

TESE

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA CANA-
DE-AÇÚCAR (*SACCHARUM SPP*) EM SOLO CAMBISSOLO EUTRÓFICO
SOB CONDIÇÕES DE COLHEITA COM E SEM QUEIMADA.**

Seropédica – Rio de Janeiro

Dezembro /2000

U.F.R.R.J
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA CANA-
DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*) EM SOLO CAMBISSOLO EUTRÓFICO SOB
CONDIÇÕES DE COLHEITA COM E SEM QUEIMADA.**

Pedro Nilson Alves Berto

Orientador: Professor Eduardo Lima

**Tese submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
PhD em Agronomia. Área de
concentração em Ciência do Solo.**

Seropédica – Rio de Janeiro

Dezembro /2000

633.61 Berto, Pedro Nilson Alves, 1951-

B545p Parâmetros fisiológicos, químicos e biológicos da
cana-de-açúcar (*Saccharum Spp*) em solo cambissolo
T eutrófico sob condições de colheita com e sem queimada /
Pedro Nilson Alves Berto - 2000.

148 f.: il.

Orientador: Eduardo Lima.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Inclui bibliografias.

1. Cana-de-açúcar - Colheita - Teses. 2. Cana-de-
açúcar - Cultivo - Teses. 3. Biologia do solo - Teses. 4.
Química do solo - Teses. 5. Solos - Produtividade -
Teses. I. Lima, Eduardo, 1955-. II. Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Ciência do Solo. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA**

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO

PEDRO NILSON ALVES BERTO

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM 12/12/2000

Eduardo Lima. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Jair Felipe Garcia Pereira Ramalho. Dr. UFRRJ

Roberto Oscar Pereyra Rossiello. Dr. UFRRJ

Heroldo Weber. Dr. UFPR

Tomaz Caetano Cannavam Ripoli. Dr. USP

SUMÁRIO

Introdução Geral	01
-------------------------------	-----------

Capítulo I : Efeito da aplicação de resíduos da agroindústria canavieira sobre a área foliar e a acumulação de fitomassa em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) no ciclo de 2ª soca, sob condições de colheita com e sem queima.

Resumo.....	05
Summary.....	08
Introdução.....	11
Revisão bibliográfica.....	14
Material e Métodos.....	24
Resultados e Discussão.....	31
Conclusões.....	55
Referências Bibliográficas.....	57

Capítulo II : Efeito da aplicação de resíduos da agroindústria canavieira sobre as propriedades químicas e biológicas de um solo Cambissolo Eutrófico, cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), sob condições de colheita com e sem queima.

Resumo	64
Summary	66
Introdução	68
Revisão bibliográfica	71
Material e Métodos	96
Resultados e Discussão	105
Conclusões	134
Referências Bibliográficas	135

BIOGRAFIA

Pedro Nilson Alves Berto, natural do Estado do Rio de Janeiro, da cidade de São João da Barra, nasceu à 4 de fevereiro de 1951, graduando-se como Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 1972.

Entre os anos de 1973 e 1990 desenvolveu suas atividades profissionais no Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de açúcar, órgão pertencente ao extinto Instituto do Açúcar e do Alcool (I.A.A), atuando na pesquisa em operações agrícolas para a cultura canavieira e, paralelamente como difusor de tecnologia gerada e/ou adaptada pelo Planalsucar.

A partir de 1991, com a incorporação da Estação Experimental do antigo Planalsucar à U.F.R.R.J., passou a integrar o quadro de técnicos da Rural, onde continua como pesquisador, extensionista e ultimamente também, como docente do Colégio Estadual Agrícola de Cambucí –RJ.

Cursou Pós-Graduação em nível de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, no período de 1980/81, iniciando Doutorado na U.F.R.R.J. em março de 1994.

AGRADECIMENTOS

- À Deus pela vida;**
- Aos professores Dr. Eduardo Lima e Dr. Roberto Oscar Pereyra Rossielo pela orientação e apoio constantes;**
- Aos colegas Engenheiros Agrônomos do Campus Dr. Leonel Miranda, Dr. Mauri dos Santos Manhães e Delvo de Souza pelas suas sugestões e contribuições apresentadas;**
- À bibliotecária Analice Dinelli Paes Barreto pelo apoio nos levantamentos bibliográficos;**
- Aos técnicos agrícolas Gilson Alves Barreiras, José Geraldo de Souza Simões, Carmindo Afonso Filho, Leôncio dos Santos Covre e Paulo Roberto Martins Rabelo pela colaboração na condução do experimento;**
- Aos técnicos Joselício de Souza Sobrinho, Vilma Ribeiro de Souza Pessanha, Luiz Alberto Costa e Elisabeth de Souza Barcelos pela colaboração nas análises químicas e tecnológicas;**
- Ao estudante de pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Rural Luiz Antônio, pela colaboração na análise estatística dos resultados obtidos;**

- À programadora de computador **Cláudia Márcia da Cruz Ornellas** pela valiosa contribuição no trabalho de computação da tese;
- Ao grande amigo **José Paulino Sobrinho**, o famoso Duda, pela acolhida, amizade e incentivo;
- À minha esposa e filhos pela compreensão e apoio durante o período do curso;
- E a todos que direta ou indiretamente tiveram participação nesta fase de minha vida profissional.

**A minha querida esposa Rosa Maria Novas
Berto, aos meus filhos Dr. Douglas Novas Berto,
Suzana Novas Berto, Dr. Diogo Novas Berto, a
caçulinha Thainá Alves Berto, aos meus netos
Rafael Novas Berto da Silva e Bernardo de
Almeida Novas Berto , , ao meu pai-amigo Paulo
Berto, a toda irmandade e à memória de minha
mãe Eunice Alves Berto.**

Dedico

ÍNDICE

Capítulo I

Lista de Tabelas

- Tabela I: Número de colmos por metro de linha em função dos tratamentos e épocas de amostragem;
- Tabela II: Valores médios e análise de variância do parâmetro produtividade (t cana. ha⁻¹), entre tratamentos. Resultados correspondentes aos 2º e 3º cortes (1ª e 2ª socas);
- Tabela III: Altura dos colmos (m), em função dos tratamentos e épocas de amostragens;
- Tabela IV: Fitomassa total na parte aérea (fitomassa seca g.m⁻² solo), em função dos tratamentos e épocas de amostragens;
- Tabela V: Índice de área foliar (m² folha.m⁻² solo), em função dos tratamentos e épocas de amostragens;

Lista de figuras

- Figura 1: Variação do número de colmos.m⁻¹, em função dos tratamentos e épocas de amostragens;
- Figura 2: Comportamento pluviométrico mensal (mm) correspondente ao ciclo de 2º soca de cana-de-açúcar, período de 1994 à 1995, na Usina Santa Cruz (local de experimento), com indicação das épocas de coletas de solo para análise biológica;
- Figura 3: Variação de altura dos colmos (m), em função dos tratamentos e épocas de amostragens;
- Figura 4: Variação de fitomassa total na parte aérea (fitomassa seca g.m⁻² solo), em função dos tratamentos e épocas de amostragens;
- Figura 5: Variação do IAF (índice de área foliar m² folha.m⁻² solo), em função dos tratamentos e épocas de amostragens;
- Figura 6: Taxa de crescimento de cultura (g.m⁻² solo.dia⁻¹), em função dos tratamentos e épocas de amostragens;
- Figura 7: Taxa de assimilação líquida — TAL (g.m⁻² folha.dia⁻¹) para diversos tratamentos ;
- Figura 8: Concentração de nitrogênio nas folhas (g.kg⁻¹ms) para diversos tratamentos;
- Figura 9: Concentração de nitrogênio no colmo (g.kg⁻¹ ms) para diversos tratamentos.

Capítulo II

Lista de Tabelas

- Tabela I: Análise química do solo. Resultados correspondentes aos primeiros 20 cm;
- Tabela II: Valores médios de variância de parâmetro produtividade (t cana.ha⁻¹ e t pol.ha⁻¹), entre os diferentes tratamentos. Resultados de 3° corte (2^a soca);
- Tabela III: Valores médios do parâmetro produtividade, entre os diferentes tratamentos, considerando-se o efeito dos resíduos. Resultados de 3° corte (2^a soca);
- Tabela IV: Conteúdo médio da B.M.S.—C (µgC.g⁻¹ solo) em canaviais colhidos com cana crua e queimada, com uso de resíduos industriais, observados em duas amostragens. Resumo da análise de variância. Resultado de 3° corte (2^a soca);
- Tabela V: Efeito dos resíduos industriais entre tratamentos, na produtividade dos segundo e terceiro corte;
- Tabela VI: Valores médios e análise de variância do parâmetro produtividade (t cana.ha⁻¹), entre tratamentos. Resultados correspondentes aos 2° e 3° cortes (1^a e 2^a socas);
- Tabela VII: Valores de Ph (em água) em solo Cambissolo eutrófico, em função dos

tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, ta profundidade de 0—20cm superficiais;

Tabela VIII: Valores de Al (cmol_c / Kg de solo) em solo cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, ta profundidade de 0—20cm superficiais;

Tabela IX: Conteúdo de K (mg / kg) em solo cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, ta profundidade de 0—20cm superficiais e resumo de variância;

Tabela X: Conteúdo de P (mg / kg) em solo cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, ta profundidade de 0—20cm superficiais e resumo de variância;

Tabela XI: Conteúdo de Ca (cmol_c/ Kg) em solo cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, ta profundidade de 0—20cm superficiais e resumo de variância;

Tabela XII: Conteúdo de Mg (cmol_c/ Kg) em solo cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, ta profundidade de 0—20cm superficiais e resumo de variância;

Tabela XIII: Conteúdo de C (g/kg) em solo cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, ta profundidade de 0—20cm superficiais e resumo de variância;

Lista de Figuras

- Figura 1: Média da B.M.S.—C ($\mu\text{gC.g}^{-1}$ solo) em canaviais colhidos com cana crua e queimada, com uso de resíduos industriais. Resultados do 3º corte (2ª soca);
- Figura 2: Comportamento pluviométrico mensal (mm) correspondente ao ciclo de 2ª soca da cana-de-açúcar, período de 1994 à 1995, na Usina Santa Cruz (local do experimento), com indicação das épocas de coletas de solo para análise biológica;

INTRODUÇÃO GERAL

A colheita de cana-de-açúcar apresenta-se como uma das mais importantes fases dentro do sistema de produção da cultura, pois além de absorver cerca de 50% das despesas totais, envolve aspectos técnicos, econômicos e sociais de relevada significância para o setor sucroalcooleiro.

Por ser cultura extensiva, abrangendo no Estado do Rio de Janeiro, cerca de 200.000 hectares, o corte desta matéria-prima para moagem vem sendo realizada, já a longo tempo, com o canavial queimado. Esse procedimento além de aumentar a capacidade de trabalho do cortador, diminui os riscos de acidentes ocupacionais e diminui os ataques de animais peçonhentos. Por outro lado, com a introdução da mecanização do carregamento no sistema de produção da lavoura de cana, empregando carregadoras acopladas a tratores convencionais e agilizando as etapas de carregamento e transporte, tornou-se necessário o aumento da quantidade de canas cortadas.

É notório que os trabalhadores braçais que operam na colheita de cana crua, tem sua capacidade operacional reduzida, assim como, o carregamento de cana oriundo de canaviais sem prévia queima, proporciona aumento significativo de matéria estranha na carga transportada para as usinas, tanto de origem vegetal como mineral.

A complexidade de fatores envolvidos na colheita da cana-de-açúcar com ou sem queima, leva a uma série de considerações, na medida que diferentes segmentos da sociedade são direta ou indiretamente afetados. Entretanto, nos últimos anos, a prática da queima vem sendo muito questionada, principalmente em decorrência da maior preocupação com a poluição ambiental e o bem estar das populações das cidades próximas das áreas produtoras.

Tal questionamento, quando invoca a poluição ambiental, reside no fato da deposição do material particulado (fuligem) em consequência da queima em áreas urbanas e aponta influência das queimadas no aumento de doenças respiratórias. Entretanto, a ONG ECOFORÇA (1994), analisando mais de 170.000 registros médicos dos postos de saúde dos municípios de Campinas, São José dos Campos, Atibaia e Ribeirão Preto, constatou que o município de Ribeirão Preto, grande produtor de cana, apresentou menor índice de ocorrência de doenças das vias respiratórias (1,58%) do que as demais cidades citadas que, por sua vez, não produzem cana. Segundo o médico sanitário Paulo Saldiva, do laboratório de Poluição da FM/USP, os dados de Ribeirão Preto de certa forma confirmam algumas análises da CETESB, que consideram o diâmetro das partículas dos canaviais muito grande para causar problemas respiratórios.

Com relação ao bem estar das populações das cidades próximas das áreas produtoras de cana, tem-se nas queimadas dentro dos limites da faixa de servidão das linhas de transmissão um sério problema. No entanto, nota-se junto às usinas sucroalcooleiras da região, iniciativas no sentido de manter distância mínima de vinte metros de cada lado da faixa livre de fogo, a fim de assegurar o bom funcionamento da linha e evitar prejuízos causados por interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Do ponto de vista técnico, a pesquisa agrônômica vem desenvolvendo trabalhos com novas variedades de cana-de-açúcar de fácil despalha, com controle biológico das pragas que infestam o canavial, com solos (biota, nutrientes e teor de matéria orgânica) e produtividades agrícolas, além da introdução de novos modelos de máquinas automotrizes para operarem em canavial sem queima.

Não há dúvida quanto ao aumento de teor de matéria orgânica no solo quando a colheita é feita sem queima. Porém, nas condições do Norte Fluminense deve-se considerar que as queimadas prejudicam mais os solos dos tipos Podzólicos, Latossolos e as Areias Quartizosas do que outros como os Cambissolos, os Aluviais, os Hidromórficos, principalmente porque estes, em geral, localizados próximos das usinas, recebem os resíduos da agroindústria sucroalcooleira, tais como torta de filtro, vinhaça e bagaço.

O assunto é realmente polêmico, e a presente pesquisa, com a finalidade de apresentar subsídios para discussões baseadas em pareceres técnicos, oferece contribuição de estudo em solo Cambissolo eutrófico, cultivado com cana-de-açúcar, do Norte Fluminense, onde parâmetros fisiológicos, químicos e biológicos são avaliados sob sistemas de colheita com e sem queima.

CAPÍTULO I

Efeito da aplicação de resíduos da agro-indústria canavieira sobre a área foliar e a acumulação de fitomassa em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), no ciclo de 2ª soca, em condições de colheita com e sem queima.

RESUMO

Em solo Cambissolo eutrófico, da usina Santa Cruz, RJ, foi conduzido experimento objetivando avaliar, durante ciclo de segunda soca (terceiro corte da cultura da cana-de-açúcar), respostas à aplicação de resíduos da agroindústria açucareira, em condições de manejo de colheita com e sem prévia queima, utilizando-se da análise quantitativa de crescimento e empregando-se a variedade RB72454.

O campo experimental foi plantado no mês de abril de 1992. O corte da cana-planta ocorreu em julho de 1993. A primeira soca foi colhida em agosto de 1994, ocasião em que se reinstalou o ensaio para avaliação na Segunda soca ou terceiro corte, cuja colheita aconteceu em setembro de 1995.

Os tratamentos efetuados foram: 1 – CC = cana-crua; 2 – CC + TF = cana-crua + 30 toneladas . ha⁻¹ de torta de filtro; 3 – CC + TF + B = cana-crua + 20 toneladas de torta de filtro . ha⁻¹ + 10 toneladas . ha⁻¹ de bagaço; 4 – CQ = cana queimada; 5 – CQ + TF = cana queimada + 30 toneladas . ha⁻¹ de torta de filtro; 6 – CQ + TF + B = cana queimada + 20 toneladas . ha⁻¹ de torta de filtro + 10 toneladas . ha⁻¹ de bagaço.

Os parâmetros fisiológicos discutidos e interpretados foram: a) número de colmos por metro linear; b) altura do colmo (m); c) fitomassa total (g.m^{-2} solo); d) índice de área foliar (m^2 folha . m^{-2} solo); e) taxa de crescimento da cultura (g. m^{-2} solo. dia^{-1}); f) taxa de assimilação líquida (g.m^{-2} folha. dia^{-1}); g) concentração de nitrogênio nas folhas; h) concentração de nitrogênio no colmo.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1. A aplicação dos resíduos da agroindústria açucareira (torta de filtro e bagaço), nas áreas colhidas com e sem queima, não resultou em aumento no número de colmos por metro linear e nem na altura das canas.
2. O fato de não haver diferenças significativas para os parâmetros número de colmos por metro linear e de altura das canas, refletiu-se diretamente na não diferença estatística entre os tratamentos avaliados, no que se refere a produtividade final dos colmos industrializáveis em t.ha^{-1} .
3. O valor da fitomassa total, obtida nos diversos tratamentos, apresentou-se muito baixo, em função principalmente do déficit hídrico ocorrido no período de condução do experimento.
4. O I.A.F. (índice de área foliar), apresentou variações significativas nas primeiras amostragens (segundo, quarto e sexto meses), com valores maiores para os tratamentos com queima, em função de maior número de colmos por metro encontrado nestas parcelas.

5. O índice de palhiço calculado ($20,6 \text{ t.ha}^{-1}$) afetou a brotação de soqueiras dos tratamentos com cana crua, prejudicando a população de colmos.
6. O índice de área foliar ficou abaixo do considerado ideal para a formação de lavoura produtiva, correlacionando-se com a baixa produtividade obtida, mostrando-se como um bom parâmetro fisiológico para estimativa da produção canavieira.
7. A taxa de crescimento da cultura apresentou valores máximo entre 120 e 240 dias após o corte, foi semelhante para todos tratamentos ao longo do ciclo de desenvolvimento vegetativo e coincidiu com os períodos de índice de área foliar máximos.
8. A taxa de assimilação líquida foi afetada pelo estresse hídrico no período de máximo crescimento da cultura.
9. A concentração de nitrogênio nas folhas, assim como a concentração de nitrogênio nos colmos, não apresentou diferenças entre tratamentos. O fato de o solo estudado ser um Cambissolo eutrófico, com alta fertilidade natural e de ter ocorrido forte stress hídrico durante o ciclo da cultura, pode ter nivelado as respostas.

SUMMARY

In a Inceptisol soil, at Santa Cruz Sugar Mill, Campos dos Goytacazes/RJ, an experiment was conducted with the purpose to evaluate, during the cycle of second ratoon answers to the application of sugarcane agroindustry wastes, in conditions of harverst management with and without previous burning, using the growth quantitative analysis and utilizing the RB72454 sugarcane variety.

The experimental field was planted in April 1992. The plant cane cut occurred in July 1993. The first ratoon was harvested in August 1994, when the test was reinstalled to evaluation in the second ratoon, which harvest was in September 1995.

The tested treatment were:

1 = CC = raw cane; 2 – CC + TF = raw cane + 30 t.ha⁻¹ of filter cake; 3 – CC + TF + B = raw cane + 20 tons of filter cake ha⁻¹ + 10 t.ha⁻¹ of bagasse; 4 – CQ = burned cane; 5 – CQ + TF = burned cane + 30 t.ha⁻¹ of filter cake; 6 – CQ + TF + B = burned cane + 20 t.ha⁻¹ of filter cake + 10 t.ha⁻¹ of bagasse.

The physiological rates discussed and interpreted were:

- a) Number of stalks by linear meter;
- b) Stalk height (m);
- c) Total biomass (g.m⁻² soil);

- d) Leaf area index ($\text{m}^2 \text{ leaf. m}^{-2} \text{ soil}$);
- e) Growth tax of the cultural ($\text{g.m}^{-2} \text{ leaf. day}^{-1}$);
- f) Liquid assimilation tax ($\text{g.m}^{-2} \text{ leaf.day}^{-1}$);
- g) Leaf nitrogen concentration;
- h) Stalk nitrogen concentration.

The results allowed the following conclusions:

- 1) The application of the sugar agroindustry wastes (filter cake and bagasse) in areas harvest with or without burning, didn't increased the stalks number and canes height.
- 2) The fact of not have significant differences to the stalks number rates by linear meters and canes height, reflected directly in a not statistical difference among the evaluated treatments, beeing relative a industrial stalks final productivity in t.ha.
- 3) The value of total biomass, obtained in the various treatments, was very low, mainly in function of hydric deficit occurred in the period of the development of the experiment.
- 4) O I.A.F. (leaf area index), showed little significant changes in the first samples (second, fourth and sixth months), with higher values to burning treatments, in function of a higher stalks number by meter found in this parcels.
- 5) The straw index calculated ($20, 6 \text{ t.ha}^{-1}$) affected the ratoon budding, lowing the stalks population.
- 6) The leaf area index stayed lower than that considered ideal to the development of a productive sugarcane plantation, correlating with the low productivity

obtained, being a good physiological parameter to the estimation of a sugarcane's production.

- 7) The growth rate of the culture showed the highest values between 120 e 240 days after cut, similar to all treatments during the vegetative development cycle and coincided to the highest foliar area index.
- 8) The liquid assimilation rate was affected by the hydric stress in the period of the maximum growth of the culture.
- 9) The nitrogen leaf concentration, as the nitrogen stalk concentration didn't show differences among the treatments. The fact that the soil studied was a Inceptisol soil, with great natural fertility and that occurred a great hydric stress during the culture cycle, may have equalized the answers.

1-INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é conhecida desde os tempos mais remotos. Acredita-se que sua origem seja a Nova Guiné, de onde, através das grandes migrações antigas, teria se espalhado para o resto do mundo.

A cultura canavieira é cultivada numa ampla faixa de latitude, desde aproximadamente 35° N a 35° S, e em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 m.

No Brasil esta cultura apresenta grande importância econômica, ocupando uma área de cerca de 4 milhões de hectares distribuídos por todo país.

Deve-se ressaltar, no entanto, que a maior parte da produção encontra-se nos Estados de São Paulo (50 %), Alagoas, Pernambuco, Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro.

No caso específico do Estado do Rio de Janeiro, a região Norte Fluminense tem na cultura da cana-de-açúcar sua base econômica, com um plantio estimado em cerca de 220.000 ha (CRUZ FILHO, 1991).

Por outro lado, a produtividade média da cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro é, ainda segundo CRUZ FILHO (1991), um dos mais baixos do país, situando-se em torno de 42 t.ha⁻¹.

Por outro lado, em função principalmente das condições climáticas e do desestímulo de alguns produtores, nota-se variação na produção de cana do Estado, de safra para safra. De acordo com dados do boletim de acompanhamento de safras do Sindicato das Indústrias do Açúcar e Álcool do RJ e ES, a produção

que atingiu 8.700.000 toneladas nas safra 88/89, caiu para 6.500.000 toneladas na safra 97/98.

Diversos fatores e etapas agrícolas do sistema de produção da cultura da cana-de-açúcar, independente de aspectos econômicos, sem dúvida, devem estar influenciando significativamente tal situação.

A irrigação é apontada como operação fundamental para reversão deste quadro, também o uso de variedades adaptadas às diferentes condições edáficas e de relevo, é de capital importância no aumento da produtividade, sendo que, a introdução de novas variedades é prática de fácil aceitação e não promove maiores acréscimos nos custos de produção.

Observa-se o manejo da colheita, quando da utilização de queimadas para posterior corte, motivo de polêmica, independente da categoria de solo explorado. Nota-se ainda, desperdício acentuado, por parte de algumas unidades produtoras, de resíduos da fabricação do açúcar e do álcool como: torta de filtro, bagaço, vinhaça, entre outros que, se empregados de volta nos campos cultivados com cana, poderiam restituir-lhes parte da fertilidade perdida.

O acompanhamento da cultura da cana-de-açúcar, com inspeções periódicas que permitam avaliar seu desenvolvimento, inclusive com análises de crescimento, é de suma importância.

Neste contexto, a área foliar, que representa a superfície útil para a interceptação da radiação e assimilação de CO₂ da planta, assim como, o índice da área foliar (IAF), fornecem informações relevantes para determinadas condições de cultivo da cultura canavieira. Vários índices fisiológicos podem ajudar a explicar as diferentes interações entre vegetais e práticas agrícolas.

Desta forma, objetivou-se, com o presente estudo, durante o ciclo de segunda soca, avaliar respostas à aplicação de resíduos da agroindústria açucareira, em condições de manejo de colheita com e sem prévia queima, num Cambissolo Eutrófico do Norte Fluminense, utilizando-se da análise quantitativa de crescimento em variedade de cana representativa da região.

2- REVISÃO DE BIBLIOGRAFICA

2.1- Uso da análise de crescimento

A bibliografia referente aos estudos de comportamento da cana-de-açúcar é escassa de informações que permitam avaliar características varietais e suas diferenças de produtividade, respostas das plantas às variações microclimáticas com emprego de técnicas mais avançadas e a forma como os parâmetros fisiológicos de crescimento são influenciados pelos fatores desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura.

De acordo com LEME et al. (1984) a produção vegetal está diretamente relacionada com o aproveitamento da energia solar pela cultura, que é transformada em energia química através da fotossíntese. O autor cita que os parâmetros I.A.F. e “dew lap” foram efetivos na avaliação da produção final nos três ciclos da cana estudados (planta, soca e ressoça), sendo que os maiores I.A.F., durante cada ciclo, corresponderam a maior produção de colmos e açúcar por hectare.

KVET et al. (1971) utilizou da análise de crescimento para pesquisar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamento culturais e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos.

PEREIRA & MACHADO (1987), em trabalho intitulado “Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais”, relatam que estas comunidades são dinâmicas e sofrem variações constantes tanto no número como no tamanho, forma, estrutura e composição química dos indivíduos. Descrevem

ainda que a análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise da produção vegetal e requer informações, tais como: quantidade de material contido em toda planta e/ou em suas partes (folhas, colmos, raízes, frutos) e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar).

VAN DILLEWIJN (1950) aponta o comprimento do dia, além da irradiância fotossintética, exercendo influência significativa no desenvolvimento da planta, já que, muito embora esteja relacionado com o período disponível para atividade fotossintética, é responsável pelo florescimento.

NICKELL (1975) relata que a eficiência fotossintética (volume de CO₂ fixado por unidade de área e tempo) apresenta diferenças varietais. Por outro lado, SOUZA (1995) estudando a influência da adubação nitrogenada sobre a área foliar e a acumulação de fitomassa em quatro variedades de cana-de-açúcar irrigadas, no ciclo de primeira soca, não observou comportamento diferenciado em termos de produtividade final (t cana.ha⁻¹ e t pol.ha⁻¹).

Segundo CHANG (1968) a taxa fotossintética geralmente decresce com a idade da folha. Há um gradiente de atividade fotossintética do topo para as partes mais baixas da planta. Geralmente uma folha de cana-de-açúcar com um ano de idade, apresenta a metade da capacidade fotossintética das folhas novas. HARTT (1963) levantou polêmica questionando contra a seleção de cana-de-açúcar sob alta densidade, pois, conceitualmente, plântulas podem ser eliminadas nas fases de competição antes que seu mecanismo fotossintético tenha sido utilizado.

Para os diversos estádios de desenvolvimento da cultura canavieira, ocorreram índices de área foliar ótimos. YOON (1971) indica que o índice de área foliar de 3,6 na maturação da cana é apontado como ideal. Por sua vez, CHANG

(1968), encontrou valores considerados ótimos de área ao redor de 9 a 12 m² . m² de solo.

IRVINE (1973), investigando a área foliar em cana-de-açúcar, constatou que o I.A.F. pode ser utilizado como indicador da eficiência da produção e do potencial da absorção de água do solo. O autor, ainda, cita que culturas em condições de bom suprimento hídrico, mas com índice de área foliar menor que 3, apresentam ineficiência de absorção, ao passo que, com índice de área foliar maior que 3 apresentam boa eficiência na absorção de água, nutrientes e radiação solar.

O I.A.F. ótimo é aquele em que o dossel da cultura é capaz de absorver 90 % da radiação fotossinteticamente ativa (ALEXANDER, 1973).

LEME et al (1984) pesquisou a variação da área foliar da variedade CB 47-355 e sua relação com a produtividade, observou que os maiores índices de área foliar correspondiam a produções mais elevadas de colmos e de açúcar. ha⁻¹.

Por sua vez, MACHADO et al (1982) avaliando os índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar, NA 56-79 e CB 41-14, observaram que o I.A.F. aumentou até 3,7, aos 300 dias após o plantio, permanecendo constante até o final do ciclo. A taxa de crescimento da cultura (TCC) atingiu o máximo aos 300 dias após o plantio.

MONGELARD (1968) avaliando a área foliar de duas variedades (EBENE I/37 e M 147/44) e estabelecendo correlações entre valores planimétricos e o produto do máximo comprimento e largura da folha, chegou a seguinte equação: $AF = 0,75.C.L$, ocorrendo variações médias de apenas 1%.

No estudo efetuado por LEME et al (1984), a fórmula usada pelos autores para determinação da AF foi também $AF = C.L.0,75$, de acordo com orientação de FRANCIS et al (1969) para a cultura do milho.

ROSÁRIO et al (1977), verificaram uma variação significativa no IAF entre variedades e também em função da idade, densidade populacional e doses de nitrogênio. Demonstraram os autores que os maiores I.A.F ocorreram com níveis mais elevados de fertilização nitrogenada. A área foliar por planta foi mais dependente do comprimento e largura com baixos níveis de N (100 kg.ha^{-1}) e do comprimento e do número de folhas, com altas doses de N (300 kg.ha^{-1}).

ROSSIELO (1987) em seu trabalho de tese Bases Fisiológicas da Acumulação de N e K em Cana-de-Açúcar (*Saccharum spp*) (cultivar NA 56.79) em resposta à adubação nitrogenada em cambissolo, concluiu que a aplicação do N aumentou significativamente a área foliar. O IAF aumentou rapidamente até os 210-240 dias após o plantio, atingindo 4,09 sem N, 4,66 com 120 kg.ha^{-1} de N e 5,03 com 240 kg.ha^{-1} de N, declinando a partir daí.

2.2- Importância do nitrogênio

HUMBERT (1974), cita a importância do nitrogênio enfatizando seu papel na síntese do protoplasma. Menciona que quando há abundância de carboidratos e compostos nitrogenados o desenvolvimento da planta é rápido. Informa ainda, que em cana-de-açúcar, o N é absorvido nas primeiras semanas de crescimento em quantidades maiores do que as plantas podem usar. Observa vantagem neste fenômeno, uma vez que as necessidades das plantas são maiores depois que estas atingem o auge do crescimento.

A remoção de nitrogênio pela cana-de-açúcar foi estudada em diferentes regiões canavieiras, com variedades diversas e condições edafo-climáticas também diferentes. Estas pesquisas concluíram consumo entre 0,72 e 1,32 kg N.t⁻¹ colmos (CRUZ & PUYAOAN, 1970; ORLANDO FILHO, 1977; CHUI & SAMUELS, 1977; BITTENCOURT et al., 1986).

SINGH & SINGH (1972) descrevem remoção de 121,4 kg N.ha⁻¹ para a variedade Co 1158 e 117,8 para a variedade Co 1148, incluindo toda a parte aérea das plantas. Por sua vez, SINGH (1978), observa consumo de 132 kg N.ha⁻¹ no primeiro ano e 108,3 kg N.ha⁻¹ no segundo, utilizando da variedade Co 453. Na média dos dois anos, 58,7% do N foi absorvido até o final do perfilhamento, 33,2% na fase do crescimento e 9,1% na fase de acúmulo de sacarose. Com produções de 78,6 e 77,6 t.ha⁻¹, respectivamente nos primeiro e segundo anos, conclui SINGH (1978), um consumo de 1,7 kg N.t⁻¹ de colmo em cana-planta e de 1,37 kg N.t⁻¹ de cana em soca de primeiro corte.

Tem-se observado resposta insignificante da cana-planta à adubação nitrogenada, no entanto, nas socas os efeitos da fertilização com N são significativas.

Estudos realizados em Minas Gerais por OLIVEIRA FILHO et al. (1980) e no Espírito Santo por AZEREDO et al. (1984), apresentam resultados de diferentes experimentos onde não houve respostas ao nitrogênio aplicado em cana-planta.

ZAMBELLO JÚNIOR & ORLANDO FILHO (1981) explicam aumento da aeração do solo pela prática do preparo do terreno, ao mesmo tempo que, nos meses de outubro a janeiro, ocorre elevação da temperatura e umidade do solo,

como fatores que estejam influenciando na atividade microbiana do solo, na decomposição rápida dos restos de cultura e na diminuição da relação C/N, favorecendo assim, maior quantidade de nitrogênio disponível para a cana no período de plantio de janeiro a março.

AZEREDO et al. (1986), objetivando estudar a resposta da cana-planta a doses e fracionamento de nitrogênio, conclui, através de nove experimentos instalados em solos dos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, que apenas dois ensaios apresentaram respostas do nitrogênio sobre a produção de cana, sendo a aplicação total de fertilizante no plantio mais eficiente que o fracionamento. Também não houve efeito da adubação nitrogenada na pol% cana, assim como, a textura dos solos não influenciou na resposta da cana-planta à aplicação de nitrogênio.

Na Zona da Mata de Minas Gerais, AZEREDO & BOLSANELLO (1979), concluíram ser desnecessária a adubação nitrogenada em cana-planta para a região e que a escolha adequada de variedades pode proporcionar aumentos consideráveis nas produções de cana-de-açúcar.

Este estudo visava verificar o efeito da adubação nitrogenada (doses e épocas) em quatro variedades de cana-planta: CB 45-3, CB 47-89, CB 56-20 e CP 51-22, em solo Latossolo - Amarelo.

Nesta mesma região, MANHÃES et al. (1978), não verificaram efeito do nitrogênio na produção de cana empregando três níveis de N: 0, 40 e 80 kg.ha⁻¹, utilizando-se da variedade CB 45-3.

Por outro lado, AZEREDO et al. (1980), pesquisando adubação nitrogenada em cana-soca, com o objetivo de quantificar a resposta das variedades acima

citadas às diferentes doses de N, bem como a dose econômica daquele nutriente, conduziram novamente experimento de campo em Latossolo Amarelo. Neste caso foram estudados cinco níveis de N: 0, 60, 120, 180 e 240 kg/ha. O experimento, colhido com 12 meses de idade, levantou as seguintes conclusões: a) houve efeito dos tratamentos (doses de N) para as produções de cana, de pol/ha e para valores (%) de fibra; b) a dose econômica de N, calculada com base na relação entre preços da tonelada de cana na esteira e o kg de N (18:1), foi 156,97 kg de N.ha⁻¹.

Considerando a importância das soqueiras, que constituem cerca de 70% da produção global da lavoura canavieira em seus diferentes cortes, este índice de resposta passa a ser significativo, principalmente em solos pobres de matéria-orgânica.

No caso específico da pesquisa conduzida por AZEREDO et al (1986), foram constatadas correlações entre perdas de nitrogênio e a pluviosidade. No entanto, mesmo com os altos índices de perda do N do perfil do solo e a elevada exigência do nutriente pela cultura, a adubação nitrogenada, independente da época de aplicação, não acarretou aumento da produção, sugerindo que a cana-de-açúcar, principalmente em seu primeiro ciclo (cana-planta), utiliza nitrogênio advindo de fontes não convencionais.

AZEREDO et al (1994), com o propósito de aprofundar ainda mais os estudos sobre efeitos do parcelamento da adubação nitrogenada em cana-planta, conduziram dois experimentos em um Cambissolo e um Latossolo-Podzólico do Estado do Rio de Janeiro. Os tratamentos utilizados foram: A = 0 kg de N/ha; B = 180 kg de N/ha aplicados no sulco por ocasião do plantio; C = 60 kg de N/ha aplicados no sulco por ocasião do plantio + 120 kg de N/ha aplicados aos 4 meses

em cobertura e D = 60 kg de N/ha aplicados aos 4 meses + 120 kg de N/ha aplicados aos 8 meses. A variedade utilizada foi a CB 45-3. Os parâmetros avaliados nestes experimentos foram: produção de cana, teores de N-NO₃ e N-NH₄ no solo, % de N total na planta, teores de amino-N nas folhas e número de perfilhos. Os autores concluíram haver resposta à aplicação de N fertilizante apenas no Cambissolo, observando-se maior incremento no número de perfilhos e na produtividade quando se forneceu o N por ocasião do plantio. Os resultados indicaram que a cana-de-açúcar absorve e acumula N na fase inicial de desenvolvimento. Logo, segundo AZEREDO et al (1994), o parcelamento da adubação nitrogenada não se constitui em prática eficiente para o aumento da produtividade da cana-planta. Com relação ao perfilhamento, notou-se que a disponibilidade de N na fase inicial da cana-planta influencia significativamente. Segundo os mesmos autores, a resposta da cana-planta à adubação nitrogenada nos solos estudados está associada à capacidade do solo em fornecer o nutriente, à ocorrência de fixação biológica de nitrogênio e à mineralização do N orgânico.

SILVEIRA & CROCOMO (1990), com o objetivo de estudar os efeitos de níveis elevados de N e de vinhaça no solo sobre a assimilação do nitrogênio ao longo do crescimento da cana-de-açúcar, conduziram experimento de campo, em solos de textura argilosa, durante o ciclo de cana-planta. Para tanto foram estabelecidos três tratamentos: 1- adubação com elevado nível de N (“alto” N); 2- aplicação de vinhaça (“vinhaça”) e 3- ausências de fertilizantes e vinhaça (“testemunha”). As colheitas foram realizadas aos 90, 120, 180, 240, 300, 360 dias após o plantio (DAP). Os autores concluíram que o tratamento “alto N” apresentou maiores taxas de acúmulo de N e de atividade da redutase do nitrato (RN) aos 120,

150 e 180 DAP em relação ao tratamento controle. Nos mesmos períodos, o tratamento “vinhaça” apresentou maiores valores de RN em relação ao controle. As maiores taxas de acúmulo de N e de atividade da RN foram obtidas nas fases iniciais do crescimento, decrescendo acentuadamente no início da maturação. Ainda segundo SILVEIRA & CROCOMO (1990), houve uma correlação positiva entre atividade de RN e taxa de acúmulo de N ($\text{gN.gN}^{-1}\text{dia}$). As plantas do tratamento “vinhaça” não apresentaram alterações nas taxas de acúmulo de N, atividade da RN e composição das formas nitrogenadas, apesar de conterem concentrações mais baixas de nitrato aos 90 DAP. Finalizando, os autores concluíram que os baixos índices de conversão de N ($\text{kg de colmo/kg de N absorvido}$), da cultura da cana-de-açúcar, em presença de alto nível de N, devem estar associados com controles endógenos da própria planta, em função do N já absorvido.

MARSCHER (1986), cita que o N absorvido propicia aumento na atividade meristemática da parte aérea, enquanto NOVOA & LOOMIS, citados por SILVEIRA & CROCOMO (1990), descrevem aumentos na área foliar e na intensidade de perfilhamento. BARNES & HOLES (1978), enfatizam gastos de energia e conseqüentemente maiores consumos de carboidratos associados a níveis mais elevados de proteínas presentes nas folhas.

De acordo com ROSSIELLO (1987), entretanto, as variedades de cana-de-açúcar utilizadas no Brasil, em plantios de cana-planta, apresentam baixo potencial para converter o N absorvido em fitomassa de colmos, o que poderia explicar a grande controvérsia a respeito deste nutriente pela cultura. Por outro lado, os mecanismos fisiológicos envolvidos com a utilização de N, ainda não são

totalmente esclarecidos. Segundo SILVEIRA & CROCOMO (1981), o que existe é uma grande limitação de conhecimento relacionados com os principais processos envolvidos com a utilização de N, como absorção de nitrato e metabolismo de carboidratos em presença de concentrações elevadas do elemento. Plantas crescidas nessas condições apresentam altas atividades de redutase de nitrato nas folhas e decréscimos nas concentrações de sacarose e açúcares redutores.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Área Experimental

O experimento foi instalado em área da fazenda MOMBAÇA, propriedade da Usina SANTA CRUZ, situada no município de Campos dos Goitacazes (Lat. 21°45'S, Lon. 41°21W e altitude 11m), na região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

O solo corresponde a um CAMBISSOLO EUTRÓFICO, argila de atividade alta, a moderado, textura argilosa, fase floresta tropical perinifolia de várzea, relevo plano (IAA/SONDOTÉCNICA, 1983).

De acordo com o mapa geomorfológico do RJ, tem-se as seguintes informações para a área: domínio - depósitos sedimentares, região planície costeira, unidade geomorfológica - planícies litorâneas e delta do rio Paraíba do Sul.

Quanto a geologia, a descrição verificada no mapa geológico aponta para: era fanerozóico - cenozóico - quaternária, sedimentos aluviões, areias, cascalhos e areias inconsolidadas. O mapa de vegetação indica áreas de formação pioneiras, que constitui os ambientes revestidos por vegetação de primeira ocupação, que se instala sobre as áreas pedologicamente instáveis devido as constantes deposições, tais como: deposições marinhas, fluvio - marinhas e fluvial.

Cobertura vegetal natural inexistente e cobertura antrópica de agricultura de culturas cíclicas.

Pode-se constatar neste tipo de solo local do experimento, que o mecanismo de adição dos sedimentos aluviais influenciou significativamente na formação

deste CAMBISSOLO, da mesma forma que os fatores material de origem e o relevo atuaram em sua construção.

O campo experimental foi plantado no mês de abril de 1992 com a variedade RB 72 454. O corte da cana-planta ocorreu em julho de 1993. A primeira soca foi colhida em agosto de 1994, ocasião em que se reinstalou o ensaio objetivando verificar comportamento dos tratamentos em estudo, na segunda soca ou terceiro corte. Desta feita, realizou-se o corte em setembro de 1995.

A cana-planta foi adubada com 100 kg de KCl.ha⁻¹. Já na adubação de cana-soca, efetuada aos 80 dias do primeiro corte, empregou-se 65 kg de uréia.ha⁻¹ e 100 kg de KCl.ha⁻¹ nas linhas de cana. Não foi utilizada adubação na terceira folha (ressoca). Os tratos culturais foram executados conforme recomendações da própria usina.

3.2- Clima

O clima da região é do tipo AW na classificação de Koeppen, com chuvas no verão e seca no inverno. A precipitação anual varia de 800 a 1200 mm, com média de 1.067 mm, sendo julho e agosto os meses mais secos e o período de dezembro a fevereiro o mais chuvoso. A temperatura média máxima é de 28,8 °C, enquanto tem-se média mínima de 19,8 °C.

3.3- Tratamentos e Delineamento Experimental

Os tratamentos implantados foram:

A) CC* = Cana crua;

B) CC + TF = Cana crua + Torta de Filtro (30 t.ha⁻¹);

C) CC + TF + B = Cana crua + Torta de Filtro (20 t.ha⁻¹) + Bagaço de cana (10 t.ha⁻¹);

D) CQ* = Cana queimada;

E) CQ + TF + B = Cana queimada + Torta de Filtro (30 t.ha⁻¹)

F) CQ + TE + B = Cana queimada + Torta de Filtro (20 t.ha⁻¹) + Bagaço de cana (10 t.ha⁻¹);

Obs. 1:

CQ e CC - correspondem a sistemas de colheita de cana-de-açúcar com e sem prévia queima do canavial, respectivamente, com o palhiço restante sendo distribuído homogeneamente nas parcelas. Os resíduos da agroindústria, ou seja, torta de filtro e o bagaço, foram aplicados em cobertura sobre o palhiço (caso da cana crua) e sobre o solo (caso da cana queimada).

Obs. 2: - Umidade do Bagaço - 45,6 %;

- Umidade da Torta de Filtro - 73,9 %;

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições, com parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos 6 tratamentos e as subparcelas pelas épocas de amostragens.

Cada parcela do ensaio abrangeu 12 sulcos de 15 m de comprimento, com espaçamento de 1,20 m entre linhas de cana. Foi considerado como área útil os 10 sulcos centrais.

O croquis a seguir permite melhor visualização do esquema de campo e da distribuição dos tratamentos.

3.4- Amostragens.

As coletas visando análise de crescimento, com coleta de colmos e folhas, foram realizadas a partir do segundo mês de instalado os tratamentos e em número de 6 (seis).

3.5- Croquis do Experimento

Usina S ^{ta} Cruz Fazenda Mombaça Canavial Guarita 619							
		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4		
		--12 sulcos--					
<u>31m</u>	1	7	13	19		<u>15m</u>	
	CC	CQ+TF+Bag	CC+TF+Bag	CQ+TF			
	2	8	14	20			
	CQ	CC+TF	CQ+TF	CC+TF+Bag			
	3	9	15	21			
	CQ+TF+Bag	CQ+TF	CC+TF	CC			
	4	10	16	22			
	CQ+TF	CC+TF+Bag	CQ+TF+Bag	CC			
	5	11	17	23			
	CC+TF+Bag	CC	CQ	CQ+TF+Bag			
	6	12	18	24			
	CC+TF	CQ	CC	CQ			

3.6. Metodologia de avaliação

A avaliação da produção de fitomassa total da parte aérea (FT, g.m⁻²) foi realizada através de amostragens bimestrais, a partir dos 60 dias de brotação da

soqueira, num total de 6 amostras. As amostras foram compostas de 10 canas/parcela.

As determinações foram as seguintes:

- a) medição da altura do colmo até a inserção da folha +1;
- b) separação da planta em, lâmina (corte ao nível da lígula) e colmo + bainha, e pesagem da fitomassa fresca. O peso das folhas e bainhas senescentes ou secas foi registrado para ser incluído na estimativa da FT;
- c) medição do comprimento e largura das lâminas foliares para determinação da área foliar;
- d) passagem do material em uma picadeira de forragens e separação de uma subamostra (0,5 a 1,5 kg de peso fresco), pesagem e conservação em geladeira até a secagem em estufa (70°C durante 7 dias). A partir da relação peso seco/peso fresco da subamostra, foi estimado o peso da FT;
- e) determinação do n.º de colmos por metro linear. Foram contados os colmos totais em uma das linhas de cada parcela (10m).

A área foliar foi determinada pela equação: $AF = C \times L \times f$, sendo:

C = comprimento da folha

L = largura da folha

f = fator de correção

O índice de área foliar foi determinado em função da área foliar por colmo e o n.º de colmos por metro linear.

Determinações analíticas: o material seco das porções (folha, colmos + bainha) foi submetido a digestão para determinação dos teores de N total, conforme metodologia recomendada por RODELLA (1983).

Na análise de crescimento foram usadas as seguintes fórmulas:

$$FT = P_t \times N \quad \text{onde:}$$

FT = Fitomassa total (g.m^{-2}).

P_t = peso médio da matéria seca de uma planta (g.planta^{-1}).

N = N.º médio de plantas por unidade de superfície (planta.m^{-2}).

$$TCC = dFT/dt \quad (\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}) \quad \text{onde:}$$

TCC = taxa de crescimento da cultura

t = tempo

A taxa de assimilação líquida (TAL, g.m^{-2} folha.dia⁻¹) foi calculada pela equação:

$$TAL = TCC / IAF$$

3.7. Determinação do Índice do Palhiço

Foram levantados dados para obtenção do índice de palhiço nas parcelas onde não houve queima, mediante a relação $IP = \text{Peso do Palhiço} \times 100 / \text{Peso das Canas}$ (RIPOLI, 1990). O IP é expresso em t.ha^{-1} .

3.8. Índice Pluviométrico

Foram obtidos os dados mensais de precipitação pluviométrica no posto climatológico da Usina Santa Cruz, nos anos de 1994 e 1995, para subsidiar a discussão dos resultados.

3.9. Colheita

Efetuiu-se a colheita no mês de setembro de 1995. Após a retirada das amostras para análises de crescimento e teores de N, queimou-se as parcelas cujos tratamentos orientavam esta operação e colheu-se a área útil do ensaio para pesagem e determinação da produção de colmos ($t \cdot ha^{-1}$). Coletou-se 10 canas/parcela para determinação da produção de POL. ha^{-1} (TPH), calculado pela expressão:

$$TPH = t_{colmos} \cdot ha^{-1} \cdot POL\%cana$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Índice do palhiço, efeito na produtividade

Os valores médios e análise de variância do parâmetro produtividade, resultados de terceiro corte (2ª soca), dos diferentes tratamentos em estudo (tabela II) demonstram não haver significância entre os mesmos, com tendência de maior produção para as parcelas onde o método de despalha a fogo foi empregado.

O valor da massa de palhiço obtido foi equivalente a 20,6 t.ha⁻¹, o que pode ter interferido na brotação de soqueira em função da palhada distribuída sobre as linhas de cana nos tratamentos sem a queima. MANHÃES (1996) encontrou resultado em segunda soca de cana cultivada em Cambissolo, da ordem de 17,90 t.ha⁻¹, com produtividades semelhantes nas colheitas com e sem queima.

FURLANI NETO et al (1989), estudando as variedades de cana-de-açúcar NA 5679 e SP 701143, na Usina Amália (SP), determinaram que a massa vegetal da palhada proveniente da colheita em cana crua, através de método mecânico, foi entre 7,5 e 11,9 t.ha⁻¹.

A Usina Santa Luíza (SP), colhendo cana crua com colhedoras combinadas, distribuiu satisfatoriamente os resíduos da palhada sobre o terreno o que, de acordo com RIPOLI (1990), tem beneficiado o solo e reduzido custos operacionais através da manutenção da umidade e do controle de ervas daninhas. Por outro lado, ainda segundo RIPOLI (1990), esta mesma unidade produtora de açúcar e álcool, estuda a várias safras, o comportamento da brotação e crescimento de soqueiras provenientes de canaviais colhidos sem queima prévia. Tem-se observado neste trabalho, que a palhada permanece sobre o solo (não há operação

de enleiramento) inibindo inicialmente a brotação. Todavia, após três meses, inicia-se recuperação e, aos seis meses, não se observa diferença de crescimento em relação à testemunha.

No entanto, em função de condições edafo-climáticas diferentes, pode ter ocorrido, nas condições do experimento, com precipitação pluviométrica no período em torno de 600 mm, que o processo de recuperação da brotação de soqueiras não tenha se realizado a contento prejudicando a produção final.

4.2. Análise da produção de fitomassa

4.2.1. Número de colmos

Os resultados do número de colmos por metro de linha são apresentados na Tabela I, em função dos tratamentos e épocas de amostragens.

Observa-se até o quarto mês, haver diferenças significativas entre os tratamentos 5 (CQ + TF) e tratamento 2 (CC + TF), assim como dos tratamentos 4, 5 e 6 (CQ, CQ + TF e CQ + TF + B) em relação ao tratamento 2 (CC + TF), especificamente para a segunda época de amostragens.

O número de colmos por metro tende a não diferir a partir do sexto mês, ou seja, terceira época, sendo que na época última de amostragem as diferenças encontradas são mínimas. SOUZA (1995), cita que o número médio de colmos por metro linear foi máximo até os sessenta dias após o corte (DAC), atingindo 15,3 colmos . m⁻¹, decrescendo gradativamente até os 180 DAC e permanecendo estável a partir daí.

No presente trabalho, nota-se que a cobertura vegetal nos tratamentos sem prévia queima para colheita, e mesmo com aplicação de resíduos da agroindústria,

formando um “colchão de palha” da ordem de 20,6 t . ha⁻¹, retardou ou mesmo inibiu a brotação da soqueira durante os primeiros quatro meses de cultivo da socaria. Por sua vez, em função da própria competição natural havida nas brotações e entre perfilhos, que ocorreu nos tratamentos oriundos da colheita com queima do canavial, observa-se diminuição do número de colmos que, apesar de ainda ser maior do que nos tratamentos 1, 2 e 3 (CC + CC + TF e CC + TF + B), não diferem estatisticamente. Este fato refletiu na produtividade final dos colmos industrializáveis por hectare, de acordo com a Tabela II.

Tabela I – Número de colmos por metro de linha, em função dos tratamentos e épocas de amostragens.

Tratamentos	ÉPOCA DE AMOSTRAGEM - (MESES)											
	2		4		6		8		10		12	
1 - C.C	5,53bc	B	7,77 ab	A	6,66 a	A B	6,15 a	A B	5,74 a	B	5,51 a	B
2 - C.C + T.F	4,58c	A	6,48 b	A	6,14 a	A	5,73 a	A	5,22 a	A	5,14 a	A
3 - C.C+T.F + B	6,33bc	A B	8,12 ab	A	6,97 a	A B	6,51 a	A B	5,94 a	B	5,97 a	B
4 - C.Q	6,85ab	B	8,84 a	A	7,56 a	A B	6,87 a	B	6,47 a	B	6,13 a	B
5 - C.Q + T.F	7,51a	B	9,54 a	A	7,43 a	B	7,01 a	B	6,13 a	B	6,52 a	B
6 - C.Q+T.F + B	7,39ab	A B	8,71 a	A	7,58 a	A B	6,81 a	A B	6,18 a	B	6,03 a	B

F (Trat. Geral) = 12,7 **

F (Época) = 21,2 **

F (Época X Trat.) = NS

C.V. (Trat. Geral) = 14,04 %

** Teste F significativo p < 0,01

* Teste F significativo p < 0,05

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

1. Cana Crua (C.C.)

2. Cana Crua + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.C + T.F)
3. Cana Crua + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.C + T.F + B)
4. Cana Queimada (C.Q)
5. Cana Queimada + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.Q + T.F)
6. Cana Queimada + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.Q + T.F + B)

Tabela II – Valores médios e análise de variância do parâmetro produtividade (t cana.ha⁻¹), entre tratamentos. Resultados correspondentes aos 2º e 3º cortes (1ª e 2ª socas).

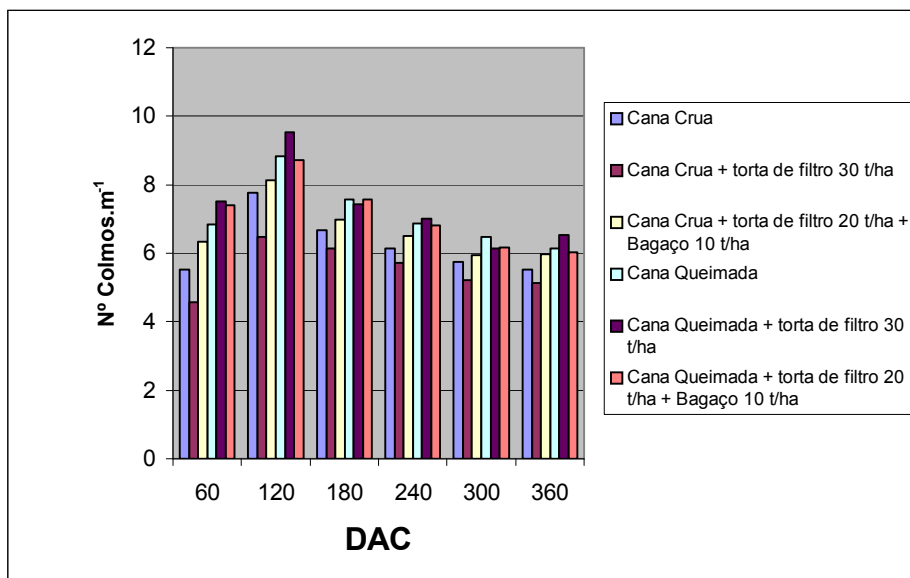
TRATAMENTOS	2º CORTE t. cana.ha⁻¹	3º CORTE t. cana. ha⁻¹
A – CC	63,33 a	57,21 a
B – CC + TF	87,49 a	57,59 a
C – CC + TF + B	81,04 a	67,35 a
D – CQ	70,98 a	60,44 a
E – CQ + TF	86,01 a	66,84 a
F – CQ + TF + B	87,98 a	62,12 a
MÉDIAS	79,52	61,93
F	3,15	0,79 n.s.
D.m.s. p< 0,05	26,39	3,86
CV	14,50 %	14,40%

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste F (p < 0,05)

CC = Cana Crua; Cana Queimada = Cana Queimada; TF = Torte de Filtro;

B = bagaço.

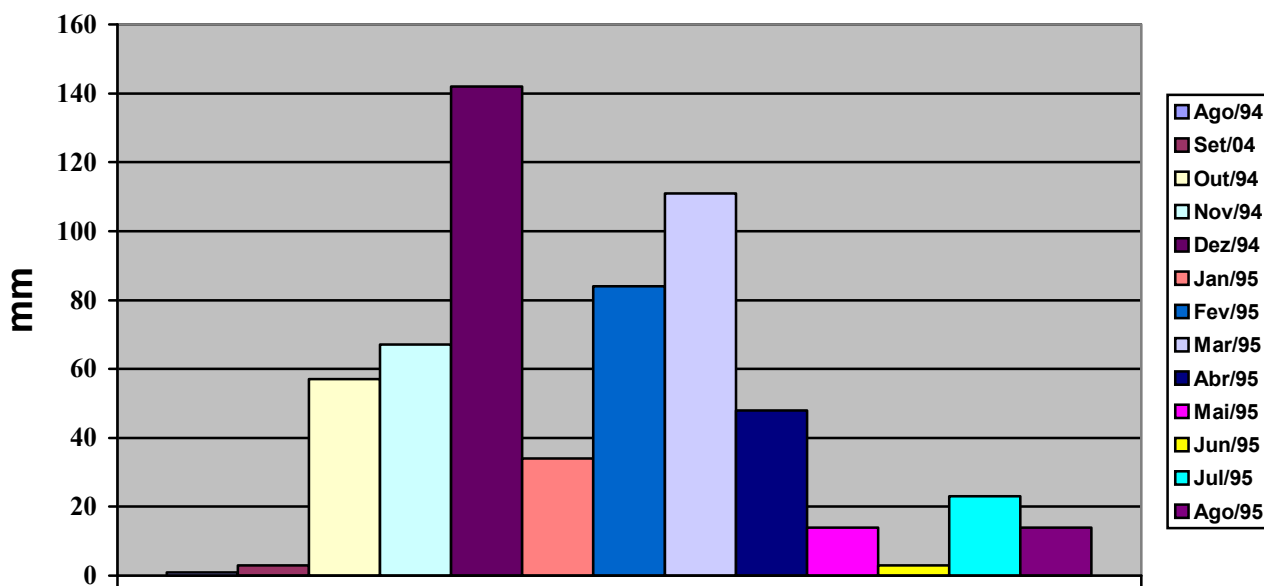
Figura 1 – Variação do número de colmos . m^{-1} , em função dos tratamentos e épocas de amostragens.



A figura 1 evidencia os dados obtidos, mostrando a pequena variação ocorrida entre tratamentos aos 360 dias após corte.

Outro fato que deve-se levar em conta, é a considerada fraca população de colmos por metro encontrada, SOUZA (1995), em ciclo de 1ª soca, trabalhando também em Cambissolo eutrófico, obteve média de 11.22 colmos . m^{-1} . No entanto, ao analisar-se a precipitação pluviométrica na área onde montou-se o experimento, entre agosto de 1994 e agosto de 1995, período de condução e colheita, observa-se registro de apenas 600 mm (dados da Usina Santa Cruz/RJ), interpretado como déficit hídrico acentuado (figura 2).

Figura 2: Comportamento pluviométrico mensal (mm) correspondente ao ciclo de 2ª soca da cana-de-açúcar, período 1994-1995, na Usina Santa Cruz (local do experimento), com sinalização das épocas de coletas de solo para análise biológica.



4.2.2. Altura dos Colmos

O parâmetro altura dos colmos foi avaliado estatisticamente e os resultados são mostrados na Tabela III. Nota-se diferença significativa com relação a época de amostragens, sendo que, após o oitavo mês (quarta amostragem) os valores pouco se alteraram até o fim do ciclo da cultura. Observa-se não haver efeito de tratamento para altura do colmo, fato que justifica a ausência de diferenças significativas na produção final (Tabela II).

SOUZA (1995) estudando a influência da adubação nitrogenada sobre a área foliar e acumulação de fitomassa em quatro variedades de cana-de-açúcar irrigadas, no ciclo de primeira soca, descreve não haver diferenças significativas

com relação a altura dos colmos aos sessenta dias após corte, nem entre variedades nem mesmo entre doses de nitrogênio. Por outro lado, a medida que as plantas se desenvolviam, as diferenças tornavam-se evidentes.

Tabela III – Altura dos colmos (m) em função dos tratamentos e épocas de amostragens.

Tratamentos	ÉPOCA DE AMOSTRAGEM - (MESES)											
	2		4		6		8		10		12	
1 - C.C	0,28 a	D	0,77 a	C	1,20 a	B	2,01 a	A	2,10 a	A	2,10 a	A
2 - C.C + T.F	0,25 a	D	0,62 a	C	1,19 a	B	1,83 a	A	1,99 a	A	2,00 a	A
3 - C.C+T.F + B	0,27 a	D	0,66 a	C	1,21 a	B	1,88 a	A	2,01 a	A	2,03 a	A
4 - C.Q	0,27 a	D	0,75 a	C	1,15 a	B	1,84 a	A	1,90 a	A	1,92 a	A
5 - C.Q + T.F	0,27 a	D	0,74 a	C	1,37 a	B	1,84 a	A	2,06 a	A	2,00 a	A
6 - C.C+T.F + B	0,29 a	D	0,75 a	C	1,17 a	B	1,93 a	A	1,99 a	A	1,94 a	A

F (Trat. Geral) = n.s.

F (Época) = 465 **

F (Época X Trat.) = n.s.

C.V. (Trat. Geral) = 12,43 %

** Teste F significativo $p < 0,01$

* Teste F significativo $p < 0,05$

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

1. Cana Crua (C.C.)

2. Cana Crua + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.C + T.F)

3. Cana Crua + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.C + T.F + B)

4. Cana Queimada (C.Q)

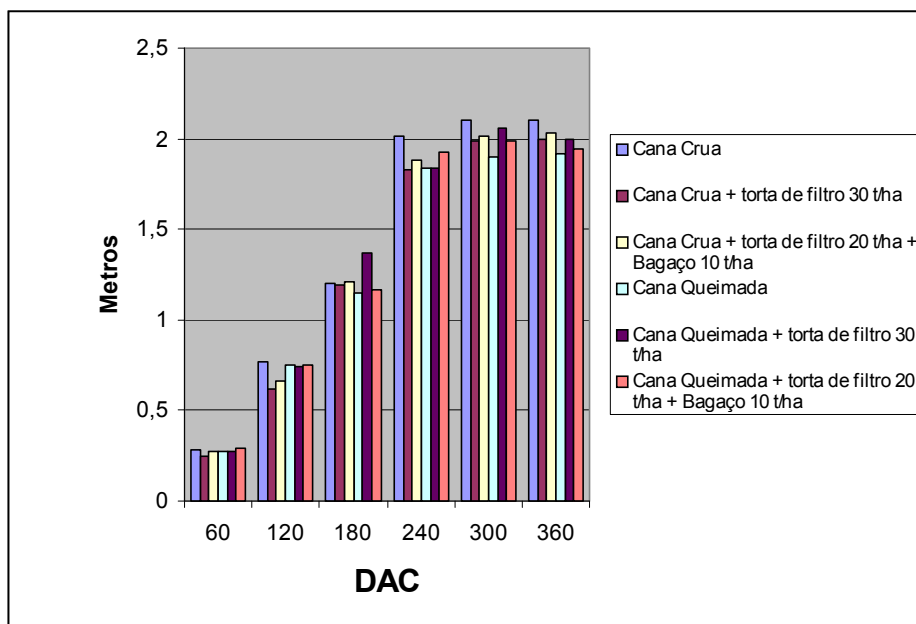
5. Cana Queimada + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.Q + T.F)

6. Cana Queimada + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.Q + T.F + B)

Podia-se esperar comportamentos diferenciados para o parâmetro altura, na medida que os diversos tratamentos utilizados são também diferenciados quanto ao fornecimento de matéria orgânica ao solo. No entanto, em função da própria

fertilidade natural do solo e da ocorrência de rigoroso déficit hídrico no período de desenvolvimento vegetativo, houve uniformização no crescimento das plantas.

Figura 3: Variação da altura dos colmos (m), em função dos tratamentos e épocas de amostragens.



A Figura 3 ilustra a grande variação de altura dos colmos que ocorreu entre as três primeiras épocas de amostragens e a tendência de estabilidade entre tratamentos e épocas, com comportamento que se manteve até a colheita.

4.2.3. Acúmulo de matéria seca na parte aérea, fitomassa total na parte aérea.

Os resultados do acúmulo de fitomassa total na parte aérea (folhas e colmos + bainhas) são apresentados na Tabela IV.

Comparando-se a média das seis amostragens entre os tratamentos, percebe-se não haver diferenças estatisticamente significativas o que, de certa forma, não expressa resultado de importância prática. Também a interação época x tratamento não apresentou diferenças no acúmulo de fitomassa nas diversas amostragens, assim como, quando foram testados os tratamentos.

Nota-se, porém, acúmulo crescente de fitomassa até a quarta amostragem (8 meses), sendo que a partir daí, não houve diferença significativa, muito embora os tratamentos 5 (CQ + TF) e 6 (CQ + TF + B) sinalizem tendências de aumentos.

Por sua vez, SOUZA (1995) cita haver maior acúmulo de fitomassa em parcelas adubadas com doses diferenciadas de nitrogênio a partir dos 120 dias após corte em relação à testemunha, mostrando ainda que aos 360 DAC, houve diferenças entre os três níveis de N, com acúmulo de 3862,5; 5032,2 e 5812,2 g.m⁻² para as doses de 0,60 e 120 kg N.ha⁻¹, respectivamente. ROSSIELO (1987) encontra valores superiores aos obtidos por SOUZA (1995), porém mantendo a mesma diferenciação estatística.

Os dados obtidos no experimento em pauta, muito abaixo dos citados, demonstram mais uma vez a situação de déficit hídrico com que atravessou a cultura no período entre agosto de 1994 e agosto de 1995. Como descreve LEME et al (1984), a produção vegetal está diretamente relacionada com o aproveitamento da energia solar pela cultura, que é transformada em energia química através da fotossíntese, sendo, portanto, as folhas as responsáveis diretas por essa conversão. Desta forma, alterações significativas, na fase entre 60 e 120 dias após o corte, podem comprometer a produção.

Tabela IV – Fitomassa total na parte aérea (Fitomassa seca g.m⁻² solo), em função dos tratamentos e de épocas de amostragens.

Tratamentos	ÉPOCA DE AMOSTRAGEM - (MESES)												
	2		4		6		8		10		12		Média
1 - C.C	87,67 a	C	844,96 ^a	BC	1170,78 a	B	2482,17 a	A	2598,33 a	A	2254,25 a	A	15730,2 a
2 - C.C + T.F	67,44 a	C	503,76 a	BC	1015,04 a	B	2182,24 a	A	2340,04 a	A	2336,02 a	A	1407,42 a
3 - C.C+T.F + B	112,15 a	C	711,44 a	BC	1131,96 a	B	2224,65 a	A	2531,47 a	A	2565,77 a	A	1546,24 a
4 - C.Q	107,68 a	C	840,60 a	BC	1139,63 a	B	2400,37 a	A	2538,32 a	A	2449,19 a	A	1579,29 a
5 - C.Q + T.F	115,81 a	C	893,24 a	BC	1615,81 a	B	2215,90 a	A	2465,72 a	A	2918,45 a	A	1704,15 a
6 - C.C+T.F + B	129,08 a	C	837,76 a	BC	1191,34 a	B	2465,19 a	A	2449,06 a	A	2604,22 a	A	1612,77 a

F (Trat. Geral) = n.s.

F (Época) = 183 **

F (Época X Trat.) = n.s.

C.V. (Trat. Geral) = 23,5 %

** Teste F significativo p < 0,01

* Teste F significativo p < 0,05

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

1. Cana Crua (C.C.)

2. Cana Crua + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.C + T.F)

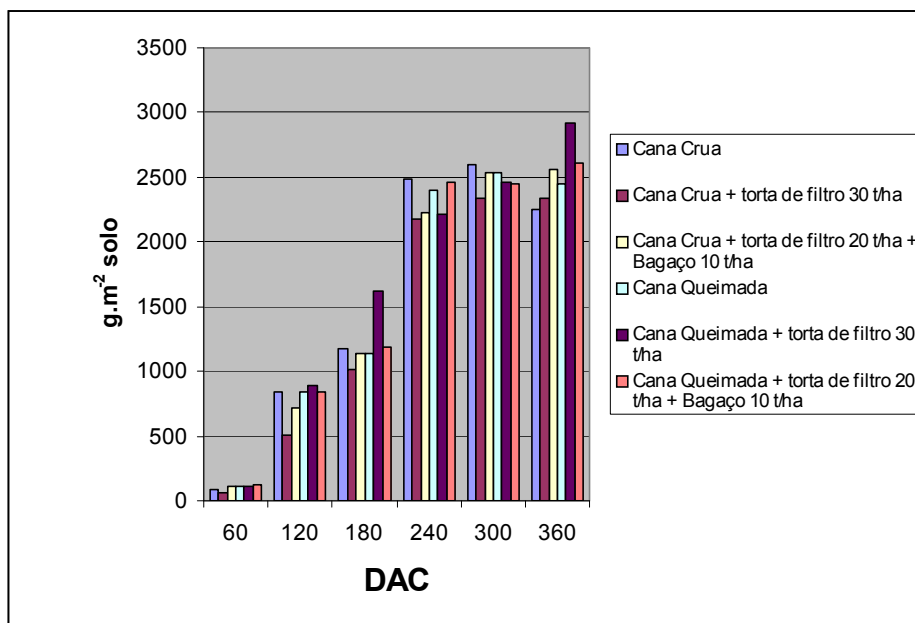
3. Cana Crua + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.C + T.F + B)

4. Cana Queimada (C.Q)

5. Cana Queimada + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.Q + T.F)

6. Cana Queimada + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.Q + T.F + B)

Figura 4 – Variação da fitomassa total na parte aérea (fitomassa seca em g.m^{-2} solo), em função dos tratamentos e épocas de amostragens.



A figura 4 evidencia a variação da fitomassa total, demonstrando o baixo acúmulo na parte aérea em função do baixo índice pluviométrico, já que, conforme relatou MONTEITH (1977), com o aumento do stress hídrico as taxas de fotossíntese são reduzidas por mecanismos de fechamento dos estômatos. SAMUELS (1971) analisou o déficit de água em cana-de-açúcar e concluiu haver influência no decréscimo de umidade da bainha e nos teores de N e K da planta, afetando, conseqüentemente, acúmulo de fitomassa na parte aérea.

4.3. Índice de área foliar

Os dados relativos ao índice de área foliar foram submetidos a análise estatística e estão representados na Tabela V.

LEME et al (1984) observaram na variedade CB47-355 que os maiores índices de área foliar refletiam em produções mais elevadas de colmos e de açúcar ha^{-1} , o que vem orientar uma observação cuidadosa sobre o assunto.

Observa-se um máximo no índice de área foliar da Tabela V, nas épocas compreendidas entre o sexto e oitavo mês de desenvolvimento da cultura, decrescendo a partir do décimo mês. Nota-se haver diferenças entre os tratamentos nas segunda e terceira amostragens (quarto e sexto meses), onde verificam-se maiores valores para os tratamentos 4 (CQ) e 5 (CQ + TF) em relação ao tratamento 2 (CC + TF) na segunda amostragem, e maior índice de área foliar do tratamento 5 (CQ + TF) quando comparado ao tratamento 2 (CC + TF), na terceira amostragem. Pode-se evidenciar a influência do número de colmos no índice de área foliar já que o tratamento 2 (CC + TF) apresentou sempre um número menor de colmos.

O índice de área foliar (IAF) variou significativamente nas diversas épocas de amostragens. SOUZA (1995), observou aumento de IAF de $1,5 \text{ m}^2 \text{ folhas.m}^{-2}$ solo aos 60 dias após corte, para $4,19 \text{ m}^2 \text{ folhas.m}^{-2}$ solo aos 180 dias após corte, permanecendo nesse patamar até os 240 dias, decrescendo a partir daí. LEME & MANIERO (1984), também em cana-soca, obtiveram resultados semelhantes a SOUZA (1995). Valores máximos de IAF, entre 4,20 à 5,20, observados aos 180 dias após corte, foram também encontrados por GOSNELL (1968) e ROSSIELLO (1987).

Contudo, a Tabela V indica valores de IAF considerados baixos, com um máximo de 2,62 no tratamento 5 (CQ + TF) da terceira amostragem (sexto mês),

inferiores aos encontrados por YOON (1971), que aponta valor de índice de área foliar de 3,56 como ideal na maturação da cana.

Entretanto, IRVINE (1973), constatou que o IAF pode ser usado como indicador da eficiência da produção e do potencial da retirada de água do solo, citando que índices menores que 3, indicam ineficiência de absorção.

Tabela V: Índice de área foliar (m^2 folha. m^{-2} solo) em função dos tratamentos e épocas de amostragens.

Tratamentos	ÉPOCA DE AMOSTRAGEM - (MESES)												
	2		4		6		8		10		12		Média
1 - C.C	0,37 a	D	2,06 ab	AB	2,37 ab	A	2,33 a	AB	1,65 a	BC	1,11 a	C	1,64
2 - C.C + T.F	0,37 a	C	1,45 b	AB	1,76 b	AB	1,99 a	A	1,43 a	AB	1,25 a	B	1,37
3 - C.C + T.F + B	0,51 a	B	1,92 ab	A	2,13 ab	A	2,11 a	A	1,43 a	A	1,46 a	A	1,59
4 - C.Q	0,61 a	D	2,19 a	AB	2,11 ab	AB	2,61 a	A	1,73 a	BC	1,28 a	CD	1,75
5 - C.Q + T.F	0,52 a	D	2,39 a	AB	2,62 a	A	2,50 a	A	1,71 a	BC	1,44 a	C	1,86
6 - C.Q + T.F + B	0,63 a	D	2,03 ab	ABC	2,06 ab	AB	2,41 a	A	1,39 a	BC	1,35 a	C	1,64

F (Trat. Geral) = n.s.

F (Época) = 183 **

F (Época X Trat.) = n.s.

C.V. (Trat. Geral) = 23,5 %

** Teste F significativo $p < 0,01$

* Teste F significativo $p < 0,05$

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

1. Cana Crua (C.C.)

2. Cana Crua + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.C + T.F)

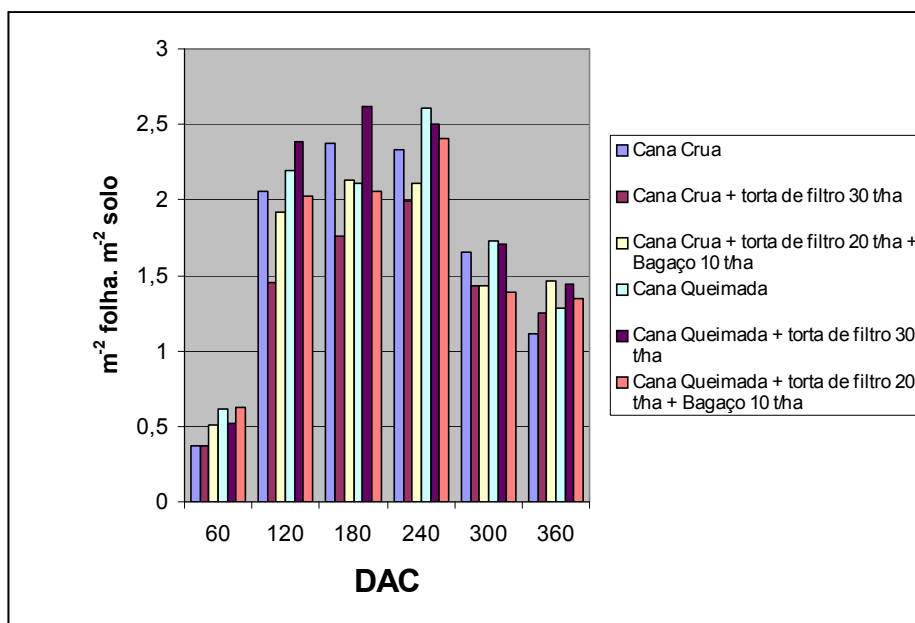
3. Cana Crua + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.C + T.F + B)

4. Cana Queimada (C.Q)

5. Cana Queimada + 30 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro (C.Q + T.F)

6. Cana Queimada + 20 t/ha⁻¹ de Torta de Filtro + 10 t/ha⁻¹ de Bagaço (C.Q + T.F + B)

Figura 5 – Variação do IAF (índice de área foliar.m⁻² solo) em função dos tratamentos e épocas de amostragens.



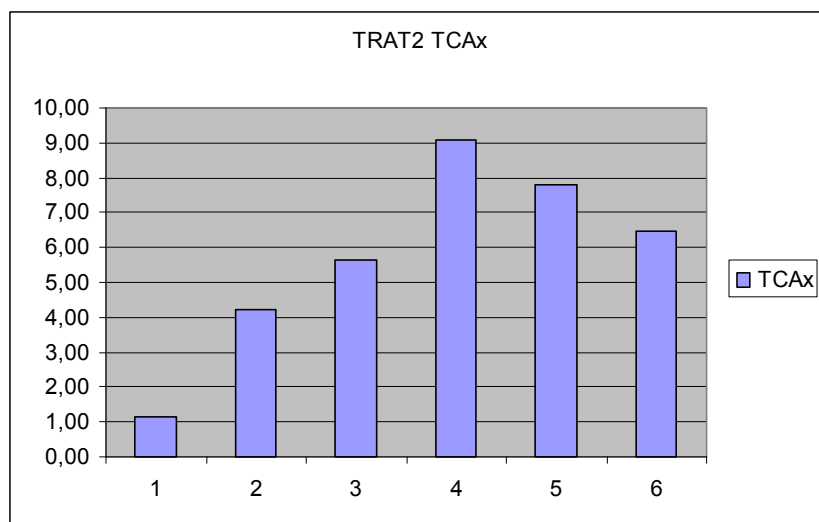
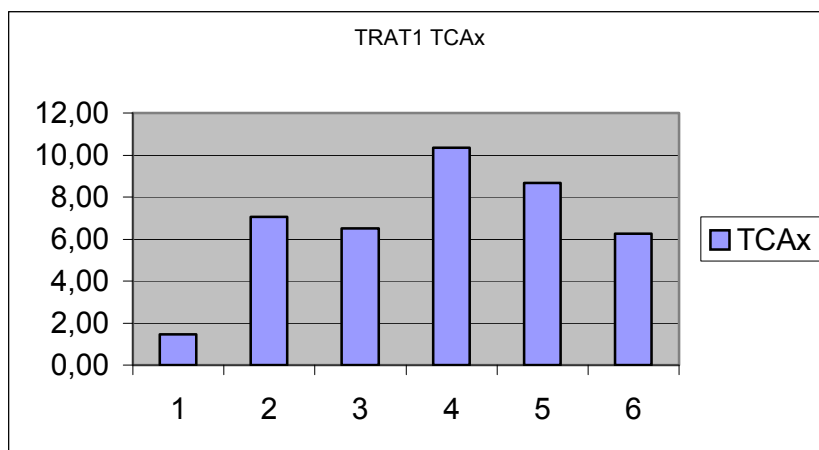
A figura 5 ilustra a variação do IAF, evidenciando maiores índices para os tratamentos com queima prévia de canavial, principalmente aqueles onde adicionou-se 30 toneladas de torta de filtro por hectare.

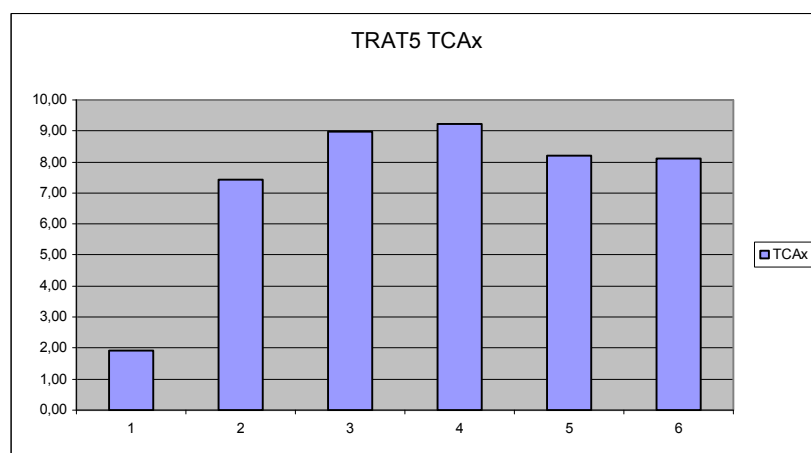
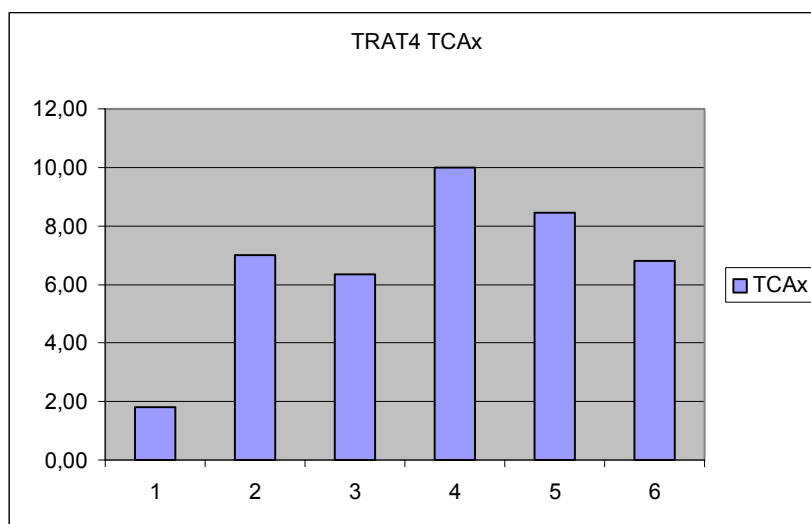
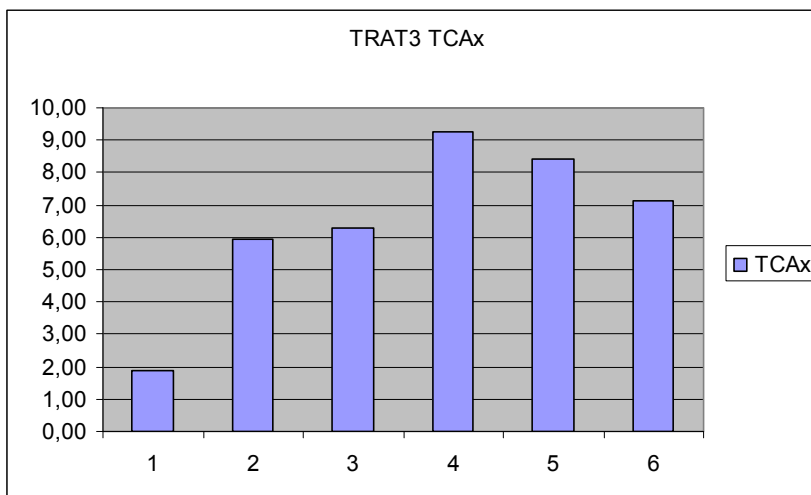
4.4 – Taxa de crescimento da cultura

A figura 6 representa a taxa de crescimento da cultura em g.m⁻² solo.dia⁻¹, em função dos tratamentos. Nota-se comportamento semelhante entre os tratamentos, destacando-se o tratamento número 5 (CQ + TF), que apresentou também maiores valores de acúmulo de fitomassa total na parte área (tabela IV).

De modo geral, como bem ilustra a figura 5, os valores máximos ocorreram entre 120 e 240 dias após corte, coincidindo com os períodos de IAF máximos (Tabela V).

SOUZA (1995) encontrou valores máximos entre os 180 e 240 dias após corte, para os três tratamentos com nitrogênio que atingiram 20,11; 27,8 e 31,4 $\text{g.m}^{-2} \text{ solo.dia}^{-1}$ para as doses de 0, 60 e 120 kg N.ha^{-1} . Resultados também semelhantes ao de SOUZA (1995) foram obtidos previamente por ROSSIELLO (1987) em cana-planta. Para ambos trabalhos a situação foi com cultura irrigada o que, sem dúvida, irá proporcionar maior população de colmos por metro, maiores acúmulos de fitomassa na parte aérea e, conseqüentemente, maiores taxas de crescimento.





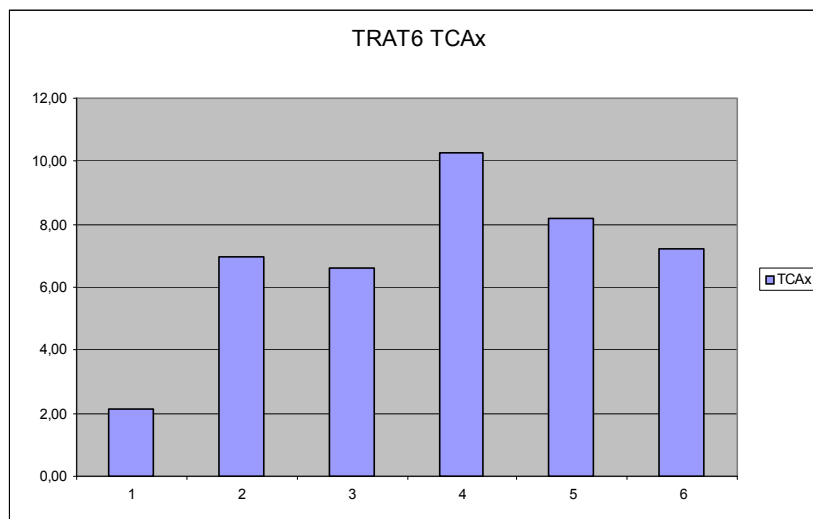
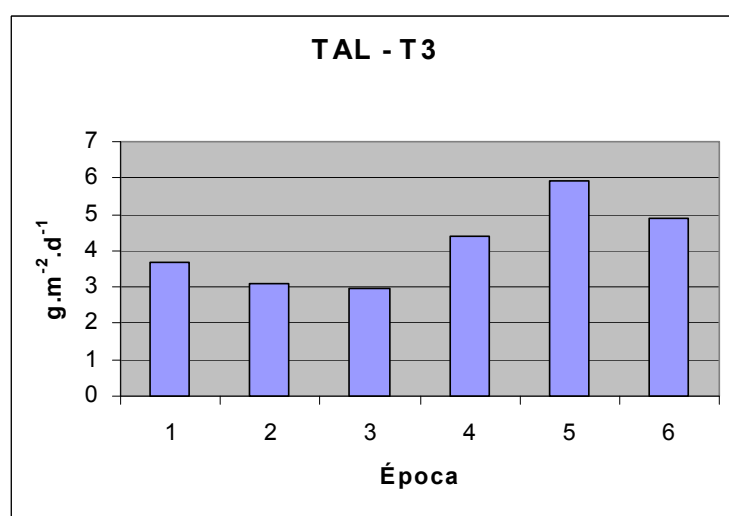
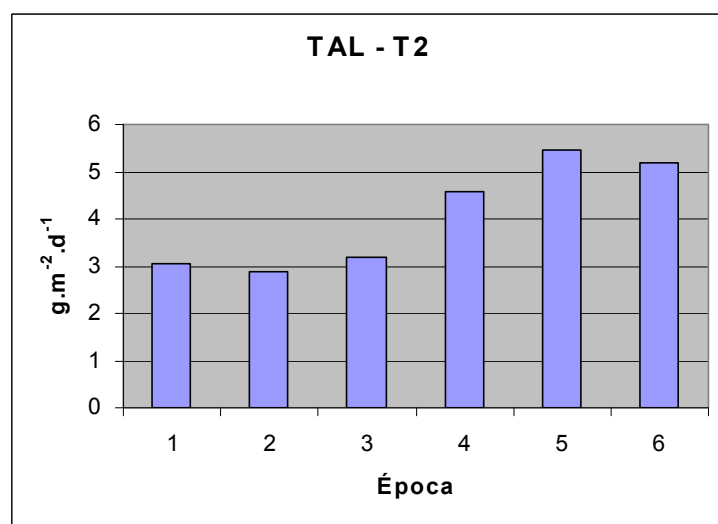
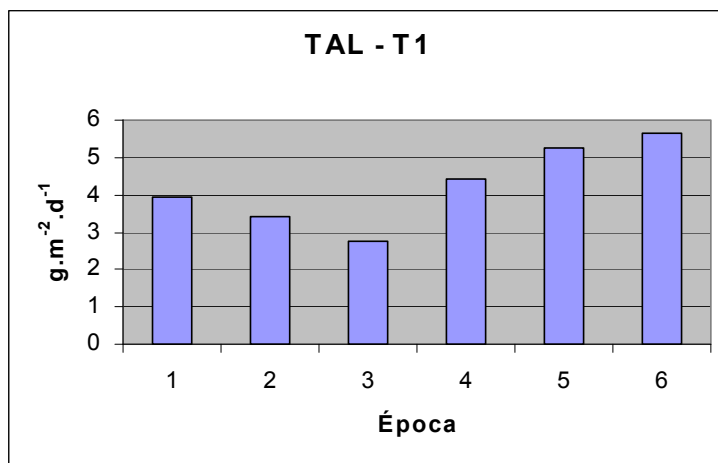


Figura 6 – Taxa de crescimento da cultura ($\text{g.m}^{-2}\text{solo.dia}^{-1}$) para os diversos tratamentos

4.5. Taxa de assimilação líquida (TAL)

Os valores da TAL foram calculados a partir da TCC e do IAF e são apresentados na figura 7. Os resultados apresentam valores crescentes a partir da colheita, configurando-se as maiores taxas no final do ciclo da cultura. Estes resultados divergem daqueles relatados por ROSSIELLO (1987) e SOUZA (1995), que, em cana irrigada, obtiveram maiores valores na TAL nos períodos de maior crescimento da cultura.

Novamente evidencia-se o efeito do déficit hídrico afetando a fisiologia da cultura, uma vez que nos meses de maior potencial de crescimento, quando a TAL deveria ser máxima, em função de ótimas condições de luminosidade e temperatura, registrou-se precipitações pluviométricas de apenas 35 mm em janeiro e 80 mm em fevereiro.



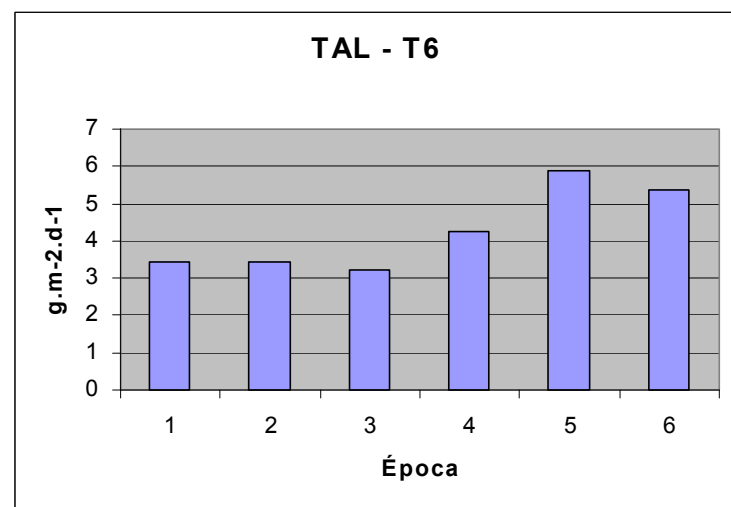
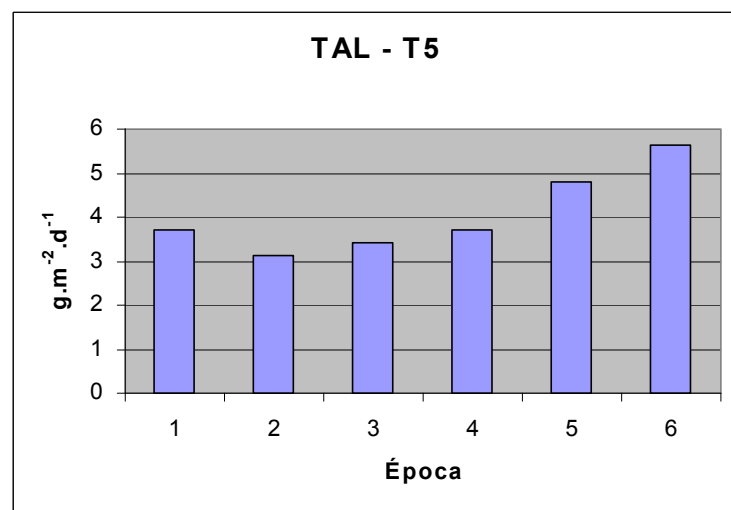
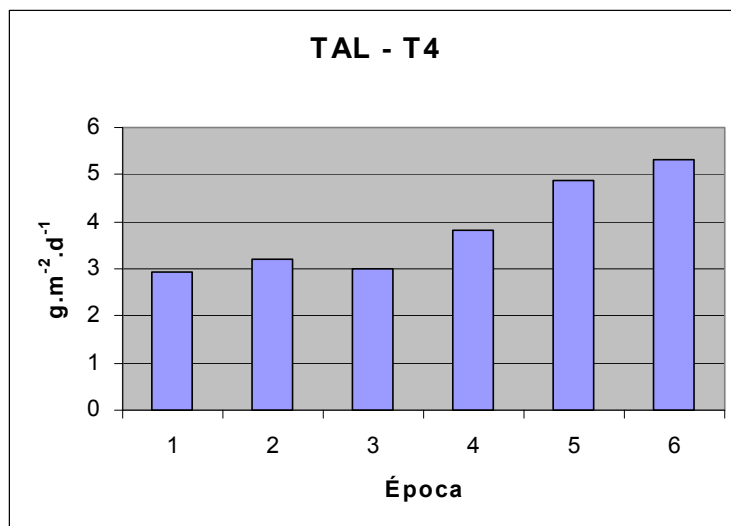
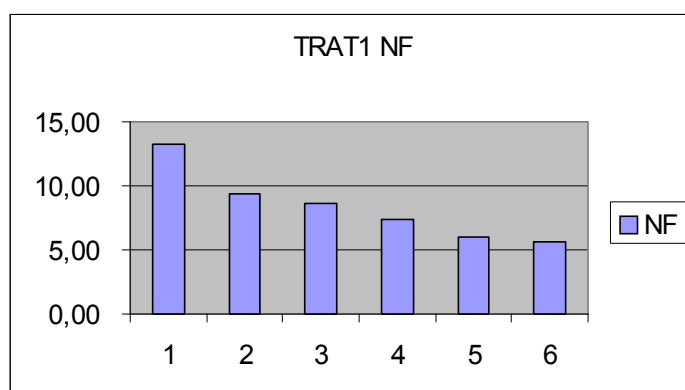


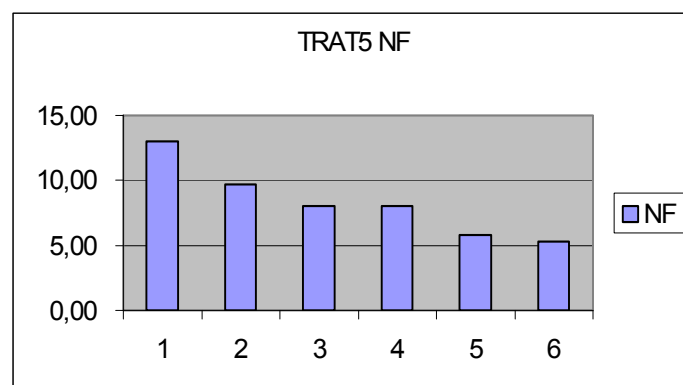
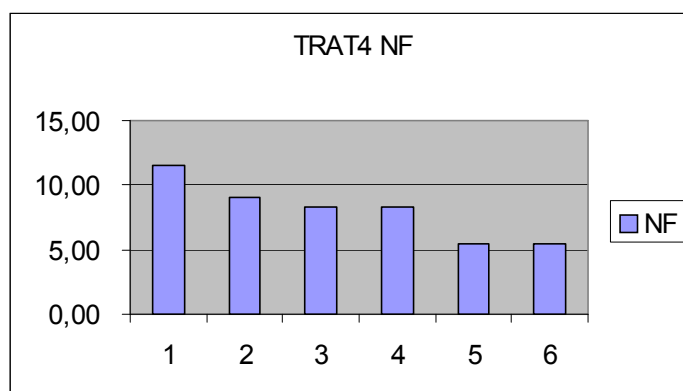
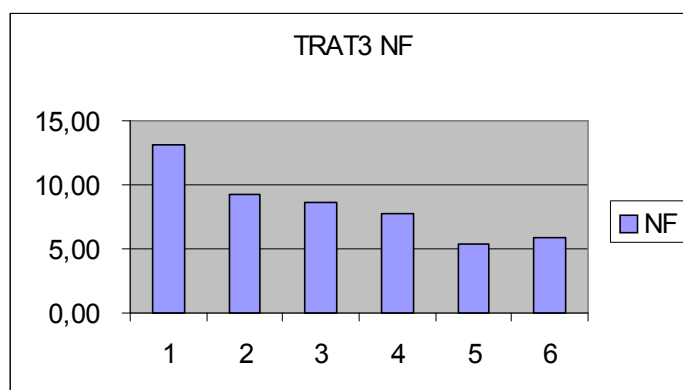
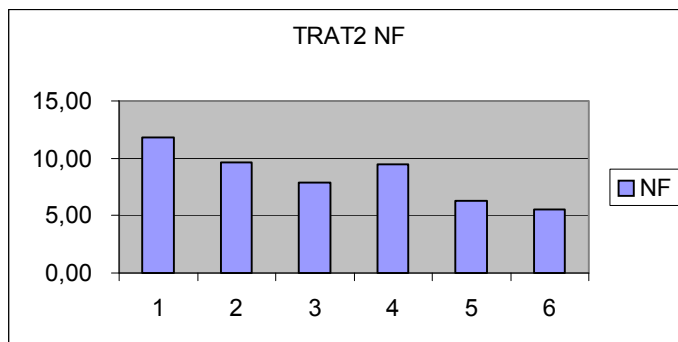
Figura 7 – Taxa de assimilação líquida – TAL ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{folha}\cdot\text{dia}^{-1}$) para os diversos tratamentos.

4.6. Acumulação de nitrogênio nas folhas

4.6.1. Concentração de nitrogênio nas folhas

Conforme figura 8, a concentração de nitrogênio nas folhas foi maior na fase inicial de crescimento, decrescendo com a idade até os 240 dias após corte. HUMBERT (1974) cita que o nitrogênio em cana-de-açúcar é absorvido em quantidades maiores daqueles que as plantas podem usar, logo nas primeiras semanas. O comportamento de maior concentração de N no início e decréscimo ao longo do ciclo foi verificado por ROSSIELLO (1987), em cana-planta, e por SAMUEL (1953) e SOUZA (1995), em socas. A figura 8 ilustra a concentração de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos e das épocas de amostragens. Verifica-se para o tratamento 5 (CQ + TF) tendência de voltar a subir a concentração do nitrogênio foliar.





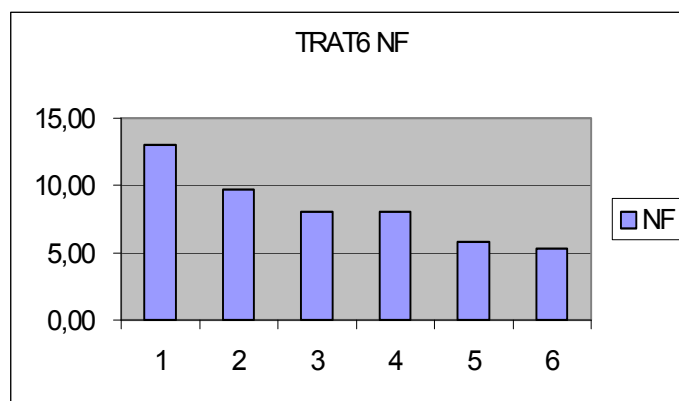


Figura 8 – Concentração de nitrogênio nas folhas (g.kg^{-1} matéria seca) para os diversos tratamentos.

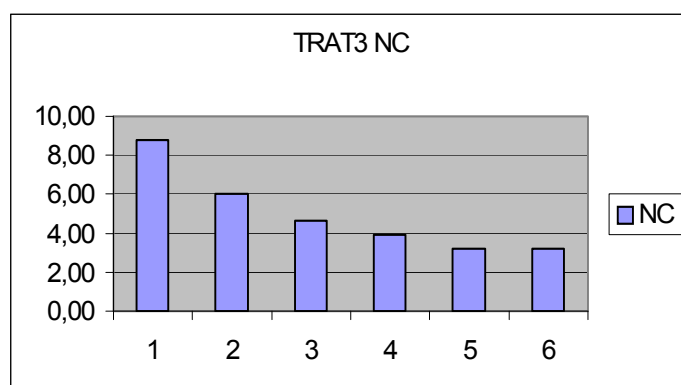
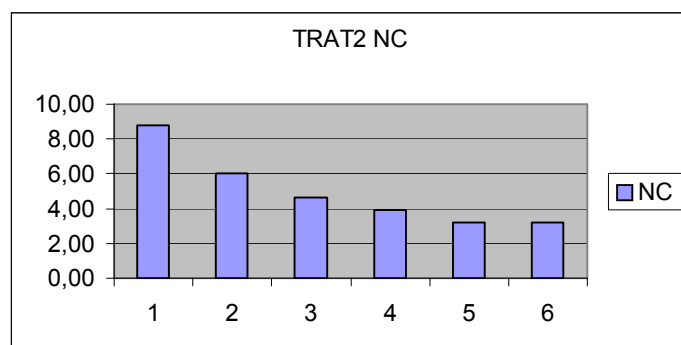
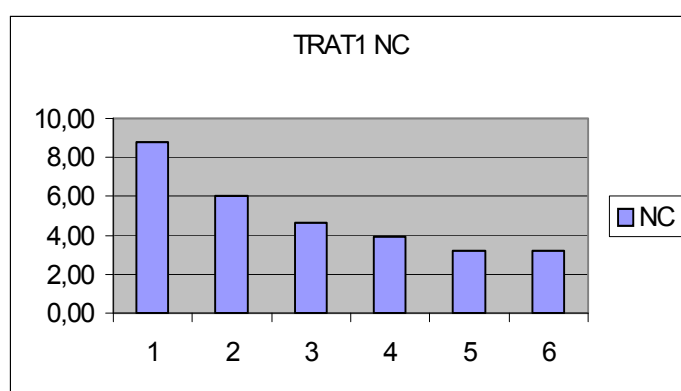
4.6.2. Concentração de nitrogênio no colmo

A figura 9 evidencia a concentração de nitrogênio no colmo (g.kg^{-1} ms), em função dos tratamentos e das épocas de amostragens. Nota-se comportamento semelhante ao parâmetro anterior (nitrogênio nas folhas), qual seja, maiores valores no início do ciclo e decréscimos com a idade, embora em níveis percentuais inferiores.

Nota-se tanto na figura 8, concentração de nitrogênio nas folhas, assim como na figura 9, concentração de nitrogênio no colmo, não haver diferenças entre tratamentos. Porém, nas parcelas onde no processo de colheita não utilizou-se da queima do canavial, esperava-se com o tempo, principalmente quando empregou-se 30 toneladas de torta de filtro por hectare, que os efeitos positivos deste resíduos, através da mineralização e decomposição do palhicho, resulta-se em maiores concentrações de nitrogênio nos colmos e folhas. Também, a parcela CQ

(tratamento 4), era de se esperar menor conteúdo de nitrogênio, quando em comparação com os tratamentos 5 (CQ + TF) e 6 (CQ + TF + B), pelas mesmas razões citadas acima.

Contudo, em se tratando de ser o solo estudado um Cambissolo eutrófico, de alta fertilidade natural, cultivado num período de forte stress hídrico, pode ter havido nivelamento de respostas, mascarando o efeito dos tratamentos.



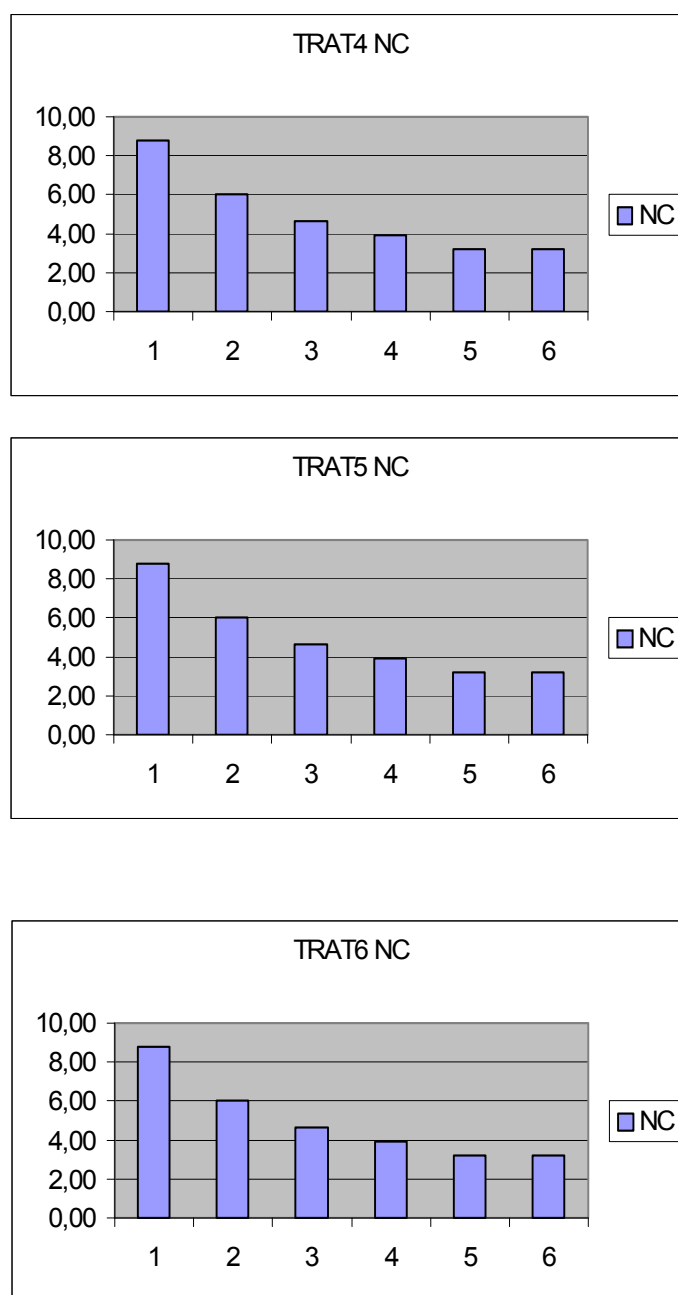


Figura 9 – Concentração de nitrogênio no colmo (g.kg^{-1} matéria seca) para os diversos tratamentos.

5- CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos e nas condições onde foram desenvolvidas esta pesquisa, conclui-se que:

1. A aplicação dos resíduos da agroindústria açucareira (torta de filtro e bagaço), nas áreas colhidas com e sem queima, não resultou em aumento no número de colmos por metro linear e nem mesmo na altura das canas.
2. O fato de não haver diferença significativas para os parâmetros número de colmos por metro linear e de altura das canas, refletiu diretamente na não diferença estatística entre os tratamentos avaliados, no que se refere a produtividade final dos colmos industrializáveis em $t.ha^{-1}$.
3. O valor da fitomassa total, obtida nos diversos tratamentos, apresentou-se muito baixo, em função principalmente do déficit hídrico ocorrido no período de condução do experimento.
4. O I.A.F. (índice de área foliar), apresentou pequenas variações significativas nas primeiras amostragens (segundo, quarto e sexto meses), com valores maiores para os tratamentos com queima, em função de maior número de colmos por metro encontrado nestas parcelas.
5. O índice de palhiço calculado ($20,6 t.ha^{-1}$) afetou a brotação de soqueiras dos tratamentos com cana crua, prejudicando a população de colmos.
6. O índice de área foliar ficou abaixo do considerado ideal para a formação de lavoura produtiva, correlacionando-se coma a baixa produtividade

obtida, mostrando-se como um bom parâmetro fisiológico para estimativa da produção canavieira.

7. A taxa de crescimento da cultura apresentou valores máximo entre 120 e 240 dias após corte, foi semelhante para todos tratamentos ao longo do ciclo de desenvolvimento vegetativo e coincidiu com os períodos de índice de área foliar máximos.
8. A taxa de assimilação líquida foi afetada pelo estresse hídrico no período de máximo crescimento da cultura.
9. A concentração de nitrogênio nas folhas, assim como a concentração de nitrogênio nos colmos, não apresentou diferenças entre tratamentos. O fato de o solo estudado ser um Cambissolo eutrófico, com alta fertilidade natural e de ter ocorrido forte stress hídrico durante o ciclo da cultura, pode ter nivelado as respostas.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, A.G. Sugar cane physiology; a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.
- AZEREDO, D.F., BOLSANELLO, J. Efeitos da adubação nitrogenada em cana-planta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 1, Maceió, AL. 1979. **Anais...** Maceió, 1980. v.2, p.350-352.
- AZEREDO, D.F., MOTA, J.S., MANHÃES, M.S., ROBAINA, A.A. Adubação nitrogenada em cana-soca. **Saccharum STAB**, São Paulo, v.3, n.9, p.35-37, jun. 1980.
- AZEREDO, D.F., ROBAINA, A.A., ZANOTTI, N.E. Adubação mineral em cana-de-açúcar no Estado do Espírito Santo. **Saccharum APC**, São Paulo, v.7, n.30, p.39-43, jan/fev. 1984.
- AZEREDO, D.F., BOLSANELLO, J., LIMA, E., FERNANDES, M.S., VIEIRA J.R. Efeitos do parcelamento da adubação nitrogenada em cana planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. (no prelo).
- AZEREDO, D.F., BOLSANELLO, J., WEBER, H., VIEIRA, J.R. Nitrogênio em cana-planta - doses e fracionamento. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos** Piracicaba, v.4, n.5, p.26-33, maio/jun. 1986.
- BARNES, A., HOLE, C.C. A theoretical basis of growth and maintenance respiration. **Ann. Botany**, Londres, n. 12, p.1217-1221, 1978.
- BITTENCOURT, V.C., FAGANELLO, B.F., SALATA, J.C. Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar (planta). **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.5, n.1, p.25-29, set/out 1986.

- CHANG, J. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago, Aldine, 1968. 304p.
- CHUI, E., SAMUELS, G. Evaluation of N fertilizer efficiency for plant and ratoon crops in irrigated sugarcane. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 16, São Paulo. 1977. **Proceedings...** São Paulo: Impres, 1978, v.2, p.1259-1264.
- CRUZ FILHO, D.J. **Estudo da influência do plano de modernização da agroindústria canavieira sobre a produção e a produtividade da lavoura canavieira da região Norte Fluminense, no período de 1974 a 1984**. Viçosa: 1991. 60p. Tese (Mestrado) UFV.
- CRUZ, R.A., PUYAOAN, E.B. Preliminary study on the elemental up-take of same sugar cane varieties at Conlunbang State. **Sugar News**, Manila, v.46, n.12, p.565-570, 1970.
- FRANCIS, C.A., RUTGER, J.N., PALMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, n. 9, p.537-539, 1969.
- FURLANI NETO, V.L.; MONTEIRO, H.; RIPOLI, T.C. & NOGUEIRA, R.R. "Comparison analysis between green cane and burned cane: tow matter quality, cane losses, crop residue and chopper harvest performance". In: INT. CONG. of ISSCT, 20, São Paulo, 1989, 14p.
- GASCHO, G.J. Water-sugarcane relationships. **Sugar Journal**, New Orleans, v.48, n.6, p.11-17, nov. 1985.
- HARTT, C.E. Translocation of sugar in the cane plant. **Report Hawaiian Sugar Technol.**, p.151-167, 1963.

- HUMBERT, R.P. **El cultivo de la caña de azúcar**. México: Ed. Continental, 1974. 719p.
- IAA/PLANALSUCAR.ADT.Rede de Bibliotecas. **Resultados de 12 anos de pesquisa**. Piracicaba, SP: 1984. 184p.
- IAA/SONDOTÉCNICA, RJ. Projeto de irrigação e drenagem da cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense. Estudos e Levantamentos Pedológicos. Rio de Janeiro. 1983.
- IRVINE, J.E. Estimating the total leaf area in sugarcane varieties. In: **Proceedings American Soc. of Sugar Cane Technol.**, n.3, p.121-123, 1973.
- KVET, J., ONDOK, J.P., NECAS, J., JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z., VATSKY, J., JARVIS, P.G., eds. **Plant photosynthetic production - manual of methods**. The Hague: W. Junk, N.V. Publishers, 1971. p.343-384.
- LEME, E.J.A., MANIERO, M.A., GUIDOLIN, J.C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Cadernos PLANALSUCAR**, Piracicaba, v.3, n.2, p.3-22, 1984.
- MACHADO, E.C. et al.. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.9, p.1323-1329, set. 1982.
- MANHÃES, M.S. Fósforo em dois solos cultivados com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) colhida em sistemas de cana crua e queimada. Seropédica, RJ: 1996. 212p. Tese (Doutorado) UFRRJ.

- MANHÃES, M.S., AZEREDO, D.F., PEIXOTO, A.A. Adubação N-P-K em cana-de-açúcar na Zona da Mata de Minas Gerais. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.91, n.6, p.20-26. jun. 1978.
- MARSCHER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.
- MONTEITH, J.L. Climate. In: ALVIM, P.T., KOZLOWSKI, T.T., eds. **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 1-27.
- NICKELL, L.G. Ecophysiology of sugar cane. In: **Ecophysiology of Tropical Crops**, Manaus. n.1, p.1-52, 1975.
- OLIVEIRA FILHO, J.M. et al.. Ensaio demonstrativos de adubação da cana-de-açúcar na Zona da Mata de Minas Gerais. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS LIGADOS À CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR DA ZONA DA MATA, 3, Viçosa, 1980. **Trabalhos apresentados...** Viçosa: IAA/PLANALSUCAR/UFV/CEE, 1980. p.120-125.
- PEREIRA, A.R., MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33p.
- RIPOLI, T.C.; MIALHE, L.G. & BRITO, J.O. Queima de canavial o desperdício não mais admissível. *Álcool e Açúcar*. São Paulo, n. 54, 218-23. Jul/ago 1990.
- ROSÁRIO, E.L., et al. Leaf growth characteristics of three sugarcane varieties at different population densities and levels of nitrogen fertilization. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 16, São Paulo, 1977. **Proceedings...** v.2, p.1527-1538.
- ROSSIELLO, R.O.P. **Bases fisiológicas de acumulação de nitrogênio e potássio em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cv. NA 56-79) em resposta à**

- adubação nitrogenada em Cambissolo.** Piracicaba: 1987. 172p. Tese (Doutorado) ESALQ/USP.
- ROSSIELLO, R.O.P. **Análise de crescimento vegetal.** Itaguaí, RJ: 1991. 21p. (Apostila de Fisiologia da Produção e Crescimento das Culturas).
- SAMUELS, G. Influence of water deficiency and excess on growth and leaf nutrient element content on sugarcane. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 14, New Orleans, 1971. **Proceedings...** Baton Rouge: Franklin Press, 1972. p.653-656.
- SILVEIRA, J.A.G., CROCOMO, O.J. Assimilação de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em presença de elevado nível de N e de vinhaça no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, n.2, p.7-15, 1990.
- SILVEIRA, J.A.G., CROCOMO, O.J. Biochemical and physiological aspects of sugarcane. I. Effect of NO₃ nitrogen concentration on the metabolism of sugars and nitrogen. **Energia Nuclear na Agricultura.** Piracicaba, n.3, p.19-33, 1981.
- SINGH, P.P., SINGH, G. Soils moisture regimes and levels of nitrogen: effects on yield and quality of sugarcane. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 14, New Orleans, 1971. **Proceedings...** Baton Rouge: Franklin Press, 1972. p.853-858.
- SINGH, U.S. Nitrogen and sugarcane. XIV. Nitrogen removed sugarcane crop during different phases and its relation to cane yield. **Indian Sugar**, New Delhi, v.27, n.11, p.753-758, fev. 1978.
- SOUZA, D. **Influência da adubação nitrogenada sobre a área foliar e a acumulação de fitomassa em quatro variedades de cana-de-açúcar**

(*Saccharum spp*) irrigadas, no ciclo de 1^a soca. Itaguaí, RJ: 1995. 64p. Tese (Mestrado) UFRRJ.

VAN DILLEWIJN, C. Botany of sugar cane. **The Malaysian Agricultural Journal**, v.48, n.2, p.47-59, 1971.

YOON, C.N. Growth studies on sugar cane. **The Malaysian Agricultural Journal**, v.48, n.2, p.447-59, 1971.

ZAMBELLO JÚNIOR, E., ORLANDO FILHO, J. Adubação da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v.3, n.3, p.5-26, mar. 1981.

CAPÍTULO II

Efeito da aplicação de resíduos da agroindústria canavieira sobre as propriedades químicas e biológicas de um solo Cambissolo eutrófico, cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), em condições de colheita com e sem queima.

RESUMO

Num Cambissolo eutrófico da usina Santa Cruz, localizada no município de Campos dos Goytacazes, RJ, foi conduzido experimento objetivando avaliar, durante ciclo de segunda soca (terceiro corte) da cultura da cana-de-açúcar, o efeito de resíduos da fabricação do açúcar, (torta de filtro e bagaço), aplicados em parcelas experimentais posteriormente colhidas com cana crua e com cana sem queima, nas suas propriedades químicas e biológicas.

O campo experimental foi plantado no mês de abril de 1992. O corte da cana-planta ocorreu em julho de 1993. A primeira soca foi colhida em agosto de 1994, ocasião em que se reinstalou o ensaio para avaliação na segunda soca ou terceiro corte, cuja colheita aconteceu em setembro de 1995.

Os tratamentos efetuados foram: 1 – CC = cana crua; 2 – CC + TF = cana crua + 30 toneladas.ha⁻¹ de torta de filtro; 3 – CC + TF + B = cana crua + 20 toneladas de torta de filtro.ha⁻¹ + 10 toneladas.ha⁻¹ de bagaço; 4 – CQ = cana queimada; 5 – CQ + TF = cana queimada + 30 toneladas .ha⁻¹ de torta de filtro; 6 – CQ + TF + B = cana queimada + 20 toneladas.ha⁻¹ de torta de filtro + 10 toneladas.ha⁻¹ de bagaço.

Os parâmetros discutidos e analisados foram: a) produtividade de colmos industrializáveis em t.ha⁻¹; b) produção de açúcar em t POL.ha⁻¹; c) biomassa microbiana do solo – carbono em mgC.g⁻¹ de solo; d) efeito dos resíduos agro-industriais entre tratamentos, nas produtividades dos segundo e terceiro cortes em t

cana.ha⁻¹; e) efeito dos tratamentos sobre as propriedades químicas do solo; f) determinação do índice do “palhiço”.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1 – A aplicação dos resíduos da agroindústria açucareira (torta de filtro e bagaço), nos canaviais colhidos com e sem queima, não resultou em aumentos de produtividade, quer seja em t cana.ha⁻¹ ou em t pol.ha⁻¹.

2 – Os tratamentos com cana crua que receberam resíduos industriais, apresentaram valores significativamente maiores de BMS-C, em comparação ao tratamento cana queimada. Houve uma maior proporção de carbono imobilizado na biomassa microbiana do solo, principalmente no tratamento cana crua com torta de filtro adicionada.

3 – O tipo de solo estudado, Cambissolo Eutrófico, pode ter facilitado a semelhança dos resultados de produção (t cana.ha⁻¹), em função de sua alta fertilidade natural.

4 – O Índice de Palhiço, equivalente a 20,6 t.ha⁻¹ de palha, pode ter afetado a brotação de soqueiras dos tratamentos com cana crua.

5 – De modo geral, as propriedades químicas do solo estudadas não foram alteradas quando se compararam os tratamentos.

SUMMARY

In a Inceptisol soil of Santa Cruz sugar mill; located at Campos dos Goytacazes,RJ, an experiment was conducted to evaluate the influence, in the chemical and biological properties of the soil, during the sugar cane second ratoon, of the sugar industry wastes (filter cake and bagasse) applied into experimental parcels harvested with and without previous burning of the cane.

The experimental field was planted in April 1992. The harvest of the cane occurred in July 1993. The first 1994, ratoon was harvested in August when the experiment was reinstalled for evaluation in the second ratoon, which harvest was done in September 1995.

The tested treatments were:

1= CC= raw cane; 2- CC+TF= raw cane + 30 t.ha⁻¹ of filter cake; 3-CC+TF+B= raw cane + 20 tons of filter cake ha⁻¹ + 10 t. ha⁻¹ of bagasse; 4-CQ= burned cane; 5- CQ +TF= burned cane + 30 t ha⁻¹ of filter cake; 6-CQ + TF + B= burned cane + 20 t.ha⁻¹ of filter cake + 10 T.ha⁻¹ of bagasse.

The parameters discussed and interpreted were:

- a) manufacturable stalks productivity in t.ha⁻¹.
- b) Sugar production in t Pol ha⁻¹
- c) microbial soil biomass - carbon in mgCg⁻¹ of soil.
- d) agroindustrial wastes effect among treatments on the productivity of second and the third curts of the in t.sugarcane ha⁻¹
- e) treatments effects on soil chemical properties
- f)straw index determination.

The results allowed the following conclusions:

- 1- The application of the sugar agroindustry wastes (filter cake and bagasse), in the sugar cane fields harvested with or without burning, didn't result in increasing of productivity, in $t \cdot ha^{-1}$ or in $t \cdot ha^{-1}$.
- 2- Raw cane treatments, that received industrial wastes, showed expressive higher values of BMS-C, in comparison with burned cane treatments, mainly in raw cane treatment with filter cake.
- 3- The Inceptisol soil, may have facilitated the similarity of the production results ($t \text{ cane } ha^{-1}$), due to the its high natural fertility.
- 4- Straw index, equivalent to 20,6 t. straw ha, may have affected the ratoon budding of the raw cane treatments.
- 5- generally speaking, the soil chemical properties studied haven't been modified when the treatments are compared.

1. INTRODUÇÃO

A agroindústria sucro-alcooleira brasileira contribui com um índice de 3% do PIB nacional, favorece mais de 500 empresas de insumos, gerando por volta de um milhão de empregos diretos e mais de 300 mil indiretos.

De acordo com BERTELLI (1992) o setor sucro-alcooleiro nacional é representado por 348 unidades industriais em operação, sendo 245 na região Centro-Sul e 103 na região Norte-Nordeste.

VIEIRA (1999) cita dados do CINAL de 1995, mostrando a atividade da agroindústria brasileira constituída por 346 unidades industriais, sendo 143 destilarias autônomas, 39 usinas que só produzem açúcar e 173 usinas com destilarias anexas.

A expansão do complexo da agroindústria canavieira no Brasil, com o aumento do número e da capacidade instalada de moagem das fábricas produtoras de açúcar e álcool, assim como a necessidade de maior velocidade no suprimento de matéria prima, utilizando-se carregadoras de cana operando junto a transportes de grandes tonelagens, provocou mudanças estruturais no sistema de colheita da cultura da cana-de-açúcar.

Hoje, a queima prévia do canavial, visando facilitar o corte, constitui-se prática de rotina, com efeitos benéficos na eliminação de folhas e palhas e aumentos significativos nos desempenhos dos sistemas empregados.

FURLANI (1984) cita desempenhos operacionais da ordem de 5,0 a 7,0 t/homem - dia para o corte manual da cana queimada, disposta em montes, enquanto que, para cana crua, a capacidade efetiva de trabalho do cortador tem variado de 2,5 a 5,0 t/homem - dia.

No entanto, de um modo geral, de acordo com DEMATTÊ (1980), todo sistema em estado de estabilidade, quando rompido, sofre um decréscimo na sua atividade. É o caso da matéria orgânica (%) em solo virgem, que em função do tempo atingiu o estado de estabilidade. O autor, apresenta dados evidenciando que as modificações impostas ao sistema podem ocasionar uma série de problemas, principalmente ligados a CTC, além de alterações na biologia do solo.

A introdução de determinada cultura em áreas nunca antes cultivadas, onde necessário se faz a mobilização dos solos precedida de corte da vegetação nativa, exemplifica o rompimento do sistema em equilíbrio. Porém, após anos de cultivo, pode-se estabelecer novo equilíbrio, principalmente se técnicas de uso e manejos adequados, tanto do solo como de métodos de colheita, forem levados em conta, caso que aconteceu com a cultura canavieira antes da adoção das queimadas para colheita (BERTO, 1993).

A eliminação da palha pelo fogo, do ponto de vista agrônômico, apresenta aspectos negativos, já que, depositado este material em cobertura, através do processo de colheita da cana crua, hoje viabilizado através da adoção do sistema mecanizado de corte, obtém-se eficiente proteção do solo contra a erosão, evitando também seu aquecimento excessivo, independente de favorecer um melhor controle de ervas daninhas e maior manutenção da umidade do solo (MENDOZA, 1996).

O palhiço e restos vegetais, submetidos ao processo de mineralização, resultarão em compostos que certamente irão proporcionar melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Neste contexto, a atuação dos microorganismos do solo na decomposição da matéria orgânica, passa a exercer função fundamental na nutrição das plantas, na medida que fontes de nitrogênio, fósforo, enxofre e outros nutrientes, são liberados gradualmente para a solução dos solo durante o fenômeno da mineralização (ANDERSON & DOMSCH, 1980).

A população microbiana é responsável, em grande parte, pelas transformações da matéria orgânica, que a utiliza como fonte de nutrientes e energia, visando formação e desenvolvimento de suas próprias células. Neste processo, imobilizam temporariamente o C, N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes sendo que, estes deverão tornar-se disponíveis para a absorção pelas raízes dos vegetais, quando da morte e decomposição do próprio microorganismo.

A quantificação da biomassa microbiana do solo pode associar o tamanho da população de microorganismos e sua dinâmica com a fertilidade e potencial de produtividade do solo, além de poder fornecer dados sobre suas alterações em função de diversas práticas agrícolas empregadas, uma vez que esta é significativamente influenciada pelo tipo de utilização do solo.

Objetiva-se com o presente trabalho, avaliar a influência de resíduos da fabricação do açúcar (torta de filtro e bagaço), aplicados em parcelas experimentais colhidas com cana crua e com cana sem queima, nas propriedades químicas e biológicas de um solo de textura argilosa do Estado do Rio de Janeiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Efeitos da queima dos canaviais

A matéria orgânica do solo pode ser considerada como importante fator de produtividade agrícola, devido o efeito que a mesma exerce sobre as propriedades físicas e biológicas do solo, AZEREDO & MANHÃES (1983).

Dentre os muitos materiais empregados na adubação orgânica da lavoura canavieira, os restos de cultura (palhiço), a torta de filtro e o bagaço, são considerados relevantes principalmente em função da disponibilidade.

RIPOLI et al. (1990) citam razões pelas quais os produtores adotaram a prática da queima e, por outro lado, relatam a possibilidade de se voltar a colher cana crua, apresentando como vantagens imediatas a redução da poluição ambiental, diminuição dos riscos de incêndio e melhorias agronômicas, uma vez que o palhiço resultante da operação de corte, apresenta-se como fonte significativa de matéria orgânica para os solos cultivados.

De acordo com FURLANI (1981), o corte da cana-de-açúcar, antes realizado na palha, ou seja, com a cana crua, passou a ser adotado com cana queimada em função de favorecer o desempenho de corte e contribuir para a eliminação das folhas e palhas na matéria prima, diminuindo conseqüentemente as impurezas vegetais que acompanham a carga enviada para moagem. No entanto, ainda conforme relata FURLANI (1981), a queima do canavial pode proporcionar problemas de ordem técnica, sanitária e econômica, com graves conseqüências para o setor da agroindústria açucareira.

PEIXOTO (1981), descreve que a operação de queima para colheita de cana-de-açúcar na Região do Norte-Fluminense, vem cada vez mais se

intensificando visando, além do aumento do desempenho operacional do corte, diminuir riscos de acidentes com animais peçonhentos que vivem nas áreas canavieiras.

DELGADO (1985) enumera, do ponto de vista agronômico, os seguintes problemas considerados de relevância na queima dos canaviais:

- a. destruição da palhada da cana que seria decomposta e incorporada ao solo aumentando-se seu potencial de matéria orgânica;
- b. diminuição do teor de matéria orgânica do solo, provocada pela temperatura mais elevada que é submetida;
- c. predisposição do solo a ação mais agressiva das chuvas;
- d. predisposição do solo a um maior ressecamento pela exposição mais direta dos raios solares;
- e. destruição de muitos insetos, considerados inimigos naturais da “broca” da cana-de-açúcar;
- f. predisposição do solo ao desenvolvimento de ervas daninhas.

As queimadas verificadas nas áreas onde se cultivam cana-de-açúcar, podem apresentar efeitos diretos ou indiretos. De acordo com NYE & GREENLAND (1964), a prática da queima nos solos fornece razoável quantidade de cinzas, suprindo-o com cátions (potássio, cálcio, magnésio e sódio). Logo, observou-se, durante um período de dois anos, aumento de fertilidade que decresce a partir de então, havendo necessidade de adubações balanceadas. Por outro lado, ainda segundo NYE & GREENLAND (1964), com o incremento das cinzas, há carência de fósforo e, normalmente ocorre diminuição do alumínio trocável.

Também quantidade pequena de ânions é fornecida e alguns elementos sofrem volatilização provocada pelo calor do fogo.

CASTRO (1957), analisando as queimadas como prática agrícola e seus efeitos, relata uma menor capacidade de retenção de nutrientes quando da degradação da matéria orgânica do solo além de modificações na estrutura das camadas superficiais do solo. Cita que o rompimento dos agregados acarreta diminuição da porosidade e, conseqüentemente maior compactação do solo, o que dificulta a infiltração de água.

SAVAGE et al. (1972) citam que áreas expostas freqüentemente a ação das queimadas formam camadas de superfície com substâncias repelentes à água. Há dificuldade de infiltração da água no solo, o que ocasiona excesso de água escorrendo superficialmente.

Em trabalho sobre o efeito da matéria orgânica na biologia do solo, CARDOSO (1992), cita que o aumento da temperatura do solo, numa escala crescente de valores até um limite, aumenta a cinética de conversões enzimáticas microbianas. Apresenta dados onde o aumento significativo na liberação de CO₂, advinda dos processos respiratórios, ocorreu em solos brasileiros quando a temperatura era elevada de 15° a 35° C.

Onde não foi verificado diferenças significativas no número de colônias de fungos nos tratamentos em áreas queimadas e não queimadas sob mata atlântica. No entanto, apesar do efeito de uma queimada ser desprezível, deve-se levar em consideração o efeito de sucessivas queimadas que tem resultado na eliminação de grande parte da matéria orgânica, podendo conduzir total falta de substrato

energético para a microbiota e a diminuição do grau de estruturação do solo e redução da C.T.C., CARDOSO (1992).

Quanto aos efeitos na indústria, na África do Sul, LAMUSSE (1979) comparou o rendimento industrial da cana colhida queimada e não queimada durante duas safras, na Usina de Tongaat. Verificou que: o teor de palhas foi de 7,4% na cana queimada e de 12,2% na cana crua; houve um processamento maior de 26,7t cana/ha quando ela é queimada representando de 13 a 15% a mais no rendimento (isto representou uma redução de 48 dias no período de safra); a queima não afetou a porcentagem de pontas, cuja média foi de 2,5%; o pol % bagaço foi maior na cana queimada (97,16 contra 96,69%); a energia por tonelada de cana processada foi de 18% maior na cana crua devido à maior quantidade de fibra; o teor de cinzas da cana moída foi semelhante nos dois casos; e, no transporte, a cana queimada possibilita um acréscimo de 1,73t por veículo, em cada viagem.

FERRARI et al. (1980) recomenda que para diminuir-se a matéria estranha vegetal nas cargas, deve-se ter o cuidado, no corte manual da cana crua, em limpar a superfície do terreno onde será depositado os montes para posterior carregamento, obrigando o cortador a realizar o desponde dos colmos fora do alinhamento da deposição dos colmos no eito.

De acordo com TILLMANN (1994), durante a safra de 91/92 o Brasil se destacou mundialmente como um dos maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar, com 4,2 milhões de hectares, produzindo 260 milhões de toneladas de cana para a fabricação de álcool e açúcar. Em estudo realizado em corte manual de cana crua e queimada, em duas variedades (SP70-6163 e SP71-1406), TILLMANN

(1994) conclui que tanto o desempenho operacional como o econômico da colheita sem queima prévia, foram significativamente inferiores aos verificados para a cana queimada, sendo que, em termos energéticos e conservacionistas, a prática de colheita em cana crua, aumentou significativamente a quantidade de resíduos sobre o solo. O carregamento na condição de cana crua proporcionou elevados índices de matéria estranha mineral e vegetal junto à matéria prima industrializável.

Áreas	Imp. Vegetais (%)		Imp. minerais (%)	
	CC	CQ	CC	CQ
A	15,00	7,97	0,61	0,33
B	15,40	6,90	1,13	0,24

Fonte: TILLMANN, (1994) CC = cana-crua ; CQ = cana-queimada

As conclusões foram:

- o sistema semi-mecanizado em cana queimada apresentou os melhores desempenhos no corte, no carregamento e no transporte;

- o corte manual de cana-crua, apresentou maiores índices de perdas de matéria prima industrializável, em relação à cana queimada;

- o corte manual de cana crua aumentou a quantidade de resíduos sobre o solo em 140%, quando comparado ao sistema de colheita em cana queimada;

- a cana crua acarretou na matéria prima, aumentos de 23,2% de matéria estranha mineral e de 40% na impureza vegetal, quando comparados ao sistema de cana queimada;

o sistema de colheita semi-mecanizado em cana queimada apresentou um desempenho econômico aproximado de 20% superior ao verificado em cana crua.

NOVAIS (1971) avaliou o efeito da despalha manual e com fogo sobre a qualidade da cana moída e verificou que houve um decréscimo no peso da cana após 24 horas do corte, independente do tipo de despalha. O tipo de despalha não

influenciou também, no teor de sólidos do caldo, até 48 horas após a colheita. Observou que a sacarose aparente do caldo da cana despalhada manualmente sofreu um declínio acentuado após 86 horas do corte. O açúcar provável % cana decresceu, nos dois casos, a medida que se aumentou o tempo de espera entre o corte e o processamento, porém, o decréscimo é mais acentuado nas canas despalhadas manualmente.

Na região de Campos/RJ, PARAZZI & BOLSANELLO (1980) avaliaram a deterioração da cana após o corte e verificaram que esta é maior nas canas cruas. Resultados semelhantes tinham sido obtidos na região de Araras/SP, por FERRARI & RODELLA (1979).

REDMAN (1977) relata que a cana queimada e cortada perde duas vezes mais peso do que a cana não queimada e que, a pureza do caldo da cana não queimada geralmente decresce mais rapidamente do que o da cana queimada.

2.2. Formas de colheita de cana-de-açúcar e nutrição da planta

A ocorrência de resíduos de colheita de cana crua no terreno traz dificuldades para a adequada localização do fertilizante, principalmente por requerer um cultivador-adubador que corte o palhiço residual. A adubação nitrogenada em sub-superfície, abaixo do resíduo de pós colheita é a operação mais dificultada, segundo ORLANDO FILHO (1994).

AYRES & HAGIHARA (1963) verificaram que o aproveitamento do nitrogênio pela cana-de-açúcar é de aproximadamente 50% do total aplicado, sendo que PARISH (1965), atribui esta baixa eficácia à volatilização de amônia,

lixiviação, desnitrificação e imobilização biológica ou física, indicando a necessidade de estudos para melhor aproveitamento do N pelas plantas cultivadas.

TAKAHASHI (1970) observou que as perdas de N à partir do sulfato de amônio foram devidas principalmente à volatilização e desnitrificação. As perdas por volatilização são acentuadas quando o fertilizante não é incorporado ao solo.

Na África do Sul, THOMPSON (1969) determinou as seguintes quantidades de nutrientes no palhiço de 100 toneladas de cana: N = 31kg; P₂O₅ = 8kg; K₂O = 42kg; CaO = 17kg; MgO = 43kg.

O autor conclui que do ponto de vista nutricional, não houve diferença entre a queima da palha e a permanência da mesma como “mulch”. A queima provocou perdas de nitrogênio, enquanto os demais nutrientes permaneceram quase que totalmente nas cinzas sobre o solo. Não foram observadas diferenças significativas na disponibilidade de P, K, Ca e Mg no solo onde a palha foi queimada e onde foi deixada na superfície, após 23 anos de cultivo de cana-de-açúcar. O teor de matéria orgânica em até 08 cm de profundidade, foi significativamente superior no tratamento que manteve a palha, enquanto a porosidade e densidade global não foram alteradas.

MENDOZA *et al* (2000) comparando dois sistemas de colheitas de canaviais, com queima prévia e com cana crua (posterior espalhamento da palha na superfície), com seis anos de cultivo em solo Podzólico Amarelo, citaram que o método de cana crua promoveu incrementos nos teores de carbono e magnésio em relação ao método com queima, o qual, por sua vez, apresentou maiores teores de potássio e fósforo. Os autores ainda observaram o predomínio da fração húmica e

da fração ácidos fúlvicos, assim como o de carbono imobilizado na biomassa microbiana quando da adição da palha.

Um dos trabalhos clássicos de relação C/N em cana crua e queimada é o de WOOD (1966) na África do Sul, que observou que a presença de material não decomposto, com baixo teor de N, sobre o solo cultivado com cana-de-açúcar ou incorporado ao mesmo, resultou numa competição entre os microrganismos do solo e as plantas pelo nitrogênio, sendo mais acentuada no início de brotação do canavial, necessitando algumas complementações desse elemento para o solo manter o equilíbrio da relação C/N.

Segundo PEARSON (1960) com a conservação da matéria orgânica na superfície do solo, pode-se esperar aumentos de produtividade a partir da 2ª soca da cultura, exceto onde ocorrer má drenagem ou excesso de matéria orgânica. Este aumento é causado pela decomposição do palhicho do 1º corte mais o palhicho do 2º corte sobre a produtividade do 3º corte, principalmente, devido ao aumento da matéria orgânica no solo. O autor também comenta o efeito do controle das ervas invasoras devido ao impedimento à fotossíntese pelas ervas, reduzindo o seu desenvolvimento. Tais afirmações são confirmadas por MUZIK (1970), CRAFTS (1975) E LORENZZI et al. (1989).

CEDDIA *et al* (1999), objetivando avaliar o efeito de dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar, quais sejam: cana crua com posterior espalhamento do palhicho sobre o solo e sistema com queima prévia do canavial, sobre algumas propriedades físicas do solo Podzólico Amarelo em área de tabuleiro, concluíram, após seis anos de cultivo, haver alteração no sistema cana com queima evidenciada pela diminuição do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água e

pelo aumento da densidade do solo na profundidade de 0 a 5 cm. Os autores também observaram alterações significativas na porosidade total e distribuição dos poros, devido as práticas dos sistemas de colheita.

De acordo com SAMUELS (1969) em Porto Rico, a composição, em peso seco, da cana-de-açúcar, de 12 meses foi: cana = 49%; pontas verdes = 9%; palhas = 25%; tocos = 4% e raízes = 13%.

No Brasil, trabalhos com a variedade CB 41-76, citado pelo MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA/ELETROBRÁS (1983), demonstraram que tanto para a cana-planta, como para cana-soca, as quantidade de nutrientes retirados por produção relativa em 100t de colmos e folhas, expressos em kg/100t de peso verde, foram:

Macronutrientes	kg de elementos / 100t de colmos verdes			
	Cana-planta		cana-soca	
	colmos	folhas	colmos	Folhas
Nitrogênio	92	62	73	58
Fósforo	10	8	13	8
Potássio	64	89	71	102
Cálcio	59	48	35	32
Magnésio	34	17	31	14
Enxofre	28	19	23	16

2.3. Solos e produtividade agrícola

No estado do Rio de Janeiro, PEIXOTO (1989) verificou que a umidade relativa do solo (%) no período de 1985 a 1988, era sempre maior em área que a cana era colhida crua em relação a área que se usou o fogo para a despalha e que, as diferenças variavam de 2,61 a 13,5%. Constatou-se também um acréscimo do

conteúdo de carbono do solo de 1,64% para 2,06% em função da colheita de cana crua.

BERNER et al. (1994) estudando o efeito do manejo da cana-de-açúcar na fertilidade de solo da baixada, no município de Campos/RJ, constataram que do ponto de vista químico, apesar da ausência de adubações, a área com cana colhida crua, durante 50 anos, mostrou resultados semelhantes aos da área com cana colhida queimada. As principais diferenças observadas foram no teor de carbono orgânico, maior no tratamento cana crua do que no tratamento cana queimada. Neste mesmo tratamento foi observada maior atividade biológica. A CTC, em solos da baixada é em geral elevada, apresentando nas duas áreas, valores superiores a 12 meq/100g de solo. A soma de bases trocáveis é maior na área com cana crua, com predominância de Ca e Na, a qual também apresenta valores de pH mais elevados, nos primeiros 10 cm, mesmo que a área com cana queimada tivesse recebido calagem anteriormente.

Para URQUIAGA et al. (1991), a prática da colheita da cana crua, pode contribuir significativamente para a melhoria da fertilidade do solo, haja vista que a média de produção de palha de um canavial varia de 10 a 20 t de matéria seca por hectare, correspondendo de 10 a 30% da produção total (colmos + folhas) por ha, dependendo da variedade e da produtividade. Assim ao se colher a cana crua, incorpora-se ao solo cerca de 45 kg N/ha/ano e de 20 kg S/ha/ano, além de se evitar devolver à atmosfera, pelo uso do fogo, uma quantidade de 13.000 a 24.000 kg/ha de CO₂.

Os mesmos autores observaram, após 5 anos, que das 74 t/ha de matéria seca de palha que foram depositadas na superfície do solo, somente 6 t/ha ficaram

como resíduo, e que no sistema de queima, apenas 0,4 t/ha foram encontradas, indicando que 92% da palha depositada na superfície do solo foi degradada em cada ano, e que esse processo é relativamente rápido, favorecendo a atividade biológica do solo. A manutenção da palha aumentou significativamente os teores de Mg e K e reduziu os teores de alumínio (Al^{3+}) em até 40% nos primeiros 20 cm de profundidade, após 5 anos de cultivo.

No tocante a produtividade, os resultados obtidos por PEIXOTO (1989), revelam que no 6º corte, quando foram iniciados os tratamentos, o rendimento médio das três variedades utilizadas, foi de 19 toneladas/ha a mais na área com cana queimada do que o rendimento médio da área com cana crua. Tal diferença pode estar associada a maior atividade microbiológica do solo na área de cana crua e conseqüentemente a uma maior competição por nutrientes, principalmente nitrogênio. Já a partir do 7º corte a competição por nutrientes devido a atividade da microbiota do solo na área de cana crua diminuiu sensivelmente, o que pode ser constatado pelo equilíbrio entre os rendimentos das socas observado nas duas áreas. Verificaram que para as condições do experimento, conduzido em cambissolo argiloso de baixada, os benefícios diretos da adição da palhada sobre a produção se expressam após o 4º ano da prática.

Produção de cana (t/ha) em 4 cortes, no período de 1985 a 1989,
aos 12 meses de idade das socas, (PEIXOTO, 1989)

Variedades	Cana crua					Cana Queimada				
	6 C	7 C	8 C	9 C	Médias	6 Q	7 Q	8 Q	9 C	Médias
NA56-79	125	133	139	116	128	148	133	133	99	128
CB47-89	101	100	96	96	98	111	108	99	72	97
CP51-22	104	107	115	105	115	127	105	113	97	110
Médias	110	113	117	107	111	129	115	115	90	112

Em condições de solos do terciário, em Linhares-ES, LIMA et al. (1994), verificaram que no segundo ano após o início da colheita da cana crua, o rendimento agrícola nesta área foi maior do que o rendimento na área de cana queimada.

Em Pernambuco, URQUIAGA et al. (1991), verificam em 5 (cinco) soqueiras seguidas, que a produtividade de colmos frescos variou de 43 a 87 t/ha, sendo os valores mais baixos nos anos mais secos. Neste estudo, a média de colheita da cana crua (67 t/ha.ano^{-1}) superou a do sistema de queima em 10%, sendo que nos anos mais secos ou onde a distribuição de chuvas foi muito irregular, o sistema de corte de cana sem queima superou em 25% os rendimentos do sistema e manejo com queima.

Em São Paulo, ORLANDO FILHO et al. (1994) estudaram a adubação de soqueiras de cana-de-açúcar sob os dois tipos de despalha, cana crua x cana queimada, em um Latossolo Vermelho Escuro (LE). Os autores verificaram que o número de perfilhos/m e altura do “dewlap” em cm aos 60 e 90 dias de idade, já apresentavam maiores valores na área de cana queimada. A adubação não influenciou nenhum dos parâmetros avaliados. No confronto entre cana crua x cana queimada independente dos tratamentos, os maiores valores de t cana/ha, número de colmos/m linear, pol % cana e fibra % cana foram obtidos em condições de cana queimada.

2.4. Palhiço como resto de cultura

A influência do “palhiço” como fonte de matéria orgânica é relatada por muitos autores. ORLANDO FILHO & ZAMBELLO JR. (1980) citam que na África do Sul a cana é cortada crua ficando a superfície do solo coberta com palhiço, o qual não é enleirado nem queimado, este sistema, ainda segundo os mesmos autores visa a proteção do solo contra a erosão, o controle de ervas daninhas, a manutenção da umidade do solo e o enriquecimento deste no conteúdo de matéria orgânica.

VEIGA et al. (1961) estudando a influência do “palhiço” após corte da cana, concluíram em experimento onde foram testados os tratamentos: palhiço sem mexer; palhiço enleirado em linhas alternadas e palhiço queimado, que o primeiro apresentou maior produção de cana, maior atividade microbiológica, especialmente na fixação biológica de nitrogênio atmosférico e maiores teores de matéria orgânica no solo. Também foi observado que o tratamento palhiço queimado, trouxe sérios prejuízos ao solo, acarretando reduzida atividade microbiológica e mostrando teores de matéria orgânica inferiores ao primeiro tratamento.

Em Porto Rico, SAMUELS (1952) estudando o efeito do palhiço da cana nas propriedades do solo, utilizando os tratamentos: palhiço queimado, palhiço enleirado e palhiço enterrado, verificou aumento no teor da matéria orgânica do solo onde o palhiço fora enterrado ou enleirado.

Em Cuba, ARZOLLA et al. (1985) avaliaram o efeito da queima ou não em dois tipos de solos, em áreas irrigadas e não irrigadas. As observações foram feitas no período de 1974 e 1979 e os autores apresentaram as seguintes conclusões: a colheita de cana crua favoreceu o conteúdo da matéria orgânica nos 2 solos estudados, passando de 2,7% em 74 para 3,2% em 79; através dos resíduos incorporados foram fornecidos ao solo 53 kg de N/ha, 22 kg de P/ha e 128 kg de K/ha por ano; a queima não influenciou no teor da matéria orgânica do solo ferralítico, mas reduziu o do solo cinza-amarelo; o teor de P assimilável diminuiu gradativamente nos dois solos, tanto na cana queimada como na não queimada; e, não houve interação entre queima e irrigação e as produções foram maiores nas áreas irrigadas, nas duas condições.

Na Rodésia, GOSNELL & LONSDALE (1977) avaliaram, durante 7 anos, áreas irrigadas com diversos níveis de água e colhidas com queima e sem queima. Os resultados apresentados foram: o “trash” diminuiu o número de colmos e aumentou o diâmetro dos mesmos, resultando em menor fibra%; na cana queimada houve menor incidência de carvão; recomenda-se que nas áreas irrigadas a cana seja colhida queimada devido ao grande acúmulo de palha.

A quebra do equilíbrio no conteúdo de matéria orgânica, antes em estado de estabilidade, através de práticas agrícolas que não suprem o solo com restos de cultura, acarreta a longo e/ou médio prazos diminuição na reserva de húmus, já que, a quantidade de material orgânico adicionado é geralmente menor do que a necessária.

MANN (1986) partindo da taxa de mineralização de 1,2 a 1,5%, avalia perdas anuais entre 770 a 1000 kg/ha de húmus na camada até 25 cm de

profundidade, que traz como consequência, rápida redução nos conteúdos de carbono e nitrogênio.

Para as condições tropicais, em estudos sobre a dinâmica do carbono em solos de baixa fertilidade, CERRI & MORAES (1992) apontam decréscimos de 20 a 50% no conteúdo de matéria orgânica durante os primeiros cinco anos de cultivo.

BODDEY *et al* (1993) citaram vantagens com o advento da colheita com cana crua e posterior distribuição do palhicho, destacando a redução do uso de herbicidas quando a palha é mantida, além da maior retenção de umidade favorecendo o bom desenvolvimento vegetativo, mesmo em épocas de déficits hídricos.

BASSINELLO *et al* (s.d.) listaram possíveis vantagens da colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia, relatando que a distribuição da palha no campo pode propiciar, entre outros benefícios, a manutenção da umidade do solo.

2.5. Biomassa microbiana do solo

A biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica excluindo-se raízes de plantas e animais do solo maiores que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, contendo em média de 2 a 5% de C total do solo, (JENKINSON & LADD, 1981), e 1 a 5% do N total do solo (SMITH & PAUL, 1990).

Entre os fatores que afetam o desenvolvimento dos microorganismos no solo, pode-se destacar: disponibilidade de matéria orgânica, aeração, umidade e temperatura. Outro fator não menos importante é a presença de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S, Mo, Co etc., além do pH.

De acordo com FASSBENDER & BORNEMISZA (1987), a biomassa microbiana, apesar de não contribuir com a maior quantidade de elementos nutricionais em grande parte dos ecossistemas, é sem dúvida, uma fonte significativa de nutrientes como N, P, S e C.

AZAN et al. (1986) citam variações da ordem de 21,33 a 62,00 mg C.g⁻¹ de solo na biomassa C de diversos solos agricultáveis, descrevem que este conteúdo equivale a 1,2 e 6,9 % do C orgânico do solo. Com relação a biomassa- N, estimada a partir da biomassa-C através da expressão C: N = 0,15, a faixa variou de 3,20 a 9,30 mg N.g⁻¹ de solo. Por sua vez, em diversos solos da Inglaterra a biomassa-P esteve na faixa de 6,00 a 72,3 mg P.g⁻¹ de solo, segundo BROOKES et al. (1982), enquanto GUERRA et al. (1989), avaliando o Podzólico Amarelo Latossólico do município de Piraí (RJ), encontraram dado correspondente a 7,7 mg de P.g⁻¹de solo.

A manutenção e a produtividade dos ecossistemas e a de muitos agrossistemas dependem, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e conseqüentemente, da biomassa microbiana do solo. Por outro lado, esta biomassa é bastante influenciada pelo tipo de utilização do solo, e qualquer modificação nas condições afeta a dinâmica dos microorganismos. Desta forma, a estimativa da biomassa microbiana pode fornecer dados úteis sobre mudanças na microbiota do solo de acordo com as diferentes práticas agrícolas e manejo adotados, permitindo avaliar de maneira mais rápida do que através de métodos baseados em análises químicas do solo, as mudanças edáficas ocorridas (GRISI & GRAY, 1985).

A biomassa C e o N potencialmente mineralizável variaram com o tipo de manejo e a profundidade em sete solos dos Estados Unidos (DORAM, 1987). Estes dois parâmetros foram maiores no solo sob pousio com média de 54 % e 37 % maior, respectivamente, do que no horizonte superficial de um solo arado. Observou-se também que a biomassa-C variou conforme a distribuição de C e N, conteúdo de água e C solúvel em água, como influência do manejo utilizado.

Estudando-se o efeito do plantio direto e do convencional na atividade biológica, constatou-se que a biomassa-C microbiana foi significativamente maior no solo sob plantio direto e no período de verão (1,22 mg C.g⁻¹ solo), quando as raízes dos cereais usualmente atingem o seu máximo no solo (LINCH & PANTING, 1980).

O conhecimento dos resultados das determinações da BMS-C, passa a ser de fundamental importância na medida que informações diversas, principalmente aquelas relativas ao uso e manejo do solo, apresentam meios para detectar-se, de forma rápida, as mais variadas mudanças possíveis nos solos, tais como: perturbações causadas por efeito de fertilizantes minerais e orgânicos (LOVELL et al., 1995 e MOLINA, 1995); efeitos de biocidas (HARDEN et al., 1993); além de práticas agrícolas como as queimadas e outras (HOSSAIN et al., 1995).

Estes últimos autores, estudando os efeitos da fertilização, calagem e queima de resíduos e a influência destas práticas sobre a população microbiana do solo, em áreas ácidas da Austrália sob cultivo de eucalipto, observaram que o fogo de baixa intensidade pode diminuir a BMS-C e a biomassa - N microbiana na camada superficial do solo. Este efeito é maior nas áreas constantemente submetidas à queima, com redução na mineralização do N no solo. Com relação a

fertilização do N e P, demonstraram os autores, incremento na BMS-C até 2,5 cm da superfície, ao passo que a calagem e adubação fosfatada promoveram um aumento significativo a maior profundidade.

Pesquisas realizadas por ESPINDOLA (1996), sobre a influência da incorporação de resíduos de leguminosas ao solo, sinalizaram efeitos positivos para o conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana, constituindo desta feita, bom indicativo das transformações sofridas pelo N por tais práticas de manejo.

MENDONZA (1996) conclui haver incremento nos teores de Carbono, na camada de 0 a 10 cm e de cálcio e magnésio trocáveis, quando do sistema de corte da cana-crua. Com relação ao sistema com queima observou aumento nos níveis superficiais de potássio e fósforo. Menciona que ocorre a maior quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana do solo no tratamento cana-crua, quando avaliou-se a camada de 0-20 cm de solo após 5 anos de experimentação e coleta de dados. Este autor cita ainda, que os maiores valores corresponderam à época chuvosa do ano (novembro), onde a BMS-C foi 64 % superior ao sistema com queima, já nas épocas mais frias e secas do ano os valores para ambos tratamentos se aproximaram. Observa-se também no trabalho de MENDONZA (1996), que a cobertura com a palha no sistema “cana-crua” não afetou as qualidades tecnológicas dos caldos e colmos. No entanto, os resultados de produtividade em t de colmos.ha⁻¹ nas segunda e quinta socas foram, em média, apenas 8 % superior ao sistema com queima.

Com relação ao fósforo, tem-se que a baixa disponibilidade em solos brasileiros é bastante conhecida. Geralmente esta baixa disponibilidade está diretamente correlacionada ao material de origem presente no solo. Porém, em

alguns casos, deve-se a degradação da matéria orgânica ocasionada pelo manejo a que os solos foram submetidos, DE-POLLI et al (1988).

De acordo com LARSEN (1967), o fósforo da solução do solo é absorvido pelos vegetais e microorganismos na forma iônica de H_2PO_4^- , predominantemente. Por outro lado, em se tratando de haver normalmente baixa concentração desse íon na solução do solo, necessário se faz liberação dos reservatórios que não são prontamente assimiláveis, a fim de que o desenvolvimento vegetativo das culturas seja alcançado de forma desejável.

PAUL & CLARK (1989) fazem menção ao envolvimento dos organismos do solo no ciclo do fósforo. Citam participação na solubilização do fósforo inorgânico e na mineralização do fósforo orgânico.

De acordo com os autores, a imobilização microbiana do fósforo não se dá a longo prazo, o que não deixa de ser benefício para as plantas já que, imobilização de curta duração evita fixação mineral.

O manejo dos processos de mineralização / imobilização, conforme LOPES & LOMBARDI (1981), é favorável, principalmente em função das reservas de P orgânico do solo servirem como importante fonte deste nutriente para as plantas.

Por sua vez, BALL - COELLO et al (1993), avaliando o tempo de duração da dinâmica do fósforo em um ULTISOL, com cana-de-açúcar na região de Pernambuco, observaram que o fósforo resultante das cinzas das canas, apresenta-se rapidamente disponível ao solo, permanecendo metade deste no local até o fim do ciclo da cultura. No entanto, ao contrário, o fósforo do palhiço é liberado para o solo mais lentamente e somente um quarto da quantidade permanece até o fim do ciclo. Os autores concluíram, partindo de um manejo adequado do palhiço, em

substituição a queima, orientando aplicações constantes de P sobre a palha, um melhor desenvolvimento da cultura, sem afetar o ciclo do P.

MANHÃES (1996), estudando o conteúdo de fósforo da biomassa microbiana em solos cultivados com cana-de-açúcar colhida em sistema de cana-crua e queimada, onde retirou amostras de terras em cada parcela dos ensaios aos 4, 8 e 12 meses após o corte das canas, utilizando-se de um Podzólico amarelo e de um Cambissolo eutrófico, concluiu que: a cana colhida crua, ou seja, a presença da palha sobre os dois solos, alterou positivamente os teores de fósforo da biomassa microbiana e fósforo total; no solo Cambissolo, houve efeito positivo e significativo nos teores de fósforo das canas, no tratamento com canas-cruas, enquanto que no Podzólico amarelo não foram observadas diferenças entre os tratamentos, e os valores menores que os observados nas canas do Cambissolo; e que os teores de P microbiano foram mais elevados em superfície, principalmente nos primeiros centímetros dos solos.

Por outro lado, ainda segundo MANHÃES (1996), no Cambissolo com sistema de colheita com queima, o rendimento agrícola manteve-se praticamente inalterado nos três cortes efetuados, ao passo que, no tratamento com cana-crua, houve aumento de produção na primeira soca em relação à cana-planta e queda acentuada na segunda. No tratamento com cana-crua do Cambissolo, o efeito positivo na absorção de fósforo pelas canas, certamente deve-se ao conjunto de fatores como: riqueza do solo (fósforo total), teor de fósforo disponível e elevado teor de fósforo nos resíduos (palha).

2.6. Resíduos da agroindústria canavieira

a) Bagaço

De acordo com ORLANDO FILHO et al. (1983), o processamento de uma tonelada de cana-de-açúcar permite a produção de 250 kg de bagaço com cerca de 50% de umidade.

SAGARRA (1966) apresenta as seguintes variações na composição da matéria seca do bagaço: Carbono = 43 - 49%; Hidrogênio = 5,3 - 6,7%; Oxigênio = 42 - 49%; Nitrogênio = 0,2 - 0,4%; Cinzas = 1,3 - 3,5%.

VILLANUEVA, citado por ORLANDO FILHO et al. (1983), em trabalho sobre nutrição mineral da cana-de-açúcar, constatou índices de 49% de umidade, 49 % de fibra e 2 % de substâncias solúveis no bagaço. Observou também, apesar da carência de elementos minerais, que a estrutura de solos hidromórficos pesados tem sido melhoradas com a incorporação de 70 a 80 t bagaço/ha.

EWART & HUMBERT (1960) usando entre 37 a 74 t de bagaço decomposto/ha, em solos do Havaí, indicam aumentos da ordem de 7,4 t de açúcar/ha decorrente, principalmente, da melhor penetração e distribuição do sistema radicular, causadas pelos benefícios ocorridos nas propriedades físicas do solo.

Utilizando-se de resíduos da agroindústria como complemento à adubação mineral da cana-de-açúcar, ZAMBELLO JÚNIOR & ORLANDO FILHO (1981), não observaram efeitos na produtividade da cultura quando aplicaram duas toneladas/ha de bagaço não humificado no sulco de plantio em diferentes tipos de solo do estado de São Paulo.

b) Torta de filtro.

Considerada como subproduto da agroindústria açucareira, a torta de filtro é obtida nos filtros rotativos pela extração da sacarose residual da borra, esta, por sua vez, é um subproduto originário do caldo da cana-de-açúcar, CORONADO (1986).

A torta de filtro, segundo o que relata CASTRO & GODOY (1979), é um material amorfo, de cor marrom escuro e preto, esponjoso e leve, formado de uma fração orgânica composta de fibras, sacarose, colóides coagulados e de uma fração mineral constituída principalmente de fosfatos, sulfatos, silicatos, além de micronutrientes.

Na cultura da cana-de-açúcar tem-se diversos métodos de aplicação da torta de filtro: 1) em área total com incorporação ao solo antes do plantio; 2) no sulco de plantio (úmida e/ou seca); 3) na cana-soca, podendo ser incorporada através de operações de cultivos.

BRASIL SOBRINHO (1958), com a pesquisa estudos sobre o aproveitamento da torta de filtro de usina como o fertilizante, aparece como o primeiro trabalho que demonstra a viabilidade técnica deste resíduo na cultura canavieira como complemento à adubação nitrogenada.

ORLANDO FILHO et al. (1983), define a torta de filtro como resíduo proveniente da filtração a vácuo da mistura do lodo dos decantadores com bagacinho, no processo de produção de açúcar. Cita ainda que a quantidade média de torta de filtro é de 30kg/t de cana moída.

Vários trabalhos tem sido conduzidos objetivando demonstrar o conteúdo médio químico da torta de filtro, dentre eles, BRASIL SOBRINHO (1958),

PANDEY (1966), GLÓRIA et al. (1973), CORONADO (1986) e TORRES (1986), concluíram que ela varia principalmente com o tipo de solo, variedade de cana, método de colheita, período do corte do canavial, quantidade de cal e produtos usados na clarificação. IAA/PLANALSUCAR (1980), apresenta os seguintes resultados da composição química da torta de filtro.

Composição química da torta de filtro.

Elemento	Matéria seca %
N	0,87
P ₂ O ₅	1,35
K ₂ O	0,28
CaO	2,18
MgO	0,24
SiO ₂	14,06
C	31,20

Autores como ACEVEDO-RAMOS et al (1963) e PROSAD (1974) citam que a utilização da torta de filtro tende a melhorar a produção das culturas e as propriedades do solo, e promove modificações no nível de vários elementos do solo. Os teores de P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, são aumentados, enquanto o Al é diminuído.

ALONSO et al (1988), concluíram que a torta de filtro utilizada na área total de plantio, sinalizou grande capacidade de aumento de produtividade de cana-de-açúcar, reduzindo conseqüentemente a complementação mineral.

Apesar de possuírem baixa percentagem de nutrientes, conforme relata ALBUQUERQUE & MARINHO (1979), a torta de filtro quando aplicada em solos arenosos e ou compactados, promovem melhorias acentuados principalmente nas propriedades físicas destes.

Como pode-se observar a torta de filtro é um resíduo rico em matéria orgânica, cálcio, fósforo e nitrogênio, no entanto é carente em potássio e magnésio.

Realizando pesquisa sobre o efeito da torta de filtro nas propriedades físicas e químicas do solo, LUGO-LOPEZ et al. (1953), demonstram a alta capacidade de retenção de água a baixas tensões, deste resíduo, e a relação direta desta propriedade com o aumento da produção, especialmente em regime não irrigado.

Na África do Sul, segundo observações de ORLANDO FILHO & ZAMBELLO JÚNIOR. (1980), a torta de filtro é aplicada normalmente em elevadas quantidades, cerca de 40 t/ha nos sulcos de plantio, evitando assim o uso da adubação fosfatada em cana-planta.

Por sua vez MOBERLY & MEYER (1978), evidenciam os benefícios alcançados com a utilização da torta de filtro decomposta, principalmente no tocante à disponibilidade de nitrogênio.

Em São Paulo, CASTRO & GODOY (1979), avaliando o uso da torta de filtro no sulco de plantio da cana-de-açúcar, concluíram que a aplicação de 3 toneladas de torta de filtro seca/ha incrementou a produtividade em 14 t cana/ha, à partir do aumento da eficiência da adubação.

Da mesma forma, COLETI et al. (1980), observaram efeitos positivos na brotação da cana-de-açúcar, quando aplicaram 3 t de torta de filtro seca/ha no sulco de plantio, o que permitiria o plantio em condições de deficiência hídrica.

De acordo com LEE & FOSTER (1991), a fauna do solo, representada pelos macro e microorganismos, podem influenciar a estruturação e a estabilização dos agregados.

Por outro lado BAVER et al. (1972), citam que a atividade dos microorganismos do solo é significativamente beneficiada pela incorporação de matéria orgânica e que, a microbiota sem adição de resíduos orgânicos, são ineficazes na produção de agregados no solo.

Ressalta-se que a bibliografia apresenta diversas citações com a utilização da torta de filtro nos sulcos de plantio, no entanto, conforme descreve ORLANDO FILHO et al (1983), muitas usinas de açúcar brasileiras utilizam a torta de filtro na cana-soca, na entrelinha, com posterior incorporação através do cultivo da soqueira.

Desde o trabalho de BRASIL SOBRINHO (1958), até os mais recentes: COLETTI et al (1980) e (1981), MARINHO et al (1981) e ALONSO et al (1988), tem sido demonstrado que o resíduo torta de filtro beneficia o solo, contribuindo para aumento de produtividade das lavouras, com substituição total ou parcial dos adubos minerais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área experimental

O experimento foi instalado em área da fazenda Mombaça, propriedade da Usina Santa Cruz, situada no município de Campos dos Goytacazes (Lat. 21°45'S, Lon. 41°21W e altitude 11m), na região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

O solo corresponde a um Cambissolo eutrófico, argila de atividade alta, a moderado, textura argilosa, fase floresta tropical perenifólia de várzea, relevo plano.

De acordo com o mapa Geomorfológico do RJ, tem-se as seguintes informações para a área: domínio - depósitos sedimentares, região planície costeira, unidade geomorfológica - planícies litorâneas e delta do rio paraíba do sul.

Quanto a geologia, a descrição verificada no mapa geológico aponta para: era fanerozóico - cenozóico - quaternária, sedimentos aluviões, areias, cascalhos e areias inconsolidadas. O mapa de vegetação indica áreas de formação pioneiras, que constitui os ambientes revestidos por vegetação de primeira ocupação, que se instala sobre as áreas pedologicamente instáveis devido as constantes deposições, tais como: Deposições Marinhas, Fluvio - Marinhas e Fluvial.

Cobertura Vegetal Natural inexistente e Cobertura Antrópica de agricultura de culturas cíclicas.

Pode-se constatar neste tipo de solo local do experimento, que o mecanismo de adição dos sedimentos aluviais influenciou significativamente na formação

deste Cambissolo, da mesma forma que os fatores material de origem e o relevo foram os principais a atuarem na sua construção.

O campo experimental foi plantado no mês de abril de 1992 com a variedade RB 72 454. O corte da cana-planta ocorreu em julho de 1993. A primeira soca foi colhida em agosto de 1994, ocasião em que se reinstalou o ensaio objetivando verificar comportamento dos tratamentos em estudo, na segunda soca ou terceiro corte. Desta feita, realizou-se o corte em setembro de 1995.

A cana-planta foi adubada com 100 kg de KCl.ha⁻¹. Já na adubação de cana-soca, efetuada aos 80 dias do primeiro corte, empregou-se 65 kg de Uréia.ha⁻¹ e 100 kg de KCl.ha⁻¹ nas linhas de cana. Não foi utilizada adubação na terceira folha (ressoca). Os tratos culturais (aplicação de herbicidas e cultivos mecânicos) foram executados conforme recomendações da própria usina.

3.2. Clima

O clima da região é do tipo AW na classificação de Koeppen, com chuvas no verão e seca no inverno. A precipitação anual varia de 800 a 1200 mm, com média de 1.067 mm, sendo julho e agosto os meses mais secos e o período de dezembro a fevereiro o mais chuvoso. A temperatura média máxima é de 28,8 °C, enquanto tem-se média mínima de 19,8 °C. Os dados climáticos referentes ao período de desenvolvimento da cultura durante o período experimental encontram-se na figura 2.

3.3. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos testados foram:

A - CC* = Cana crua;

B - CC + TF = Cana crua + Torta de Filtro (30 t.ha⁻¹);

C - CC + TF + B = Cana crua + Torta de Filtro (20 t.ha⁻¹) + Bagaço de cana (10 t.ha⁻¹);

D - CQ* = Cana queimada;

E - CQ + TF = Cana queimada + Torta de Filtro (30 t.ha⁻¹)

F - CQ + TF + B = Cana queimada + Torta de Filtro (20 t.ha⁻¹) + Bagaço de cana (10 t.ha⁻¹);

*Obs.:

CQ e CC - correspondem a sistemas de colheita de cana-de-açúcar com e sem prévia queima do canavial, respectivamente, com o palhiço restante sendo distribuído homogeneamente nas parcelas. Os resíduos da agroindústria, ou seja, torta de filtro e o bagaço, foram aplicados em cobertura sobre o palhiço (caso da cana crua) e sobre o solo (caso da cana queimada).

- Umidade do Bagaço - 45,59 %;

- Umidade da Torta de Filtro - 73,91 %;

O delineamento experimental utilizado foi representado por parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos sistemas de colheitas (crua e queimada), ou seja, com cobertura de palhiço e sem palhiço, e pelas doses de torta de filtro e bagaço. Por sua vez, as subparcelas foram definidas pelas épocas de amostragens para as determinações químicas, biológicas e de crescimento da cultura, distribuídas em blocos ao acaso com quatro repetições.

Cada parcela do ensaio abrangeu 12 sulcos de 15 m de comprimento, com espaçamento de 1,20 m entre linhas de cana. Foi considerado como área útil os 10 sulcos centrais. Assim tem-se como área total 2116 m².

3.4. Amostragens

As amostragens para análises químicas aconteceram aos 2, 8 e 12 meses e biológicas aconteceram aos 2 e 8 meses após aplicação dos tratamentos.

3.5. Croquis do experimento

Usina S ^{ta} Cruz Fazenda Mombaça Canavial Guarita 619							
		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4 --12 sulcos--		
31m	1	7	13	19	15m		
	CC	CQ+TF+Bag	CC+TF+Bag	CQ+TF			
	2	8	14	20			
	CQ	CC+TF	CQ+TF	CC+TF+Bag			
	3	9	15	21			
	CQ+TF+Bag	CQ+TF	CC+TF	CC			
4	10	16	22				
CQ+TF	CC+TF+Bag	CQ+TF+Bag	CC				
5	11	17	23				
CC+TF+Bag	CC	CQ	CQ+TF+Bag				
6	12	18	24				
CC+TF	CQ	CC	CQ				

3.6. Caracterização analítica

3.6.1. Análises de fertilidade do solo.

Após colheita da 1ª soca (segundo corte) e a partir da reinstalação das parcelas experimentais, procedeu-se coletas de amostras de solo em cada unidade do ensaio, à profundidade de 20cm, com auxílio de trado tipo holandês, as quais foram submetidas a análise química de acordo com metodologia descrita por EMBRAPA/SNLCS (1979), As determinações foram realizadas em TFSA, conforme marcha de análise resumida a seguir:

a) pH em água

Determinado com potenciômetro na suspensão solo-água na proporção 1:2,5 após uma hora de contato.

b) Fósforo assimilável

Extraído com solução “Carolina do Norte” ($\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$) e dosado por colorimetria, após a redução do complexo fosfomolibdico com ácido ascórbico.

c) Potássio e sódio trocáveis

Extraídos com solução “Carolina do Norte” na proporção solo - extrator 1:10 e determinados por fotometria de chama.

d) Cálcio e magnésio trocáveis

Extraídos conjuntamente com solução de $\text{KCl } 1\text{N}$ e determinados pelo método complexométrico com coquetel tampão e titulação com $\text{EDTA } 0,025\text{N}$.

O cálcio extraído com KOH 10 % e determinado por titulação com a solução anterior. O teor de magnésio obteve-se por diferença.

e) Alumínio trocável

Extraído com solução de KCl 1N na proporção 1:10 e determinado por titulação com NaOH 0,025N.

f) Acidez potencial

Extraída na proporção 1:15 com solução de $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ (acetato de cálcio) 1N ajustada a pH 7,0 e determinada por titulação com NaOH 0,025N. O valor obtido corresponde ao Valor H ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$).

g) Carbono orgânico

Determinado após oxidação da matéria orgânica com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,4N em meio sulfúrico e titulação da solução em excesso com $(\text{NH}_4)_2\text{FeSO}_4$ (sulfato ferroso amoniacal) 0,1N.

h) N total

Por destilação em semi-micro Kjeldahl, após a digestão com H_2SO_4 e mistura digestora de sulfatos. A determinação feita por volumetria, após retenção do NH_3 em ácido bórico.

Com os dados anteriores foram calculadas:

i) Soma de bases trocáveis (valor S)

Pela fórmula:

$$\text{Valor S} = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

j) Capacidade de troca catiônica (valor T)

Pela fórmula:

$$\text{Valor T} = \text{S} + \text{H}^+ + \text{Al}^+$$

l) Porcentagem de saturação de bases (V%)

Pela fórmula:

$$\text{V\%} = (\text{Valor S} / \text{Valor T}) \times 100$$

3.6.2. Quantificação da biomassa-carbono microbiana do solo

A dinâmica da biomassa-carbono microbiana do solo (BMS-C), foi estudada efetuando-se 2 (duas) coletas ao longo do ano de 1995. A primeira realizada no mês de dezembro, correspondendo a estação chuvosa na região. A segunda amostragem foi feita em junho, considerando um dos meses mais secos do ano. As amostragens foram realizadas de acordo com a seguinte metodologia:

Coletaram-se amostras compostas de cada parcela nas profundidades de 0 a 5 cm utilizando-se enxada. Após serem cuidadosamente homogeneizadas e retirados os resíduos visíveis (a olho nu) de plantas e animais, foram acondicionadas em sacos de polietileno e transferidas rapidamente para o laboratório, decorrendo de 6 a 8 horas entre a amostragem e o início da análise da BMS-C, conforme recomendado por OCIO & BROOKES (1990) e RODRIGUES (1992). O pré-tratamento mínimo evita mudanças na atividade da BMS-C, devido a manipulação e oxigenação das amostras.

A BMS-C foi determinada pelo método da “fumigação-extração” TATE et al. (1988) com modificações propostas por RODRIGUES & DE-POLLI (1991), assim, amostras contendo 20g de solo foram fumigadas com clorofórmio livre de etanol, ficando em contato com vapor desse fumigante por 24 horas em ambiente saturado de vapor de água, após a qual foi feita a extração e dosagem do carbono

orgânico. Da mesma forma e paralelamente, amostras não fumigadas (testemunhas) foram extraídas com K_2SO_4 0,5M e o carbono determinado por dicromatometria.

A quantificação da BMS-C foi feita pela diferença dos teores de carbono das amostras fumigadas e não fumigadas de acordo com a seguinte expressão:

$$BMS-C = \frac{\mu g C_f - \mu g C_{nf}}{K}$$

onde:

BMS-C = biomassa-carbono microbiana do solo ($\mu g C.kg\ solo^{-1}$)

$\mu g C_f$ = quantidade de carbono da amostra fumigada.

$\mu g C_{nf}$ = quantidade de carbono da amostra não fumigada.

$K = 0,33$ (fator de correção), pois a eficiência da extração da BMS-C foi considerada de 33% SPARLING & WEST (1988).

O cálculo do conteúdo de carbono microbiano foi feito após correção da umidade gravimétrica do solo por secagem em estufa a $105^\circ C$ por 24 horas.

3.7. Determinação do índice de palhiço

Segundo orientação de RIPOLI (1990), foram levantados dados para obtenção do índice de palhiço, que é representado pela relação:

$$IP = \frac{\text{Peso do Palhiço}}{\text{Peso das Canas}} \times 100$$

3.8. Colheita

Efetuuou-se a colheita no mês de setembro de 1995, queimando-se as parcelas cujos tratamentos orientavam esta operação e colheu-se a área útil do ensaio para

pesagem e determinação da produção de colmos ($t.ha^{-1}$). Coletou-se 10 canas por parcela para aferir a produção de Pol. ha^{-1} (TPH), calculado pela expressão: $TPH = tcolmos.ha^{-1} \times Pol \% \text{ cana}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Considerações sobre o solo em estudo

A classe dos Cambissolos, que na região Norte Fluminense está inserida predominantemente em relevo plano, desenvolvida a partir de sedimentos aluviais (Delta do Paraíba) é, em geral, de maior fertilidade natural. Caracteriza-se pela presença de horizonte B câmbico ou incipiente, com pequena transformação do material de origem, logo menos evoluída que as classes de solos que compõe o "Tabuleiro". A constatação de minerais primários facilmente intemperizáveis, como mica e feldspatos, nesta classe de solo, sinaliza ocorrência de argilominerais 2:1, 1:1 e/ou óxidos de Fe e Al.

São solos com maior predominância de microporos, conseqüentemente maior capacidade de retenção de umidade, apresentando textura argilosa e/ou franco argilosa e são mais susceptíveis a compactação.

O teor de matéria orgânica dos Cambissolos é considerado alto, principalmente pelo mecanismo de adição por época das enchentes do rio Paraíba do Sul. Em virtude da maioria das usinas estar localizada em/ou próxima dos Cambissolos, a deposição dos resíduos da indústria é facilitada, aumentando ainda mais a quantidade de matéria orgânica.

Também, a associação, de fenômenos da adsorção/complexação com íons ou superfícies argilosas, dificuldades de aeração, e, vez por outra, excesso de umidade, podem dificultar a decomposição da matéria orgânica nestes solos.

PEARSON (1960) cita que a má drenagem com excesso de matéria orgânica poderá interferir negativamente na produtividade da cultura canavieira já a partir da 2ª (segunda) soca.

Não há dúvidas quanto as melhorias que advém da aplicação dos resíduos agro-industriais e restos da cultura da cana-de-açúcar nos Cambissolos, principalmente com relação a sua estrutura pouco desenvolvida, porém, face a uma menor velocidade de decomposição dos substratos empregados, onde a diminuição do teor de O₂ pode favorecer o metabolismo microbiano através dos organismos anaeróbicos menos eficientes, pode-se ter, em certas ocasiões, acúmulo de matéria orgânica bruta nesta categoria de solo. A tabela abaixo (I), apresenta resultados da análise química do solo da área do estudo, em coleta realizada nos primeiros 20 cm de profundidade

Tabela I: Análise química do solo, resultados correspondentes aos primeiros 20 cm de profundidade.

pH (H ² O)	5,5
P (mg.kg ⁻¹)	38
K (mg.kg ⁻¹)	166
Ca (c mol.kg ⁻¹)	5,0
Mg(c mol.kg ⁻¹)	3,0
Al (c mol.kg ⁻¹)	0,15
Valor H (c mol.kg ⁻¹)	4,5
Na (c mol.kg ⁻¹)	0,15
C %	1,53
N (mg.kg ⁻¹)	1093
Fe (mg.kg ⁻¹)	117
Cu (mg.kg ⁻¹)	2,40
Zn (mg.kg ⁻¹)	5,90
Mn (mg.kg ⁻¹)	46,40
Valor S c mol.kg ⁻¹	8,6
Valor T c mol.kg ⁻¹	13,25
Valor V (%)	65

Conforme observa-se na Tabela I, a soma de bases trocáveis (valor S), a capacidade de troca catiônica (valor T) e a porcentagem de saturação de bases (V%), conferem ao Cambissolo em estudo valores que comprovam boa fertilidade

natural . De acordo com o sistema de interpretação de análise de solo adotado no Estado do Rio de Janeiro, o teor de carbono orgânico é considerado médio.

MANHÃES (1996) obteve resultados semelhantes quando caracterizou quimicamente esta mesma categoria de solo.

4.2. Efeito dos tratamentos sobre a produção de colmos e a POL

Observando-se a tabela II, os valores médios de t cana.ha⁻¹, por tratamento, não apresentaram diferenças significativas, indicando que tanto os sistemas de colheita empregados, quais sejam: com e sem prévia queima do canavial, assim como, a aplicação dos resíduos da agroindústria, não promoveram incrementos consideráveis na produção de cana-de-açúcar por hectare. Quando se agrupam os tratamentos tomando-se como base a aplicação dos resíduos (tabela III), observa-se uma tendência de aumento de produtividade que, com o tempo e longevidade das colheitas, poderão dar retornos positivos e significativos.

Tabela II: Valores médios e análise de variância do parâmetro produtividade (t cana.ha⁻¹ e t POL.ha⁻¹), entre os diferentes tratamentos. Resultados de 3º corte (2ª soca).

TRATAMENTOS*	t cana.ha ⁻¹	t POL.ha ⁻¹
A - CC	57,21	10,64
B - CC + TF	57,59	10,88
C - CC + TF + B	67,35	12,48
D - CQ	60,44	11,00
E - CQ + TF	66,84	12,03
F - CQ + TF + B	62,14	11,27
Médias	61,93	11,39
F	0,79 N.S.	0,62 N.S.
CV	15,9 %	15,8 %

• CC = cana crua; CQ = cana queimada; TF = torta de filtro; B = bagaço.

Tabela III - Valores médios do parâmetro produtividade, entre os diferentes tratamentos, considerando-se o efeito dos resíduos. Resultados de 3º corte (2ª soca).

TRATAMENTOS*	t cana.ha⁻¹	MÉDIA	t POL.ha⁻¹	MÉDIA
1 - CC	57.21	58.82	10.65	10.82
CQ	60.44		11.00	
2 - CC + TF	57.59	62.21	10.88	11.45
CQ + TF	66.84		12.03	
3 - CC + TF + B	67.35	64.74	12.48	11.87
CQ + TF + B	62.14		11.27	

* CC = cana crua; CQ = cana queimada; TF = torta de filtro; B = bagaço.

MANHÃES (1996), estudando em Cambissolo sistemas de colheita com queimada e sem a queima prévia, demonstra resultados de produtividades agrícolas que se mantiveram inalterados nos três cortes efetuados para colheita com despalha a fogo, ao passo que, com cana crua, houve aumento de produção da primeira soca em relação à cana-planta e queda acentuada na segunda soca.

As citações de SAGARRA (1966) e IAA/ PLANALSUCAR (1980), ORLANDO FILHO et al. (1983), sinalizam potencial como fertilizante orgânico dos resíduos utilizados. Também HUMBERT (1974), COLETTI (1981), MARINHO et al. (1981) e ALONSO et al. (1988), entre outros, obtiveram resultados positivos, com aumento de produtividade de cana, quando fizeram uso da torta de filtro e/ou compostagem desta mais bagaço. No entanto no caso específico da presente pesquisa, analisando-se a fertilidade natural do solo, classificado como Cambissolo Eutrófico, com altos teores de Ca, Mg, K e C, de satisfatórios conteúdos de micronutrientes e razoável valor de P, independente de

baixos teores de Al, é de se esperar semelhantes produções, mesmo em áreas onde a prática da queima vem sendo adotada já há alguns anos.

BERNER et al. (1994), também constataram semelhanças na produção de cana, em áreas colhidas sem queimar durante 50 anos na “palha” em confronto com áreas colhidas com queima do canavial, no mesmo período, em terrenos argilosos de baixada. Porém, URQUIAGA et al. (1991), concluíram haver aumentos significativos na produção de cana, cerca de 10%, sendo que nos períodos de seca chegou a superar os 25 %, quando executou-se a colheita com “palha” em confronto com o sistema de manejo com queima, em solos de baixa fertilidade no Estado de Pernambuco.

Outro aspecto a considerar na pesquisa realizada, diz respeito ao índice de palhiço de 32,25% no tratamento onde não houve queima, correspondente a cerca de 20 t.ha⁻¹, um fator capaz de afetar a brotação de soqueira.

Na Rodésia, GOSNELL & LONSDALE (1977), estudando durante sete anos áreas irrigadas com diversos níveis de água e colhidas com e sem queima, recomendaram que nas áreas irrigadas a cana fosse colhida queimada devido ao grande acúmulo de palha, também observaram que a palhada sobre o solo diminuiu o número de colmos e aumentou o diâmetro dos mesmos.

Ainda de acordo com URQUIAGA et al (1991), a prática da colheita de cana crua pode contribuir significativamente para a melhoria da fertilidade do solo, verificaram, no entanto, estes resultados, após cinco soqueiras e em solo Podzólico amarelo onde, o processo de mineralização da matéria orgânica é mais rápido e, conseqüentemente, acarretando maior disponibilidade de nutrientes no solo.

PEIXOTO (1989), trabalhando em solo Cambissolo na baixada campista, apresenta dados concordantes, na medida que os resultados obtidos passaram a se mostrar superiores no tratamento cana-crua, (em t cana.ha⁻¹), quando comparado ao sistema de colheita com queima, a partir do quarto ciclo da cultura da cana-de-açúcar. Cita que a diferença em favor do tratamento com queima nos primeiros 3 (três) cortes, pode estar associada a maior atividade microbiológica do solo na área de cana crua e conseqüentemente a uma maior competição por nutrientes, principalmente nitrogênio.

Por sua vez, em solos do terciário da região de Linhares (ES), LIMA et al (1994) obtém, já a partir da 2^a soca, resultados de rendimento agrícola em t cana.ha⁻¹, favorável para cana crua em confronto com cana queimada. Porém, é importante que se observe a classe de solo onde foram obtidos estes resultados é Podzólico Amarelo textura arenosa/média e que a cobertura vegetal com palhiço da cana em áreas mais arenosas e de baixa fertilidade, contribui mais rapidamente para a melhoria das características físicas e químicas destes solos.

Com relação a t Pol.ha⁻¹, NOVAIS (1971) verificou decréscimo no peso da cana após 24 horas do corte para os dois sistemas de colheitas, quais sejam: com e sem despalha a fogo. Estas conclusões são concordantes com o experimento em pauta, uma vez que os valores de t Pol.ha⁻¹ encontrados, também não foram influenciados pelos tipos de colheita.

Por outro lado, na região de Campos/RJ, PARAZZI & BOLSANELLO (1990) verificaram maior deterioração nas canas cruas após corte, com o que também concordam FERRARI & RODELLA (1979), na área canavieira de ARARAS S.P.

4.3. Biomassa microbiana do solo – C

A decomposição de resíduos orgânicos mantém estreita relação com a biota do solo, sendo que a população microbiana é essencial para gerar grande parte da energia de muitos ecossistemas, independente de funcionar como reservatório lábil de nutrientes para as plantas, principalmente nitrogênio, fósforo e enxofre. Esta citação, de acordo com ANDERSON & DOMSCH (1980), vem ao encontro do que afirmam FASSBENDER & BORNEMISZA (1987), quando enfocam que a biomassa microbiana, apesar de não contribuir com a maior quantidade de elementos nutricionais em grande parte dos ecossistemas, é sem dúvida, uma fonte significativa de nutrientes como N, P, S e C.

A tabela IV mostra o conteúdo médio da BMS-C em $\mu\text{gC.g}^{-1}$ solo, encontrado nas duas épocas de amostragem, bem como a média geral dos tratamentos, evidenciando diferenças altamente significativas entre as épocas de amostragem determinada pelo teste F da análise de variância. Não se observou diferença significativa para interação Tratamentos x Épocas de Amostragem.

Os valores mostram maior quantificação de BMS-C para tratamento com cana crua na presença de torta de filtro ($331,3 \mu\text{gC.g}^{-1}$ solo) e que, mesmo não diferindo dos tratamentos com e sem queima mais resíduos industriais, diferiu significativamente ($p < 0,05$) em relação ao tratamento D, qual seja: CQ = cana queimada.

Tabela IV - Conteúdo médio da B.M.S-C ($\mu\text{g C.g}^{-1}$ solo) em canaviais colhidos sobre cana crua e queimada, com uso de resíduos industriais observados em duas amostragens. Resumo da análise de variância. Resultados de 3º corte (2ª soca).

TRATAMENTOS	ÉPOCA DE AMOSTRAGEM		
	1	2	X GERAL
A - CC	339.7	164.3	251.5 ab
B - CC + TF	411.0	251.7	331.3 a
C - CC + TF + B	404.5	150.8	277.7 ab
D - CQ	230.4	77.6	154.0 b
E - CQ + TF	264.4	99.0	181.7 ab
F - CQ + TF + B	265.6	204.0	234.8 ab
F (tratamentos)			2.91 **
F (épocas)			18.15**
D.M.S. (p<0,05)			176.08 $\mu\text{C.g}^{-1}$ solo
C.V. (a)			45.5 %
C.V. (b)			58.2 %

Época 1 - 2 meses após aplicação dos resíduos ; CC = cana crua; CQ = cana queimada

Época 2 - 8 meses após aplicação dos resíduos TF = torta de filtro; B = bagaço

* teste F significativo $p < 0,05$

** teste F significativo $p < 0,01$

Letras iguais nas colunas indicam que os valores não diferem entre si pelo teste deTukey $p < 0,05$.

Trabalho de SIQUEIRA & FRANCO (1988) explica que a explosão populacional dos microorganismos, ocorre em resposta à adição de carbono orgânico ao solo, como também o maior crescimento microbiano na região das raízes, onde acontece um constante suprimento de substrato. Os autores citados, indicam trabalho de WAKSMAN & STARKEY, mostrando que as densidades ($\text{n}^\circ.\text{g}^{-1}$) de fungos e bactérias podem ser aumentados em 241 e 748%, respectivamente, pela adição de substrato orgânico ao solo. O manejo adequado

dos restos culturais nos solos agrícolas, constitui-se num fator crítico para o equilíbrio da população, atividade microbiológica e produtividade dos solos.

A figura 1 mostra as diferenças observadas entre os tratamentos estudados.

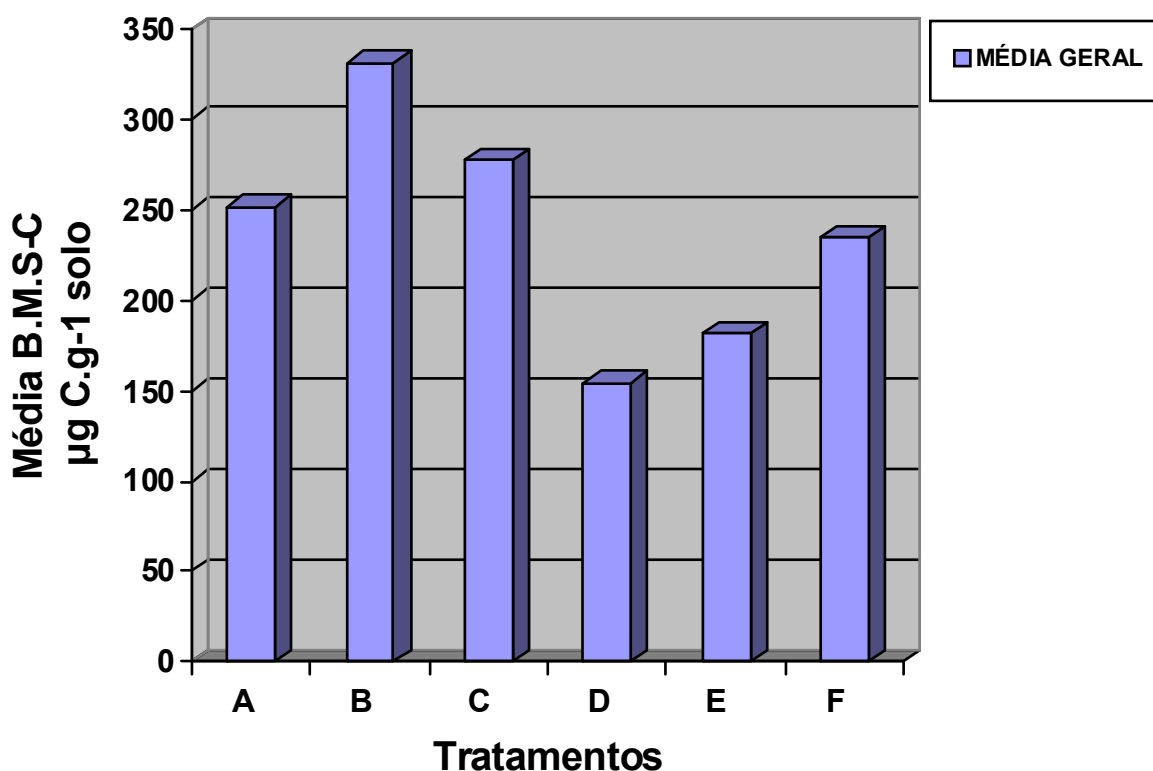


Figura 1: Médias de B.M.S-C (µg C.g-1 solo) em canaviais colhidos com cana crua e queimada, com uso de resíduos industriais. Resultados do 3º corte (2ª soca)

Para efeito de concordância com os dados apresentados, faz-se menção aos seguintes autores: VEIGA et al. (1961), estudando a influência do “palhiço” após o corte da cana, concluíram haver maior atividade microbiológica do solo nos

tratamentos “palhiço” sem mexer e “palhiço” enleirado em entrelinhas alternadas, comparados com palhiço queimado. SAMUELS (1969) observando o efeito do palhiço nas propriedades do solo, verificou aumento no teor de matéria orgânica nas áreas onde fora enterrado ou enleirado o palhiço. Já MOLINA (1995), demonstrou haver diferenças significativas quando estudou o comportamento de alguns resíduos industriais em diferentes sistemas de colheita, para o parâmetro BMS-C, em solo Cambissolo. Também MENDOZA (1996), comparando dois sistemas de colheita, concluiu que o método “cana-crua” promoveu incremento nos teores de C, na camada de 0 a 10 cm, e de Ca e Mg trocáveis em relação ao sistema com queima. Observou ainda, que na época chuvosa do ano (nov/95), a BMS-C foi 64 % superior ao sistema com queima, em classe de solo Podzólico Amarelo do Estado do Espírito Santo.

Ainda segundo a Tabela IV, nota-se que o desenvolvimento dos microorganismos no solo foram afetados pela disponibilidade de matéria orgânica, haja vista o tratamento D, ou seja, cana queimada (CQ), apresentar-se como inferior aos demais em termos de $\mu\text{g C.g}^{-1}$ solo.

Os dados relativos a precipitação do período do 3º corte (terceiro corte), correspondente a segunda soca, somaram 600 mm, com escassez nas épocas de retirada das amostras para análise da população microbiana do solo, como ilustra a figura 2. Este fator umidade, também apresenta-se como complicador para o desenvolvimento de microorganismos.

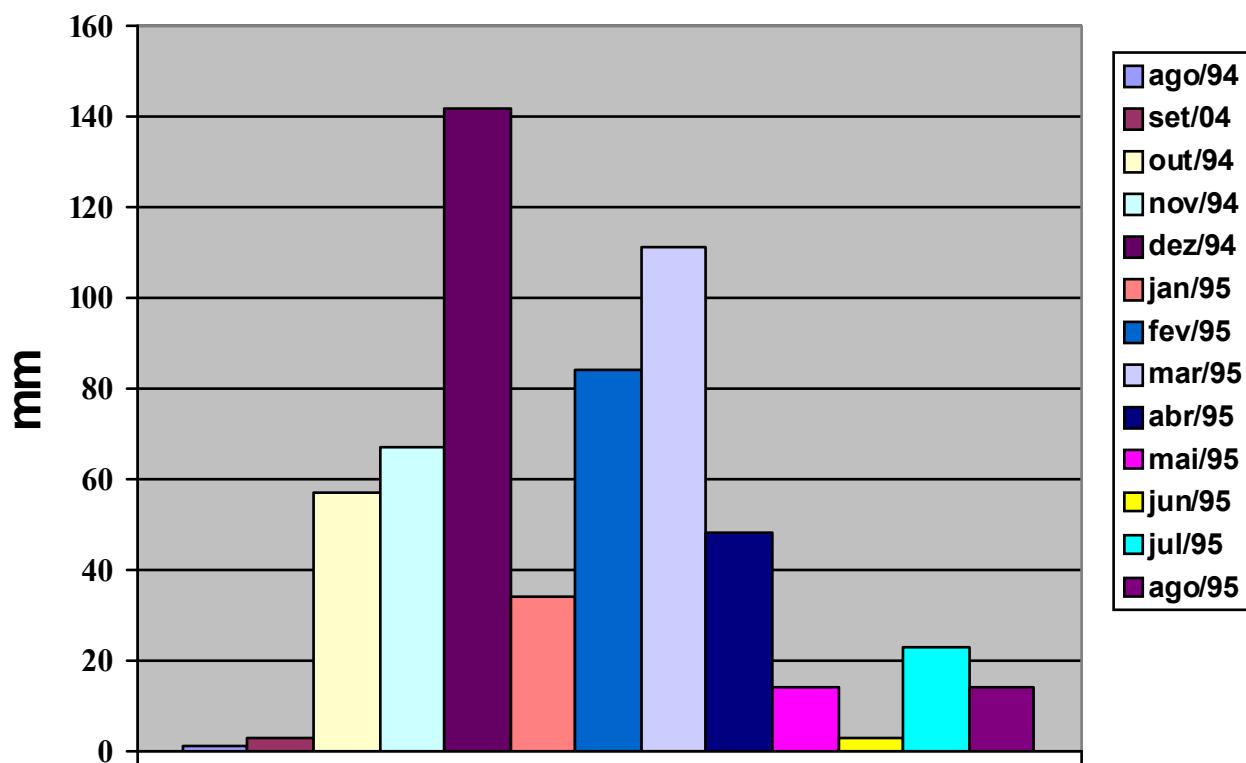


Figura 2: Comportamento pluviométrico mensal (mm) correspondente ao ciclo de 2ª soca da cana-de-açúcar, período 1994-1995, na Usina Santa Cruz (local do experimento), com sinalização das épocas de coletas de solo para análise biológica.

CARDOSO (1992), cita avaliações de ANTUNES sobre o impacto das queimadas na população fúngica em áreas da Mata Atlântica, que concluiu como desprezível o efeito do fogo sobre estes microorganismos, apesar da duração e temperatura alcançadas na queima de troncos e galhos serem maiores daquelas verificadas no sistema de despalha a fogo para colheita dos canaviais.

Percebe-se, entretanto, que práticas agrícolas como cultivo mínimo e/ou plantio direto, possam reverter o quadro de degradação dos solos pelas queimadas, mesmo nos Cambissolos, já que tal situação está bastante ligado aos efeitos provocados pelos manejos inadequados utilizados tanto no solo como na colheita e são alternativas viáveis e passíveis de serem adotadas.

Estes argumentos são reforçados por LINCH & PANTING (1980), quando estudaram os efeitos do plantio direto e do convencional na atividade biológica, observando que a biomassa C microbiana foi significativamente maior no solo pelo plantio direto.

Os dados médios obtidos da B.M.S – C (tabela IV), permitem ainda interpretações que induzem ao organismo homem, organismo aqui definido como fator de formação do solo, cuja ação pode ser visualizada nas camadas dos horizontes através de perturbações intensas, desta feita, manifestada através da redução da microfauna no tratamento D, ou seja, sistema de colheita com queima do canavial.

De acordo com MONIZ (1975), a ação do clima (temperatura, precipitação, evapotranspiração e ventos) sobre as camadas superficiais do solo é geralmente atenuada pela cobertura vegetal, que reduz a agressividade erosiva do clima e a amplitude das variações térmicas e hídricas, criando condições mais favoráveis as atividades biológicas.

Nota-se que as modificações impostas à cobertura vegetal original dos solos, assim como a introdução da queima na área canavieira da região Norte Fluminense, sem dúvida afetaram as propriedades destes, ressaltando alterações

principalmente nas condições biológicas, em função principalmente da exposição direta do solo aos efeitos do clima.

4.4. Produtividade dos 2º e 3º cortes(soca e ressoca) do experimento.

No sistema de colheita sem a queima prévia do canavial, espera-se com o tempo, principalmente quando utiliza-se da adição de 30 toneladas de torta de filtro por hectare, que os efeitos positivos da adição deste resíduo orgânico diminuam gradativamente, em função do próprio aumento e/ou manutenção do teor de matéria orgânica do solo, com o processo de decomposição do palhico remanescente do corte.

Por sua vez, a adição do bagaço em áreas colhidas com cana crua, tende a uma decomposição mais lenta do material orgânico, possibilitando maior formação de compostos húmicos e liberação mais gradativa de nutrientes podendo resultar, conseqüentemente, a longo prazo, em maior ganho de produtividade.

Para o sistema de colheita com despalha a fogo, espera-se com a passar do tempo, no caso de adição do resíduo industrial torta de filtro, que os efeitos positivos desta operação agrícola permaneçam ou aumentem de intensidade, em função da diminuição ou estabilização dos teores de matéria orgânica, em níveis mais baixos com o sistema de cana queimada.

Por outro lado, a adição do bagaço em áreas com queima das canas, pode promover redução na produtividade em relação a área onde aplica-se somente torta de filtro, já que, espera-se maior imobilização de N (nitrogênio) no solo, contribuindo para um aumento da relação C/N.

Na tabela V, são apresentados os valores médios do parâmetro produtividade, entre os diferentes tratamentos, considerando-se o efeito dos resíduos industriais, para o segundo e terceiro cortes (1ª e 2ª socas). Observa-se, para o caso da colheita de cana crua, que as deduções acima são válidas, uma vez que o acréscimo de produtividade proporcionada pela aplicação da torta de filtro no segundo corte foi de 38%, enquanto para o terceiro corte, o aumento da produção de colmos industrializáveis em t. cana.ha⁻¹ foi de 0,6%.

Já a adição de bagaço proporcionou um aumento de produtividade de 28% no segundo corte e de 18% no 3º corte, superior ao 0,6% com a aplicação de torta neste mesmo terceiro corte.

Tabela V: Efeito dos resíduos agro-industriais entre tratamentos, na produtividade dos segundo e terceiro cortes.

TRATAMENTO	t. cana.ha ⁻¹	% de aumento de produtividade	t. cana.ha ⁻¹	% de aumento de produtividade
	Por Trat (Médias) 2º corte		Por Trat (Médias) 3º corte	
1 – CC	63.33	38	57.27	0.6
CQ	70.98		60.44	
2 – CC + TF	87.79	21	57.52	10.5
CQ + TF	86.01		66.77	
3 – CC + TF + B	81.04	24	67.35	2.8
CQ + TF + B	87.98		62.10	

* CC = Cana crua; CQ = Cana Queimada; TF = Torta de filtro; B = Bagaço

Com relação ao sistema de colheita de cana queimada, os dados apresentados na tabela V, mostram que o ganho de produtividade proporcionado pela torta de filtro no segundo corte foi 21% e de 10,5% no terceiro corte. Deveria ocorrer aumento ou pelo menos manutenção da produção, em função dessas áreas com queima serem mais degradadas, com baixos níveis de matéria orgânica e, logo, esperava-se que a adição de um substrato rico como a torta de filtro, facilmente decomponível, viesse elevar a produtividade. Pode-se deduzir porém, que a precipitação pluviométrica durante o terceiro corte, qual seja: 600 mm, tenha afetado o processo de mineralização.

Constata-se que a adição do bagaço, respondeu com 24% de aumento de produtividade no segundo corte e de apenas 2,8% no terceiro corte, valor que vem reforçar a possível redução da produção em função da maior imobilização do N e, conseqüentemente, aumento da relação C/N.

Diversos autores, como: EWART & HUMBERT (1960),BAVER et al (1972), MOBERLY & MEYER (1978), COLETTI et al (1980), (1981), MARINHO et al (1981) e ALONSO et al (1988) tem demonstrado que a torta de filtro e o bagaço beneficiam o solo, contribuindo para aumentar a produtividade, porém, é necessário considerar que ganhos maiores ou menores de produção com adição desses resíduos estão associados a tipo de solo, condições climáticas e, entre outros fatores, a atividade da população de microorganismos do solo.

Os dados da tabela VI completam as informações necessárias para melhor avaliação da evolução da produtividade ($t. \text{cana} \cdot \text{ha}^{-1}$), nos segundo e terceiro cortes (1ª e 2ª socas), obtidos na área experimental selecionada para o presente estudo.

Tabela VI: Valores médios e análise de variância do parâmetro produtividade ($t \text{ cana.ha}^{-1}$), entre tratamentos. Resultados correspondentes aos 2º e 3º cortes (1ª e 2ª socas).

TRATAMENTOS	2º CORTE $t \text{ cana.ha}^{-1}$	3º CORTE $t \text{ cana. ha}^{-1}$
A – CC	63,33 a	57,21 a
B – CC + TF	87,49 a	57,59 a
C – CC + TF + B	81,04 a	67,35 a
D – CQ	70,98 a	60,44 a
E – CQ + TF	86,01 a	66,84 a
F – CQ + TF + B	87,98 a	62,12 a
MÉDIAS	79,52	61,93
F	3,15	0,79 n.s.
D.m.s. $p < 0,05$	26,39	3,86
CV	14,50 %	14,40%

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste F ($p < 0,05$)

CC = Cana Crua; Cana Queimada = Cana Queimada; TF = Torte de Filtro; B = bagaço.

4.5. Efeito dos tratamentos sobre as propriedades químicas do solo, resultados correspondentes ao 3º corte (Segunda soca)

A tabela VII apresenta os valores de pH em água para os tratamentos considerados. Observa-se que os mesmos variam na faixa moderadamente ácido sem, no entanto, apresentarem diferenças expressivas entre os tratamentos.

Tabela VII: Valores de pH (em água) em solo Cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm superficiais.

TRATAMENTOS	pH		
	2 MESES	8 MESES	12 MESES
A – CC	5.4	5.5	5.7
B – (CC + TF ¹)	5.4	5.3	5.5
C – (CC + TF ² + B)	5.4	5.5	5.5
D – CQ	5.3	5.4	5.4
E – (CQ + TF ¹)	5.7	5.4	5.5
F – (CQ + TF ² + B)	5.7	5.5	5.8
MÉDIAS	5.5	5.4	5.6

MENDOZA (1996), estudando sistemas de colheita de cana e seus efeitos sobre as propriedades químicas em solo de tabuleiro do Espírito Santo, obteve resultados semelhantes.

Valores até certo ponto considerados elevados de pH, são comumente encontrados em áreas após queima. FASSBENDER & BORNEMISZA (1987) atribui ao efeito do acúmulo de cinzas, ricos em elementos como potássio, cálcio e magnésio, resultante da combustão vegetal, ao aumento do pH, já que, estes cátions, transformados em óxidos reagem alcalinamente influenciando o pH do solo.

Por sua vez, os íons H⁺ extraídos da solução do solo, através dos radicais orgânicos eletronegativos, formados no processo da decomposição dos restos de culturas quando se efetua a colheita sem queima, podem estar modificando o pH em função da diminuição da acidez ativa.

Com relação ao alumínio, a tabela VIII mostra valores muito baixos em todos os tratamentos avaliados e nas diferentes épocas estudadas, o que, mais uma vez, vem corroborar os resultados encontrados para o parâmetro pH, cujos valores superiores a 5,3 diminuem a atividade relativa fitotóxica do Al⁺⁺⁺.

Tabela VIII: Valores de Al (cmol_c/kg de solo) em solo Cambissolo Eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm superficiais.

TRATAMENTOS	Al (cmol _c /kg de solo)		
	2 MESES	8 MESES	12 MESES
A – CC	0,2	0,3	0,1
B – (CC + TF ¹)	0,1	0,3	0,2
C – (CC + TF ² + B)	0,2	0,1	0,1
D – CQ	0,2	0,3	0,2
E – (CQ + TF ¹)	0,2	0,1	0,1
F – (CQ + TF ² + B)	0,1	0,2	0,1
MÉDIAS	0,1	0,2	0,1

Os valores da tabela VIII, também estão concordantes com NYE & GREELAND (1964), CASTRO (1957) e MENDOZA (1996).

A respeito do K no solo, a tabela IX apresenta valores que não diferem significativamente nem entre tratamentos e nem mesmo nos diversos períodos de amostragens. Nota-se uma tendência a ocorrer maior conteúdo de potássio nos tratamentos sem a queima dos canaviais. Os valores encontrados são considerados altos para a cultura de cana-de-açúcar.

Tabela IX: Conteúdo de K (mg/kg) em solo Cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após a aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm superficiais e resumo da análise de variância.

Tratamentos	K mg/kg solo			Média	
	2 meses	8 meses	12 meses		
A =(C.C)	193,00	176,25	189,50	186,25	163,85
B =(C.C + T.F)¹	151,00	124,25	177,75	151,00	
C =(C.C+T.F² + B)	170,50	158,50	134,50	154,30	
D = (C.Q)	138,25	157,75	131,00	143,30	143,85
E = (C.Q + T.F¹)	97,35	174,50	145,00	138,92	
F =(C.Q+T.F² + B)	131,25	150,75	166,00	149,33	
Médias	147,04	157,33	157,29	147,04	-

Na África do Sul, THOMPSON (1969), concluiu não haver diferenças para potássio, entre parcelas canavieiras com queima da palha e com permanência da mesma como “mulch”.

Por sua vez, NYE & GREENLAND observaram efeitos positivos de adição de K ao solo, fornecido pela razoável quantidade de cinzas oriundas de queimadas.

MENDOZA (1996) verificou enriquecimento com potássio no tratamento com queima de palha, considerando diferentes profundidades amostradas, sendo mais relevante nos primeiros 20 cm e havendo diminuição em profundidade.

Apesar de removido em menor quantidade pela cana-de-açúcar, cerca de 0,23 kg P₂O₅/t de cana-planta com 16 meses de idade e 0,3 kg de P₂O₅/t de cana-soca com 12 meses de idade, o fósforo é o elemento mais aplicado no solo, chegando em categorias de solos fracos a ser utilizado cerca de 180 kg P₂O₅.ha-1 MANHÃES (1996).

Tabela X: Conteúdo de P (mg/kg) em solo Cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após a aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm superficiais e resumo da análise de variância.

Tratamentos	P mg/kg solo			Média
	2 meses	8 meses	12 meses	
A =(C.C)	45,00	57,00	67,75 a	56,58
B =(C.C + T.F)¹	37,00	44,25	46,50 ab	42,58
C =(C.C+T.F² + B)	40,00	43,00	37,50 ab	40,17
D = (C.Q)	29,00	41,50	39,75 ab	36,75
E = (C.Q + T.F¹)	41,25	52,50	61,50 ab	51,75
F =(C.Q+T.F² + B)	31,75	40,50	35,00 b	35,75
Médias	37,33 B	46,46 AB	48,00 A	43,93

F (Trat. Geral) = 0,88 n.s.

F (Época) = 3,95 *

F (Época X Trat.) = 0,52 n.s.

C.V. (Época) = 32,33 %

C.V. (Trat. Geral) = 70,79 %

** Teste F significativo $p < 0,01$

* Teste F significativo $p < 0,05$

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

A utilização de sistemas de cultivo mais compatíveis com as condições de clima e solo das regiões canaveiras em geral, tem demonstrado aumentar a disponibilidade do fósforo e, quanto a essa questão, o papel de substâncias orgânicas e sua mineralização tem sido fundamental no fornecimento deste elemento.

Analisando-se a tabela X, visualiza-se que os teores de fósforo disponível não apresentaram diferenças significativas entre os diversos tratamentos testados. Por outro lado, observa-se comportamento diferenciado quando leva-se em consideração épocas de amostragens, sendo que aos doze meses a média de tratamentos supera a primeira época que, por sua vez, não difere da segunda época. Isto se deve, muito provavelmente, ao tempo necessário a mineralização dos materiais orgânicos incorporados.

Em solos de tabuleiro do Espírito Santo, MENDOZA (1996), detecta superioridade nos teores de fósforo assimilável no tratamento com queima até profundidade de 0 a 10 cm, atribuindo o fato, provavelmente, ao acúmulo superficial das cinzas, pois não houve aplicação de fertilizante fosfatado desde a implantação do experimento.

Nas afirmativas anteriormente discorridas, deve-se levar em conta a real disponibilidade dos elementos K e P, já que, o fornecimento destes às plantas não é função apenas do teor de uma das formas determinadas, e sim de outras que não estão em equilíbrio imediato com a solução do solo.

Nota-se na tabela X, tendência de maiores teores de P na cana crua (tratamento A) em relação a cana queimada (tratamento D), o que pode-se induzir que além dos componentes inorgânicos mensuráveis, os componentes orgânicos que fazem parte, no caso do ciclo do P, poderiam proporcionar efetivamente maiores quantidades deste elemento, nas parcelas onde não houve queima.

MENDONZA (1996), citando GUERRA (1995), observou que a hidrólise do fósforo orgânico pode ser estimulado pela deficiência das formas inorgânicas

do mesmo. De acordo com GUERRA (1995), a decomposição dos resíduos vegetais forneceria grande parte do P para a reassimilação microbiana e vegetal.

MANHÃES (1996), apresenta dados de fósforo disponível em H_2SO_4 $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$, em Cambissolo argiloso sob cultivo de cana-de-açúcar, colhidas cruas e queimadas, mostrando maiores valores de P disponível do que nos de canas cruas. MANHÃES (1996) analisando os teores de P da biomassa microbiana e P total, verifica aumento destas formas nas terras com coberturas de palhas das canas colhidas cruas, enquanto que, inversamente, o P disponível provocou ligeiros aumentos, não significativos, nas terras com cana colhida após a queima, o que não deixa de estar em concordância com os dados obtidos neste trabalho. MANHÃES (1996) explica tal situação baseando-se em NAHAS (1991), onde a biomassa microbiana dos solos agindo sobre os restos da cana crua, através da mineralização, libera o elemento na forma de P inorgânico solúvel, e que, em condições adequadas ao desenvolvimento microbiológico no solo, pode acontecer a imobilização do P existente em solução.

Ainda segundo MANHÃES (1996), o aumento do elemento P no solo, pela degradação microbiológica dos restos culturais, pode ser detectada pela análise de P total (digestão com $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$), sendo as análises de P disponível, com H_2SO_4 $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$. Pressupõe-se então, que a atividade microbiana em relação ao elemento fósforo, atue de maneira a transformar P anteriormente solúvel (que aparece nas análises do P disponível para cana-queimada), em forma insolúvel ao extrator de P disponível e que, por sua vez, essas formas aparecem nas análises de P total.

Os teores de P disponível encontrados, de 61,5 mg P/kg de solo para o tratamento E e de 46,50 mg P/kg de solo correspondente ao tratamento B, verificados na tabela X, na amostragem aos 12 meses, podem ser atribuídos ao percentual de P da torta de filtro que, segundo ACEVEDO RAMOS et al (1963) e PROSSARD (1974) e (1976) promove modificações no nível deste elemento mineral no solo.

Tabela XI: Conteúdo de Ca (cmol/kg) em solo Cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após a aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm superficiais e resumo da análise de variância.

Tratamentos	Ca cmol/kg solo			Média
	2 meses	8 meses	12 meses	
A=(C.C)	4,57	4,80	5,32	4,90
B=(C.C + T.F)¹	4,85	4,70	4,85	4,80
C=(C.C+T.F² + B)	5,12	4,85	5,00	4,99
D=(C.Q)	4,65	4,85	4,97	4,83
E=(C.Q + T.F¹)	5,77	5,40	5,75	5,64
F=(C.Q+T.F² + B)	5,40	4,95	5,52	5,29
Média	5,06 AB	4,93 B	5,24 A	-

F (Trat. Geral) = 0,90 n.s.

F (Época) = 3,75 *

F (Época X Trat.) = 1,20 n.s.

C.V. (Época) = 7,15 %

C.V. (Trat. Geral) = 24,40 %

** Teste F significativo $p < 0,01$

* Teste F significativo $p < 0,05$

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

A tabela XI apresenta os resultados obtidos dos teores de Ca no solo. Os tratamentos não mostraram diferenças significativas. Por outro lado, ocorreu diferenças entre o conteúdo deste elemento quando analisou-se épocas de amostragem, sendo que, aos 12 meses, obteve-se maior quantidade média de cálcio.

Observando-se detalhadamente os tratamentos em estudo e considerando-se somente os tratamentos A e D, respectivamente métodos de colheita com cana crua (C.C.) e com cana queimada (C.Q.), sem adição de resíduos orgânicos industriais, pode-se induzir tendências, principalmente no final do ciclo da cultura, de maiores teores de Ca onde utilizou-se da colheita de cana crua. Por sua vez, os aumentos no conteúdo de Ca correspondentes aos demais tratamentos do método de colheita com queima prévia do canavial, deve-se a pronta liberação deste nutriente através da rápida decomposição dos resíduos agro-industriais empregados, especialmente quando a cana foi colhida após a queima.

Teores de Ca superiores no sistema de manejo sem queima da palha da cana, também foram obtidos por BERNER (1994).

Na tabela XII, são encontrados valores de Mg extraído do solo e, como se nota, não há diferenças significativas entre tratamentos. Por outro lado, observou-se decréscimo significativo deste elemento, quando analisa-se épocas de amostragens, com valores variando de 3,05 cmol_c/kg de solo aos 2 meses a 2,56 cmol_c/kg na terceira época (12 meses).

Tabela XII: Conteúdo de Mg (cmol_c/kg) em solo Cambissolo eutrófico, em função dos tratamentos. Amostragens aos 2, 8 e 12 meses após a aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm superficiais e resumo da análise de variância.

Tratamentos	Mg cmol _c /kg solo			Média
	2 meses	8 meses	12 meses	
A = (C.C)	2,95	2,60	2,42	2,66
B = (C.C + T.F)¹	3,09	2,75	2,55	2,79
C = (C.C + T.F² + B)	3,00	2,60	2,32	2,64
D = (C.Q)	3,35	2,92	2,90	3,06
E = (C.Q + T.F¹)	3,00	2,50	2,35	2,62
F = (C.Q + T.F² + B)	2,90	2,67	2,82	2,80
Média	3,05 A	2,68 B	2,56 B	

F (Trat. Geral) = 1,14 n.s.

F (Época) = 36,80 **

F (Época X Trat.) = 1,27 n.s.

C.V. (Época) = 7,39 %

C.V. (Trat. Geral) = 19,42 %

** Teste F significativo $p < 0,01$

* Teste F significativo $p < 0,05$

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

Os teores de Ca e Mg encontrados na análise correspondente a primeira amostragem estão coerentes com a análise inicial do solo (Tabela I), ocorrendo decréscimo, principalmente do Mg, na medida que passa a ser extraído pela cultura, porém sem alterar a quantidade disponível do solo.

No entanto, comparando-se o tratamento cana-crua com o tratamento cana-queimada, percebe-se que o tratamento CQ (cana-queimada) tem comportamento diferenciado, com tendência da manutenção dos valores de magnésio, o que, de

acordo com NEY & GREELAND (1964) é possível, pois a prática da queima nos solos fornece razoável quantidade de cinzas, suprimindo-o com o cátion magnésio.

Também THOMPSON (1969), conclui não haver, do ponto de vista nutricional, diferença entre a queima da palha e a permanência da mesma como mulch. Cita que a queima provocou perdas de nitrogênio, enquanto os demais nutrientes permaneceram quase que totalmente sobre o solo, nas cinzas, inclusive Ca e Mg.

Teores superiores de magnésio nos dez centímetros iniciais do solo, onde houve deposição da palhada, foram encontrados por MENDOZA (1996) em solos arenosos e pobres de matéria orgânica, indicando que o retorno da palha da cana-de-açúcar nestas condições, promoveu acréscimo deste nutriente pela liberação gradual do Mg durante a mineralização dos resíduos.

Por outro lado, mais uma vez há de se levar em conta o alto potencial de fornecimento de nutrientes do solo estudado que, mesmo com a adição de resíduos orgânicos, já possuía teores elevados do cátion magnésio.

O conteúdo de C carbono orgânico total do solo (tabela XIII), não apresenta diferenças significativas para tratamentos. No entanto, os valores analisados com relação as épocas de amostragens, mostram diferenças estatísticas com acréscimos a partir do oitavo mês de condução do experimento.

Tabela XIII: Conteúdo de C (g/kg) em solo Cambissolo Eutrófico, em função dos tratamentos. amostragens aos 2, 8 e 12 meses após a aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm superficiais e resumo da análise de variância.

Tratamentos	C g/kg solo			Média	
	2 meses	8 meses	12 meses		
A =(C.C)	16,65 a A	17,22 a A	18,00 a A	17,29 a	17,45
B =(C.C + T.F)¹	15,80 a B	17,30 a AB	19,37 a A	17,49 a	
C =(C.C+T.F² + B)	15,97 a A	17,95 a A	18,75 a A	17,56 a	
D = (C.Q)	13,65 a B	16,80 a A	16,95 a A	15,80 a	16,75
E = (C.Q + T.F¹)	14,07 a B	18,87 a A	19,25 a A	17,40 a	
F =(C.Q+T.F² + B)	15,27 a B	17,42 a AB	18,37 a A	17,05 a	
Média	15,24 B	17,59 A	18,45 A	17,09	-

F (Trat. Geral) = 1,03 n.s.

F (Época) = 25,13 **

F (Época X Trat.) = 1,04 n.s.

C.V. (Época) = 9,51 %

C.V. (Trat. Geral) = 13,21 %

** Teste F significativo $p < 0,01$

* Teste F significativo $p < 0,05$

n.s. Teste F não significativo

Letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam que os valores não diferem estatisticamente entre si.

Isolando-se parcelas que não receberam resíduos agro-industriais, observa-se uma pequena tendência de maior concentração do carbono no tratamento cujo método de colheita não recebeu queima.

PEIXOTO (1989), pesquisando métodos de colheitas com e sem queimadas, em solo aluvial do Rio Paraíba do Sul, no Norte Fluminense, constatou um acréscimo de C de 1,64% para 2,06% após três anos de colheita com cana crua.

Por sua vez, BERNER (1994) observou acréscimos menos significativos de carbono no solo em manejo de colheita na palha, quando comparado ao sistema com queima, em uma área de Cambissolo também do Norte Fluminense.

YOONG (1990) avaliando propriedades químicas do solo com e sem cobertura de espécie vegetal, no Norte da Nigéria, cita que, com exceção do P, as características químicas do solo em estudo com o tratamento cobertura, melhorou substancialmente. Observou também, um decréscimo significativo no parâmetro % de saturação de bases e de C%, indicando lavagem intensa de cátion e matéria orgânica, quando não existe proteção do solo.

4.6. Efeito do palhicho sobre produtividade (t cana.ha⁻¹)

Os valores médios e análise de variância do parâmetro produtividade, resultados de terceiro corte (2^a soca), dos diferentes tratamentos em estudo (tabela II) demonstram não haver significância entre os mesmos, com tendência de maior produção para as parcelas onde o método de despalha a fogo foi empregado.

Dentre as muitas considerações colocadas, surge mais um fator que merece ser discutido, em função do questionamento quanto a inibição da brotação de soqueira ser provocado pela palhada distribuída sobre as linhas de cana. Trata-se do índice de palhicho (IP%). No presente experimento foi calculado pela relação $IP = (\text{Peso do Palhicho} / \text{peso das Canas}) \times 100$, para o qual obteve-se um valor de 32,25%, que corresponde a 20,6 t.ha⁻¹ de palha remanescente da colheita sem queima prévia.

MANHÃES (1996) encontra resultado em segunda soca de cana, plantada em Cambissolo, da ordem de $17,90 \text{ t.ha}^{-1}$, com produtividades semelhantes nas colheitas com e sem queima.

FURLANI NETO et al (1989), estudando as variedades de cana-de-açúcar NA 5679 e SP 701143, na Usina Amália (SP), determinaram que a massa vegetal da palhada proveniente da colheita em cana crua, através de método mecânico, foi entre $7,5$ e $11,9 \text{ t.ha}^{-1}$.

A Usina Santa Luíza (SP), colhendo cana crua com colhedoras combinadas, distribuiu satisfatoriamente os resíduos da palhada sobre o terreno o que, de acordo com RIPOLI (1990), tem beneficiado o solo e reduzido custos operacionais através da manutenção da umidade e do controle de ervas daninhas. Por outro lado, ainda segundo RIPOLI (1990), esta mesma unidade produtora de açúcar e álcool, estuda a várias safras, o comportamento da brotação e crescimento de soqueiras provenientes de canaviais colhidos sem queima prévia. Tem-se observado neste trabalho, que a palhada permanece sobre o solo (não há operação de enleiramento) inibindo inicialmente a brotação. Todavia, após três meses, inicia-se recuperação e, aos seis meses, não se observa diferença de crescimento em relação à testemunha.

No entanto, em função de condições edafo-climáticas diferentes, pode ter ocorrido, nas condições do experimento, com precipitação pluviométrica no período em torno de 600 mm , que o processo de recuperação da brotação de soqueiras não tenha se realizado a contento prejudicando a produção final.

5 - CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos e nas condições onde foi desenvolvido este estudo, pode-se concluir que:

1 – A aplicação dos resíduos da agroindústria açucareira (torta de filtro e bagaço), nos canaviais colhidos com e sem queimada, não resultou em aumentos de produtividade, quer seja em t cana.ha⁻¹ ou em t pol.ha⁻¹.

2 – Os tratamentos com cana crua que receberam resíduos industriais, apresentaram valores significativamente maiores de BMS-C, em comparação ao tratamento cana queimada. Houve uma maior proporção de carbono imobilizado na biomassa microbiana do solo, principalmente no tratamento cana crua com torta de filtro adicionada.

3 – O tipo de solo estudado, Cambissolo Eutrófico, pode ter facilitado a semelhança dos resultados de produção (t cana.ha⁻¹), em função de sua alta fertilidade natural.

4 – O Índice de Palhiço, pode ter afetado a brotação de soqueiras dos tratamentos com cana crua.

5 – De modo geral, as propriedades químicas do solo estudadas não foram alteradas quando se compararam os tratamentos.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO-RAMOS, G. Analysis of probable relationships between leaf - potassium percentage and sucrose content and maturity of sugar cane. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, Rio Pedras, n.46, p.15-22, 1963.
- ALBUQUERQUE, G.A.C., MARINHO, M.L. Influência da torta de filtro sobre a adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, RJ, v. 93, p. 38-43, fev. 1979.
- ALONSO, O., GLÓRIA, N.A., PAGGIARO, C.M., GERALDI, F.L., TEIXEIRA, J.P.B., ALBUQUERQUE, F.C. A torta de filtro rotativo aplicada em área total e no sulco, na fertilização da cana-planta. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, n.3, p.26-36, 1988.
- ANDERSON, J.P.E., DOMSCH, K.H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of select soils. *Soil Science*, Baltimore, v.130, n.4, p.211-16, 1980.
- ARZOLLA, N., LÓPEZ, M., MARTIN, A., FERNANDEZ, A. Efeitos del fuego en las plantaciones de caña-de-açúcar. Parte 1: Influencia de la queima sobre algunas propiedades de los suelos cubanos. **Boletim INICA**, La Habana, n.6, p.61-71, 1985.
- AYRES, A. S., HAGIHARA, H. H. A lysimeter study of losses of nitrogen and potassium. **Hawaiian Planter's Record**, Honolulu, v. 56, p. 255-275, 1963.
- AZAN, F., MALIK, K.A., HUSSAIN, F. Microbial biomass and mineralization-immobilization of nitrogen in some agricultural soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.2, p.157-163, 1986.

- AZEREDO, D.F., MANHÃES, M.S. Adubação orgânica. In: ORLANDO FILHO, J. coord. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba, SP: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.211-225 (Coleção PLANALSUCAR, 2).
- BALL-COELHO, B., SALCEDO, J.H., TIESSEN, H., STEWART, J.W.B. Short and long term phosphorus dynamics in a fertilized Ultisol under sugarcane. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, n.57, p.1027-1034, 1993.
- BAVER, L.D. **Soil Physics**. New York: J. Wiley, 1972.
- BERNER, P.G.M., LIMA, E., ANJOS, L.H.C. Efeito do manejo da cana-de-açúcar na fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, Petrolina, 1994. **Anais...** Petrolina: SBCS/EMBRAPA/CPATSA, 1994. p. 247-248.
- BERTELLI, L.G. Dezesesseis anos de Proálcool. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 11, n.1, p. 19-20, set./out. 1992.
- BERTO, P.N.A. **Influência do palhiço como fonte de matéria orgânica, na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**, seminário técnico. Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1993. 18p.(Disciplina Dinâmica da Matéria Orgânica)
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Estudo sobre o aproveitamento da torta de filtro da usina de açúcar como fertilizante**. Piracicaba:1958. (mimeografado).
- BROOKES, P.C., POWLSON, D.S., JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.14, p.319-329, 1982.

- CARDOSO, E.J.B.N. Efeito da matéria orgânica na biologia do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Botucatu, SP, 1992. **Anais...** Botucatu, SP: Faculdade de Ciências Agrárias, 1992. 203p.
- CASTRO, L.J.P., GODOY, O.P. Uso da torta de filtro no sulco de plantio da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.94, n.5, p.66-76, 1979.
- CEDDIA, M.B., ANJOS, L.H.C., LIMA, E., RAVELLI NETO, A., SILVA, L.A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo podzólico amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.8, p.1467-1473, ago, 1999.
- CERRI, C.C., MORAES, J.F.L. Consequências do uso e manejo do solo no teor de matéria orgânica. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Botucatu, 1992. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1992. p.26-36.
- CERRI, C.C., VOLKOFF, B., EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.1, p.1-4, 1985.
- COLETI, J.T., BITTENCOURT, V.C., GIACOMINI, G.M. Torta de filtro rotativo em combinação com diferentes formas de fósforo, com vistas a substituição da torta de mamona e de fosfatos solúveis em água, na fertilização da cana planta. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.96, n.6, p.16-27, dez. 1980.
- COLETI, J.T., LORENZETTI, J.M., GASPARINI, C.T., FREITAS, P.G. Compostagem obtida com resíduos da fabricação de açúcar e álcool. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2. Rio de Janeiro, 1981. **Anais...** Rio de Janeiro:1981. v. 4, p.88-96.

- CORONADO, C. **Técnicas de análises, características químicas y usos de la cachaza**. 1986. Informe ICIDCA.
- CRAFTS, A.S. **Modern weed control**. Berkeley: Univ. California Press, 1975. 440p.
- DELGADO, A.A. Os efeitos da queima dos canaviais. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, SP, v.3, n.6, p.42-45. jul./ago. 1985.
- DEMATTÊ, J.L.I. **Plantio direto - cultivo Mínimo**, palestra técnica. Araras, SP: IAA/PLANALSUCAR.. COSUL, 1980. 80 p.
- DE-POLLI, H., FRANCO, A.A., ALMEIDA, D.L., DUQUE, F.F., MONTEIRO, E.M.S., DOBEREINER, J. **A biologia do solo na agricultura**. Seropédica, RJ: EMBRAPA/UAPNPBS, 1988. (Documento, 5).
- DORAN, J.W. Microbial biomass and mineralizable nitrogen distributions in no-tillage and plowed soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.5, p.68-75. 1987.
- EMBRAPA/SNLCS, Rio de Janeiro. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 1979. n.p.
- ESPÍNDOLA, J.A. **Influência da adubação verde sobre a simbiose micorrízica e a produção de batata doce (*Ipomea batatas*)**. Seropédica: 1996. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) UFRRJ. IA.
- EWART, G.Y., HUMBERT, R.P. Use of mill waste organic matter in improving Hawaiian sugar cane soils. **Hawaii Plant Record**, Honolulu, v.55, n.4, p.319-329. 1960.
- FASSBENDER, H.W., BORNEMISZA, E. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. Costa Rica: IICA, 1987. 420p.

- FERRARI, S.E., FURLANI NETO, V.L., LOPES, J.J.C., STOLF, R. Industrial quality of mechanically and manually harvested sugar cane. In: CONGRESS OF ISSCT, 17, Manilla, 1980. **Proceedings...** Makati:1980. v.1, p.800-809.
- FERRARI, S.E., RODELLA, A.A. Deterioração da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, Maceió, AL, 1979. **Anais...** Maceió: 1979. p.475-488.
- FURLANI NETO, V.L. **Colheita da cana-de-açúcar.** Araras, SP:IAA/PLANALSUCAR. COSUL, 1981. 72p.
- FURLANI NETO, V.L. **Incidência de matéria estranha e perdas nos processos de corte manual e com colhedoras - amontoadoras em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*).** Piracicaba/SP: ESALQ, 1984. 120 p. Tese (Mestrado) ESALQ/USP.
- FURLANI NETO, V.L., MONTEIRO, H., RIPOLI, T.C. & NOGUEIRA, R.R. “Comparison analysis between green cane and burned cane: taw natter quality, cane losses, crop residue and chopper harvest performance”. In: INT.CONG. of issci, 20, S.Paulo, 1989, 14 p.
- GLÓRIA, N.A. Resíduos industriais como fonte de matéria orgânica. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Botucatu, 1992. **Anais...** Botucatu, SP: Faculdade de Ciências Agrárias, 1992. 203p.
- GLÓRIA, N.A., SANTA ANA, A.G., BIAGI, E. Composição dos resíduos de usina de açúcar e destilarias. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.81, n.6, p.78-87, 1973.

- GOSNELL, J.M., LONSDALE, J.E. Effects of irrigation level and trash management on sugarcane. In CONGRESS OF ISSCT, 16, São Paulo, 1977. **Proceedings...** v.2, p. 131-138, 1985.
- GRISI, B.M., GRAY, T.R.G. Biomassa microbiana de solo estimada do biovolume com uso da microscopia de fluorescência. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.131-138, 1985.
- GUERRA, J.G.M., FONSECA, M.C.C., ALMEIDA, D.L., DE-POLLI, H., FERNANDES, M.S. Conteúdo de fósforo da biomassa microbiana de um solo cultivado com *Braquiária decumbens* Stapf. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.4, p.543-551, abr. 1995.
- HARDEN, T., JOERGENSEN, R.G., MEYER, B. et al. Soil microbial biomass estimated by fumigation-extraction and substrate-induced respiration in two pesticide-treated soils. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, v.25, n.6, p.679-685, 1993.
- HOSSAIN, A.K.M.A., RAISON, R.J., KHANNA, P.K. Effects of fertilizer application and fire regime on soil microbial biomass carbon and nitrogen, and nitrogen fertilization in an australian subalpine eucalypt forest. **Biol. Fert. Soils**, Berlin, v.19, n.2/3, p.246-252, 1995.
- HUMBERT, R.P. **El cultivo de la cana de azúcar**. Mexico: Ed. Continental, 1974. 719 p.
- IAA-PLANALSUCAR. **1º Relatório técnico do aproveitamento dos resíduos industriais das destilarias de álcool**. Piracicaba, 1980. 267 p. (mimeografado).

- JENKINSON, D.S., LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. **Soil Biochemistry**, New York, v.5, p.415-470, 1981.
- LAMUSSE, J.P. The effect of burning cane on capacity anual performance of a milling tandem. **International Sugar Journal**, Bucks, v.81, n.969, p.231-236. Aug. 1979.
- LANSEN, S. Soil phosphorus. **Adv. Agron.**, n.19, p.151-209, 1967.
- LEE, K.E., FOSTER, R.C. Soil fauna anal structure. **Aust. J. Soil Res.** n.29, p.745-775, 1991.
- LIMA, E. **Efeitos de sistemas de colheita em canaviais do Estado do Espírito Santo**, relatório anual. Campos dos Goytacazes: UFRRJ. Campus Dr. Leonel Miranda. RJ, 1994.
- LINCH, J.M., PANTING, L.M., Cultivation and the soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.12, n.1, p.29-33. 1980.
- LOPES, E.S., LOMBARDI, M.L.C.O. Os microorganismos do solo e o aproveitamento do fósforo pelas plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, Salvador, BA, 1981. **Anais...** Itabuna: Ceplac, 1981. p.69-82.
- LORENZI, H.J., GANDINI, M.O., GAZON A.L. Trash blankets: the potencial to control seeds and effect on ratoon cane development. In: CONGRESS OF ISSCT, 20, São Paulo, 1989. **Proceedings...** v.2, p.1021-1025.
- LOVELL, R.D., JARVIS, S.C., BARDGETT, R.D. Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: effects of management changes. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, v.27, n.7, p.969-975, 1995.

- LUGO-LOPEZ, M.A., HERNANDEZ-MEDINA, E., CIBESVIADÉ, H.R., CHANDLER, J.V. The effect of filter press coke on the physical and chemical properties of soils. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Pedras, n.37, p.213-223, 1953.
- MANHÃES, M.S. **Fósforo em dois solos cultivados com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) colhida em sistema de cana crua e queimada**. Seropédica, RJ: 1996. 219p. Tese (PhD em Agronomia) UFRRJ.
- MANN, L.K. Changes in soil carbon storage after cultivation. **Soil Sci.**, Baltimore, v.14, n.15, p.279-288, 1986.
- MARINHO, M.L., ARAÚJO FILHO, J.T., CAVALCANTI, G.A.C. Uso da torta de filtro no sulco de plantio da cana-de-açúcar em Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL STAB, 2. Rio de Janeiro, 1981. **Anais...** Rio de Janeiro: 1981. v.3, p.212-229.
- MENDOZA, H.N.S. **Efeitos de sistemas de colheita dos canaviais sobre propriedades químicas e biológicas em solo de tabuleiro no Espírito Santo**. Seropédica, RJ. 1996. 113p. Tese (Mestrado) UFRRJ.
- MENDOZA, H.N.S., LIMA, E., ANJOS, L.H.C., SILVA, L.A, CEDDIA, M.B., ANTUNES, M.V.M. Propriedades físicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v.24, n.s., p. 201-207, jan/mar. 2000.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA/ELETOBRÁS. **Aproveitamento energético dos resíduos da agroindústria da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro, 1983. 340 p.

- MOBERLY, P.K., MEYER, J.R. filter cake a field and glasshouse evolution. In: ANNUAL CONGRESS OF THE SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS ASSOCIATION, 52, Mount Edgecombe, 1978. **Proceedings...** Natal: SASTA, 1978. p.131-136.
- MOLINA, R.M. **A torta de filtro e o bagaço no comportamento da biota, propriedades físicas e produtividade de um solo cultivado em cana-de-açúcar.** Itaguaí, 1995. 90p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) UFRRJ.
- MONIZ, A.C. **Elementos de Pedologia.** Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 1975. 460 p.
- MUZIK, T.J. **Weed biology and control.** New York: McGraw Hill, 1970. 273 p.
- NOVAES, F.V. **Influência do sistema de despalha e do período de armazenamento sôbre as características agroindustriais da cana-de-açúcar.** Piracicaba: 1971. 97p. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ/USP.
- OCIO, J.A., BROOKES, P.C. An evaluation of methods for measuring microbial biomass in soils following recent additions of wheat straw and the characterization of the biomass that develops. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, v.22, n.5, p.685-694, 1990.
- ORLANDO FILHO, J. Aplicação de N e tipos de cultivos em área de colheita mecânica de cana crua e queimada. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 14, n. 2, p. 18-25, 1995.
- ORLANDO FILHO, J. et al. Adubação de soqueiras de cana-de-açúcar sob dois tipos de despalha: cana crua + cana queimada. **STAB, Açúcar, Álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 12, n. 4, p. 7-11, mar./abr. 1994.

- ORLANDO FILHO, J., coord. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba, SP.: IAA/PLANALSUCAR.SUPER 1983. 369p. (Coleção PLANALSUCAR, 2).
- ORLANDO FILHO, J., ZAMBELLO JÚNIOR, E. **Viagem de estudos realizada a África do Sul, Filipinas, Havaí, Louisiana**. Piracicaba, SP: IAA/PLANALSUCAR. SUPER, 1980.
- YOONG, A. Agroforestry for soil conservation. **Science and Practice Agroforestry**, Nairobi ICRAFT, nº 5, 1990.276 p.
- PANDEY, B.N. By - products of sugar cane industry and their utilization. **Indian Sugar**, New Delhi, v 16, p.205-210, 1966.
- PARAZZI C., BOLSANELLO, J. **Estudos preliminares da deterioração da cana-de-açúcar na região de Campos**. Viçosa: IAA/PLANALSUCAR/UFV, 1980. 10 p.
- PARAZZI C., BOLSANELLO, J. Estudos preliminares da deterioração da cana-de-açúcar na região de Campos. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 1, Maceió, AL, 1979. **Anais...** 1979. v.2, p. 489-492.
- PAUL, E.A., CLARK, F.E. Phosphorus transformations in soil. In:_____. **Soil microbiology and biochemistry**. New York: Academic Press, 1989. 275p.
- PEARSON, C.H.O. The conception of farming on sub-tropical soil, with the use of crop by product, trash as a means to improve yields. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 10, Hawaii, 1959. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier. 1960. p.579-588.

- PEIXOTO, A.A. **A produção da parte aérea da cana-de-açúcar em 3 variedades, em cana-soca, com 12 meses e matéria orgânica no solo.** Campos, RJ:1989. 2p.
- PEIXOTO, A.A. **Colheita de cana-de-açúcar: corte, embarque e transporte.** Campos: IAA/PLANALSUCAR, COEST, 1981. 1p.
- PEIXOTO, A.A. Produção da parte aérea da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 1, Maceió, AL. 1979. **Anais...** Maceió: 1979. p.475-488.
- PROSAD, M. Response of sugarcane to filter press mud and N, P and K fertilizers. II- Effects of plant composition and chemical properties. **Agronomy Journal**, Madison, n.68, p.539-543, 1976.
- PROSAD, M. The effect of filter press mud on the availability of macro and micronutrients. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 15, Durban, 1974. **Proceedings...** Durban: Hayne & Gibson, 1974. v.2, p.268-275.
- REDMAN, F.H. Deterioro de caña quemada. **El Cañero**, Santo Domingo, v.6, m.8, p. 6-7, 1977.
- RIPOLI, T.C., MIALHE, L.G., BRITO, J.O. Queima de canavial - o desperdício não mais admissível. **Álcool e Açúcar**. São Paulo. n.54, p.18-23. jul/ago. 1990.
- RODELLA, A.A. Métodos de análise de solo, tecido vegetal, vinhaça e torta de filtro. In: ORLANDO FILHO, J. coord. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.351-358. (Coleção PLANALSUCAR, 2).

- RODRIGUES, E.F.G. **Biomassa-C microbiana de solos de Itaguaí: comparação entre os métodos da fumigação-incubação e fumigação-extração.** Itaguaí, 1992. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) UFRRJ.IA .
- RODRIGUES, E.F.G., DE-POLLI, H. **Marcha analítica para a determinação da biomassa-C microbiana do solo pelo método da fumigação-extração.** Itaguaí: UFRRJ/ CPGCS, 1991. 2p. (Roteiro de aula prática) (mimeo.).
- SAGARRA, A.F. Bagaço: composição, conservação e armazenamento, aproveitamento industrial. In: SEMANA DE FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA, 3, 1966. **Fermentação do caldo de cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ, Instituto Zimotécnico, 1966. v.2, p.280-294.
- SAMUELS, G. et al. Influence of hounding sugar cane transul or yelds and soil properties. **Soil & Science**, 74:207-215, 1952.
- SAMUELS, G. Foreign matter in sugar cane: some basics facts. In: ANUAL CONGRESS OF THE ASS. SUG. TEC. OF PUERTO RICO, 47, San Juan 1969. **Proceedings...** p. 52-62.
- SANDFORD, W; WANGARI, E. Los pastizales tropicales: Su dinámica y utilización. **La Natureza y sus Recursos**, 21(3): 12-27, 1985.
- SMITH, J.L., PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J. M., STOTZKY, G., eds. **Soil Biochemistry.** New York: Marcel Dekker, 1990. v.6, p.357-396.
- TAKAHASHI, D.T. Fate of unrecovered fertilizer nitrogen in lysimeter studies with N¹⁵ . **Hawaiian Planter's Record**, Honolulu , v. 58, p. 95-101, 1970.
- TATE, K. R., et al. A direct extraction. **Soil Biol. Bioche.**, n.20, p.329-335, 1988.

- THOMPSON, G.D. The production of trash and its effects as a mulch on the soil and sugar cane nutrition. In: CONGRESS SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGY ASSOCIATION, 40, Mount Edgecombe, 1969. **Proceedings...** p.1-10.
- TILLMANN, C.A.C. **Avaliação dos desempenhos operacional e econômico de sistema de colheita semi-mecanizada em cana-de-açúcar, com e sem queima prévia.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1994. 111p. Dissertação (Mestrado) ESALQ/USP.
- TORRES, O. Caracterización físico química de la cachaza. **Informe ICIDCA,** 1986.
- URQUIAGA, S., BODDEY, R.M., OLIVEIRA, O.C. et al. **A importância de não queimar a palha na cultura da cana-de-açúcar.** Itaguaí: EMBRAPA/CNPAB, 1991. p.1-6 (Comunicado Técnico, 5).
- VEIGA, F.M., et al. **Influência do tratamento do palhico de cana-de-açúcar na produção e conservação da matéria orgânica do solo.** Rio de Janeiro: Serviço de Pesquisas Agronômicas, 1961. 8p. (Comunicado técnico, 13).
- VIEIRA, R. J. Reestruturação do Próalcool e continuidade da produção de álcool combustível no Brasil. Tese de Doutorado. Viçosa: UFV, 1999, 134 p.
- WOOD, R.A. The influence of trash on nitrogen mineralization - immobilization relationship in sugar belt soils. In: ANUAL CONGRESS OF SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGY ASSOCIATION, 40, Mount Edgecombe, 1966. **Proceedings...** p.253-262.

ZAMBELLO JÚNIOR, E., ORLANDO FILHO, J. Utilização de resíduos da agroindústria, como complemento a adubação mineral da cana-de-açúcar.

Saccharum STAB, São Paulo, v. 4, n. 17, p. 32-42, nov. 1981.