

**QUEIMA DO CANAVIAL: ASPECTOS SOBRE A BIOMASSA  
VEGETAL, FERTILIDADE DO SOLO E EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> PARA  
ATMOSFERA**

**CARLOS GUILHERME SASSO**

**QUEIMA DO CANAVIAL: ASPECTOS SOBRE A BIOMASSA VEGETAL,  
FERTILIDADE DO SOLO E EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> PARA ATMOSFERA**

**CARLOS GUILHERME SASSO**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Produção vegetal

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Alcides Marques

633.61  
S252q

Sasso, Carlos Guilherme.

Queima do canavial: aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. – Presidente Prudente: [s. n.], 2007.

36 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE: Presidente Prudente – SP, 2007.

Bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Emissão de CO<sub>2</sub>. I. Título.

**CARLOS GUILHERME SASSO**

**QUEIMA DO CANAVIAL: ASPECTOS SOBRE A BIOMASSA VEGETAL,  
FERTILIDADE DO SOLO E EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> PARA ATMOSFERA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 20 setembro de 2007.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Tadeu Alcides Marques  
Universidade do Oeste paulista - UNOESTE

---

Prof. Dr. Gustavo Maia Souza  
Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE

---

Prof. Dra. Elisangela Marques Jerônimo  
APTA Regional Centro Oeste - Jaú

## DEDICATÓRIA

*Ao Senhor de todas as nações e povos do mundo inteiro,  
DEUS...*

*Aos meus pais João Carlos Sasso e Maria Lúcia Sasso  
por todo o apoio recebido nos momentos sempre certos...*

*A todo restante de minha família...*

*Aos meus amigos e amigas...*

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus pela coragem, saúde e força para a conclusão deste trabalho.*

*A todos meus familiares, em especial aos meus pais.*

*Ao meu orientador, Professor Pós-Doutor Tadeu Alcides Marques pelo apoio e amizade sempre presentes.*

*Ao Professor Pós-Doutor Gustavo pelo apoio técnico e científico*

*Ao superintendente técnico da COPAGRA Cristiano pelo apoio no campo de pesquisa.*

*A todo restante do corpo docente e dos demais funcionários do Mestrado em Agronomia da UNOESTE.*

*A todas as pessoas que me auxiliaram direta ou indiretamente...*

*Aos diretores e coordenadores das escolas que trabalho pela compreensão nos momentos de minha ausência.*

*“Acreditar em si é acreditar que Deus esta conosco e que podemos vencer as dificuldades, mesmo que a princípio, tudo pareça difícil”.*

**Carlos Guilherme Sasso, 2007.**

## RESUMO

### **Queima do canavial: aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera**

O objetivo do trabalho foi avaliar as mudanças que ocorrem no solo, na planta e na atmosfera imediatamente após a prática da queima do canavial. Para tanto, foram coletadas amostras de solo e da planta em duas situações (tratamentos) pré e pós-queima. As áreas foram padronizadas e referenciadas como talhões, cinco foram os talhões usados para cada tratamento (repetições). Para cada talhão foram realizadas cinco amostras. Estimou-se a emissão de CO<sub>2</sub> utilizando as reduções de folhas, ponteiros e colmos proporcionadas pela queima, nos tratamentos. Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA,  $p < 0,05$ ) com o teste de comparação de médias Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e estudados por análise multivariada por componentes principais (PCA). Com relação à comparação da pré e da pós-queima, as variáveis de biomassa (folhas, ponteiros, colmos) apresentaram diferenças estatísticas. Entretanto, as variáveis % de MS do ponteiro (%ponteiro) e brix corrigido não apresentaram diferenças quando comparadas a pré e a pós-queima. O resultado do cálculo da quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pela queima das folhas foi de 3,89 Mg ha<sup>-1</sup> (toneladas por hectare) e devido à queima dos ponteiros mais 0,92 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> foram lançadas na atmosfera, totalizando 4,81 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> totais. Os dados referentes ao Mn, Cu e B apresentaram diferenças estatísticas de teores quando comparados antes e após a queima. Na análise multivariada houve uma divisão clara entre os dados da pré e pós-queima, influenciados pela biomassa vegetal. O trabalho concluiu que a queima da cana promove redução de folhas, ponteiros e colmos em 92,48%, 33,52% e 30,70% respectivamente. No solo ocorreu redução de manganês em 21,04%, de cobre em 19,32% e de boro em 30,56%. Na atmosfera ocorre emissão de 4,8 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>, provenientes da queima de 10,41 Mg de biomassa vegetal.

Palavras-chave: Biomassa vegetal, cana-de-açúcar.



## ABSTRACT

### **Burning of the sugarcane – crop: biomass aspects, soil, fertility and CO<sub>2</sub> emission in atmosphere**

The objective of the work was to evaluate the changes that occur in the ground, the plant and the atmosphere immediately after the practical one of the burning of the canavial. For in such a way, it compared the effect of the burning of the sugarcane plantation in the ground and the proper sugar cane, thus, samples of these items in two situations had been collected show before (treatments) and after burning. The standardized areas had been referencing as pulley and had been repeated five times, for each pulley five samples had been carried through. All the data had been submitted to the analysis of variance (ANOVA,  $p < 0,05$ ) and to the test of comparison of Scott-Knott averages ( $p < 0,05$ ) and for the analysis multivaried for main components (PCA). In the multivaried analysis it had a clear division it enters the data of the daily pay and after-burns. The data show that before the burning only the variable leaves they had presented variations in the standardized pulley and that subsequent to burns these differences for leaves had disappeared. With regard to comparison of the one before and of after-it burns, the variable, Leaves, Hands, Stalk, Total and % Leaves had presented statistical differences. The variable % pointer and corrected Brix had not presented differences when comparative before and subsequent to it burns. The result of I calculate it of the amount of CO<sub>2</sub> emitted for the burning of leaves was of 3,89 Mg ha<sup>-1</sup> and had the burning of the hands 0,92 Mg ha<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub> they had been more launched by hectares, totalizing therefore 4.81 Mg ha<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub>. In the data of Mo, Mn, Cu e B they had presented statistical text differences when compared before and after-it burns.

Key-words: Plant biomass, *Saccharum*, *Sugarcane*.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados referente à as folhas, ponteiros, colmos, em quilogramas, % das folhas, % dos ponteiros e teor de Brix no pré e pós-queima	29
Tabela 2 - Apresentação dos dados referente o solo no pós e pré-queima	30

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Referências Bibliográficas.....	19
2	QUEIMA DO CANAVIAL: ASPECTOS SOBRE A BIOMASSA VEGETAL, FERTILIDADE DO SOLO E EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> PARA ATMOSFERA.....	21
2.1	Introdução.....	21
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4	CONCLUSÕES.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta de grande relevância para o Brasil e para todo o mundo devido a grande quantidade de produtos dela extraídos, e por formar uma lavoura de grande expressão social nas regiões onde é cultivada. Diversas famílias retiram seu sustento desta cultura com o corte manual, ou trabalhando com os maquinários utilizados na preparação do solo, transporte, colheita e beneficiamento industrial de seus produtos e subprodutos. Esta planta assume posição de destaque no Brasil, por se tratar de uma cultura que, além de um alto suporte econômico, possibilita fontes alternativas de energia, sendo ainda de grande importância social pela mão-de-obra empregada. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (MARQUES et al., 2007).

A cana-de-açúcar apresenta maturação em períodos secos e frios. No Brasil a colheita da cana para o seu processamento ocorre em dois períodos distintos, em função das características climáticas das regiões. Conforme afirma Leme (2005), no Brasil, a colheita da cana-de-açúcar e seu processamento dividem-se em dois períodos. Na região N-NE a safra desenvolve-se entre os meses de agosto/setembro de um ano e março/abril do ano seguinte e, na região C-S, entre abril/maio de um ano e novembro/dezembro do mesmo ano. Isso acontece em parte devido à estação chuvosa, imprópria à colheita da cana, e que ocorre de abril a agosto no N-NE e de dezembro a abril no C-S, e também em virtude do próprio ciclo de crescimento e maturação da planta, que encontra suas melhores condições de desenvolvimento vegetativo na ocorrência de períodos quentes e úmidos, com alta irradiação solar.

Economicamente para o Brasil, pode-se destacar o programa Proálcool, que desde a sua implantação em 1975 até o ano de 2004 economizou cerca de US\$ 35 bilhões devido à diminuição da importação de petróleo e empregando mais de um milhão e meio de trabalhadores. (SERVIÇO DE APRENDIZAGEM RURAL, 2005).

Sendo um vegetal extremamente versátil, extraí-se o açúcar, os diversos tipos de álcoois, a torta de filtro e o próprio bagaço. O uso do bagaço de cana-de-açúcar como combustível para produção de energia térmica e eletromecânica é tradicional nas unidades produtoras de açúcar e álcool de todo o mundo. Nas mais de 300 usinas e destilarias brasileiras tal fato não é diferente. Normalmente, as instalações de geração de

energia a bagaço de cana são sistemas de cogeração que suprem toda a demanda eletromecânica e térmica das usinas e destilarias (LEME, 2005).

A cana-de-açúcar tem origem conhecida das planícies ao longo do rio Ganges, na Índia. Essa tese, porém é questionada por alguns estudiosos, que afirmam ser sua origem proveniente na Nova Guiné e pequenas ilhas do pacífico sul. A população que vivia nestas ilhas a cerca de 20.000 a. C. teria sido a primeira a aproveitar a planta, a qual crescia naturalmente na região (SERVIÇO DE APRENDIZAGEM RURAL, 2005). Foi trazida para o Brasil em 1522, na expedição de Martim Afonso de Souza, onde obteve grande sucesso, encontrando condições climáticas favoráveis e mão de obra escrava para o seu cultivo. Desta época, surgiram os grandes senhores de engenho, produzindo o açúcar que na época tinha grande valor comercial e era exportado para a Europa. Devido à concorrência e outros fatores desgastantes, a cultura de cana-de-açúcar desta época entrou em declínio. Atualmente é uma das culturas com mais expressão econômica do nosso País, envolvendo negócios importantes com mercados consumidores de todo o mundo.

Segundo Rodrigues (1995), a cana-de-açúcar é uma poaceae perene, que perfilha de maneira abundante, na fase inicial do desenvolvimento. Quando se estabelece como cultura, o auto sombreamento induz inibição do perfilhamento e aceleração do colmo principal. O crescimento em altura continua até a ocorrência de alguma limitação no suprimento de água, ocorrência de baixas temperaturas ou ainda devido ao florescimento, sendo este processo indesejável em culturas comerciais. As características varietais definem o número de colmos por planta, a altura e o diâmetro do colmo, o comprimento e a largura das folhas e a arquitetura da parte aérea, sendo a expressão destes caracteres muito influenciados pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas.

O ciclo de cultivo da cana-de-açúcar tem normalmente de cinco a seis anos, podendo em alguns casos atingir até dez anos, cada um deles com suas especificidades técnicas do ponto de vista agrônomo e agrícola. No primeiro ano ocorre o plantio da cana e, nos quatro ou cinco anos subseqüentes, o cultivo das soqueiras a partir das quais a cana brota novamente. As folhas são simples, alternadas, estreito-lanceoladas de ápice longamente nas flores, praticamente destituídas de perianto e protegidas por brácteas e bracteolas secas, reunidas em típicas inflorescências. O fruto é seco do tipo cariopse e com semente de endosperma abundante (EMBRAPA, 2007).

A cana-de-açúcar foi cultivada primeiramente no nordeste brasileiro, mas depois passou a ser produzida em outras regiões do Brasil. Atualmente o Estado de São Paulo é o maior produtor do país, com 60% da produção, seguido de Paraná e Minas Gerais. Na região Norte/Nordeste os principais produtores são Alagoas, Pernambuco e Paraíba, nessa ordem (LEME, 2005). A cultura ainda continua em expansão, onde no Mato Grosso do Sul e no Paraná, novas usinas estão sendo instaladas. O presente trabalho foi realizado na região norte do Estado do Paraná, em uma propriedade situada entre os municípios de Itaúna do Sul e Nova Londrina. Para Cardoso, (2007), o Paraná já possui um significativo parque industrial de processamento de cana para a produção de álcool e açúcar, composto de 27 usinas, distribuídas nos municípios das três regiões do norte do Estado. Este foi um dos motivos que nos levaram a escolher esta região para a execução do nosso trabalho.

Além disso, conhecer cientificamente alguns fatores de um vegetal de tamanha importância para o nosso País, também é de grande relevância, principalmente se a cultura do mesmo gera inúmeras polêmicas em relação aos possíveis impactos ambientais que a sua cultura pode vir a ocasionar.

O Art. 1º da Resolução CONAMA 1/86, define:

[...] considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais.

Atualmente, cerca de 80 países já cultivam cana-de-açúcar. O Brasil é um dos países de mais elevado potencial para a produção de combustíveis a partir de biomassa. Os preços elevados do petróleo no mercado mundial e a pressão internacional para a redução das emissões dos gases de efeito estufa, estão acelerando a expansão das plantações de cana de açúcar e, também, de oleaginosas dedicadas a maiores produções de etanol e de biodiesel, tanto para o mercado interno como o externo.

O território brasileiro tem cerca de 850 milhões de hectares, dos quais a agricultura ocupa cerca de 7%, a metade com soja e milho. A área atualmente ocupada por plantações de cana de açúcar equivale a 0,6% do território. As culturas anuais ou temporárias cobrem 48 milhões de hectares e as culturas permanentes cobrem outros 15

milhões. Os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa da terra e cobrem, aproximadamente, 40% de sua superfície (GARDNER; MANKIN, 1981).

A colheita da cana-de-açúcar engloba as etapas de limpeza (eliminação de pontas e folhas), corte e carregamento. Os três tipos de colheita mais difundidos no Brasil são: (1) semimecanizada, ou seja, limpeza do canavial com queima, corte manual e carregamento mecanizado, feito por guas carregadoras; (2) mecanizada com colheita de cana queimada, ou seja, limpeza com queima, e corte e carregamento mecanizados, feitos por colheitadeiras de cana picada; e (3) mecanizada com colheita de cana crua, ou seja, corte, limpeza e carregamento mecanizados, feitos por colheitadeiras de cana picada. Em se tratando de limpeza da cana com queima, classifica-se a colheita em colheita de cana queimada, caso contrário, classifica-se em colheita de cana crua ou verde. É importante destacar que o corte manual fica praticamente inviabilizado caso não se realize limpeza do canavial com queima, por duas razões: diminuição da produtividade da colheita e aumento do risco de acidentes de trabalho em virtude das folhas da cana, que são cortantes, e de insetos e animais peçonhentos que normalmente se abrigam no canavial (BRAUNBECK; CORTEZ, 2002).

Segundo o Ministério da Agricultura (2005), o crescimento dos consumos de energia, num contexto de desenvolvimento sustentável, tem obrigado os países e mesmo espaços econômicos alargados como a União Europeia, à formulação de políticas e à aplicação de estratégias de ação no domínio da oferta e da procura de energia cujos resultados, nos próximos 10-30 anos, constituirão importantes rupturas tecnológicas e, necessariamente, padrões de utilização da energia mais racionais, relativamente à situação atual. A biomassa constitui uma fonte renovável de produção energética para a produção de eletricidade, calor ou combustível, sendo muito variado o leque de produtos utilizáveis para este fim, oriundos em larga medida da atividade agrícola, silvícola, pesca e fileiras industriais.

No caso específico do Estado de São Paulo, maior produtor de cana de açúcar do país, é intensa a produção de biomassa energética por meio da cana-de-açúcar, sendo comparável à produção de energia hidráulica. O Estado é importador de eletricidade (40% do que consome) e exportador de álcool para o restante do País. Verifica-se, portanto, que, apesar da produção de biomassa ser mundialmente considerada uma atividade extremamente demandante de terras, mesmo numa região com alta densidade demográfica é possível encontrar áreas para essa atividade.

A maior parte da energia dessa biomassa é utilizada na produção do etanol, utilizado como combustível líquido. Segundo Leme (2005), o bagaço é subproduto da etapa de extração do caldo de cana e atualmente o principal resíduo de interesse energético. Sua utilização como combustível nas usinas e destilarias já é tradicional em todo o setor, sendo responsável por sua auto-suficiência nas demandas de energia térmica e eletromecânica, onde o índice de produção de bagaço chega até 280 kg de bagaço por tonelada de cana moída, com 50% de umidade e poder calorífico inferior da ordem de 7.500 kJ/kg. Este índice é apenas uma referência prática da disponibilidade de bagaço após a moagem da cana e extração do caldo. Ele não representa a análise da quantidade de bagaço em uma tonelada de cana (MACEDO et al., 2004).

A vinhaça é outro resíduo de interesse energético. Ela resulta da destilação do vinho, na etapa de produção de etanol. Líquido de cor escura, com baixo teor de sólidos, é riquíssima em matéria orgânica e apresenta pH ácido. Seu índice de produção é da ordem de 10 litros de vinhaça para cada litro de álcool. (CETESB, 2008). Devido ao seu alto potencial poluidor e à grande quantidade produzida, a vinhaça é um dos resíduos mais preocupantes no setor sucroalcooleiro. No entanto, a dificuldade de disposição final da vinhaça tem sido contornada por sua aplicação no solo, através da técnica conhecida por fertirrigação.

As características dos cultivares influenciam a eficiência fotossintética da cana, além das variações climáticas que prevalecem durante o desenvolvimento da cultura. A fotossíntese é correlacionada negativamente com a largura das folhas e positivamente com a sua espessura. Posição mais vertical da folha no colmo, traduz-se em maior eficiência fotossintética, mormente em populações de alta densidade populacional, devido à penetração mais eficiente da luz no dossel. A fotossíntese varia com a idade das folhas, atingindo valores de fixação de C4 apenas as folhas recém-expandidas, enquanto as folhas mais velhas e as muito jovens realizam fotossíntese em níveis semelhantes à das plantas C3 (RODRIGUES, 1995).

Este alto potencial fotossintético dá a este vegetal grande importância devido à questão do seqüestro de carbono, que consiste na absorção do gás carbônico presente na atmosfera pelas plantas, que durante a fase de crescimento, absorvem este gás e liberam oxigênio, aumentando com isso a sua biomassa corpórea. Sendo assim, é importante mencionar que em todo o seu processo de estadia como uma cultura, a mesma esta absorvendo o carbono do ar atmosférico, lançando parte dele de volta ao meio quando ocorre a queima prévia do canavial.



Desta maneira, as grandes entidades responsáveis pela emissão de gases poluentes a atmosfera devem se comprometer não só a diminuir esta emissão, mas também de plantar mais árvores a fim de contribuir de forma positiva para o balanço do carbono do nosso Planeta.

Desde o início das discussões sobre as mudanças climáticas, em diferentes fóruns mundiais, o uso da terra e das florestas como mecanismo para mitigar as mudanças climáticas devido ao efeito-estufa sempre foi considerado. Somente a partir do estabelecimento dos mecanismos de flexibilização no Protocolo de Quioto, em 1997, na Convenção das Partes-3 (COP-3), o foco da discussão migrou para o seqüestro de carbono pelas florestas, como uma das alternativas de compensação das emissões dos países industrializados (YU, 2002).

Segundo afirmam especialistas de diversas partes do mundo, esse aumento da concentração de gás carbônico pode resultar em mudanças permanentes no clima, imprimindo novos padrões no regime dos ventos, na pluviosidade e na circulação dos oceanos, acarretando profundas modificações nas condições de vida na Terra. Assim sendo, tem-se um consenso mundial de que estratégias devem ser estudadas e empregadas para redução da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico, na tentativa de reduzir o risco de eventuais catástrofes mundiais (SOARES; OLIVEIRA, 2002).

A queima do canavial acarreta emissão de gases como o CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e o CH<sub>4</sub>, que contribuem para o desenvolvimento do efeito estufa, chuva ácida e a inversão térmica. O Efeito Estufa é a forma que a Terra tem para manter sua temperatura constante. Mas, segundo Fonseca (2004), grandes quantidades de gás carbônico na atmosfera forma uma camada que impede o escape das radiações infravermelhas que a Terra recebeu do sol. Isso faz com que haja deflexão dessas radiações, e a volta delas ao nosso Planeta ocasiona o aquecimento global. Os gases de efeito estufa de origem humana mais importantes são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), os hidrofluorcarbonos (HFC) e os clorofluorcarbonos (CFC).

O efeito estufa decorre da propriedade que têm certos gases presentes na atmosfera de serem transparentes à radiação eletromagnética na faixa de frequências da luz visível, ao mesmo tempo em que refletem a radiação eletromagnética na faixa de frequências do infravermelho. Os mais importantes desses gases são o vapor d'água (H<sub>2</sub>O), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>). Eles são essenciais ao bem-estar climático do planeta tal como o conhecemos hoje, desde que permaneçam em suas concentrações de equilíbrio naturais, que têm se mantido relativamente estáveis ao longo

dos séculos. Contudo, a atividade humana, e especialmente aquele tipo de atividade iniciada e intensificada a partir da Revolução Industrial, passou a interferir significativamente nesse equilíbrio. Isso por causa da emissão adicional de gases de efeito estufa, com conseqüente aumento de sua concentração na atmosfera e alteração do equilíbrio climático do planeta. (LEME, 2005).

A importância da biomassa de cana-de-açúcar, como de qualquer outra biomassa, nesse contexto, é seu uso como fonte de energia primária menos intensiva na emissão de gases de efeito estufa. Isso porque o CO<sub>2</sub> emitido em sua queima é absorvido pelo crescimento do novo estoque de biomassa, desde que ela seja de origem renovável, ou seja, provenha de fonte continuamente renovada à medida que é explorada e pouco intensiva na emissão de gases de efeito estufa ao longo de seu ciclo de vida, quesitos que a cadeia da cana-de-açúcar atende.

A emissão de óxidos de nitrogênio com a queima prévia do canavial pode contribuir para a chuva ácida. Coelho (2007) ressalta que a chuva ácida é a deposição úmida de constituintes ácidos, os quais se dissolvem nas nuvens e nas gotas de chuva para formar uma solução com pH inferior a 5,6. Apesar do termo chuva ácida ter-se generalizado para abranger também a deposição seca de poluentes ácidos gasosos e particulados, a tendência atual é usar a expressão "deposição ácida" para incluir ambas as formas de deposição, ficando o termo chuva ácida realmente limitado à deposição úmida dos compostos ácidos. Este fenômeno pode ocasionar danos à agricultura e florestas com danos as folhas e outras partes do vegetal, além de oxidar estruturas metálicas e decompor o mármore.

Outro fenômeno decorrente da queima do canavial em certas épocas do ano, é à inversão térmica. Trata-se de uma condição meteorológica que ocorre quando uma camada de ar quente se sobrepõe a uma camada de ar frio, impedindo o movimento ascendente do ar, uma vez que, o ar abaixo dessa camada fica mais frio, portanto, mais pesado, fazendo com os poluentes se mantenham próximos da superfície. Neste caso, a camada de poluentes fica mais próxima ao contato com seres humanos, ocasionando uma série de problemas respiratórios, principalmente nas crianças.

Uma das alternativas na solução da queima prévia do canavial, seria a colheita mecanizada, entretanto, também gera efeitos colaterais, que vão desde ao desemprego em massa de trabalhadores menos qualificados, compactação do solo e emissão de CO<sub>2</sub> pela queima de diesel usado para movimentar as máquinas. O uso da palha como combustível das caldeiras é viável, pois ao deixa-la ao solo apodrecer, em

virtude da condição deste processo, a mesma pode enviar a atmosfera grandes quantidades de metano e contribuir, desta forma, para o efeito estufa (LEME, 2005).

O fogo tem sido um agente modificador do ambiente desde os estádios de formação da terra. Utilizado em algumas regiões do mundo e proibido em outras, tem dado motivo para uma grande polêmica. Coutinho (2004) comenta que um dos efeitos mais imediatos de uma queimada é a elevação da temperatura local, seja do ar, seja do solo. Dados da literatura são escassos, mas alguns indicam que a temperatura do ar na chama pode atingir 800°C ou mais. Todavia, esta elevação é de curta duração; o fogo passa rapidamente. No solo a elevação é também momentânea, porém bem menos intensa. Dentro do solo, a 1, 2, 5 cm de profundidade, a temperatura pode elevar-se apenas em alguns poucos graus. Uma pequena camada de terra é suficiente para isolar termicamente todos os sistemas subterrâneos que se encontram sob ela, fazendo com que mal percebam o fogaréu que lhes passa por cima. Graças a isto, estas estruturas conseguem sobreviver e rebrotar poucos dias depois, como se nada houvesse acontecido. Estes órgãos subterrâneos perenes funcionam, assim, como órgãos de resistência ao fogo.

Segundo Macedo (2004), o crescimento rápido da cana e a prática de culturas de rotação, assim como o ciclo de cinco cortes, permitem boa conservação do solo resultando em perdas por erosão relativamente pequenas.

Em nenhuma outra época do nosso Planeta discutiu-se tanto a questão ambiental como esta ocorrendo hoje. Fenômenos como o aquecimento global contribuiu de uma forma decisiva para esta questão, além do que, posteriormente a revolução industrial, o ser humano consumiu mais recursos naturais do que em todo restante de sua existência, ocasionando mudanças radicais no panorama natural da Terra. A busca de novas fontes de energia é algo extremamente necessário e a cana-de-açúcar esta vinculada a este setor. Portanto, toda prática, seja ela agrícola ou industrial precisa ser detalhadamente estudada a fim de que não provoquem danos consideráveis ao meio ambiente.

A atmosfera terrestre é uma mistura de gases formada basicamente por nitrogênio, que representa 78% de sua massa, oxigênio, que representa cerca de 20%, vapor d'água, 1%, além de outros constituintes, em concentrações inferiores a 1%. Alguns desses gases apresentam concentração relativamente estável, como é o exemplo do nitrogênio e do oxigênio, e outros têm concentração variável, de acordo com a época do

ano e a localização geográfica, como são os casos do vapor d'água e do dióxido de carbono.

Para o estudo das possíveis alterações da atmosfera com a execução da queima, tivemos como interesse principal a análise do CO<sub>2</sub> e dos óxidos de nitrogênio. Um dos gases que desprezamos em nosso estudo foi o oriundo do enxofre (S). Segundo Leme (2005), os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), são importantes poluentes atmosféricos de efeito local, normalmente associados à combustão. Mas a emissão desses poluentes em caldeiras a bagaço é desprezível, porque a biomassa de cana não apresenta enxofre em sua composição. A presença de enxofre na composição do combustível é a única situação em que esse tipo de poluente é emitido nos processos de combustão.

Um processo importante levado em consideração nas análises é o crescimento da biomassa do campo. Na verdade, a hipótese assumida aqui é de que a biomassa de cana-de-açúcar é disponibilizada a partir de um ciclo renovável, em que as emissões de dióxido de carbono decorrentes da queima são integralmente absorvidas durante o crescimento do canavial, sem qualquer emissão não balanceada desse gás que se possa atribuir ao bagaço ou a palha. Entretanto é bom mencionar que com a queima não é apenas o CO<sub>2</sub> que é emitido, mas também são lançados óxidos de nitrogênio e metano que contribuem para o efeito estufa e a chuva ácida.

Para o cálculo da emissão de óxidos de nitrogênio na queima prévia dos canaviais, podemos utilizar os valores obtidos por Leme (2005). Segundo este autor, normalizando o resultado para a base de 1 uma tonelada de cana, considerando que há 140 kg de palha por tonelada, chega-se ao seguinte valor de emissão de óxidos de nitrogênio:  $(14,40 \times 0,14) = 2,01$  kgNO<sub>x</sub>/tc.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da queima prévia do canavial no solo, na atmosfera e na biomassa da cana-de-açúcar. Em relação ao solo foram realizadas análises químicas das amostras coletadas e na avaliação da biomassa da cana-de-açúcar, foram coletadas plantas do campo experimental.

Neste trabalho realizou-se a amostragem antes e imediatamente posterior à queima do canavial em locais pré-estabelecidos, marcados com GPS e identificados com estacas. Foram coletadas 25 amostras antes e 25 amostras após a queima, tanto de espécimes de cana-de-açúcar, quanto de amostras do solo, totalizando 50 amostras de cada item, todas devidamente identificadas. As análises químicas (Brix e análise de solo) foram feitas nos laboratórios de Análises de Solos e de Tecnologia em Alimentos da UNOESTE

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAUNBECK, O. A.; CORTEZ, L. A. B. **O Cultivo da cana-de-açúcar e o uso dos resíduos**. Campinas: Ed. Unicamp, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Biomassa e Energias Renováveis na Agricultura, Pescas e Florestas**. Ponto da Situação: Brasília, 2005. p. 4-5.

CARDOSO, D. L. Cana-de-açúcar: a salvação da lavoura ou do planeta? **Análise Conjuntural**, v. 29, n. 05/06, p. 26, maio/jun. 2007.

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. A produção mais limpa no setor sucroalcooleiro – Informações gerais. São Paulo: Cetesb, 2002. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)>. Acesso em: 10 ago. 2007.

COELHO, K. **Chuva ácida**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT/UnB Campus UnB - Faculdade de Tecnologia. Disponível em: <<http://sbtr.ibict.br/upload/sbtr1593.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2007

COUTINHO, M. C. **A temperatura do ar e do solo**. USP, 2004 – Disponível em: <[http://eco.ib.usp.br/cerrado/fogo\\_itens.htm](http://eco.ib.usp.br/cerrado/fogo_itens.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2007.

EMPRAPA. **O impacto ambiental** – Conceitos. Disponível em <<http://www.cana.cnpm.embrapa.br/impac.html>>. Acesso em: 25 jul. 07.

FONSECA, A. **Biologia**. São Paulo: IBEP, 2004. p. 424

GRADNER, R. H.; MANKIN, J. B. **Analysis of biomass allocation in forest ecosystems of the IBP**. In: REICHLER, D.E. Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. Cap. 8, p. 455.

LEME, R. M. **Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar**. Campinas, SP: [s. n.], 2005.

MACEDO, I. C. **Energia da cana-de-açúcar no Brasil**. In: Sustentabilidade na geração de energia no Brasil: os próximos 20 anos. Campinas: Unicamp, 2002.

MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V.; SILVA, J. E. A. R. **Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil**. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 2004.

MARQUES, T. A.; GODINHO, A. M. M., ALMEIDA, R.A. M. **Atributos morfológicos de seis cultivares de cana-de-açúcar no pleno desenvolvimento vegetativo**. UNOESTE, 2007.

RODRIGUES, J. D., **Fisiologia da Cana-de-açúcar**. UEP – Instituto de Biociências, Botucatu, 1995.

SERVIÇO DE APRENDIZAGEM RURAL, **Programa Cana Limpa**. São Paulo: SENAR, 2005. 74 p.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. de. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, 2002 .

VAN ACKER, F. T. **Os Estudos de Impacto Ambiental**: da Resolução 1/86 à Resolução 237/97 do CONAMA. In: FARIA, Antonio Augusto da Costa. Avaliação de Impacto Ambiental. São Paulo: SMA, 1998, p.25

YU, C. M. Caracterização e tipologia do projetos de seqüestro de carbono no Brasil. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba, [s. n.], 2002. p. 59-87.

## **2 QUEIMA DO CANAVIAL: ASPECTOS SOBRE A BIOMASSA VEGETAL, FERTILIDADE DO SOLO E EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> PARA ATMOSFERA**

### **2.1. Introdução**

A crescente evolução do setor sucroalcooleiro no país ocorre devido à crescente demanda de utilização dos combustíveis renováveis (etanol) e produção de alimento (açúcar) de modo economicamente competitivo e ambientalmente sustentável. A cultura da cana-de-açúcar, devido aos elevados valores resultantes de sua comercialização e pelo número de empregos diretos e indiretos que gera, possui grande importância na agricultura mundial, sendo umas das espécies mais cultivadas no mundo, atingindo mais de 80 países. A produção nacional de cana-de-açúcar no ciclo 2006/07 está estimada em 471,2 milhões de toneladas cultivadas em 6,2 milhões de hectares. Esse volume supera em 9,2% a colheita passada, de 431,4 milhões de toneladas, e mantém a safra 2006/2007 como a maior da história do país. Os estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste são os maiores produtores de cana, responsáveis por 86,3% da colheita no país. O estado de São Paulo é o maior produtor, com 282,1 milhões de toneladas (Mg) ou 59,9%, em uma área de 3,3 milhões de hectares (BRASIL, 2006).

Os maiores desafios da humanidade no século 21 serão a ampliação da produção de alimentos e fibras, a obtenção de um ambiente mais limpo e saudável e o desenvolvimento de novas fontes renováveis de energia e produtos químicos. Nesse aspecto, a cana-de-açúcar ressalta suas interessantes características, pois atualmente tem-se desenvolvido pesquisas para a produção de plásticos biodegradáveis de cana, produção de levedura seca para a alimentação humana e animal, e produção do etanol combustível, que teve sua produção em larga escala iniciada na década de 70, quando o preço do petróleo atingiu patamar considerado elevado para a época (US\$ 11,40). O Brasil, que na época importava ao redor de 80% de seu consumo, foi obrigado a procurar alternativas, criando então o PROALCOOL, programa nacional do álcool combustível, chegando no início da década de 80 com 99% da frota automotiva movida exclusivamente à álcool, contudo fatores políticos internos e externos levaram o programa ao fracasso quase total, sendo reabilitado atualmente graças a tecnologia nacional dos motores flex, a elevação do preço do petróleo (US\$ 68.87) e escassez do mesmo e aos problemas

ambientais gerados pelo uso dos combustíveis fósseis, colocando-se como alternativa atual de maior viabilidade aos combustíveis fósseis (ORTOLAN, 2006).

A queima do canavial antes da colheita é uma prática usual no Brasil, pois facilita o corte manual evitando que as palhas secas e as folhas verdes atrapalhem a operação, eliminando também animais vertebrados e insetos, que poderiam comprometer o bem estar do cortador. Contudo, o corte mecanizado dispensa esta etapa de queima, visto que as máquinas podem executar a colheita com a cana em seu estado natural (DELGADO; CESAR, 1977).

Segundo Ripoli e Ripoli (2004), a cana-de-açúcar apresenta diversas funções na indústria, devido à fartura de produtos e subprodutos que dela são derivados. Baseado nesse aspecto, é que se tem noção prévia da sua importância atual, e de como esta importância pode elevar. A cana-de-açúcar é versátil, sendo uma Poaceae, cujo potencial, variado e complexo, ainda pode ser muito explorado. A cana é em si mesma, uma usina de enorme eficiência, pois cada tonelada tem um potencial energético equivalente ao de 1,2 barris de petróleo. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido por Índia e Austrália.

Em média 55% da cana brasileira é transformada em álcool e 45% em açúcar. Plantada, a cana demora de um ano a um ano e meio para ser colhida e processada pela primeira vez. A mesma cana pode ser colhida até dez vezes, em ambiente de produção "A", mas a cada ciclo devem ser feitos investimentos significativos para manter a produtividade. A cana colabora com as centrais energéticas existentes no Brasil, sendo que 128 destas centrais energéticas estão em São Paulo e muitas delas já utilizam a energia elétrica proveniente da queima do bagaço da cana. São as usinas e destilarias que processam a biomassa proveniente da cana-de-açúcar e que alimentam um círculo virtuoso, pois produzem açúcar como alimento, energia elétrica proveniente da queima do bagaço nas caldeiras, álcool hidratado para movimentar veículos e álcool anidro para melhorar o desempenho energético e ambiental da gasolina (RIPOLI e RIPOLI, 2004).

Da cana-de-açúcar, além dos produtos principais, tem-se ainda a torta de filtro, sobras de bagaço, fermento (levedura), vinhaça, palha, cinzas da caldeira, CO<sub>2</sub> e melação. (MARQUES et al., 2001; CANÇADO, 2003).

Historicamente, os processos de avaliação de impacto ambiental (AIA) surgiram durante o pós-guerra nos Estados Unidos e Europa, para subsidiar a tomada de decisões, dentro da sistemática de análise de "custo/benefício", nos programas de



desenvolvimento. Assim, os processos de avaliação de impacto ambiental devem ser considerados como um elemento a mais na análise de “custo/benefício” de um determinado empreendimento, inserido num contexto regional e geográfico. Por essas razões, tecnicamente e cientificamente, entende-se por impacto ambiental a soma dos impactos ecológicos e dos impactos sócio-econômicos (ZANCUL, 1998). A cana-de-açúcar, apesar de ter balanço de CO<sub>2</sub> positivo, é responsável por cerca de 98% das emissões de gases provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil (LIMA et al., 1999). A queimada do canavial, segundo Campos (2003), libera para atmosfera grandes quantidades dos gases CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>, que contribuem para o efeito estufa e chuva ácida (AIRES e KIRCHHOFF, 2001) e estes são alguns dos problemas ambientais sérios na atualidade. A adoção de sistema sem queima do canavial torna ainda mais positivo o balanço do CO<sub>2</sub>, uma vez que o carbono que seria emitido imediatamente durante a queimada, pode permanecer no sistema e ser incorporado ao solo, favorecendo os microrganismos, reduzindo assim o impacto ambiental.

Nesse sentido, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar representa um potencial mitigador das emissões de gases, pois o carbono que seria emitido na queima do canavial ficaria retido na palhada e no solo, permitindo que a cultura que ocupa enorme área agrícola no Brasil, possa contribuir para a diminuição do efeito estufa (CAMPOS, 2003).

As temperaturas do ar e do solo são variáveis importantes do agroecossistema. No caso da cana-de-açúcar, elas afetam o desenvolvimento da planta, a maturação e uma série de processos fisiológicos, bem como processos bioquímicos do solo. Com a queimada da cana-de-açúcar, o solo sofre um aquecimento considerável, destruindo boa parte da matéria orgânica superficial, deixando-o exposto ao impacto das chuvas. Durante a queima de um canavial, a temperatura chega à cerca de 160 a 200 °C nas camadas mais superficiais, o que ocasiona no solo a perda por volatilização de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, como o P, S e o N entre outros (RIPOLI e RIPOLI, 2004). Segundo os mesmos autores, no que diz respeito ao efeito da temperatura de queima sobre o solo, os dados demonstraram que a atividade microbiológica, em solos com cana-de-açúcar, não é afetada diretamente pela queima, ou seja, pela ação das altas temperaturas. A prática de queima do palhiço, ano após ano, concorre para redução do teor de matéria orgânica e assim, indiretamente, tem afetado a microbiota do solo e, além disso, nutrientes como N é parcialmente perdido pela volatilização, enquanto que P, S tem suas frações diminuídas.

Para Mattos (2002), freqüentemente as queimadas na cultura da cana-de-açúcar matam animais e plantas, promovendo o desequilíbrio ecológico e invadem áreas de nascentes circundadas por mata ciliar. Segundo Mattos (2002), durante a queima de canaviais diversos animais, como insetos, aves, répteis e mamíferos, não conseguem escapar do fogo e acabam morrendo queimados.

Conforme afirmam Reichardt e Timm (2002), a colheita da cana crua contribui de maneira eficiente para a melhoria da fertilidade do solo, uma vez que a produção da palhada corresponde de 10 a 30 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, sendo composta principalmente de nitrogênio, que seria lançado para a atmosfera, principalmente sob a forma de óxidos com a queima do canavial. Estes nutrientes são disponibilizados lentamente para as plantas, após o ataque de microrganismos. Entretanto, segundo Ripoli e Ripoli (2004), do ponto de vista agrônomo, as máquinas colhedoras causam a compactação do solo e perda da matéria prima, além de serem grandes consumidoras de óleo diesel, chegando em alguns lugares ao consumo de meio quilometro por litro de diesel consumido.

Segundo Ripoli e Ripoli (2004) até o início da década de 50, os canaviais eram colhidos manualmente e sem queima prévia, com a introdução de máquinas carregadoras e com o objetivo de aumentar a capacidade do corte manual, introduziu-se a queima, existente até os dias de hoje. Com o conhecimento dos problemas ambientais que essa prática ocasiona, algumas regiões canavieiras tem imposto legislação específica com o intuito de evitar ou permitir, sob certas condições, o uso do fogo em canaviais. Para o Estado de São Paulo a Lei que está prevalecendo é a nº 11.241 de 19/09/2004, assinada pelo então Governador Geraldo Alckmin, que relata:

- No ano de 2021, 100% da área que pode ser cortada mecanicamente, com declividade até 12%, terá a eliminação total da queima.
- No ano de 2031, 100% da área canavieira do estado de São Paulo deverá ser colhida sem a prática da queimada, contudo em junho de 2007 foi firmado um protocolo de intenções entre a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA) e o governo de São Paulo, antecipando a eliminação da queimada de cana de 2021 para 2014, em terrenos com declividade até 12% e forçando que em 2010 o percentual de cana não queimada passe de 50% para 70% da área, e o mesmo protocolo antecipa para 2017 ao contrário de 2031 a eliminação completa da pratica de queima do canavial, sendo que o referido protocolo prevê também a não permissão da queima de cana nas áreas de expansão.

Para a incorporação de máquinas colhedoras, é importante levar em consideração a topografia da região. Com a colheita mecanizada, a palhada formada por folhas secas, ponteiros e folhas verdes pode permanecer depositada no solo e agir de maneira positiva na proteção, conservação e recuperação do mesmo. Além disso, essa cobertura pode favorecer o desenvolvimento do microclima nestas áreas, uma vez que não existirão alterações bruscas de temperatura e da umidade do solo. Esta condição pode favorecer o desenvolvimento de uma comunidade biológica que atuará na decomposição da palhada e, assim, melhorando o aproveitamento dos nutrientes (CAMPOS, 2003).

Devido à versatilidade citada na cultura da cana-de-açúcar e a sua importância de ordem mundial, é importante conhecê-la de uma forma científica em diversos âmbitos, inclusive no âmbito técnico-ambiental, onde se verifica que a prática da colheita com queima, emite para o ar atmosférico grandes quantidades de gases que contribuem não só para o efeito estufa, mas também para a chuva ácida e a inversão térmica, que por sua vez são fenômenos responsáveis por problemas respiratórios nos moradores, principalmente de crianças, em cidades que apresentam grandes áreas com o plantio da cana-de-açúcar. No entanto, a substituição da força de trabalho manual pelas máquinas colhedoras de cana-de-açúcar tem aspectos opostos de avaliação, ou seja, enquanto pode provocar desemprego para uma classe de trabalhadores menos preparados, pode também proporcionar uma melhora ambiental e redução de poluição na cultura da cana-de-açúcar.

Neste sentido, o presente trabalho visa avaliar as mudanças que ocorrem no solo, na planta e na atmosfera imediatamente após a prática da queima do canavial.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em áreas canavieiras da COPAGRA, situada na região noroeste do Estado do Paraná sendo padronizados os ambientes de produção, ou seja, o tipo de solo, o ano de corte, a variedade da cana-de-açúcar e os tratamentos culturais. As áreas escolhidas situam-se na fazenda Três Irmãos, pertencente ao município de Nova Londrina, localizado no norte do Estado do Paraná. Com uma população de aproximadamente 13400 habitantes, tem como maior fonte de renda a agricultura e a pecuária. Poucas atividades industriais se encontram nesta região, uma delas é a Usina COPAGRA responsável por boa parte dos empregos diretos e indiretos da região no setor sulcroalcoleiro.

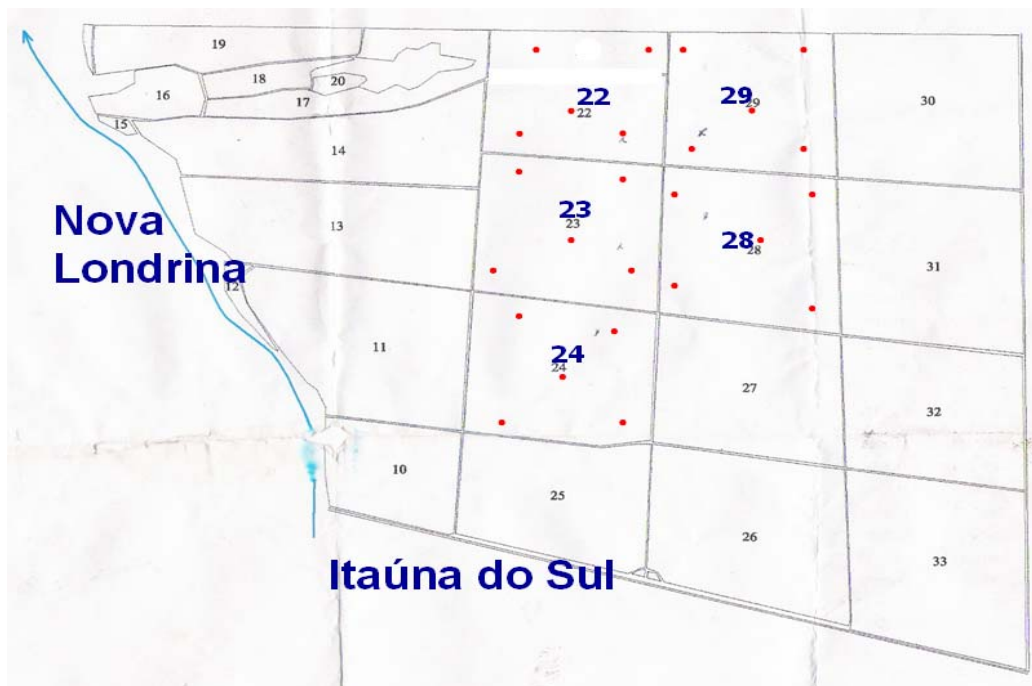
A altitude da área de estudo é de aproximadamente 480m do nível do mar, apresentando um clima Cfa, clima subtropical úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos frequentes, com chuvas bem distribuídas durante o ano e pluviosidade de 1.500mm anuais, segundo a classificação de Köppen. A formação rochosa do campo experimental é a mesozóica com cobertura sedimentar. O solo da região é o LV, (Latosolo Vermelho), com latitude: 22° 45' 57" S e longitude: 52° 59' 6" W (EMBRAPA, 1999).

O tamanho da área experimental foi de 99,4 ha, dividida em 5 talhões de 19,8 ha. Nestas áreas foram coletados os dados da cana de açúcar e do solo, que originaram cinco amostras por talhão, antes e pós queima. Todos os talhões utilizados na amostragem se encontravam no seu 4º ano de corte com a espécie RB845257, a qual se caracteriza por ter um touceiramento alto, com colmos eretos, de diâmetro médio, e de cor amarelada, com manchas escuras de cera e bainhas semi-abertas e entrenós, alinhados em leve ziguezague.

Foram coletadas cinco amostras, ao acaso, de solo por talhão, com 0,2 m de profundidade, retiradas nas linhas de plantio, demarcadas com o GPS (Sistema de Posição Global) e devidamente estaqueadas, antes da queima e imediatamente após, resultando em 50 amostras de solo no total. O uso do GPS foi para agilizar a localização da área, visto que após a queima o reconhecimento visual fica muito difícil e as estacas

evitam que a amostragem ocorresse no solo anteriormente revolvido. A análise do solo foi realizada segundo Malavolta et al. (1997).

A coleta da cana-de-açúcar foi efetuada em 25 pontos antes e imediatamente depois da queima do canavial, sendo cinco pontos em cada talhão. Após a coleta, as canas foram picadas em um desintegrador forrageiro e embaladas em sacos plásticos e devidamente etiquetadas e congeladas, para futura análise nos laboratórios da UNOESTE, segundo Fernandes (2003). Da mesma forma que na coleta das amostras de solo, também as áreas da coleta da cana-de-açúcar tiveram suas coordenadas devidamente anotadas com a utilização de GPS e estacas, para realização de nova amostragem após a queima do talhão.



**Figura1:** Mapa de localização da área de estudo, na fazenda Três Irmãos. Os talhões 22, 23, 24, 28 e 29 foram usados no experimento. Os locais sinalizados determinam os pontos da coleta dos dados.

Nos colmos de cana-de-açúcar amostrados foi determinado o teor de sólidos solúveis (Brix). Nas amostras de cana-de-açúcar inteiras, foi determinado o teor de matéria seca, particionada em folha, colmo e ponteiro. A quantidade de CO<sub>2</sub> emitida foi calculada segundo Ripoli e Ripoli (2004):

$$\frac{\Delta x * (1 - U) * C * 44}{12}$$

Sendo que  $\Delta x$  é a diferença de massa entre o material queimado e o não queimado,  $U$  é a umidade do material não queimado e  $C$  é o teor de carbono do material,

sendo utilizado os valores estimados por Ripoli e Ripoli (2004), para folhas, ponteiros e colmos, respectivamente (42,5%, 41% e 42%).

O experimento foi arranjado em blocos ao acaso, com dois tratamentos ( $T_1$ ) sem queima e ( $T_2$ ) com queima, e cinco repetições (talhões). Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA,  $p < 0,05$ ) e ao teste de comparação de médias Tukey ( $p < 0,05$ ), segundo Gomes (1990). Os dados foram também analisados pela técnica de análise multivariada por componentes principais (PCA), envolvendo todos os parâmetros considerados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são mostrados os resultados das análises das folhas, ponteiros, colmos, em quilogramas, % das folhas, e % dos ponteiros e teor de Brix no pré e pós-queima. As variáveis, matéria seca (MS) de folhas, ponteiros, colmos, MS total e % de MS de folhas apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ). Entretanto, as variáveis % de MS de ponteiro e Brix corrigido não apresentaram diferenças ( $p > 0,05$ ) quando comparados os talhões antes e depois da queima.

Tabela 1: Dados referente à as folhas, ponteiros, colmos, em quilogramas, % das folhas, % dos ponteiros e teor de Brix no pré e pós-queima. Valores médios seguidos por diferentes letras sobre-escritas indicam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Talhão	Folhas Ponteiro Colmos Total				%Folhas	%Ponteiro	Brix <sub>corrigido</sub>
	(kg)						
Pré-queima	50,84 <sup>A</sup>	191,88 <sup>A</sup>	480,12 <sup>A</sup>	722,84 <sup>A</sup>	7,13 <sup>A</sup>	27,81	20,73
Pós-queima	3,82 <sup>B</sup>	127,56 <sup>B</sup>	332,72 <sup>B</sup>	464,10 <sup>B</sup>	0,89 <sup>B</sup>	28,19	21,16
CV%	14,30	12,41	18,75	17,37	16,24	5,99	6,40

Com os dados da Tabela 1, pode-se calcular que a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pela queima das folhas foi de 3,89 Mg ha<sup>-1</sup>. Devido à queima dos ponteiros mais 0,92 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> foram lançadas na atmosfera, totalizando, portanto, 4,81 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> total, além deste fator, pode-se calcular também que pela eliminação da queima seriam armazenados sobre o solo ao redor de 10,41 Mg de massa fresca por hectare.

Na Tabela 2 pode-se observar que as variáveis Mn, Cu e B apresentaram diferenças estatísticas quando comparados antes e após a queima, em amostragens realizadas de 0 a 20 cm.

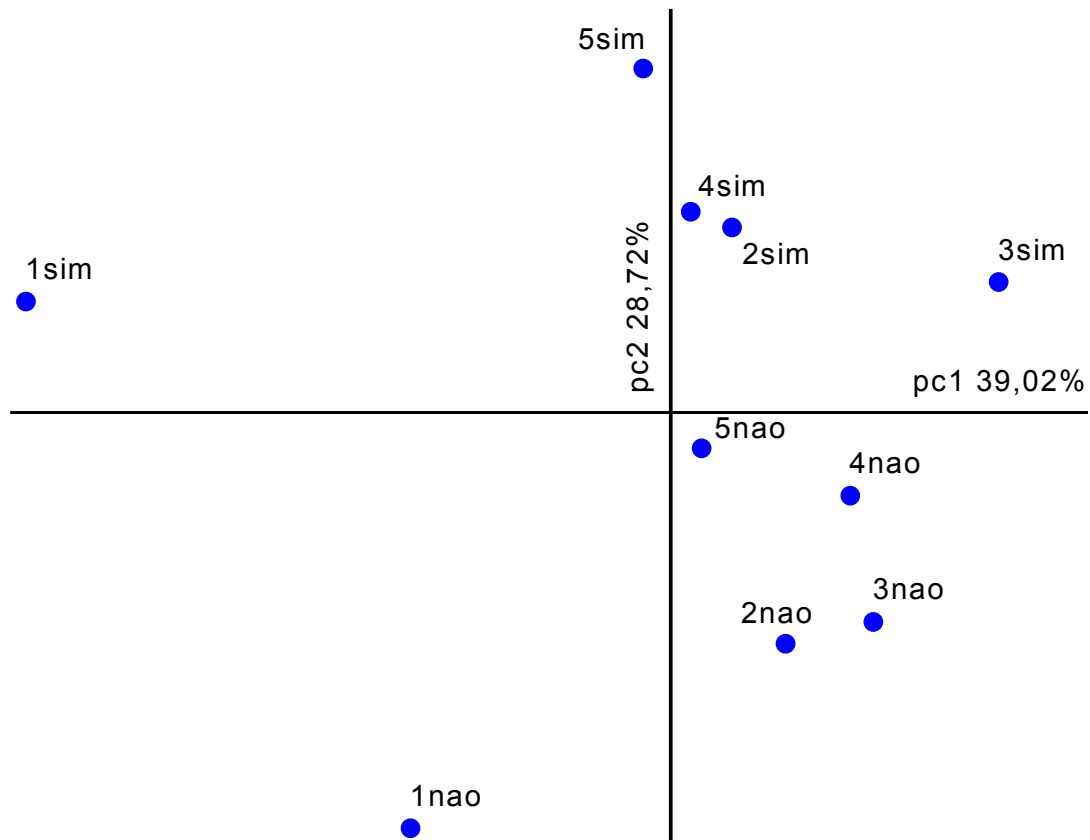
Em relação ao Mn, os dados estão de acordo com o trabalho de Jacques (2003), ao qual ressalta menores teores de Magnésio na camada superficial do após a queima.

Tabela 2: Apresentação dos dados referente o solo no pós e pré-queima (0 a 20 cm). Valores médios seguidos por diferentes letras sobre-escritas indicam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). M.O.= Matéria orgânica; H+Al = Acidez Potencial; SB = Soma de bases; M% = Saturação por alumínio; CTC = Capacidade de troca catiônica; V% = Saturação por bases.

Variáveis	Unidades	Pré-queima	Pós-queima	CV (%)
M.O.	(g/dm <sup>3</sup> )	10,56	12,60	10.63
pH <sub>CaCl2</sub>	-	4,73	4,81	2.62
H+Al	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	20,08	20,32	5.11
Al	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,84	0,84	35.71
Ca	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	6,28	6,72	19.36
Mg	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,20	2,12	21.01
K	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,94	1,10	33.48
P	(mg/dm <sup>3</sup> )	2,08	2,76	31.63
SO <sub>4</sub>	(mg/dm <sup>3</sup> )	1,52	3,08	62.13
Mn	(mg/dm <sup>3</sup> )	53,95 <sup>A</sup>	42,60 <sup>B</sup>	12.72
Cu	(mg/dm <sup>3</sup> )	0,88 <sup>A</sup>	0,71 <sup>B</sup>	6.81
Zn	(mg/dm <sup>3</sup> )	1,16	1,90	84.61
B	(mg/dm <sup>3</sup> )	0,37 <sup>A</sup>	0,26 <sup>B</sup>	7.23
SB	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	9,44	10,04	19.70
m%	-	10,44	12,24	56.10
CTC	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	29,24	30,00	5.72
V%	-	31,16	31,52	13.10

De acordo com o resultado apresentado na Figura 1, da análise multivariada por componentes principais (PCA), o eixo pc1 (horizontal) foi responsável por 39,02% de toda análise. As variáveis que mais contribuíram para a separação dos talhões ao longo deste eixo foram os teores de cálcio (Ca), soma de bases (SB) e saturação por base (V%) caracterizando parâmetros de solo. Por outro lado, os parâmetros de biomassa (folha, ponteiro, colmo, total e %folhas) mostraram importância no pc2 (vertical), que representa 28,72% da variância total dos dados da análise. Dessa forma, os tratamentos pós-queima (sim) estão arranjados na parte superior do eixo pc1, ao contrário para os tratamentos pré-queima (não) que estão dispostos na parte inferior do eixo.





**Figura 2.** Resultados da técnica de análise multivariada por componentes principais (PCA), envolvendo os parâmetros avaliados.

A cana-de-açúcar tem um grande apelo ambiental de produção (ORTOLAN, 2006; RIPOLI e RIPOLI, 2004) sendo cultivada em 6,2 milhões de hectares (BRASIL, 2006), emitindo 98% dos gases provenientes dos resíduos agrícolas no Brasil (LIMA et al., 1999) e deste percentual uma boa parte, segundo Campos (2003), advém da queima do canavial, sendo que no presente ensaio detectou-se (Tabela 1) reduções significativas de folhas (92,48%) e ponteiros (37,52%) e colmos (30,70%) após a queima, reduções estas que possibilitaram estimar o total de  $4,81 \text{ Mg ha}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  emitidos pela queimada da cana. Devido a esta queimada pôde-se detectar no solo diferenças estatísticas para Mn (21,04%), Cu (19,32%) e B (30,56%) e Reichardt e Timm (2002) que relatam o lançamento para atmosfera de alguns nutrientes reduzindo assim seus teores no solo.

É muito importante mencionar que mesmo com a queima prévia do canavial, ao qual emite uma quantidade razoável de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, como verificamos com o experimento, o balanço de carbono se torna nulo, pois a cana-de-

açúcar absorve grande quantidade de carbono durante o seu processo de crescimento, conforme afirma Leme, (2005, p.5):

Um processo importante levado em consideração nas análises é o crescimento da biomassa no campo. Na verdade, a hipótese assumida aqui é de que a biomassa residual de cana-de-açúcar é disponibilizada a partir de ciclo renovável, em que as emissões de dióxido de carbono decorrentes da queima da biomassa são integralmente absorvidas durante o crescimento do canavial, sem qualquer emissão não balanceada desse gás que se possa atribuir ao bagaço ou à palha.

Na análise PCA (Figura 1), pôde-se observar que os resultados foram separados em quatro grupos, sendo que destes, dois grupos foram de alta expressão, 40% dos resultados e destes grupos foram divididos pelo tratamento, ou seja, se a cana estava queimada ou não. É importante observar também que esta separação foi resultado da análise de PCA sobre a Biomassa.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciaram que de fato a queima da cana provoca poucas mudanças significativas na composição bioquímica do solo, onde apenas o Cu, Mn e o B apresentaram diferenças nos tratamentos antes e pós queima. Contudo ocorre elevada emissão de gases para a atmosfera e uma enorme perda de matéria orgânica nos canaviais com o consumo da sua biomassa.

Destes gases, o CO<sub>2</sub>, que a planta libera no processo da queima do canavial, já foi absorvido no seu estágio de crescimento ao realizar a fotossíntese. Entretanto, a eliminação das queimadas pode proporcionar créditos de carbonos, os quais poderiam ser aplicados na alocação e treinamento dos cortadores de cana que perdem seus os postos de trabalho. Segundo o estudo, caso não seja efetuada a queima, cada hectare pode ficar com até 10, 41 Mg de massa fresca, o que contribuiria para o enriquecimento da microbiota do solo ou mesmo para energia na produção do etanol.

Devemos salientar também que o uso da palha como combustível é uma importante oportunidade de redução das emissões de gases do efeito estufa em relação à situação atual, que se define com a queima de grande parte dos canaviais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, C.B.; KIRCHHOFF, V.W.J.H. Transporte de monóxido de carbono gerado em queimadas para regiões onde não se queima. **Rev. Bras. Geof.**, v.19, n.1, p.61-74, jan./abr. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.com.br>>. Acesso em: 23 Julho 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Campanha Nacional de Abastecimento – CONAB. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 31 ago. 2006.

CAMPOS, D. C. de. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o seqüestro de carbono**. 2003. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Microbiologia agrícola, ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.

CANÇADO, J. E. D. **A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba - SP**. 2003. 162p. Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Patologia da Faculdade de Medicina/USP, São Paulo, 2003.

DELGADO, A.; CESAR, M.A.A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. ESALQ: USP, 1977. 1033 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1999. 412 p.

FERNANDES, A. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2. ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 190 p.

JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais - efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p.179, jan./fev. 2003.

LIMA, M. et al. **Emissão de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 60 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documento, 07).

LEME, R. M. **Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar**. Campinas, SP: [s. n.], 2005.

MARQUES, M. O.; MARQUES, T. A.; TASSO JUNIOR L. C. **Tecnologia do açúcar, Produção e industrialização da cana-de-açúcar.** Jaboticabal: Funep. 2001, p. 1,2,5,6,13 e 14.

MALAVOLTA, E.; VITI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estudo nutricional das plantas: princípios e aplicações. Metodologia para análise de elementos em material vegetal.** Piracicaba: ESALQ, 1997.

MATTOS, K. M. da C. **Valoração econômica dos impactos causados pela queima de cana-de-açúcar no meio ambiente.** 2002. 125 f. Tese (Doutor em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, USP, São Carlos, 2002.

ORTOLAN, M.C.A. Perspectiva para o setor sucroalcooleiro. In: Marques, M.O. et al. **Tópicos em tecnologia sucroalcooleiro.** Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006, p.7-16.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M. L. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** Piracicaba. TCC Ripoli, 2004, 302p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2004. 478 p.

ZANCUL, A. **A queimada da cana-de-açúcar e a qualidade do ar: um estudo comparativo.** 1998. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia, USP, São Carlos. 1998.