (1981), Alvarez Vicente (1984) e Cambria et al. (1989) não encontraram alterações nas características tecnológicas da cana em função da aplicação de micronutrientes. No entanto, Pedras (1981) constatou que a aplicação de B aumentou os teores de Pol da cana-de-açúcar. Korndörfer et al. (1995) não encontraram alterações da qualidade tecnológica da cana decorrente da aplicações de micronutrientes em cana planta, num Neossolo Quartzarênico, com baixos teores de Mn, Cu, Zn no solo.

Tabela 13. Variáveis tecnológicas Pol (%), Fibra (%), Pureza (%) e ATR (kg Mg⁻¹) de cana-planta em três tipos de solo no estado de São Paulo submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NO		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
----- Pol (%)-----									
Testemunha	17,2 ^{ns}	18,2	17,7 a	20,5 Aa	20,8 Aa	20,6	17,0 ^{ns}	17,2	17,1 a
Zn	18,0	17,9	18,0 a	20,5 Aa	20,5 Aa	20,5	16,9	16,9	16,9 a
Cu	18,2	18,2	18,2 a	20,5 Aa	20,8 Aa	20,6	16,6	16,5	16,5 a
Fe	17,8	18,1	18,0 a	20,6 Aa	20,6 Aa	20,6	17,6	16,7	17,1 a
Mn	18,0	17,1	17,6 a	20,4 Aa	20,3 Aa	20,3	17,1	16,6	16,9 a
B	18,5	17,9	18,2 a	20,8 Aa	20,1 Aa	20,4	16,9	16,9	16,9 a
Mo	17,8	17,4	17,6 a	20,8 Aa	20,6 Aa	20,7	17,0	16,2	16,6 a
Todos	17,4	18,2	17,8 a	21,2 Aa	19,5 Ba	20,4	17,1	16,7	16,9 a
Média	17,8 A	17,9 A		20,7	20,4		17,0 A	16,7 A	
CV%		3,84			2,83			4,06	
----- Fibra (%)-----									
Testemunha	12,7 ^{ns}	12,7	12,7 a	11,5 ^{ns}	11,8	11,6 a	11,7 ^{ns}	12,1	12,0 a
Zn	12,3	12,5	12,4 a	11,2	11,3	11,3 a	12,2	12,1	12,2 a
Cu	12,6	12,9	12,7 a	11,7	11,7	11,7 a	11,9	11,9	12,0 a
Fe	12,7	12,4	12,6 a	11,7	11,5	11,6 a	12,1	11,9	12,0 a
Mn	12,8	12,7	12,7 a	11,2	11,2	11,2 a	12,2	12,2	12,2 a
B	12,3	12,8	12,6 a	11,6	11,4	11,5 a	12,2	12,2	12,2 a
Mo	12,8	12,2	12,5 a	11,8	11,7	11,8 a	11,9	12,0	12,0 a
Todos	12,0	12,1	12,0 a	11,7	11,1	11,5 a	12,0	12,1	12,0 a
Média	12,5 A	12,5 A		11,6 A	11,4 A		12,0 A	12,1 A	
CV%		3,93			3,41			3,13	
----- Pureza (%)-----									
Testemunha	87 ^{ns}	89	88 a	93 ^{ns}	93	93 a	86 ^{ns}	86	86 a
Zn	89	89	89 a	92	92	92 a	86	86	86 a
Cu	89	89	89 a	93	91	92 a	86	85	85 a
Fe	89	89	89 a	94	93	93 a	87	86	86 a
Mn	89	87	88 a	93	91	92 a	86	86	86 a
B	89	89	89 a	93	93	93 a	86	86	86 a
Mo	89	88	89 a	93	93	93 a	86	85	85 a
Todos	88	89	89 a	91	93	92 a	86	86	86 a
Média	89 A	89 A		93 A	92 A		86 A	86 A	
CV%		2,3			2,54			1,12	
----- ATR (kg Mg ⁻¹)-----									
Testemunha	142 ^{ns}	150	146 a	166 Aa	169 Aa	168	144 ^{ns}	144	144 a
Zn	149	150	148 a	168 Aa	167 Aa	168	141	142	141 a
Cu	150	149	149 a	166 Aa	168 Aa	168	139	139	139 a
Fe	146	149	148 a	167 Aa	168 Aa	167	147	140	144 a
Mn	148	141	144 a	166 Aa	166 Aa	166	143	139	141 a
B	152	147	150 a	169 Aa	164 Aa	166	141	142	141 a
Mo	146	144	145 a	168 Aa	167 Aa	168	142	137	139 a
Todos	145	150	148 a	172 Aa	160 Ba	166	144	140	142 a
Média	147 A	147 A		168	166		142 A	140 B	
CV%		3,74			2,72			3,59	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD (p<0,05) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta.

Andrade et al. (1995) também não encontraram alterações nos valores de ATR pelas aplicações isoladas de B, Cu e Zn, na forma de sais solúveis ou utilizando óxidos silicatados, em um Latossolo Vermelho escuro com teores médios de B e Cu e baixo de Zn no solo. Marinho ; Albuquerque (1981), em três locais diferentes, trabalhando com doses de Cu e Zn em solos franco-arenosos nos tabuleiros alagoanos, não encontraram respostas à aplicação de Zn na qualidade industrial da cana-planta.

Assim como constatado no presente trabalho, Fravet et al. (2010) e Penatti; Boni, (1989B) também encontraram redução nas variáveis tecnológicas (Brix e Pol) com a aplicação de doses crescentes de torta de filtro. Esse comportamento pode ser atribuído ao maior crescimento vegetativo da cana-de-açúcar que é influenciado pelas condições de umidade e nutrientes em especial nitrogênio favoráveis, propiciadas pela torta de filtro, reduzindo os teores de açúcares presentes nos colmos de cana-de-açúcar. Porém, embora os teores de Pol e ATR tenham sido reduzidos, Fravet et al. (2010) cita que a produtividade de colmos e açúcar aumentou com a aplicação de doses crescentes de torta de filtro.

A produtividade de colmos de cana-de-açúcar (TCH), no Latossolo, foi incrementada apenas pela aplicação da torta de filtro, independentemente, dos tratamentos do fator micronutriente (Tabela 14). Esse resultado é reflexo do maior número de colmos proporcionado pela torta de filtro nesse solo (Tabela 12). No Argissolo a produtividade de colmos não foi afetada pelos fatores e pela interação (Tabela 14), provavelmente, em razão de a cana-de-açúcar ter sido plantada em área de pastagem e, portanto, a adubação mineral aliada à grande quantidade de material orgânico no solo e poucos períodos de déficits hídricos (Figura 1B) foi suficiente para atingir a mesma produtividade das parcelas que receberam torta de filtro e/ou micronutrientes.

Contudo, no Neossolo houve interação dos fatores, sendo verificado somente no desdobramento do fator micronutrientes dentro da torta de filtro, em que a aplicação de Zn e B nas áreas que não receberam torta de filtro aumentou a produtividade de colmos na ordem 9 e 8 toneladas ha⁻¹, respectivamente. Esses resultados confirmam a importância do acompanhamento dos teores de micronutrientes no solo, já que os teores de Zn e B antes da implantação do experimento (Tabela 3) indicavam a necessidade de aplicação, conforme as recomendações propostas por Espironello et al. (1996). Incremento na produtividade de colmos pela aplicação de micronutrientes também foram verificadas na

região nordeste do Brasil, em solos de tabuleiro, onde Marinho; Albuquerque (1981) verificaram incrementos com aplicações de até 25 kg ha⁻¹ de Cu ou Zn, sendo que as doses médias econômicas foram em torno de 7 kg ha⁻¹ para ambos os micronutrientes. Entretanto, esperava-se, hipoteticamente, que houvesse incremento da produtividade de colmos no Neossolo pela aplicação de torta de filtro, o que não ocorreu, provavelmente em razão das quantidades de N, P e K presentes neste resíduo terem sido compensadas com a aplicação destes nutrientes pelo formulado mineral. Com isso, os efeitos da torta de filtro na disponibilidade destes nutrientes foram anulados.

Tabela 14. Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TPH) em cana-planta cultivada em três tipos de solo no estado de São Paulo submetida à aplicação de torta de filtro e micronutrientes no plantio.

Micronutriente	LV			AV			NQ		
	ST	CT	Média	ST	CT	Média	ST	CT	Média
----- TCH (Mg ha ⁻¹)-----									
Testemunha	114	115	114 a	234 ^{ns}	234	234 a	142 Ab	144 Aa	143
Zn	105	118	111 a	235	228	232 a	151 Aa	143 Aa	147
Cu	107	121	114 a	222	217	219 a	142 Ab	140 Aa	141
Fe	113	121	117 a	227	224	225 a	138 Ab	141 Aa	139
Mn	113	116	115 a	230	223	227 a	138 Ab	141 Aa	140
B	111	110	110 a	231	226	228 a	150 Aa	146 Aa	148
Mo	103	108	106 a	242	221	231 a	141 Ab	143 Aa	142
Todos	96	119	108 a	233	231	232 a	136 Ab	144 Aa	140
Média	108 B	116 A		232 A	225 A		142	143	
CV%		10,17			7,05			4,50	
----- TPH (Mg ha ⁻¹)-----									
Testemunha	19,5 Aa	20,9 Aa	20,2	48,0	48,8	48,4 a	24,2 Ab	25,1 Aa	24,7
Zn	19,8 Aa	21,0 Aa	20,0	48,3	46,8	47,5 a	25,6 Aa	24,0 Aa	24,8
Cu	19,4 Ba	21,9 Aa	20,7	45,6	45,0	45,3 a	23,5 Ab	23,2 Aa	23,3
Fe	20,2 Aa	21,9 Aa	21,1	46,9	46,0	46,4 a	24,2 Ab	23,5 Aa	23,9
Mn	20,3 Aa	19,8 Aa	20,1	46,9	45,3	46,1 a	23,5 Ab	23,7 Aa	23,7
B	20,5 Aa	19,7 Aa	20,1	48,0	45,3	46,7 a	25,3 Aa	24,7 Aa	25,1
Mo	18,4 Aa	18,8 Aa	18,6	50,3	45,6	47,9 a	23,9 Ab	23,2 Aa	23,6
Todos	16,7 Ba	21,7 Aa	19,2	49,3	45,1	47,2 a	23,3 Ab	24,1 Aa	23,7
Média	19,2	20,7		47,9 A	46,0A		24,2	23,9	
CV%		8,93			6,73			4,74	

^{ns} = não significativa a 5 % de probabilidade de erro e refere-se a interação entre torta de filtro e micronutrientes; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05) e letras maiúsculas iguais na linha pelo teste LSD (p<0,05) LV = Latossolo Vermelho; AV = Argissolo Vermelho e NQ = Neossolo Quartzarênico. ST = Sem Torta; CT = Com Torta.

Assim como verificado no Argissolo, Alvarez et al., (1979), que em 23 locais de produção de cana do estado de São Paulo, com pH variando de 4 a 6, teores de matéria orgânica de 1,6 a 5,7 e diferentes tipos de solos, não constataram incrementos de produtividade de colmos com a aplicação de micronutrientes (Fe, Mo, Zn, Cu, B e Mn) em cana planta. Outros trabalhos como os desenvolvidos por Alvarez; Wutke, (1963), Espironello, (1972), IAA/PLANALSUCAR (1976) e Azeredo; Bolsanello (1981) também corroboram com essa constatação.

A falta de incremento na produtividade de diversas culturas à aplicação de micronutrientes é um resultado recorrente. Isso pode ser explicado por diversos fatores, dentre os quais, para cana-de-açúcar, pode-se destacar a presença de micronutrientes em fertilizantes e corretivos, visto que estes podem suprir parte considerável das necessidades das plantas (Tabela 4). Além disso, a cana-de-açúcar possui um ciclo de cultivo longo, e com isso as raízes são capazes de explorar camadas mais profundas de solo, e, portanto obter micronutrientes para o seu desenvolvimento. Outro fator é o revolvimento do solo antes do plantio da cana-de-açúcar, visto que essa operação favorece a mineralização e disponibilidade de micronutrientes as plantas. Os toletes utilizados no plantio de cana-de-açúcar também podem fornecer o aporte de micronutrientes necessários ao desenvolvimento nas fases iniciais desta cultura.

De acordo com as recomendações propostas por Espironello et al. (1996), o teor de micronutriente presente no Latossolo antes da implantação do experimento (Tabela 3) indicava a necessidade de aplicação de Zn e B. Embora houvesse necessidade de aplicação não foram constatados incrementos na produtividade de colmos (Tabela 14) quando aplicado esses micronutrientes. Esses resultados indicam que em condições de cana planta, nesse tipo de solo, os teores críticos no solo podem ser inferiores ao sugeridos pela recomendação. Para Zn, segundo Couto et al. (1985), outros atributos como o teor de argila, água no solo e P remanescente poderiam ser utilizados como critério auxiliar na avaliação da disponibilidade e na recomendação de fertilização com Zn. Já o teor de B no Latossolo antes da implantação do experimento (Tabela 3) era de $0,17 \text{ mg dm}^{-3}$, ou seja, próximo ao teor crítico que é $0,21 \text{ mg dm}^{-3}$, o que pode explicar a falta de incremento na produtividade de colmos quando aplicado este micronutriente no sulco de plantio.

A produtividade de açúcar no Latossolo (Tabela 14) foi influenciada pela interação entre os fatores e desdobrando torta de filtro dentro do fator micronutriente constata-se que nos tratamentos que receberam Cu e todos os micronutrientes a aplicação da torta de filtro aumentou a produtividade de açúcar. Esse aumento pode ser atribuído aos diversos benefícios que a torta de filtro pode proporcionar na disponibilidade de nutrientes e água à cana-de-açúcar (NUNES Jr. et al., 1988; CARDOZO, 1988), refletindo em aumento da produtividade de colmos e até de açúcar. Nunes Jr. et al. (1988), trabalhando com 35 toneladas por hectare de torta de filtro fresca no sulco de plantio, em Neossolo quartzarênico, constataram aumento da produtividade de colmos em vinte clones. Os autores constataram com um ganho médio de 13,4% na produtividade de colmos e de açúcar na somatória de 4 cortes. Por outro lado, para Nardin, (2007), a aplicação 30 toneladas de torta de filtro no sulco de plantio não afetou a produtividade da cana de açúcar.

No Argissolo os resultados de TPH foram reflexos dos constatados para as variáveis Pol (Tabela 13) e produtividade de colmos (Tabela 14), ou seja, os fatores não influenciaram os resultados de produtividade de açúcar.

No Neossolo Quartzarênico (Tabela 14), como constatado para produtividade de colmos, houve interação entre torta de filtro e micronutrientes também para TPH, ou seja, a aplicação de Zn e B nas áreas que não receberam torta de filtro aumentaram em 1,07 e 1,29 toneladas de açúcar ha^{-1} , respectivamente.

Andrade et al. (1995) não encontraram diferenças significativas na produtividade de açúcar num estudo com bórax e óxidos silicatados, num Latossolo Vermelho escuro, cultivado com a variedade SP 70-1143, nas doses 0,15 e 0,60 kg ha^{-1} de B.

Alvarez Vicente (1984), num Latossolo Vermelho escuro, fase arenosa, e Cambria et al. (1989), num Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa, encontraram aumento na produtividade de colmos com a aplicação de zinco e cobre. Para Becari (2010) o Zn foi o micronutriente que proporcionou maiores ganhos de produtividade de colmos (20 Mg ha^{-1}) em cana-planta em diversas unidades produtivas do estado de São Paulo. Este mesmo autor encontrou, em solos de baixa fertilidade, aumento da produtividade de colmos e de açúcar com a aplicação dos demais micronutrientes (B, Mn, Cu e Mo) em cana-planta.

7 CONCLUSÕES

1) A aplicação de Zn, B, Cu, Mn, Fe e Mo no sulco de plantio sem torta de filtro não alterou os teores foliares de macro e micronutrientes e as variáveis tecnológicas Pol, Fibra, Pureza e ATR nos três tipos de solos.

2) A aplicação de torta de filtro elevou os teores foliares de B para a faixa de suficiência no Neossolo.

3) A torta de filtro aumentou o número de perfilhos e altura de plantas no Argissolo Vermelho, e o número de perfilhos, número de colmos e produtividade de colmos no Latossolo Vermelho.

4) A aplicação de Zn e B no sulco de plantio aumentaram a produtividade de colmos ha^{-1} e açúcar no Neossolo Quartzarênico.

8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. As tortas da usinas de açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 91-93, agosto, 1944.

ALVARENGA, R. P.; QUEIROZ, T. R. Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro Paulista. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco, 2008. p. 21.

ALVAREZ, R.; WUTKE, A. C. P. Adubação de cana-de-açúcar. IX. Experimentos preliminares com micronutrientes. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 22, p. 647-650, 1963.

ALVAREZ, R. et al. Adubação da cana-de-açúcar. Experimentos com micronutrientes nas regiões canavieiras do estado de São Paulo. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 3, p. 19-25, 1979.

ALVAREZ-VICENTE, C. **Efeitos da aplicação de micronutrientes por via foliar na cultura da cana-de-açúcar**. 1984. 47 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1984.

ANDA - Associação Nacional para a difusão de Adubos. **Mercado de fertilizantes: panorama atual e perspectivas do 1º trimestre de 2004**. São Paulo, jan 2004. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 24 mar. 2009.

ANDA – Associação Nacional para a difusão de Adubos. Principais indicadores do setor de fertilizantes. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 12 maio 2009.

ANDRADE, L. A. B. et al. Efeitos das aplicações de fritas e de fontes solúveis de boro, cobre e zinco, via solo, na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), variedade SP 70-1143. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 5, p. 21-27, 1995.

ANJOS, I. A. et al. Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 59-63, jan./fev., 2007.

AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO, J. Efeito de micronutrientes na produção e 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. 93, n. 9, p. 9-17, 1981.

BACCHI, O. O. S. Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. (Org.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. v. 2, p. 25-37.

BATAGLIA, O. C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: BORKERT, C. M. (org.) **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPS/IAPAR/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 121-132.

BATAGLIA, O. C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M.C.P. (org.) **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: CNPq Potafos, 1991. 734 p.

BECARI, G. R. G. **Resposta da cana-planta à aplicação de micronutrientes**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2010.

BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. Micronutrientes. In: BISSANI, C. A. et al. (org.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. p. 221-238.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C. Utilização de micronutrientes. In: **VI Curso de Fertilidade do solo em plantio direto**. Ibirubá, 2003. p. 53-63.

BOWEN, J. E. Characterizations of molybdenum deficiency in sugarcane. **Tropical Agriculture**, St. Augustine, v. 56, p. 225-232, 1979.

BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Levantamento do teor de boro em alguns solos do estado de São Paulo**. 1965. 135 f. Tese (Livre docência)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1965.

BRAY, S. C. **A cultura da cana-de-açúcar no Vale do Paranapanema**. 1980. 304 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p 83-88, 1982.

CAMBRIA, S.; BONI, P. S.; STRABELLI, J. Estudos preliminares com micronutrientes - zinco. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v. 46, p.12-17, abr., 1989.

CARDOZO, C. O. N. BENEDINI, M. S. PENNA, M. J. Viabilidade técnica do uso do composto no plantio comercial de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v. 41, p. 13-17, v. 41, 1988.

COLETI, J. J. et al. Remoção de macronutrientes pela 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, mai./jun. 2006.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento da safra 2010/11. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 14 jun. 2010.

CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de Instruções**. Piracicaba: CONSECANA, 1999. 92 p.

COUTO, C. **Resposta do eucalipto e do milho à aplicação de zinco em amostras de solos de Cerrado**. 1985. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1985.

DONZELLI, J. L.; PENATTI, C. P. Manejo do solo classificado como Latossolo Roxo Ácrico. Centro de Tecnologia Copersucar. **Relatório Técnico**. Piracicaba, 1997.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2006. 306 p.

ESPIRONELLO, A. **Estudos sobre efeitos de boro na cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em alguns solos do município de Piracicaba**. 1972. 58 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

ESPIRONELLO, A.; et al. Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B. van et al. (Orgs.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1996. p.237-239. (Boletim, 100).

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

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

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.

FULLER, W. H. et al. Contribution of soil to the migration of certain common and trace elements. **Soil Science**, Baltimore, v. 122, p. 223-35, 1976.

IAA/PLANALSUCAR. Solos e adubação. **Relatório Anual**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1976. p. 1-88.

IAA/PLANALSUCAR. Solos e adubação. **Relatório Anual**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1981. p. 31-34.

IAA/PLANALSUCAR. Solos e adubação. **Relatório Anual**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1984. p. 34-44.

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

KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cultura da cana-de-açúcar à adubação fosfatada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 102, p. 7, jun., 2003.

LANARV, T. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1988. 104 p.

LOPES DA SILVA, M. S.; RIBEIRO, M. R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas dos solos argilosos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 3, p. 389-394. 1995.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 357-390.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. Micronutrientes na adubação da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO SOBRE MICRONUTRIENTES. Cali: CIAT, 1990. 27 p.

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.

MARINHO, M. L.; ALBUQUERQUE, G. A. C. Efeito do cobre e do zinco na produção de cana-de-açúcar em solos de tabuleiros de Alagoas. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 98, p. 41-50, 1981.

MATTIGOD, S. V.; GIBALI, A.; PAGE, A. L. Effect of ionic strength and ion pair formation on the adsorption of nickel by kaolinite. **Clays and Clay Minerals**, Lawrence, v. 27, p. 411-460, 1979.

MUTTON, M. J. R. **Efeitos da queima, manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)** 1984. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1984.

NARDIN, R. R. **Torta de filtro aplicada em argissolo e seus efeitos agrônômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2007.

NUNES JUNIOR, D.; MORELLI, J. L.; NELLI, E. J. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar na presença de torta de filtro e de mamona. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v.41, p. 3-12, 1988.

NUNES JUNIOR, D. O insumo torta de filtro. **IDEA News**, Ribeirão Preto, 2005.

OLIVEIRA, I. P. et al. **Sistema Barreirão**: emprego de micronutrientes na recuperação de pastagens. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 1998. 36 p. (Circular Técnica, 30).

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

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja doutor do seu canavial. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba: Potafós, n. 67, p.1-16, 1994.

PEDRAS, J. F. **Efeito do boro sobre algumas características agroindustriais em duas variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)** 1981. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

PEDRAS, J. F. **Efeito fisiológico do boro sobre o teor de açúcares em folhas e colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)** 1982. 137 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

PENATTI, C. P.; BONI, P. S. Efeito da torta de filtro na cana planta e cana soca. Centro de Tecnologia Copersucar. **Relatório Técnico**, Piracicaba, 1989a. 7 p.

PENATTI, C. P.; BONI, P. S. Uso da torta de filtro no plantio da cana-de-açúcar. Centro de Tecnologia Copersucar. **Relatório Técnico**, Piracicaba. 1989b. 8 p.

PENATTI, C. P.; DONZELLI, J. L. Uso da torta de filtro em cana-de-açúcar. **Relatório Técnico**, Piracicaba, 1991. 7 p.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Orgs.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 397-452.

RAIJ, B. van et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 255p. (Boletim Técnico, 100).

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

REISENAUER, H. M. Relative efficiency of seed and soil applied molybdenum fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 55, p. 459-460, 1963.

RUDORFF, B. F. T. et al. The contribution of qualitative variables to a sugarcane yield model based on spectral vegetation index. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 7., 1995, Puerto Vallarta. **Anais...** Puerto Vallarta: SELPER/SIE, 1995. v.1, p. 705-708.

SANTOS, D. H. et al. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SIQUEIRA, J. O.; SILVEIRA, J. F.; GUEDES, G. A. A. Efeito de micronutrientes na presença e na ausência de calcário calcítico no rendimento agrícola e qualidade do caldo da cana-de-açúcar (cana-planta). **Revista Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 94, n. 5, p. 77-80, nov., 1979.

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

VALE, F.; ARAUJO, M. A. G.; VITTI G. C. Avaliação do estado nutricional dos micronutrientes em áreas com cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental. **Anais...** Londrina: EMBRAPA SOJA; IAPAR; UEL, 2008. 1 CD-ROM.

VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. C.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cana-de-açúcar: mitos e realidades. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 1., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2005.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafós, 2002. 16 p. (Informações Agronômicas, 97).

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

VOLKWEISS, S. J.; TEDESCO, M. J.; BOHNEN, H. **Levantamento dos teores de nutrientes das plantas em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1983. 60 p.