

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob  
diferentes formas de colheita e de manejo do palhico**

**José Rubens Almeida Leme Filho**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba  
2009**

José Rubens Almeida Leme Filho  
Engenheiro Agrônomo

**Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob  
diferentes formas de colheita e de manejo do palhço**

Orientador:  
Prof. Dr. **EDGAR GOMES FERREIRA DE BEAUCLAIR**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba  
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Leme Filho, José Rubens Almeida

Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) sob diferentes formas de colheita e de manejo do palhiço / José Rubens Almeida Leme Filho. - - Piracicaba, 2009.  
111 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.  
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Colheita 3. Energia de biomassa 4. Mecanização agrícola  
5. Palhada - Manejo 6. Palhas I. Título

CDD 633.61  
L551d

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

“As questões relacionadas com o cuidado e a preservação do ambiente devem ter na devida consideração as problemáticas energéticas... Atualmente, é possível melhorar a eficiência energética e fazer avançar a pesquisa de energias alternativas.”

(Papa Bento XVI, Encíclica *Caritas in veritate*, 49)

Ao Deus Eterno e Onipotente,  
Pai, Filho e Espírito Santo;  
E ao louvor de Sua Glória,  
**Dedico.**

Ao povo brasileiro,  
Pelo seu progresso e sua prosperidade,  
**Ofereço.**



## AGRADECIMENTOS

“Não digas no teu coração: ‘a minha força e o vigor do meu braço adquiriram-me todos esses bens’. Lembra-te de que é o Senhor, teu Deus, quem te dá a força para adquiri-los” (Deuteronômio 8,17-18). Portanto, em primeiro lugar e acima de tudo agradeço a Deus pelo dom da vida, e pelo bom êxito deste trabalho, pois a Ele devemos absolutamente tudo o que possamos ter conseguido de bom. E também aos Santos e Anjos do Céu, de modo especial a Maria Santíssima e São José, ao meu Anjo da Guarda e aos numerosos santos de minha devoção, entre os quais Santa Catarina de Alexandria, padroeira dos estudantes e da Paróquia que frequento, a todos os Santos e Anjos agradeço pela sua preciosa intercessão junto ao Trono de Deus.

Aos meus pais José Rubens e Mara, à minha irmã Francine, à minha noiva Patricia, à minha avó Vergínia e a toda a família, agradeço pelo amor e por todo o fundamental apoio sem o qual tornar-se-ia dificultada em extremo a realização deste ou de qualquer outro trabalho.

A todos os contribuintes brasileiros, manifesto profundo reconhecimento e gratidão por financiarem nosso trabalho através da Universidade de São Paulo, e da bolsa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao Prof. Dr. Edgar Gomes Ferreira de Beauclair, pela orientação na realização deste trabalho; e ao Prof. Dr. Pedro Jacob Christoffoleti, pela orientação no primeiro ano do doutorado.

À Usina Iracema, à sua diretoria e aos seus acionistas, por permitirem a instalação do experimento em uma de suas fazendas. Ao Caio Fortes e ao Paulo Aguiar, pela valiosa ajuda no planejamento do experimento, desde a escolha da área, e por designarem funcionários e máquinas para nos ajudar sempre que foi necessário. Ao Fabiano, por coordenar o pessoal por ocasião da colheita. Aos funcionários da mesma usina que nos ajudaram em várias etapas do trabalho, por exemplo na instalação dos tratamentos, onde contamos com o apoio dos tratoristas e do pessoal do plantão de incêndio; na abertura das trincheiras; na delimitação da área experimental por meio de aceros; e aos tratoristas e operadores de colhedoras que fizeram a colheita, agradeço sinceramente a todos sem citar nomes, de vez que seria praticamente impossível mencionar todos sem esquecer nenhum desses valorosos trabalhadores.

Aos Professores Dr. André Ricardo Alcarde, Dr. Jorge Horii e Dra. Sandra Helena da Cruz, por permitirem a utilização dos laboratórios do Setor de Açúcar e Álcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ, para realização das análises tecnológicas da cana-de-açúcar. Aos funcionários do mesmo Departamento, principalmente ao Pedro, à Rosemary e ao Sylvino, por ajudarem nessas análises; e ao Jéfferson por consertar a estufa.

Ao Prof. Dr. Rubens Duarte Coelho, por ajudar no planejamento das análises físicas de solo e na interpretação dos resultados das mesmas.

Aos Professores Dr. Marcos Silveira Bernardes, Dr. José Paulo Molin e Dr. João Alexio Scarpate Filho, que compuseram a banca do exame de qualificação, pelas oportunas sugestões apresentadas por ocasião do mesmo.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Luciane Aparecida Lopes Toledo, por toda sua significativa colaboração ao longo desta caminhada do doutorado.

**A todos que direta ou indiretamente contribuíram para esse trabalho, muito obrigado!**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	11
LISTA DE FIGURAS .....	13
LISTA DE TABELAS .....	15
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 DESENVOLVIMENTO.....	23
2.1 Revisão Bibliográfica.....	23
2.1.1 Centro de origem e distribuição da cana-de-açúcar.....	23
2.1.2 Importância social, econômica e ambiental da cultura da cana-de-açúcar.....	24
2.1.3 Potencial energético do palhiço de cana-de-açúcar.....	26
2.1.4 Alguns atributos do solo e da cana-de-açúcar potencialmente afetados pela forma de colheita e pelo manejo do palhiço.....	27
2.1.4.1 Sistema radicular .....	27
2.1.4.2 Brotação e perfilhamento .....	32
2.1.4.3 Propriedades químicas do solo e nutrição mineral da cana-de-açúcar .....	35
2.1.4.4 Propriedades físicas do solo .....	38
2.1.4.5 Maturação e produção final de colmos.....	41
2.1.4.6 Longevidade do canavial.....	43
2.1.4.7 Plantas daninhas .....	44
2.2 Material e métodos .....	48
2.2.1 Delineamento experimental e tratamentos .....	48
2.2.2 Caracterização da área experimental.....	50
2.2.2.1 Clima .....	50
2.2.2.2 Solo.....	52
2.2.2.3 Cana-de-açúcar.....	54
2.2.3 Avaliações .....	55
2.2.3.1 Temperatura do solo.....	55
2.2.3.2 Biometria .....	56
2.2.3.3 Análises físicas de solo não deformado.....	57



2.2.3.4 Análises químicas de solo.....	58
2.2.3.5 Análises químicas de folhas de cana-de-açúcar.....	58
2.2.3.6 Distribuição da umidade e do sistema radicular no perfil do solo.....	59
2.2.3.7 Maturação da cana-de-açúcar.....	61
2.2.3.8 Pesagem da produção final de colmos.....	63
2.2.4 Cálculos e análises estatísticas.....	63
2.3 Resultados e discussão.....	67
2.3.1 Propriedades físicas do solo.....	67
2.3.1.1 Temperatura.....	67
2.3.1.2 Compactação.....	69
2.3.1.3 Umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente.....	71
2.3.2 Propriedades químicas do solo.....	74
2.3.3 Estado nutricional da cana-de-açúcar.....	80
2.3.4 Perfilhamento da cana-de-açúcar.....	83
2.3.5 Crescimento inicial da cana-de-açúcar.....	88
2.3.6 Distribuição da umidade no perfil do solo.....	92
2.3.7 Distribuição do sistema radicular no perfil do solo.....	95
2.3.8 Maturação e produção final.....	98
3 CONCLUSÕES.....	101
REFERÊNCIAS.....	103
ANEXO.....	109

## RESUMO

### **Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob diferentes formas de colheita e de manejo do palhicho**

Da substituição da colheita manual de cana queimada pela mecanizada de cana crua, decorre grande demanda por pesquisas relacionadas aos efeitos do palhicho, residual da colheita, sobre a cana soca e sobre o ambiente de produção. O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos do sistema de colheita e do manejo do palhicho residual sobre o desenvolvimento das soqueiras de cana-de-açúcar e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. O experimento foi instalado em área de colheita mecanizada de cana-de-açúcar, variedade SP91-1049, conduzido ao longo do ciclo da primeira soca, delineado em blocos completos casualizados, com quatro repetições e os seguintes quatro tratamentos: palhicho em área total (não manejado); remoção do palhicho de sobre as linhas de cana (“desaleiramento”); palhicho aleirado; e palhicho queimado. Uma medida mensal de temperatura do solo foi feita até o 9º mês após o corte. A biometria foi feita mensalmente até 8 meses após o corte, avaliando-se o perfilhamento da cana e o crescimento inicial da parte aérea. Próximo ao final do ciclo foram feitas análises químicas de solo e de folhas de cana, análises físicas de solo não deformado, avaliação da distribuição da umidade e do sistema radicular no perfil do solo, e análises tecnológicas de amostras de cana para avaliação da maturação. Por ocasião da colheita, pesou-se a produção. O maior efeito do palhicho sobre a cana-de-açúcar foi reduzir o perfilhamento inicial, sendo que o “desaleiramento” mostrou-se a forma de manejo do palhicho mais eficaz em mitigar o efeito negativo do mesmo sobre o perfilhamento inicial. O aleiramento, além de ser menos eficaz nesse sentido, induziu um perfilhamento inicial deveras heterogêneo. Quanto às propriedades químicas do solo, o palhicho não causou efeito significativo sobre os teores de MO, CTC, Al e pH; entre os nutrientes, apenas o manganês sofreu efeito significativo dos tratamentos, apresentando menor teor sob palhicho em área total do que onde o palhicho foi queimado. Quanto às propriedades físicas do solo, o palhicho favoreceu uma pequena compactação, indicada por redução da aeração do solo na capacidade de campo; além da redução da temperatura do solo, significativa só nos primeiros 6 meses após o corte. Sobre a distribuição da água no perfil do solo, avaliada no 11º mês após o corte e depois 2 semanas sem chuva, na camada de 0-20 cm a umidade foi significativamente maior sob palhicho em área total do que onde o palhicho foi queimado; e em profundidades maiores não houve diferença significativa devida aos tratamentos. Não obstante, sobre a distribuição do sistema radicular no perfil do solo, os tratamentos não produziram nenhuma diferença significativa.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Palha; Palhicho; Colheita; Mecanizada; Manual; Energia; Soca; Soqueira; Cana crua; Cana queimada



## ABSTRACT

### **Development of sugarcane (*Saccharum* spp.) under different forms of harvesting and of straw management**

Replacing the manual harvesting of burnt sugarcane for green sugarcane mechanical harvesting, follows a great demand for research about the effects of straw on sugarcane ratoon and on the production environment. This work aimed to study the effects of the harvest and of straw management on the development of the sugarcane ratoon and on some physical and chemical properties of soil. The experiment was conducted on an area of mechanical harvesting of sugarcane, variety SP91-1049, conducted during the first cycle of ratoon, the experimental design was randomized blocks with four repetitions and the following four treatments: straw in total area; straw removed from the sugarcane lines; with the straw between four lines moved to a ridge between two lines (straw tilling); and burnt straw. Measurements of soil temperature were made monthly, until the 9th month after the harvest. Biometric measurements were performed monthly until 8 months after harvesting, evaluating the sugarcane tillering and the initial growth of the tillers. Near the end of the cycle, chemical analyses of soil and of sugarcane leaves, and physical analyses of not deformed soil samples were performed; the distribution of moisture and of root system into the soil profile were evaluated; and technological analysis of sugarcane samples were made to evaluate the maturity stage of sugarcane. At the harvest, the production was weighed. The biggest effect of straw on sugarcane was reducing the initial tillering, and the removal of straw from sugarcane lines proved to be the more effective management to mitigate the negative effect of straw on the tillering. The straw tilling, less effective in this sense, also induced a very heterogeneous initial tillering. Regarding the soil chemical properties, straw did not cause significant effect on the levels of organic matter, capacity of cations exchange, Al and pH; among the nutrients, only Mn had a significant effect of the treatments, with lower content under straw in total area than where straw was burned. Regarding the physical properties of soil, straw provided a little compaction, indicated by reduction of the soil aeration at field capacity; as well as significant reducing of soil temperature only in the first 6 months after harvest. On the distribution of water in the soil profile, measured 11 months after harvest and after 2 weeks without rain, in the depth of 0 to 20 centimeters, moisture was significantly higher under straw in total area than where straw was burned, and in bigger depths there were no significant difference due to treatments. However, on the distribution of root system in the soil profile, the treatments produced no significant difference.

Keywords: Sugarcane; Straw; Harvesting; Mechanical; Manual; Energy; Ratoon; Green sugarcane; Burnt sugarcane



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema radicular da cana soca estabelecido (adaptado de BEAUCLAIR; SCARPARI, 2007).....	28
Figura 2 - Quantidade de matéria seca de raízes por volume de solo ( $\text{g.dm}^{-3}$ ), média das camadas de solo de 0 a 80 cm (adaptado de VASCONCELOS, 2002) .....	30
Figura 3 - Curva representativa do perfilhamento da cana-de-açúcar (adaptado de MAIA; BEAUCLAIR, 1984).....	33
Figura 4 - Valores médios de densidade do solo, em áreas de colheita mecanizada de cana crua e de colheita manual de cana queimada, de setembro de 1999 (época da colheita da segunda soca) a janeiro de 2001 (Adaptado de VASCONCELOS, 2002).....	39
Figura 5 - Rendimento da cultura da cana-de-açúcar (variedade SP83-2847), em função dos diferentes manejos da palhada. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente segundo o teste de Tukey, considerando-se $\alpha = 5\%$ (diferença mínima significativa = $5,24 \text{ t.ha}^{-1}$ ) (Adaptado de CAMPOS et al., 2008) .....	42
Figura 6 - Fotografia feita por satélite em 14/06/2007 (após a colheita da cana planta e antes da instalação dos tratamentos), obtida através do software “Google Earth”. O quadrilátero azul indica aproximadamente a localização da área <u>útil</u> das parcelas .....	49
Figura 7 - Fotografia feita por satélite em 14/06/2007, obtida através do software “Google Earth”. As pequenas elipses indicam a localização aproximada das trincheiras abertas em 28 e 29/02/2008 com objetivo de caracterizar fisicamente o solo sem influência dos tratamentos.....	53
Figura 8 - Temperatura média do solo, a 5 cm de profundidade, sob os tratamentos T1 (palhiço em área total) e T4 (palhiço queimado).....	68
Figura 9 - Número médio de colmos em 10 metros de linha de cana-de-açúcar, de agosto de 2007 a janeiro de 2008.....	85
Figura 10 - Número médio de perfilhos em 10 metros nas linhas adjacentes às leiras (linhas 3 e 5) e nas linhas adjacentes às entrelinhas descobertas (linha 4), nas parcelas com palhiço aleirado, de agosto de 2007 a janeiro de 2008.....	87
Figura 11 - Peso médio da parte aérea ( $\text{g.cana}^{-1}$ ), de setembro de 2007 a janeiro de 2008.....	89

Figura 12 - Acúmulo de biomassa de parte aérea ( $t.ha^{-1}$ ), de setembro de 2007 a janeiro de 2008.....	91
Figura 13 - Representação gráfica da distribuição do sistema radicular no perfil do solo: quantidade, média geral das 16 parcelas, de matéria seca de raízes por volume de solo ( $g.dm^{-3}$ ) em cada camada do mesmo.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de macronutrientes (kg.ha-1) extraída pela parte aérea (colmos + folhas) da cana-de-açúcar cv. CB41-76 (adaptado de ORLANDO FILHO, 1983).....	36
Tabela 2 - Quantidades de nutrientes contidas em 100 t de colmos de cana-de-açúcar de três variedades, em três tipos de solo (cana planta) (adaptado de MALAVOLTA, 1982).....	36
Tabela 3 - Dados meteorológicos obtidos pela estação convencional do posto agrometeorológico do Depto. de Ciências Exatas da ESALQ/USP (distante cerca de 13 km da área experimental), de janeiro de 2006 a agosto de 2008.....	51
Tabela 4 - Resultados das análises químicas do solo da área experimental.....	52
Tabela 5 - Propriedades físicas do solo da gleba homogênea onde se encontra a área experimental.....	54
Tabela 6 - Composição granulométrica do solo da gleba homogênea onde se encontra a área experimental.....	54
Tabela 7 - Massa de matéria seca e úmida de palhico produzido por cana planta de ano e meio, variedade SP91-1049, deixado sobre o solo após a colheita mecanizada da cana.....	55
Tabela 8 - Dados pluviométricos obtidos pela estação convencional do posto agrometeorológico do Depto. de Ciências Exatas da ESALQ/USP, de 1 a 21 de maio de 2008 .....	60
Tabela 9 - Comparação entre os valores médios de temperatura (°C) do solo, a 5 cm de profundidade, sob os tratamentos T1 e T4, pelo teste <i>t</i> para dados pareados.....	67
Tabela 10 - Valores médios de densidade aparente do solo (g.cm <sup>-3</sup> ).....	69
Tabela 11 - Valores médios de aeração do solo na capacidade de campo (20 <sup>-1</sup> atm) .....	70
Tabela 12 - Dados pluviométricos obtidos pela estação convencional do posto agrometeorológico do Depto. de Ciências Exatas da ESALQ/USP, de 24 de julho a 1 de agosto de 2007 (data da adubação do solo da área experimental, após 7 dias sem chuva).....	71
Tabela 13 - Valores médios de umidade do solo na capacidade de campo (20 <sup>-1</sup> atm).....	72
Tabela 14 - Valores médios de umidade do solo no ponto de murcha permanente (15 atm).....	73
Tabela 15 - Valores médios de capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) .....	73
Tabela 16 - Teores médios de MO, CTC, pH e alumínio na camada de 0-20 cm de solo .....	75



Tabela 17 - Comparação entre os resultados de MO, CTC, pH e Al na camada de 0-20 cm do solo das entrelinhas sob leira e sem palhiço, dentro do tratamento com palhiço aleirado, pelo teste <i>t</i> para dados pareados .....	76
Tabela 18 - Teores médios de macronutrientes na camada de 0-20 cm de solo .....	77
Tabela 19 - Teores médios de micronutrientes na camada de 0-20 cm de solo.....	78
Tabela 20 - Comparação entre os teores médios de nutrientes na camada de 0-20 cm do solo das entrelinhas sob leira e sem palhiço, dentro do tratamento com palhiço aleirado, pelo teste <i>t</i> para dados pareados .....	80
Tabela 21 - Teores médios de macronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar .....	81
Tabela 22 - Teores médios de micronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar .....	82
Tabela 23 - Teores médios de nutrientes nas folhas de cana das linhas adjacentes às leiras, comparadas com as linhas adjacentes às entrelinhas descobertas, pelo teste <i>t</i> para dados pareados, dentro do tratamento com palhiço aleirado (T3) .....	83
Tabela 24 - Número médio de colmos em 10 metros de linha de cana-de-açúcar, de agosto de 2007 a janeiro de 2008 .....	84
Tabela 25 - Número médio de perfilhos em 10 metros nas linhas adjacentes às leiras (linhas 3 e 5) e nas linhas sem palhiço nas entrelinhas adjacentes (linha 4), nas parcelas com palhiço aleirado, de agosto de 2007 a janeiro de 2008, comparados pelo teste <i>t</i> para dados pareados .....	86
Tabela 26 - Peso médio da parte aérea (g.cana <sup>-1</sup> ), de setembro de 2007 a janeiro de 2008.....	89
Tabela 27 - Acúmulo de biomassa de parte aérea (t.ha <sup>-1</sup> ), de setembro de 2007 a janeiro de 2008 .....	90
Tabela 28 - Valores médios de água total e disponível nas diferentes camadas de solo .....	93
Tabela 29 - Comparação entre as quantidades de água total (mm) presentes nas diferentes camadas do solo das entrelinhas sob leira e sem palhiço, no tratamento com palhiço aleirado (T3), pelo teste <i>t</i> para dados pareados .....	94
Tabela 30 - Valores médios de densidade de raízes nas diferentes camadas de solo .....	96
Tabela 31 - Comparação entre as densidades médias de raízes presentes nas diferentes camadas de solo sob leira e sem palhiço, no tratamento com palhiço aleirado, pelo teste <i>t</i> para dados pareados .....	97

Tabela 32 - Valores médios do teor de ATR na cana-de-açúcar; e da pol, pureza e AR do caldo .....	99
Tabela 33 - Valores médios de produção final, por área, de colmos de cana-de-açúcar e de ATR.....	99



## 1 INTRODUÇÃO

A substituição da colheita manual pela mecanizada é uma forte tendência em todas as grandes culturas agrícolas, sobretudo em decorrência do custo da colheita mecanizada ser menor do que o da mão-de-obra para colheita manual. Assim é que, por exemplo, atualmente são raríssimas as lavouras de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) colhidas manualmente, e é pouco provável que seja economicamente viável colher manualmente uma dessas culturas. Até mesmo em culturas que, há poucas décadas, parecia muitíssimo improvável que algum dia viessem a ser colhidas mecanicamente, por exemplo, o café (*Coffea arabica* e *C. canephora*), atualmente a colheita mecanizada está gradativamente substituindo a manual.

Com a cana-de-açúcar não é diferente. A mudança do sistema de colheita da cana-de-açúcar com o uso de fogo para a colheita mecanizada, chamada de cana verde ou cana crua, é um processo irreversível, gradativo porém contínuo, previsto na legislação estadual paulista (NOVO, 2004). Embora uma colhedora combinada tenha um custo fixo altíssimo (centenas de milhares de dólares), esse custo é amortizado em poucos anos pela diferença de custo entre a colheita manual e a mecanizada. Segundo Ripoli<sup>1</sup> (2005 apud PROFESSOR ..., 2005), a eliminação das queimadas de cana é uma questão muito mais econômica do que ambiental, e a falta de tecnologia para fabricação de máquinas menores que atendam ao pequeno produtor é obstáculo na aceleração do processo de mecanização da colheita da cana. Como solução para este obstáculo, Ripoli (2005 apud PROFESSOR ..., 2005) sugere a adaptação e modernização de projetos de máquinas de pequeno porte que existiam na década de 1960.

Mas a substituição, na cultura da cana, da colheita manual pela mecanizada, além do aspecto econômico, é um processo acelerado por outros fatores como legislação e pressões populares. A Lei nº 11.241 dispõe sobre a queima da palha da cana-de-açúcar e foi regulamentada pelo decreto nº 47.700, de 11 de março de 2003, que apresenta, em seu artigo 2º, a tabela de eliminação gradativa do atual processo de cultivo, o qual deverá ser totalmente substituído em 30 anos, num prazo que finaliza em 2031. A partir daí, não mais será permitida a queima da palha de cana-de-açúcar (MIGUEL, 2005).

---

<sup>1</sup> RIPOLI, T. C. C. Professor do Depto. de Engenharia Rural da ESALQ/USP.

Além da legislação, em 4 de junho de 2007, foi assinado por algumas autoridades, entre as quais Serra<sup>2</sup> e Carvalho<sup>3</sup>, o Protocolo Agro-Ambiental, um protocolo de cooperação com produtores paulistas de cana de açúcar com o objetivo de reduzir as queimadas nos canaviais de todo o Estado. Esse novo protocolo pretende antecipar o fim das queimadas para 2014 nas áreas mecanizáveis, e para 2017 em 100% dos canaviais, incluindo as áreas não mecanizáveis (MATA; SCHLINDWEIN, 2007). De acordo com Serra (2007 apud MATA; SCHLINDWEIN, 2007), as empresas que se ajustarem ao novo protocolo receberão um certificado de conformidade ambiental. Em fevereiro de 2008, 136 usinas paulistas já haviam aderido ao Protocolo Agro-Ambiental (PROTOCOLO ..., 2008).

O palhiço resultante da colheita de cana crua representa significativa contribuição à redução do teor de CO<sub>2</sub> na atmosfera, quer seja deixado sobre o solo ou queimado em caldeiras como fonte de energia. Se deixado no campo, provoca um gradativo aumento do teor de matéria orgânica (MO), fixando no solo considerável quantidade de carbono, até que, após vários anos, este teor se estabiliza. Da diferença entre as quantidades inicial e final de MO no solo, ou seja, antes da implantação da colheita mecanizada de cana crua e após a estabilização, cerca de 58% (EMBRAPA, 1997) corresponde ao carbono seqüestrado da atmosfera. Se, por outro lado, o palhiço for empregado como fonte de energia, substituirá combustíveis fósseis cuja queima emite CO<sub>2</sub> na atmosfera e não o reabsorve, ao contrário do que ocorre com fontes renováveis, tais como a biomassa do bagaço e do palhiço de cana, e os açúcares convertidos em etanol pela fermentação alcoólica.

De acordo com Ripoli e Ripoli (2004), a colheita mecanizada da cana-de-açúcar apresenta as seguintes restrições: mais exigente em adequada sistematização do talhão; aumento de perdas invisíveis; maiores danos às soqueiras (arranquio e pisoteio); maior ataque de cigarrinhas das raízes; riscos de incêndio após colheita; compactação por tráfego; a “colheabilidade” da variedade assume maior importância; atraso na brotação de soqueiras.

---

<sup>2</sup> SERRA, J. Governador do Estado de São Paulo de 2007 a 2010.

<sup>3</sup> CARVALHO, E. P. de. Presidente da UNICA em 2007.

Dessas e de outras restrições e dificuldades decorre a grande demanda por pesquisas relacionadas ao desenvolvimento da cana soca sob as diferentes formas de colheita e manejo do palhicho. O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos do sistema de colheita de cana e do manejo do palhicho residual sobre:

- O desenvolvimento das soqueiras de cana quanto a brotação e perfilhamento, acúmulo de biomassa de colmos ao longo do tempo, nutrição mineral, maturação e produção final, e distribuição do sistema radicular no perfil do solo;
- Propriedades químicas do solo, tais como teor de matéria orgânica, pH, capacidade de troca de cátions e teores de nutrientes;
- Propriedades físicas do solo, tais como temperatura, retenção de água na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, compactação, e distribuição da umidade no perfil do solo.



## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Revisão Bibliográfica**

#### **2.1.1 Centro de origem e distribuição da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar teve sua origem na Nova Guiné, onde sua existência era tida como em estado de planta silvestre e ornamental. De Nova Guiné, disseminou-se em várias linhas do sul do Oceano Pacífico, na Indochina, no Arquipélago da Malásia e em Bengala, sendo certo o seu aparecimento como planta produtora de açúcar na Índia. Os persas parecem ter sido os primeiros a desenvolverem as técnicas de produção de açúcar na forma cristalizada, tal como atualmente se conhece (DELGADO; CÉSAR, 1977). A “domesticação” da cana na Nova Guiné, segundo Horii (2004), teria sido realizada cerca de 8.000 anos antes de Cristo por horticultores neolíticos.

Quando Alexandre “o Grande” invadiu a Índia em 327 a. C., seus escribas anotaram que os nativos “mascavam uma cana maravilhosa, que produzia uma espécie de ‘mel’ sem ajuda das abelhas” (HUMBERT, 1968). Da Pérsia, a cana foi levada pelos árabes para a Espanha, Sicília, Marrocos, Egito e outras regiões mediterrâneas (BAYMA, 1974). Com a extensão do plantio de cana na região do Mar Mediterrâneo, o consumo de açúcar difundiu-se pela Europa no início do século XIII (HUMBERT, 1968).

No século XV, os portugueses e os espanhóis a introduziram na Ilha da Madeira, Canárias, Cabo Verde e São Tomé, e na África Ocidental (BAYMA, 1974). Na América, as primeiras mudas foram trazidas por Cristóvão Colombo por ocasião de sua segunda viagem, e plantadas primeiramente em Santo Domingo (HUMBERT, 1968).

Com o apoio oficial do Rei Dom João III, as primeiras mudas de cana plantadas no Brasil foram trazidas da Ilha da Madeira por Martim Afonso de Souza, em 1532. Os 3 primeiros engenhos do Brasil foram construídos nas cercanias da atual cidade de Santos. O primeiro, em 1532, por Pero Luiz de Góes; o segundo pela família Adorno em 1533 e o terceiro por Martim Afonso de Souza, em 1534 (BERNARDES; CÂMARA, 2001).



### **2.1.2 Importância social, econômica e ambiental da cultura da cana-de-açúcar**

O etanol é solução sustentável com profundo significado para o País. Suas perspectivas de crescimento, tanto no plano interno como no externo, são indiscutíveis (CARVALHO, 2006).

A grande contribuição da atividade canavieira para a geração de empregos rurais é um fato conhecido. Na região Centro-Sul do país, o índice de empregos, com carteira de trabalho assinada é de mais de 90%, índice único e sem precedentes na agricultura brasileira. Além dos efeitos sociais diretos, a ocupação intensiva de mão-de-obra rural por parte do setor canavieiro tem também um óbvio efeito positivo na redução dos fluxos migratórios para as cidades e na redução do inchaço populacional urbano (TETTI, 2002).

A mecanização da colheita causa drástica redução da oferta de empregos para cortadores de cana. De acordo com Coral<sup>4</sup> (2009 apud FRANCO, 2009), na microrregião canavieira de Piracicaba, na safra de 2010/11, as vagas de cortadores sofrerão uma queda de 50% em comparação com a safra de 2009/10, de 6 mil para 3 mil empregos. Cumpre observar que a profissão de cortador de cana deverá praticamente desaparecer dentro de alguns anos, tão logo o uso do fogo chegue a ser totalmente abandonado como método de despalha. O crescimento do setor sucroenergético, alavancado pela crescente demanda mundial por combustível e por energia renováveis; e favorecido também pela maior economicidade proporcionada à produção por diversos fatores entre os quais o menor custo marginal da colheita mecanizada, em comparação com a manual; embora esse crescimento provavelmente não seja suficiente para gerar outros empregos diretos tão numerosos quanto as vagas perdidas na colheita manual, contribui significativamente para o crescimento da economia brasileira de um modo geral, o que por sua vez resulta na geração de inúmeros empregos em outros setores, os chamados “empregos indiretos”. Portanto, ao mesmo tempo em que a mecanização da colheita desemprega os cortadores, o crescimento do setor sucroenergético gera empregos diretos em outras atividades no próprio setor, e também inúmeros empregos indiretos, a maioria com condições de trabalho e de remuneração provavelmente melhores do que o corte manual da cana. Porém, as pessoas que hoje

---

<sup>4</sup> CORAL, J. Presidente da Cooperativa dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo (COPLACANA) em 2009.

cortam cana somente poderão exercer outros trabalhos, quiçá melhores do que o atual, se receberem a necessária qualificação.

De acordo com Franco (2009), para diminuir o impacto do desemprego no campo é preciso requalificar os trabalhadores. Com esse objetivo, a União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA), em parceria com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) lançou o Programa de Capacitação e Requalificação de Cortadores de Cana, o qual oferecerá cursos profissionalizantes, por exemplo: para operadores de colhedoras de cana, mecânicos de tratores e soldadores (FRANCO, 2009).

Recentemente, as negociações internacionais relativas ao Tratado de Kyoto e as medidas para mitigar os problemas do efeito estufa e das mudanças climáticas deram à atividade canavieira do Brasil um destaque ambiental positivo de grande expressão. O uso energético da cana-de-açúcar possibilita ao Brasil retirar da atmosfera, todos os anos, mais de 20% do total de CO<sub>2</sub> emitido pelo total dos combustíveis fósseis utilizados no país (TETTI, 2002).

Além de o Brasil já apresentar o maior e mais bem-sucedido programa mundial de substituição de combustíveis fósseis, reconhecido, elogiado e cada vez mais imitado nos países desenvolvidos, temos também o privilégio de esse programa estar baseado em um produto de biomassa agrícola como a cana-de-açúcar que, em função das especificidades do solo e do clima brasileiros, possui a rara capacidade de conviver harmoniosamente com os mais estritos requisitos de qualidade ambiental (TETTI, 2002).

De acordo com dados da UNICA<sup>5</sup>, na safra canavieira de 2007/08, foram produzidos 14,3 bilhões de litros de etanol hidratado, 8,2 bilhões de litros de etanol anidro, e 30,8 milhões de toneladas de açúcar. Nessa mesma safra, foram exportados 18,6 milhões de toneladas de açúcar, pelo valor total de US\$ 4.765.200.000; e 3,6 bilhões de litros de etanol, pelo valor total de US\$ 1.490.700.000.

---

<sup>5</sup> Dados disponíveis em <[www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)>. Acesso em 2 mar. 2009.

### 2.1.3 Potencial energético do palhiço de cana-de-açúcar

De acordo com Mariani Filho (2006), o poder calorífico do palhiço é da ordem de 15 MJ por kg de matéria seca. Disso resulta que, considerando-se que o palhiço corresponde a aproximadamente 14% da produção de cana-de-açúcar, e que na safra de 2007/08 foram processadas, conforme dados da UNICA, 496 milhões de toneladas de cana, pode-se estimar que, nessa safra, produziu-se aproximadamente 69 milhões de toneladas de palhiço, cuja queima liberaria cerca de 1 trilhão de MJ, ou cerca de 280 milhões de MWh. O emprego do palhiço como fonte de energia pode trazer vantagens econômicas por duas vias: pelo aumento do potencial de geração de energia elétrica, possibilitando a venda de maiores excedentes; e/ou pela redução da demanda por bagaço, viabilizando o emprego de variedades de cana com baixo teor de fibra e, conseqüentemente, maiores PC e ATR, bem como o aumento da produção de etanol pela hidrólise da celulose, tecnologia que tem sido amplamente pesquisada e aprimorada recentemente.

Para utilização do palhiço como fonte de energia, pode-se aleirar o palhiço no campo, e depois recolhê-lo com máquina recolhadora de forragem, ou empregar o sistema de colheita integral. Para a aplicação deste último, há necessidade de instalação, na usina, de equipamentos de pré-limpeza, que separam os rebolos de colmos e o palhiço. Em algumas usinas do Brasil já existem tais estações de pré-limpeza. De acordo com Ripoli e Ripoli (2004), a adoção da colheita integral pelas usinas poderá levar a redução dos custos operacionais, de vez que as máquinas empregadas nesse tipo de colheita não necessitam de exaustores e ventiladores, além de apresentarem menor número de componentes como motores hidráulicos e mangueiras, podendo por isso ter um custo de 20 a 30% menor do que o das colhedoras atualmente utilizadas.

Evidentemente, não se há de empregar, ao menos no curto e médio prazo, 100% do palhiço como fonte de energia. Devido ao custo do transporte, é de se esperar que as primeiras áreas a terem o palhiço recolhido à usina sejam as mais próximas à mesma. Além disso, deve-se considerar, ao escolher as áreas que terão o palhiço recolhido ou deixado no campo, a susceptibilidade do solo à erosão, deixando-se o palhiço sobre os solos mais susceptíveis; o grau de infestação por plantas daninhas e a composição da comunidade infestante; e se a variedade de cana plantada é muito ou pouco sensível à inibição, causada pelo palhiço, à brotação e ao

perfilhamento. Variedades mais sensíveis às influências negativas do palhiço podem ser plantadas preferencialmente em áreas mais próximas à usina e de topografia mais plana, com menor susceptibilidade à erosão, áreas das quais recolher-se-á o palhiço.

#### **2.1.4 Alguns atributos do solo e da cana-de-açúcar potencialmente afetados pela forma de colheita e pelo manejo do palhiço**

##### **2.1.4.1 Sistema radicular**

O sistema radicular da cana-de-açúcar é muito amplo e bem desenvolvido, do tipo fasciculado (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2007). Existe uma estreita correlação entre o desempenho do sistema radicular e a adaptabilidade da cana para desenvolver-se em diferentes condições hídricas, bióticas ou de textura do solo (CAMARGO, 1976). Os conhecimentos sobre a distribuição das raízes no solo podem orientar a adubação, a irrigação e as intervenções de cultivo. O desempenho do sistema radicular pode ser componente genético, o que é importante para o melhoramento, por exemplo, no aprimoramento da resistência às doenças ou ao estresse hídrico (LACLAU, 2005). As características do sistema radicular de cana-de-açúcar têm um papel essencial para a regeneração das soqueiras após a colheita (ALVAREZ; CASTRO; NOGUEIRA, 2000), principalmente porque é ele que serve de reserva de nutrientes para a rebrota das socas (SAMPAIO et al., 1987).

Em cana planta, as primeiras raízes, denominadas raízes de fixação, desenvolvem-se a partir dos primórdios radiculares do rebolo plantado. Aproximadamente nos primeiros 30 dias, a planta sobrevive de reservas nutricionais contidas nos rebolos e no material (água e sais minerais) absorvido pelas raízes de fixação. Posteriormente, surgem as raízes dos perfilhos (LUCCHESI, 2001). Entre 90 e 120 dias após o plantio, praticamente 100% do sistema radicular está distribuído nos primeiros 30 cm de solo, onde a maior parte é constituída pelas raízes dos colmos, sendo que as raízes originárias da muda plantada praticamente não mais existem (CÂMARA, 1993). Cada perfilho comporta-se como uma planta independente e, portanto, cada um possui um sistema radicular próprio. Assim, à medida em que aumenta o perfilhamento,

aumenta o volume de raízes explorando o solo até um ponto de estabilização, quando simplesmente ocorrem renovações das raízes velhas (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2007).

Nos primeiros 30 a 40 cm do perfil do solo concentram-se as raízes superficiais ou fibrosas, que são bem ramificadas e extremamente absorventes. As raízes de fixação atingem profundidades maiores, ultrapassando facilmente 50 cm de profundidade. Ao contrário do que sugere o nome, a função das raízes de fixação não se restringe exclusivamente à fixação, pois podem perfeitamente absorver água e nutrientes apesar de com menor eficiência do que as raízes superficiais. Finalmente, atingindo profundidades frequentemente maiores do que 5 metros, estão as raízes-cordão, as quais são muito importantes na absorção de água, e justificam a exigência de solos profundos para o cultivo da cana-de-açúcar (VAN DILLEWIJN, 1952). (Figura 1).

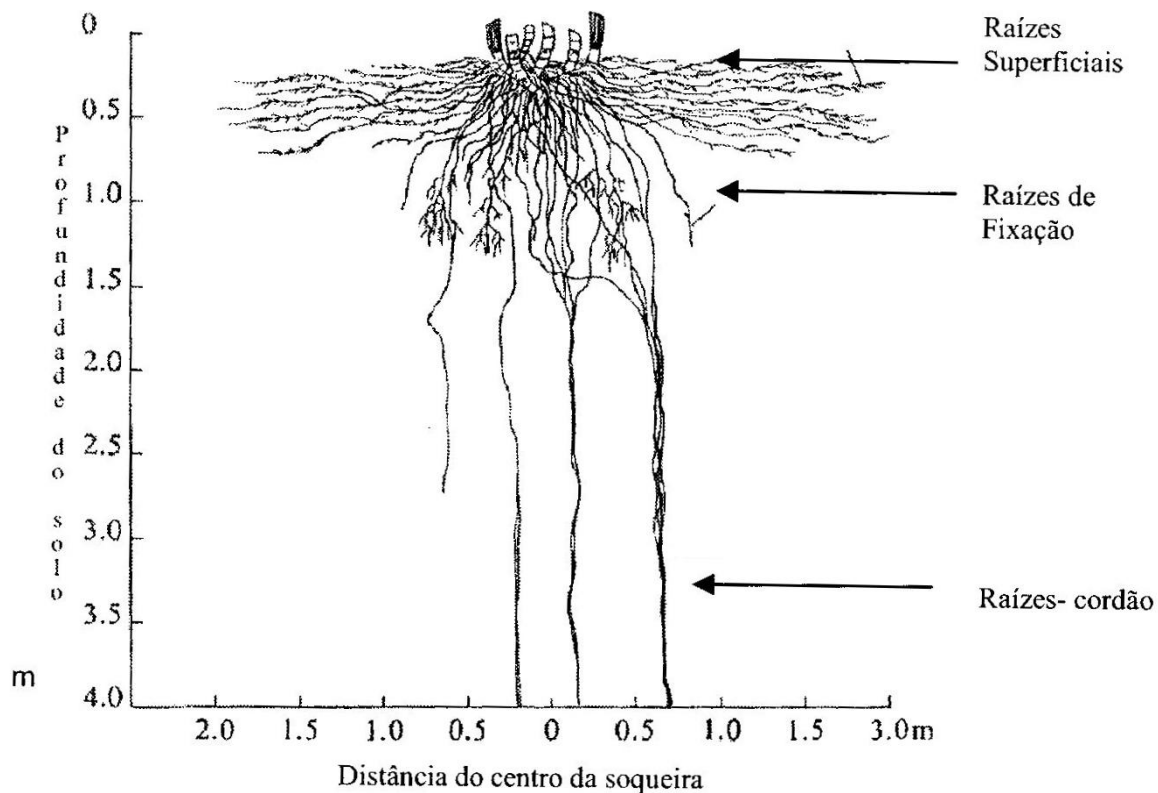


Figura 1 - Sistema radicular da cana soca estabelecido (adaptado de BEAUCLAIR; SCARPARI, 2007)

Após o corte da cana, o sistema radicular mantém-se em atividade por determinado tempo, sendo depois substituído progressivamente pelos sistemas radiculares dos perfilhos da soqueira (LUCCHESI, 2001). Segundo Van Dillewijn (1952), as raízes das soqueiras são mais superficiais que as da cana planta. Assim, quanto maior o número de cortes, mais superficial fica o sistema radicular das soqueiras. Segundo Alvarez, Castro e Nogueira (2000), isso se deve ao ciclo mais curto da cana soca, à brotação mais próxima à superfície do solo, e à maior susceptibilidade das raízes de cana soca a condições adversas do solo causadas pelo tráfego. De acordo com Beauclair e Scarpari (2007), esse fato pode ser um fator determinante na decisão de reforma de um canavial, e pode ser afetado pelos métodos de preparo nos diferentes tipos de solo.

Segundo Vasconcelos (2002), a morte ou renovação do sistema radicular não seria devida ao corte da cana, mas sim à condição hídrica a que a cultura está submetida em determinado período de desenvolvimento. Este autor constatou que, da segunda quinzena de outubro de 1999 a janeiro de 2000, houve uma grande disponibilidade hídrica, que resultou num grande desenvolvimento radicular observado. Num período posterior, houve déficit hídrico, condição na qual as plantas não conseguiram manter a grande quantidade de raízes novas desenvolvidas durante o período anterior, resultando em morte de raízes. Segundo Aguiar (1978), as raízes superficiais são as primeiras a morrerem durante o período de estiagem, e são também as primeiras a se renovarem durante o período chuvoso.

De acordo com Ball-Coelho et al. (1992), aproximadamente 50% da massa seca das raízes ficam nos primeiros 25 cm de profundidade; e 90% nos primeiros 60 cm. Segundo Câmara (1993), a cana planta em idade de corte apresenta cerca de 70% do sistema radicular concentrado nos primeiros 50 cm do solo, constituído por raízes tipicamente fibrosas.

Na cana soca, entre 62% e 69% da matéria seca de raízes localizam-se nos primeiros 50 cm, com 38% a 48% das raízes vivas nos primeiros 30 cm (BALL-COELHO et al., 1992). Já Korndörfer et al. (1989), encontraram de 85 a 92% das raízes de cana soca na camada de 0 a 40 cm de solo.

De acordo com Ball-Coelho et al. (1992), a massa total radicular e o comprimento das raízes vivas na cana soca são superiores aos da cana planta. Similarmente, Vasconcelos (2002) constatou um desenvolvimento acumulativo do sistema radicular, com aumento da massa seca de raízes ao longo dos ciclos da cultura, na média entre as profundidades compreendidas entre 0 e 80

cm (Figura 2). Por outro lado, Fernandes (1979) observou que o sistema radicular de cana planta é mais desenvolvido que o da rebrota.

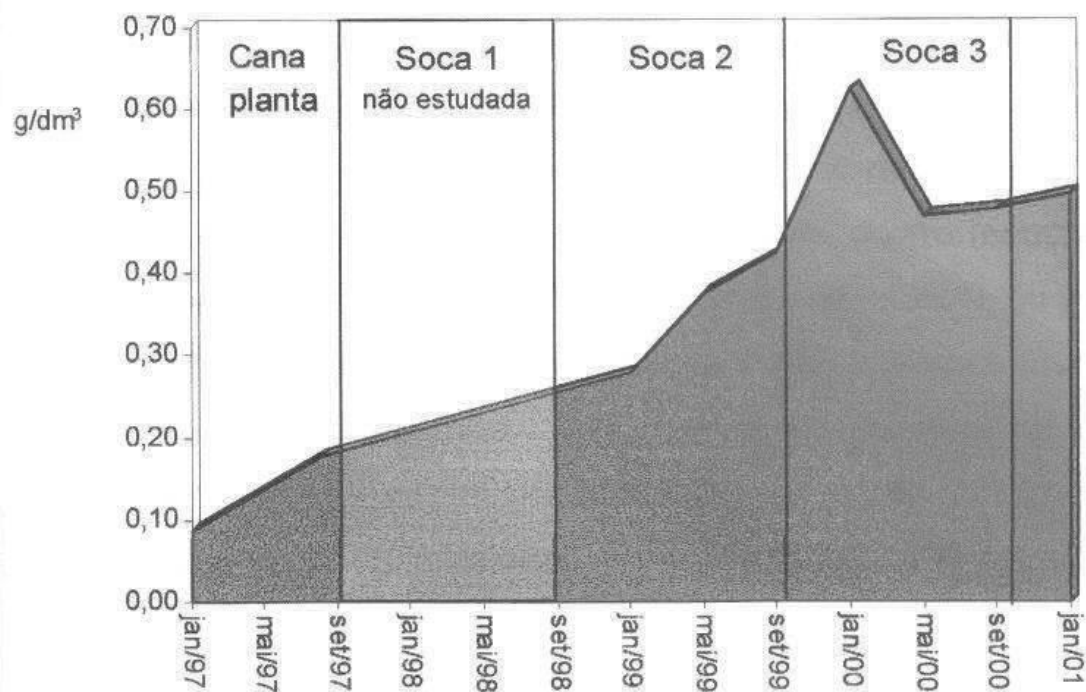


Figura 2 - Quantidade de matéria seca de raízes por volume de solo ( $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), média das camadas de solo de 0 a 80 cm (adaptado de VASCONCELOS, 2002)

Vasconcelos (2002), trabalhando com seis variedades de cana, encontrou grandes diferenças entre variedades quanto à quantidade e uniformidade de distribuição de raízes. O sistema de colheita (crua mecanizada ou queimada manual) não interferiu, na segunda e terceira socas (a primeira não foi estudada), no total de matéria seca de raízes, considerando-se a média das camadas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de solo; porém exclusivamente na camada de 0-20 cm, constatou-se maior desenvolvimento radicular da cana colhida crua mecanicamente, diferença que o autor atribuiu à maior umidade do solo sob palha no período seco, maior teor em cálcio proveniente da decomposição das palhas na superfície do solo, e maior teor de matéria orgânica proveniente da atividade microbiológica sobre a palha.

Trabalhando com a variedade SP70-1143, Alvarez, Castro e Nogueira (2000) avaliaram a matéria seca de raízes nas profundidades 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, de cana soca sob dois tratamentos: colheita mecanizada de cana crua, e colheita manual de cana queimada. No primeiro ano de rebrota, não houve nenhuma diferença significativa entre a matéria seca de raízes de cana crua e queimada; enquanto no segundo ano houve diferença significativa apenas na camada de 60-80 cm, encontrando-se maior quantidade de raízes na cana queimada do que na crua, nesta camada de solo.

As variedades de cana apresentam diferenças em crescimento radicular. Hermann (1997) verificou que a variedade SP70-1284 apresentou massa de raízes menor do que as variedades SP70-1143 e RB72454, enquanto estas duas últimas mostraram-se semelhantes entre si quanto à massa de matéria seca radicular.

Laclau (2005) estudou o crescimento do sistema radicular de cana planta da variedade RB72454, em sequeiro e sob irrigação, e encontrou, na cultura em sequeiro, um sistema radicular mais desenvolvido que na cultura irrigada nas camadas profundas (40-100 cm), a partir de 125 dias após plantio (DAP). Nas camadas superficiais, a partir de 241 DAP (durante o período seco), as plantas irrigadas apresentaram massa e comprimento radiculares significativamente superiores, ao nível de significância  $\alpha = 5\%$ , às plantas em sequeiro. A profundidade máxima das raízes foi significativamente superior na cultura em sequeiro, comparada com a irrigada, aos 125 e 332 DAP. As plantas não irrigadas responderam às reduções da umidade do solo com a degenerescência radicular nas camadas secas e a emissão de novas raízes nas camadas mais úmidas.

Alvarez, Castro e Nogueira (2000) observam que o desenvolvimento radicular foi mais estudado em cana planta do que em cana soca, por isso existem poucas informações sobre o desenvolvimento radicular em cana soca. De acordo com Vasconcelos (2002), não existe uma forma “perfeita” de avaliar raízes, pois a adequação de um método para o estudo do sistema radicular depende das condições “*in situ*”, e os resultados podem variar de acordo com a cultura ou variedade estudada e o seu manejo, e com o tipo de solo e as condições físico-químicas.



#### 2.1.4.2 Brotação e perfilhamento

Quatro são os estádios fenológicos da cana: brotação e emergência dos brotos; perfilhamento; período de grande crescimento, que se inicia no perfilhamento e estende-se até o início da acumulação de sacarose; e maturação, com intensa acumulação de sacarose nos colmos (CÂMARA, 1993).

Tal como ocorre em todas as gramíneas, após o processo de brotação das gemas, os rebentos começam a formar outros rebentos, aos quais se denomina perfilhos, num processo chamado perfilhamento, que ocorre abaixo da superfície do solo e, em cana-de-açúcar, exceção feita à espécie *Saccharum spontaneum*, é um processo limitado, levando a planta a formar uma moita ou touceira (CASAGRANDE, 1991).

Em cana planta, os colmos originários das gemas dos rebolos plantados são chamados de primários, e são menos desenvolvidos e com entrenós menores. Suas gemas dão origem aos colmos secundários, e estes aos terciários, e assim sucessivamente, que são mais longos e mais grossos que os primários. As canas que mais perfilham geralmente são mais finas (LUCCHESI, 2001). Rocha (1984) observou, em cana planta, um perfilhamento que se processou até perfilhos terciários, mas com maior número de secundários. Durante o ciclo da cultura, porém, a imensa maioria dos perfilhos terciários desapareceu, chegando à época da colheita com uma predominância dos perfilhos secundários sobre os primários.

O perfilhamento é altamente variável entre as diversas variedades de cana, dependendo das características genéticas de cada uma (CASAGRANDE, 1991). Prado (1988) estudou o perfilhamento de três variedades, no ciclo da cana planta e da primeira soca. Em cana planta, o número máximo de colmos por metro linear foi 26 para a variedade SP70-1143; 17 para IAC52-150; e 15 para NA56-79. Ao final do ciclo da cana planta, a variedade SP70-1143 apresentou 13 colmos por metro linear; IAC52-150 apresentou 12; e NA56-79 chegou ao final com 9. Portanto, dependendo da variedade, a queda do número de colmos poderá ser maior ou menor.

Na primeira soca, o número máximo de colmos por metro linear foi 23 colmos para a variedade SP70-1143, e cerca de 15 para IAC52-150 e NA56-79. No final do ciclo, SP70-1143 apresentou 13 colmos por metro linear, e as outras duas variedades, 10. Portanto, na primeira

soca, embora se forme, na fase de máximo perfilhamento, um número menor de colmos do que na cana planta, por ocasião da colheita o número de colmos da variedade SP70-1143 foi praticamente igual ao da cana planta; um pouco menor para IAC52-150; e ligeiramente maior para NA56-79.

Na Figura 3, é apresentada a curva representativa do perfilhamento da cana-de-açúcar.

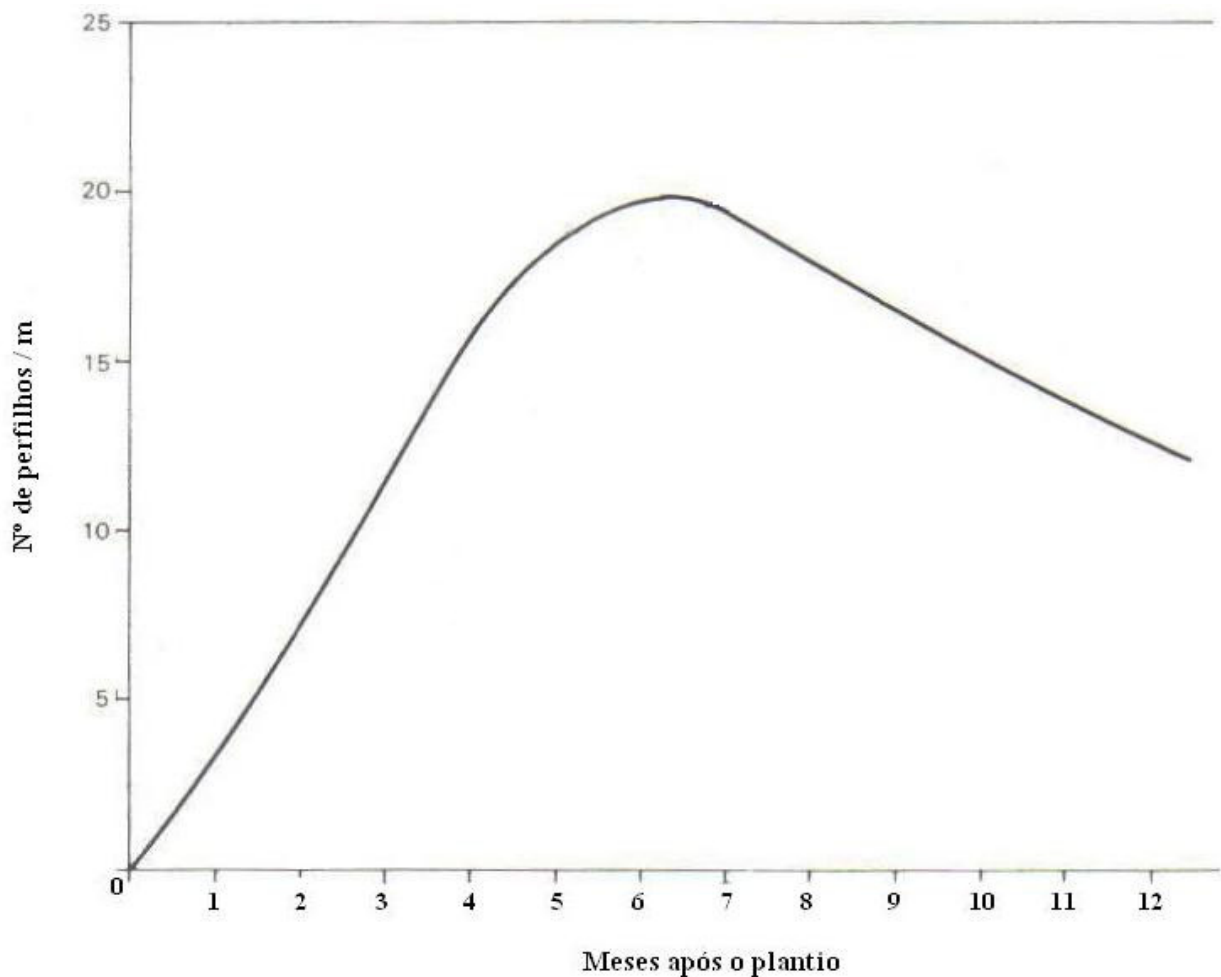


Figura 3 - Curva representativa do perfilhamento da cana-de-açúcar (adaptado de MAIA; BEAUCLAIR, 1984)

De um modo geral, a brotação e o início do perfilhamento tendem a ser mais lentos sob a camada de palhiço residual da colheita mecanizada do que na ausência deste. Isso se deve ao fato de que o palhiço atua como barreira mecânica e, principalmente, como redutor da luminosidade para os primeiros perfilhos brotados, enquanto estes ainda estão sob a palhada,

determinando redução do processo fotossintético inicial (VASCONCELOS, 2002). Além disso, quando a cana é colhida no início do inverno, a redução da temperatura do solo provocada pelo palhiço resulta em condição menos favorável à brotação das gemas.

Existe também a possibilidade de que os compostos aleloquímicos liberados pelo palhiço, além de seu efeito sobre as plantas daninhas, venham a causar intoxicação da própria cultura (VELINI; NEGRISOLI, 2000). A grande quantidade de resíduos e, por conseguinte, de lixiviados da palha de cana pode causar redução na brotação de perfilhos da cana. Este fenômeno é conhecido como autoalelopatia. Em áreas com cana crua observa-se, em alguns casos, a ocorrência de rebrota desuniforme após a colheita sem queima (MEDEIROS, 2001). É muito provável que a sensibilidade maior ou menor da cana aos aleloquímicos liberados pela própria palha seja uma característica varietal. De fato, para as variedades SP71-1406 e SP70-1143, Gomide (1993) constatou claramente a inexistência de autoalelopatia; o mesmo verificou Carvalho (1996) para as variedades SP70-1143 e RB72454; ao contrário de Lorenzi (1984), que observou um potente efeito da palha de cana-de-açúcar sobre o desenvolvimento das soqueiras, reduzindo a altura das plantas mesmo quando a palha é depositada nas entrelinhas para evitar impedimento físico da brotação, fato que, segundo esse autor, sugeriria que o efeito negativo do palhiço dever-se-ia à autoalelopatia.

As diferentes variedades de cana respondem diferentemente à inibição, causada pelo palhiço, da brotação e do perfilhamento iniciais. Vasconcelos (2002), trabalhando com seis variedades e considerando a média da segunda e terceira socas, constatou que a variedade IAC86-2210 apresentou número estatisticamente igual de perfilhos em ambos os sistemas de colheita (crua mecanizada e queimada manual), a partir do primeiro bimestre após o corte. Já a variedade RB72454, ao contrário, manteve em todo o ciclo de desenvolvimento o número maior de perfilhos quando colhida após queima da palha. A maioria das variedades, porém, apresenta menor perfilhamento sob palhada no início do desenvolvimento, mas iguala-se ao perfilhamento livre de palhiço após alguns meses, por exemplo: IAC87-3184 apresentou menor número de perfilhos sob palha apenas no primeiro bimestre após o corte; SP80-1842, no primeiro e no segundo bimestres apresentou menor número de perfilhos desenvolvendo-se sob palha, igualando-se depois ao perfilhamento do sistema de colheita manual da cana queimada (VASCONCELOS, 2002). Resultados obtidos por Carvalho (1996), com as variedades SP70-

1143 e RB72454, igualmente mostraram efeito negativo do palhiço sobre o perfilhamento inicial, mas não sobre o número de colmos por ocasião da colheita, em ambas as variedades.

Gomide (1993) submeteu as variedades SP71-1406 e SP70-1143 a dez tratamentos: 1 - sem palha com capina; 2 - sem palha e sem capina; 3 - fogo com capina; 4 - fogo sem capina; 5 - palha nas entrelinhas com capina; 6 - palha nas entrelinhas sem capina; 7 - palha na área toda com capina; 8 - palha na área toda sem capina; 9 - sem palha, com multicultivo e com capina; e 10 - sem palha, com multicultivo e sem capina. O número de colmos por metro linear, avaliado aos 30, 180 e 360 dias após o corte, não apresentou nenhuma diferença significativa entre os tratamentos.

Campos et al. (2008) estudaram o crescimento e produtividade da cana-de-açúcar, variedade SP83-2847, submetida a três tratamentos: palhiço em área total; linhas descobertas; e palhiço de três linhas aleirado sobre uma entrelinha. Avaliou-se o perfilhamento aos 60, 83, 112, 135 e 161 dias após a colheita (DAC), constatando menor perfilhamento sob aleiramento do palhiço aos 83 e 112 DAC. Aos 60 e 135 DAC, não se observou diferença significativa entre os tratamentos. Porém, na avaliação aos 161 DAC, a remoção do palhiço de sobre as linhas da cultura resultou em perfilhamento superior à palhada mantida em área total, e o aleiramento em valor intermediário.

#### **2.1.4.3 Propriedades químicas do solo e nutrição mineral da cana-de-açúcar**

Na Tabela 1, é apresentada a extração, ao longo do tempo, de macronutrientes pela cana-de-açúcar cv. CB41-76, de acordo com Orlando Filho (1983); e na Tabela 2 é apresentada a exportação de nutrientes pelos colmos de cana-de-açúcar de três variedades, de acordo com Malavolta (1982). De acordo com Malavolta (1982), as concentrações dos macronutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar seguem a seguinte ordem decrescente:  $K > N > Ca > Mg \approx S > P$ ; e os micronutrientes, a seguinte ordem:  $Fe > Mn > Zn > B \approx Cu$ .

Tabela 1 - Quantidade de macronutrientes (kg.ha<sup>-1</sup>) extraída pela parte aérea (colmos + folhas) da cana-de-açúcar cv. CB41-76 (adaptado de ORLANDO FILHO, 1983)

Ciclo	Nutriente	Idade (meses)			
		4	8	12	16
Cana planta	N	29,70	73,64	157,90	192,98
	P	2,80	5,67	17,14	21,13
	K	40,33	76,46	183,23	180,73
	Ca	14,30	36,21	82,78	128,23
	Mg	5,40	16,09	43,86	61,06
	S	8,74	16,01	36,46	57,99
Cana soca	N	36,39	123,16	148,16	-
	P	4,28	18,82	22,66	-
	K	64,35	172,92	192,04	-
	Ca	12,14	53,56	72,53	-
	Mg	6,70	35,95	50,88	-
	S	8,03	46,43	44,79	-

Tabela 2 - Quantidades de nutrientes contidas em 100 t de colmos de cana-de-açúcar de três variedades, em três tipos de solo (cana planta) (adaptado de MALAVOLTA, 1982)

Variedade	Latossolo vermelho escuro orto			Latossolo roxo			Podzólico vermelho amarelo var. Laras		
	CB41-76	Co 740	IAC 52/326	CB 41-76	Co 740	IAC 52/326	CB 41-76	Co 740	IAC 52/326
Elemento	— kg —								
N	66	69	65	68	72	76	82	81	102
P	8	8	10	13	10	12	18	18	22
K	62	100	98	102	115	106	104	133	156
Ca	34	27	36	34	26	36	26	24	32
Mg	29	26	34	31	26	30	34	23	32
S	24	24	31	26	29	25	19	21	25
Produtividade observada (t/ha)	110	118	110	131	113	99	94	77	77
	— g —								
B	238	190	185	224	176	252	181	178	201
Cu	214	271	265	204	176	176	138	153	212
Fe	3.402	5.109	6.189	2.758	2.672	2.630	1.756	1.486	1.893
Mn	1.330	998	1.509	1.122	758	933	1.136	864	1.483
Zn	479	487	477	458	403	479	387	458	424
Produtividade observada (t/ha)	134	126	105	123	131	108	102	108	74

Trabalhando com cana-de-açúcar colhida mecanicamente com e sem prévia despalha pelo fogo, durante o ciclo da terceira soca, Orlando Filho et al. (1998) encontraram diferenças nas características de um Latossolo Vermelho Escuro, em função da manutenção da palhada residual da colheita de cana-de-açúcar, 11 meses após a instalação dos tratamentos. Na presença do palhiço, observaram-se maior umidade e maiores teores de matéria orgânica (MO), fósforo, cálcio, magnésio e enxofre. Por outro lado, o teor de potássio foi maior no solo sob cana queimada, fato que Orlando Filho et al. (1998) atribuíram à adição de cinzas provenientes da queima.

De acordo com Trivelin et al. (1998 apud ORLANDO FILHO et al., 1998), após um ano de decomposição, são liberados para o solo 85% do K, 44% do Ca e 39% do Mg presentes na palha de cana após a colheita mecanizada.

As alterações do ambiente edáfico devidas à presença do palhiço sobre o solo podem alterar a dinâmica de cálcio e alumínio, dois elementos que exercem grande efeito no desenvolvimento do sistema radicular (VASCONCELOS, 2002). Segundo Anghinoni e Meurer (1999 apud VASCONCELOS, 2002), a aquisição de nutrientes é alterada sempre que a cinética de absorção ou o crescimento das raízes forem afetados. O cálcio é essencial à divisão celular e à funcionalidade da membrana celular, portanto as raízes não crescem na ausência desse elemento (VASCONCELOS, 2002). A toxidez de alumínio pode provocar a fixação do fósforo para formas menos disponíveis, diminuir a taxa de respiração, interferir em reações enzimáticas e modificar a dinâmica de absorção e transporte de vários nutrientes, principalmente cálcio, magnésio e potássio (FURLANI, 1983 apud VASCONCELOS, 2002).

Trabalhando com cana-de-açúcar submetida a dois sistemas de colheita - crua mecanizada e queimada manual - durante os ciclos da segunda e terceira socas, Vasconcelos (2002) constatou que, em determinadas profundidades e em algumas épocas de amostragem, houve efeito do sistema de colheita sobre alguns dos atributos químicos do solo, mas não na análise geral do experimento. Após a adubação da terceira soca, a redução do pH foi mais acentuada nas áreas de colheita manual de cana queimada. Quanto à matéria orgânica, teve seu teor reduzido, na camada de 0-20 cm, onde é maior a influência da palhada, durante todo o ciclo da terceira soca, na área de cana queimada; enquanto na área de cana crua esse teor manteve-se estável nos primeiros 8 meses após o terceiro corte, encontrando-se, após esse período, teor de

MO maior na área de cana crua do que na de cana queimada. Abaixo de 20 cm de profundidade, onde a influência da palhada é menor, a redução do teor de MO ao longo do tempo deu-se igualmente em ambos os sistemas de colheita. No geral, os teores de cálcio foram superiores nas áreas de colheita sem queima, indicando que a decomposição do palhicho forneceu esse nutriente. Para os teores dos demais macronutrientes exceto nitrogênio, Vasconcelos (2002) não encontrou diferença significativa entre os sistemas de colheita.

#### **2.1.4.4 Propriedades físicas do solo**

O sistema de colheita tem grande influência sobre as características físicas do solo. Se, por um lado, a colheita de cana sem queima e a menor movimentação do solo nas soqueiras podem constituir práticas conservacionistas, por outro lado, o tráfego de colhedora e de veículo de transbordo pode ser fonte de compactação e desarranjo da estrutura do solo, com conseqüente aumento de resistência ao crescimento radicular e redução de condutividade hidráulica, e de microporosidade e aeração do solo. Vasconcelos (2002) encontrou maior densidade do solo na área de colheita mecanizada do que na de colheita manual, principalmente na profundidade entre 0 e 20 cm. Na camada de 20-40 cm, essa diferença só foi observada após a colheita da terceira soca (setembro de 2000); e em profundidades abaixo de 40 cm, as densidades foram semelhantes nos dois sistemas de colheita (Figura 4).

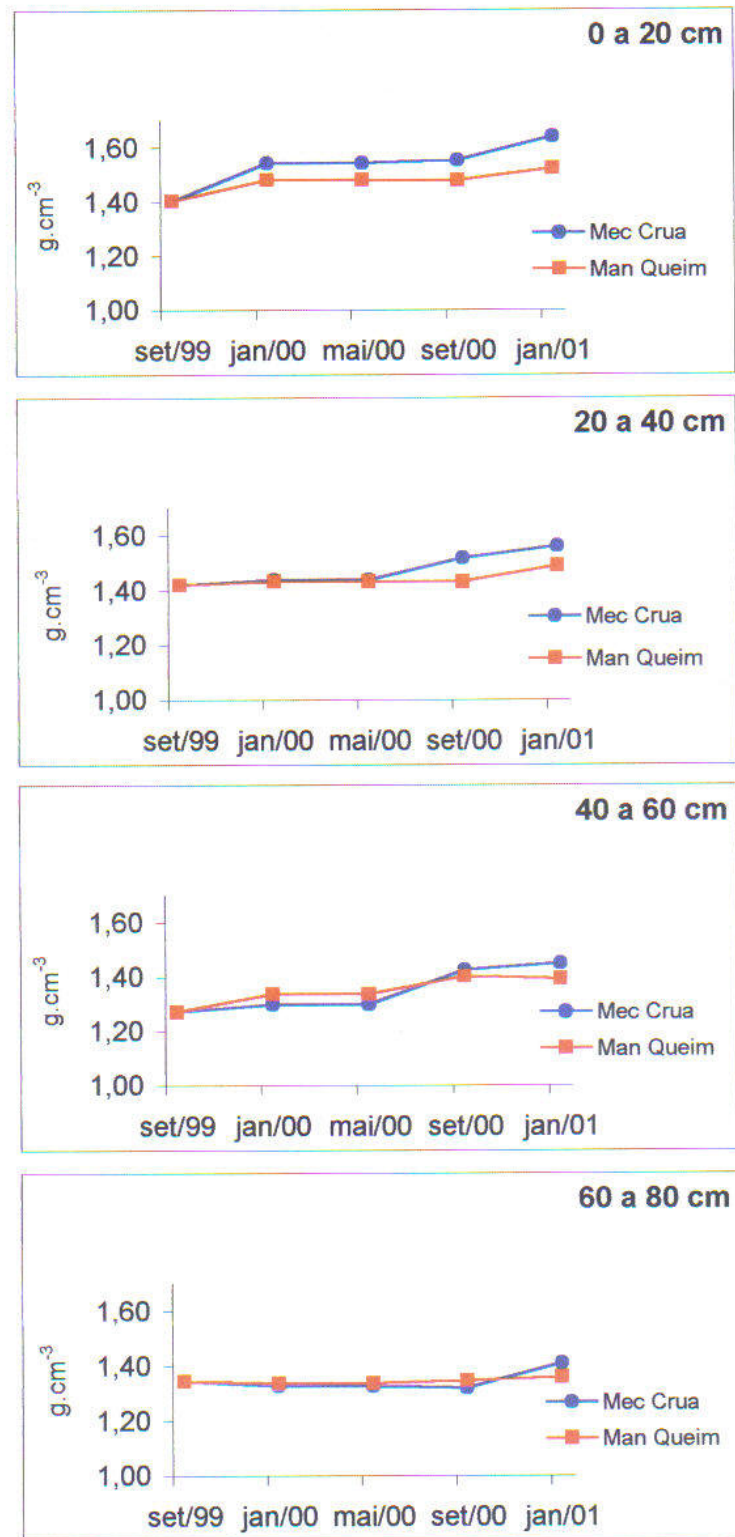


Figura 4 - Valores médios de densidade do solo, em áreas de colheita mecanizada de cana crua e de colheita manual de cana queimada, de setembro de 1999 (época da colheita da segunda soca) a janeiro de 2001 (Adaptado de VASCONCELOS, 2002)



A manutenção sobre o solo da palhada resultante da colheita mecanizada proporciona, sobre a superfície do solo, um microclima caracterizado por elevada umidade relativa, restringindo a perda de água do solo por evaporação. Desta forma, o solo sob palhiço apresenta maior disponibilidade hídrica do que o solo descoberto, principalmente em épocas de baixa precipitação pluvial, por isso variedades com diferentes capacidades de desenvolvimento radicular e tolerância à seca reagem distintamente a essas condições, e esses fatores interferem na absorção de nutrientes e têm grande influência no desenvolvimento do sistema radicular (VASCONCELOS, 2002).

Com relação ao efeito do palhiço sobre a temperatura do solo, Timm (2002) constatou que o efeito da cobertura vegetal na superfície do solo, como consequência da colheita de cana sem queima prévia da palha, reduziu as temperaturas na camada superficial do solo na ordem de 7 °C, considerando-se a temperatura média de três profundidades - 3, 6 e 9 cm - sendo mais pronunciado esse efeito do palhiço quando as plantas estavam com porte pequeno.

Vasconcelos (2002), constatou que as diferenças entre a temperatura do solo coberto e descoberto foram maiores na profundidade de 6 cm; a temperatura média diária do solo foi maior na área de cana crua do que na de cana queimada, mas essas diferenças tenderam a uma redução e estabilização a partir do final de janeiro, fato que, segundo o autor, é explicado pelo aumento da cobertura foliar. As diferenças de temperatura do solo entre os sistemas de colheita foram menores nos períodos chuvosos, devido à elevada capacidade térmica do solo úmido em função do alto calor específico da água. As maiores amplitudes térmicas diárias ocorreram em novembro, a 3 cm de profundidade, atingindo 5 °C na área de colheita mecanizada de cana crua, e chegando a 8 °C na área de colheita manual de cana queimada.

Portanto, a presença de palhiço residual da colheita mecanizada afeta a temperatura do solo reduzindo a amplitude térmica e, no início do desenvolvimento da cana, reduzindo a temperatura média diária, mas esta diferença entre a temperatura média diária do solo com e sem palhiço tende a diminuir conforme aumenta a cobertura foliar.

#### 2.1.4.5 Maturação e produção final de colmos

Trabalhando com seis variedades de cana submetidas a dois sistemas de colheita (mecanizada de cana crua e manual de cana queimada), Vasconcelos (2002) encontrou diferenças significativas entre os dois sistemas para pol da cana (PC) e fibra da cana, na média da segunda e da terceira socas: a variedade SP80-1842 apresentou maior PC no sistema de colheita mecanizada de cana crua do que na colheita manual de cana queimada; e a variedade IAC87-3184 apresentou maior teor de fibra no sistema de colheita mecanizada de cana crua. Todavia, esse autor não encontrou diferença significativa para o açúcar total recuperável (ATR, em  $\text{kg.t}^{-1}$ ), quanto aos sistemas de colheita.

Também na média da segunda e terceira socas, quanto à produção final de toneladas de cana por hectare (TCH) e de toneladas de pol por hectare (TPH), Vasconcelos (2002) constatou que a variedade RB72454 foi a mais afetada, entre as estudadas por esse autor, negativamente pelos efeitos da colheita mecanizada, apresentando uma redução da produção de colmos da ordem de  $13,92 \text{ t.ha}^{-1}$ , quando comparada com a produção obtida no sistema de colheita manual de cana queimada. Para esta mesma variedade, a produção de açúcar (TPH) foi menor no sistema de colheita mecanizada de cana crua, uma redução da ordem de 2,26 TPH, comparada à produção no sistema de colheita manual de cana queimada. Para as demais variedades estudadas (IAC86-2210, IAC87-3184, IAC87-3396, RB855536 e SP80-1842), Vasconcelos (2002) não encontrou diferença significativa de produção final, nem de TCH nem de TPH, entre os dois sistemas de colheita. É interessante observar que a variedade RB72454 é a mesma que, no trabalho de Vasconcelos (2002), apresentou menor perfilhamento no sistema de colheita mecanizada ao longo de todo o ciclo, conforme tratado acima, no item 2.1.4.2.

Todavia, para a mesma variedade RB72454, Carvalho (1996) não encontrou nenhuma diferença significativa, quanto ao rendimento de colmos e de ATR, devida à presença ou ausência de palhicho residual da colheita; porém esse autor constatou que a variedade SP70-1143 apresentou rendimento superior, tanto de ATR ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) quanto de colmos ( $\text{t.ha}^{-1}$ ), sob o tratamento colheita de cana crua com palhicho inteiro sobre o solo, resultado oposto ao encontrado por Vasconcelos (2002) com a variedade RB72454. De acordo com Carvalho (1996), esse comportamento da variedade SP70-1143, com rendimento superior na presença do palhicho,

provavelmente pode ser atribuído à maior umidade mantida no solo quando se deixa o palhicho inteiro na área colhida.

Gomide (1993) submeteu as variedades de cana SP71-1406 e SP70-1143 a dez tratamentos: 1 - sem palha com capina; 2 - sem palha e sem capina; 3 - fogo com capina; 4 - fogo sem capina; 5 - palha nas entrelinhas com capina; 6 - palha nas entrelinhas sem capina; 7 - palha na área toda com capina; 8 - palha na área toda sem capina; 9 - sem palha, com multicultivo e com capina; e 10 - sem palha, com multicultivo e sem capina. Constatou-se que a produtividade de colmos, em  $t.ha^{-1}$ , não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Campos et al. (2008), trabalhando com cana da variedade SP83-2847 submetida a três tratamentos - palhicho em área total; linhas descobertas; e palhicho aleirado - constataram que o aleiramento do palhicho de três linhas em apenas uma entrelinha, bem como a operação de limpeza das linhas de cana, contribuíram significativamente para o maior rendimento da cultura, em  $t.ha^{-1}$ . Comparando o tratamento com palhicho aleirado à manutenção do palhicho sobre o solo em área total, esses autores encontraram diferença de  $10,7 t.ha^{-1}$ , o equivalente a ganhos de 14,3%. Entre os tratamentos com palhicho aleirado e linhas descobertas o rendimento não diferiu significativamente (Figura 5).

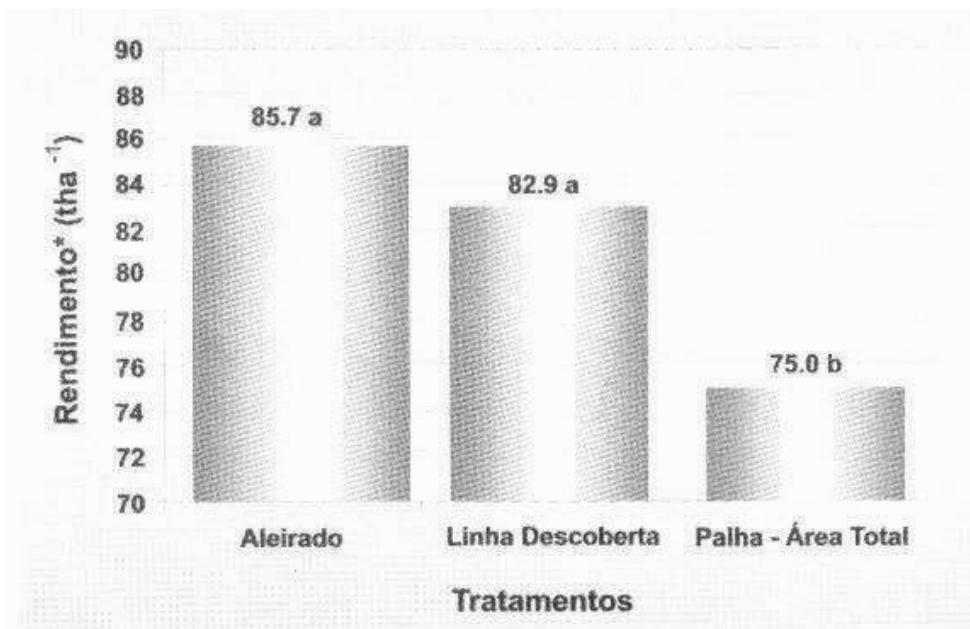


Figura 5 - Rendimento da cultura da cana-de-açúcar (variedade SP83-2847), em função dos diferentes manejos da palhada. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente segundo o teste de Tukey, considerando-se  $\alpha = 5\%$  (diferença mínima significativa =  $5,24 t.ha^{-1}$ ) (Adaptado de CAMPOS et al., 2008)

No conjunto de todos esses resultados experimentais acima relatados, transparece claramente o fato de que a resposta da cana à presença ou ausência de palhiço sobre o solo, quanto à maturação e à produção final de colmos por hectare, é bastante diferenciada entre as variedades de cana. Exatamente o mesmo observa-se em relação ao perfilhamento, e possivelmente também em relação ao desenvolvimento do sistema radicular e sua distribuição no perfil do solo.

Além disso, uma mesma variedade pode responder diferentemente à presença ou ausência do palhiço, dependendo de outras condições ambientais, por exemplo: o rendimento da variedade SP70-1143, ora superior na presença do palhiço (CARVALHO, 1996), ora igual na presença ou na ausência do mesmo (GOMIDE, 1993); e da variedade RB72454, ora inferior na presença do palhiço (VASCONCELOS, 2002), ora igual na presença ou ausência deste (CARVALHO, 1996), sugerem que essa resposta à presença ou ausência do palhiço pode ser diferente em função de outras condições ambientais, principalmente considerando-se que, quando o rendimento resulta maior na presença do palhiço do que na ausência deste, a explicação mais plausível é a maior umidade mantida no solo, portanto quanto maior o déficit hídrico, mais favorável tende a ser a manutenção do palhiço sobre o solo.

#### **2.1.4.6 Longevidade do canavial**

A partir da primeira soca, há um declínio progressivo da produção que, após alguns anos, culmina na necessidade de renovação do canavial. O manejo dos ciclos das soqueiras é fator primordial para estender tanto quanto possível a longevidade do canavial, tendo como consequência uma considerável diluição dos custos de plantio entre um número maior de cortes econômicos.

Em sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar, fato conhecido é a influência da qualidade do corte de base sobre as soqueiras e, por conseguinte, sobre a longevidade. De acordo com Salvi (2006), a deflexão e a deficiência no controle da altura de corte, além de aumentar as perdas e prejudicar a qualidade tecnológica da cana colhida, prejudica também as soqueiras de duas maneiras: pela destruição ou remoção mecânica de soqueiras; e por

deterioração, devido aos danos por cisalhamento dos tocos, que facilitam o ataque de pragas e doenças.

Por outro lado, o efeito residual do palhiço resultante da colheita mecanizada sobre a longevidade dos canaviais é um assunto ainda pouco estudado. Pode-se presumir, em todo caso, que a restrição, promovida pelo palhiço, à perda de água por evaporação possa, especialmente em regiões sujeitas a acentuada deficiência hídrica, contribuir para mitigar a queda de produção de um ciclo para outro. Em contrapartida, para as variedades de cana mais sensíveis aos efeitos negativos do palhiço sobre a brotação e o perfilhamento, é possível que o palhiço contribua para acentuar essa queda de produção, reduzindo a longevidade, especialmente se o palhiço for deixado em área total, ou seja, não recolhido e nem removido de sobre as linhas de cana pela operação de limpeza de linhas alcunhada “desaleiramento”. A quantificação desses possíveis efeitos residuais positivos e negativos do palhiço sobre a longevidade dos canaviais, bem como o efeito conjunto do palhiço e da qualidade do corte mecanizado, são questões a serem respondidas mediante pesquisas futuras. Um maior detalhamento do conhecimento desses assuntos poderá subsidiar o estudo, de grande importância de acordo com Salvi (2006), das alternativas para minimizar a queda de produção com as sucessivas colheitas.

#### **2.1.4.7 Plantas daninhas**

Com a implementação da tecnologia da colheita mecanizada deverá ocorrer mudança na composição da comunidade infestante (AZANIA et al., 2002), pois a cobertura do solo com resíduos vegetais pode interferir em processos como a germinação, o estabelecimento e a reprodução das plantas (FERNANDES-QUINTANILLA, 1988).

De acordo com Kuva (1999), materiais vegetais em decomposição, como o palhiço de cana, apresentam efeitos inibitórios sobre a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas. Isso ocorre devido a vários fatores, tais como o efeito físico proporcionado pela cobertura do solo, dificultando a emergência das plântulas, impedindo a penetração de luz e diminuindo a amplitude térmica do solo; e também devido ao efeito de compostos alelopáticos liberados no solo pelo palhiço.

A cobertura vegetal morta deixada na superfície do solo afeta o desenvolvimento das plantas daninhas através de efeitos físicos, químicos e biológicos (TOLEDO; BEGLIOMINI, 2000). Em relação aos efeitos físicos, resíduos vegetais deixados sobre o solo podem afetar a emergência de plantas daninhas por reduzir a amplitude térmica, por impedir que as sementes recebam luz solar ou por obstruir a elongação do hipocótilo (BUHLER et al., 1996). Efeitos físicos são importantes na germinação das sementes e na taxa de sobrevivência de plântulas de algumas espécies (HARRIS et al., 1998). Além disso, diversos trabalhos na literatura têm evidenciado a influência da luz na quebra de dormência das sementes de plantas daninhas (MEDEIROS, 2001). Por exemplo, segundo Wesson e Waring (1969), a grande maioria das espécies tem a luz como fator essencial para que a germinação ocorra.

O efeito biológico é causado pelo microambiente criado pela palhada, que aumenta a atividade microbiológica na superfície do solo, de tal forma que diversas sementes de plantas daninhas podem ser deterioradas (KREMER; SPENCER, 1989) e algumas plântulas predadas. Em áreas de plantio direto, observa-se acúmulo de plantas daninhas na superfície do solo (MEDEIROS, 2001). Segundo Silva (1997), isto aparentemente aumenta a emergência de plantas daninhas, no entanto esse acúmulo significa também maior exposição às condições climáticas e ao ataque de pássaros, roedores e insetos, resultando em redução significativa do banco de sementes ao longo do tempo.

Quanto à alelopatia, com a introdução da colheita mecanizada de cana crua e a conseqüente deposição anual e manutenção de uma camada de palhicho sobre a superfície do solo, é de se esperar que ocorra um incremento na manifestação do fenômeno alelopático no agroecossistema da cana-de-açúcar (KUVA, 1999). Gomide (1993) verificou que os aleloquímicos liberados pelo palhicho de cana das variedades SP71-1406 e SP70-1143 inibiram a emergência dos propágulos de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), tiririca (*Cyperus rotundus*), capim-colchão (*Digitaria ciliaris*), caruru (*Amaranthus deflexus*) e guanxuma (*Sida rhombifolia*).

A quantidade de palhicho após a colheita de cana-de-açúcar pode chegar a mais de 15 t ha<sup>-1</sup> (MEDEIROS, 2001). Segundo Arévalo (1998), a matoinfestação começa a surgir ao redor de 30 a 50 dias após a colheita da cana crua, em função das quantidades de palhicho. Com

quantidades maiores que  $15 \text{ t ha}^{-1}$ , a matoinfestação é rara. O ideal, portanto, é conhecer a quantidade de resíduos que produz cada cultivar para poder planejar o manejo mais eficiente.

Manechini (1998) observou níveis crescentes de controle de plantas daninhas em função da quantidade de palhiço, principalmente para gramíneas e espécies de ciclo anual. É interessante notar como o efeito do palhiço deixado sobre o solo pode ser bem diferente em função da espécie de planta daninha: no mesmo trabalho, espécies de cipós e trepadeiras e algumas espécies de folhas largas tiveram suas populações pouco alteradas. Portanto, é importante ter em vista que as espécies que são pouco afetadas pela presença do palhiço podem vir a tornar-se mais problemáticas nos sistemas de colheita mecanizada da cana crua, devido à redução da competição com as espécies mais afetadas.

Azania e Rolim (1999) observaram uma mudança na biodiversidade infestante causada pela cobertura morta vegetal, e destacaram a predominância de espécies perenes em cana crua.

Melendez (1990) concluiu que a cobertura com palhiço de cana afeta a comunidade infestante tanto na predominância das espécies quanto na quantidade, e constatou que uma camada de 10 cm de palhiço inibiu totalmente a germinação das plantas *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus* e *Ipomoea aristolochiaefolia*, mas não inibiu totalmente a germinação de *Bidens pilosa*. Esse resultado é coerente com o obtido por Martins et al. (1999), segundo o qual *Bidens pilosa*, assim como *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*, tendem a manter-se problemáticas em condições de solo coberto com palhiço de cana-de-açúcar.

A tiririca (*Cyperus rotundus*) é considerada como uma das espécies daninhas mais prejudiciais à cultura por interferir diretamente no desenvolvimento das plantas de cana, tanto por competição quanto por liberação de aleloquímicos (NOVO, 2004). De acordo com Manechini (1998), a tiririca não foi afetada, em termos de densidade populacional, pelos tratamentos com palhiço de cana, mas observou-se uma tendência de enraizamento e tuberificação da planta daninha na superfície do solo, quando em presença de palhiço por anos consecutivos. Esse fato faz com que as plantas de tiririca fiquem debilitadas na época mais seca do ano, facilitando sua erradicação, por meios químicos ou mecânicos, na reforma do canavial.

Novo (2004) constatou que a presença do palhiço de cana-de-açúcar causou redução no desenvolvimento das estruturas subterrâneas (bulbos basais, rizomas e tubérculos) de tiririca, reduzindo tanto o número quanto a biomassa dessas estruturas subterrâneas. Quanto à brotação e ao desenvolvimento da parte aérea da tiririca, Novo (2004) verificou que aplicações de quantidades crescentes de palha de cana causaram diminuição do número de brotações, da área foliar e das biomassas seca e fresca das folhas e da parte aérea total; sendo as plantas de tiririca originárias de tubérculos pequenos (0,22 a 0,34 g) mais afetadas pela palha do que aquelas originárias de tubérculos grandes (1,01 a 1,14 g).

Quanto ao efeito do palhiço de cana-de-açúcar sobre a dinâmica do banco de sementes, Medeiros (2001) constatou que a composição específica do banco de sementes, em áreas de colheita mecanizada sem queima, é alterada principalmente com a diminuição de plantas daninhas da família Poacea; porém, o tamanho total do banco de sementes é maior neste sistema de colheita.

Entre os efeitos negativos do palhiço sobre o controle das plantas daninhas, destaca-se a interceptação de considerável quantidade de herbicida aplicado em condições de pré-emergência, o qual não atinge o solo. Isso restringe a aplicação de herbicidas pré-emergentes em áreas de colheita de cana crua aos produtos que, atravessando a palhada presente sobre a superfície, conseguem atingir o solo. Neste sistema, tanto a passagem pela palhada quanto a atuação dos herbicidas são variáveis, em função de fatores ligados ao palhiço (quantidade, características químicas, decomposição, etc); à cultura; e ao herbicida (degradação, interação com lixiviados do palhiço, solubilidade e percolação) (MEDEIROS, 2001). Não obstante, segundo Gomide (1993) a adoção da prática da colheita mecanizada de cana crua possibilita uma redução sensível na quantidade de herbicidas utilizados. De fato, Medeiros (2001) constatou que em áreas de cana colhida mecanicamente e sem queima, com infestação predominante pelas gramíneas *Brachiaria decumbens*, *B. plantaginea*, *Panicum maximum* e *Digitaria horizontalis*, onde quantidade de palhiço residual após a colheita for de pelo menos  $15 \text{ t ha}^{-1}$ , há uma grande redução na necessidade do uso de herbicidas pré-emergentes, sendo mais indicada a aplicação localizada de herbicidas pós-emergentes, na operação tradicionalmente chamada de catação. Porém, as espécies *Ipomoea grandifolia* e *Euphorbia heterophylla* não têm a emergência inibida pelo palhiço de cana deixado na superfície do solo após a colheita.



Medeiros (2001), estudando a eficiência da mistura comercial dos herbicidas diuron e hexazinone (mistura amplamente utilizada em pré-emergência por apresentar amplo espectro de controle de plantas daninhas), aplicado em parcelas com e sem palhicho, constatou que o controle químico das plantas daninhas não foi significativamente afetado pelo palhicho de cana-de-açúcar, comparativamente à área sem a presença de palhicho na superfície do solo.

Plantas do gênero *Ipomoea*, além de não terem, segundo Medeiros (2001), a emergência inibida pela palha de cana presente sobre o solo, são, de acordo com Kuva (1999), bastante prejudiciais à operação de colheita mecanizada, pois se entrelaçam na cana, exigindo limpeza freqüente da plataforma, e prejudicando a qualidade da matéria-prima colhida pelo considerável aumento das impurezas vegetais.

Outro efeito negativo ocorre em locais onde a umidade do solo seria o principal fator limitante à germinação de sementes de plantas daninhas, nos quais a maior conservação da umidade no solo, proporcionada pelos resíduos de colheita, pode propiciar um ambiente mais favorável à emergência (TEASDALE; MOHLER, 1993).

## **2.2 Material e métodos**

### **2.2.1 Delineamento experimental e tratamentos**

O experimento foi instalado numa área de cana colhida mecanicamente, situada na Fazenda Boa Vista, pertencente à Usina Iracema, nas coordenadas geográficas 22° 35' 43" S, 47° 35' 27" W, município de Piracicaba - SP, próximo ao km 19 da Rodovia Fausto Santomauro (SP-127) (Figura 6), delineado em blocos completos casualizados, com 4 repetições e 4 tratamentos (4 blocos, com 4 parcelas em cada um). As parcelas foram constituídas de 7 linhas de cana e 50 metros de comprimento útil, com uma bordadura de 25 metros entre a área útil e o carreador, o suficiente para manter a área útil livre de qualquer efeito dos "malhadores", ou seja, áreas utilizadas para manobras de máquinas, nas quais a cana é danificada, conforme pode-se ver na Figura 6. Quanto à bordadura no fundo das parcelas, a instalação dos tratamentos estendeu-se até uma distância superior a 10 metros além do limite das parcelas. Todas as amostragens foram

feitas unicamente entre as linhas 2 e 6 de cada parcela, estabelecendo-se as linhas mais externas (1 e 7) como bordaduras laterais.



Figura 6 - Fotografia feita por satélite em 14/06/2007 (após a colheita da cana planta e antes da instalação dos tratamentos), obtida através do software “Google Earth”. O quadrilátero azul indica aproximadamente a localização da área útil das parcelas

A cana-de-açúcar, cultivar SP91-1049, foi plantada em 01/02/2006, com 1,50 m de espaçamento e a seguinte adubação nos sulcos de plantio: 10 t.ha<sup>-1</sup> de matéria seca de torta de filtro + 450 kg.ha<sup>-1</sup> de formulação 12:00:36. A colheita da cana planta foi realizada em 30/05/2007, e em junho do mesmo ano foram implantados os seguintes tratamentos:

- T1 - com palhiço deixado em área total, sem nenhuma operação de manejo do mesmo;
- T2 - linhas descobertas, ou seja, com o palhiço retirado mecanicamente de sobre as linhas e deixado sobre todas as entrelinhas. A operação de limpeza das linhas é conhecida, entre o pessoal do setor canavieiro, como “desaleiramento”, e foi feita, nas parcelas submetidas ao tratamento T2, em 26 de junho de 2007.

- T3 - com palhiço aleirado mecanicamente, da seguinte forma: o palhiço que se encontrava entre as linhas 1 e 4 foi aleirado no espaço compreendido entre as linhas 2 e 3; e o que se encontrava entre as linhas 4 e 7, no espaço compreendido entre as linhas 5 e 6. O aleiramento do palhiço das parcelas submetidas aos tratamentos T3 e T4 foi feito em 21 de junho de 2007.
- T4 - com palhiço queimado. O palhiço foi aleirado mecanicamente da mesma forma acima descrita para o tratamento T3. Em seguida, as leiras foram queimadas, com o apoio do pessoal do plantão de incêndio da Usina Iracema, que, com o auxílio de um “caminhão pipa”, evitou a passagem do fogo para outras parcelas ou para fora da área experimental. A opção pelo fogo como método para eliminação do palhiço teve por objetivo proporcionar a maior semelhança possível com as condições nas quais se desenvolve a soca quando a cana é colhida manualmente após a despalha pelo fogo. A queima do palhiço das parcelas submetidas ao tratamento T4 foi feita em 26 (blocos 1 e 2) e 27 (blocos 3 e 4) de junho de 2007.

Após a instalação dos tratamentos, a área experimental foi mantida livre de toda e qualquer adubação orgânica. Adubação mineral foi feita em 01/08/2007, direcionada às linhas de cana, com  $650 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de formulação 21:05:19, exatamente igual para todos os tratamentos. Não foi feito cultivo.

## **2.2.2 Caracterização da área experimental**

### **2.2.2.1 Clima**

O clima do Município de Piracicaba, onde se localiza a área experimental, de acordo com a Classificação Climática de Köppen, é Cwa, ou seja, clima mesotérmico “tropical de altitude”, com inverno seco, temperatura do mês mais frio entre  $-3$  e  $18$  °C, e temperatura do mês mais quente maior que  $22$  °C (SENTELHAS; PEREIRA; ANGELOCCI, 2000). As condições meteorológicas sob as quais desenvolveu-se a cana do experimento são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados meteorológicos obtidos pela estação convencional do posto agrometeorológico do Depto. de Ciências Exatas da ESALQ/USP, distante cerca de 13 km da área experimental, de janeiro de 2006 a agosto de 2008

Ano	Mês	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura média (°C)
2006	Janeiro	240,5	83	31,4	19,6	25,5
	Fevereiro	176,2	86	30,3	19,6	25,0
	Março	154,0	82	31,0	19,3	25,2
	Abril	33,7	80	28,3	15,8	22,1
	Maio	2,0	76	25,4	10,7	18,0
	Junho	18,6	81	26,3	10,3	18,3
	Julho	32,4	79	27,1	10,7	18,9
	Agosto	17,4	70	29,4	11,9	20,7
	Setembro	54,7	67	28,3	13,5	20,9
	Outubro	80,3	80	29,6	17,0	23,3
	Novembro	200,2	80	30,4	17,8	24,1
	Dezembro	251,7	89	30,1	19,8	25,0
2007	Janeiro	267,0	92	29,3	20,1	24,7
	Fevereiro	241,9	85	31,6	19,3	25,5
	Março	80,5	92	32,5	19,0	25,8
	Abril	36,8	93	30,1	17,7	23,9
	Maio	58,4	92	25,9	12,8	19,4
	Junho	22,6	90	27,3	11,3	19,4
	Julho	169,3	87	25,0	10,9	18,0
	Agosto	0,0	69	28,7	11,6	20,2
	Setembro	1,9	57	31,3	15,2	23,2
	Outubro	92,6	71	32,4	17,3	24,9
	Novembro	120,3	82	28,8	17,4	23,1
	Dezembro	188,6	81	30,8	18,8	24,8
2008	Janeiro	418,5	88	28,9	18,5	23,7
	Fevereiro	153,7	86	30,7	19,0	24,8
	Março	132,4	82	29,7	18,2	24,0
	Abril	174,6	84	28,0	17,1	22,6
	Maio	72,4	78	24,7	12,5	18,6
	Junho	43,5	80	25,3	12,6	19,0
	Julho	0,0	66	26,7	9,8	18,2
	Agosto	68,7	71	27,7	13,5	20,6

### 2.2.2.2 Solo

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico típico (PRADO, 2005), de textura muito argilosa.

Em 3 e 4 de julho de 2007, foram retiradas, com trado holandês, 4 amostras de solo (uma por bloco) da camada de 0 a 20 cm, compostas cada uma por 10 subamostras. Cada amostra composta foi homogeneizada, e uma porção de pouco mais de 0,5 kg foi enviada ao laboratório do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em Araras - SP, para análises químicas. Essas análises tiveram por objetivo proporcionar o conhecimento das propriedades químicas do solo no qual foi feito o experimento, sem nenhuma influência de tratamentos, e por isso a amostragem foi feita poucos dias após a instalação dos tratamentos, quando certamente ainda não havia transcorrido tempo suficiente para que o palhizo causasse alguma alteração significativa das propriedades químicas do solo. Os resultados das análises químicas do solo da área experimental são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados das análises químicas do solo da área experimental

Bloco	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g/dm <sup>3</sup>	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V
			resina mg.dm <sup>-3</sup>							
1	4,1	27	7	44	2,4	14	6	104	21,9	17,7
2	4,0	18	6	37	1,7	14	6	98	19,5	18,1
3	4,3	27	7	34	2,4	17	7	80	14,2	24,8
4	4,1	33	6	33	2,6	16	7	98	19,7	20,7
Média	4,1	26,3	6,5	37	2,3	15,3	6,5	95	18,8	20,3

Em 28 e 29 de fevereiro de 2008, foram abertas três trincheiras em área adjacente à do experimento (Figura 7), pertencente à mesma gleba homogênea que contém a área experimental, com objetivo de obter amostras não deformadas de solo para determinação da umidade do solo no ponto de murcha permanente (15 atm) e na capacidade de campo ( $\frac{1}{20}$  atm,

conforme recomendação de COELHO<sup>6</sup>, informação verbal), capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), macro e microporosidade, granulometria, densidade aparente e aeração do solo na capacidade de campo, nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm. Estas análises tiveram por objetivo caracterizar fisicamente o solo sem influência de tratamentos, razão pela qual as trincheiras foram abertas em área adjacente à do experimento.



Figura 7 - Fotografia feita por satélite em 14/06/2007, obtida através do software “Google Earth”. As pequenas elipses indicam a localização aproximada das trincheiras abertas em 28 e 29/02/2008 com objetivo de caracterizar fisicamente o solo sem influência dos tratamentos

Na Tabela 5, são apresentados os resultados das análises de solo não deformado (valores médios das 3 trincheiras); e na Tabela 6, o resultado das análises granulométricas. Nessas tabelas, é interessante observar que o experimento foi conduzido num solo de textura muito argilosa, relativamente adensado na profundidade de 0 a 60 cm (densidade aparente maior nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm do que na de 60-80 cm), com grande micro e pequena

<sup>6</sup> COELHO, R. D. Professor do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP.

macroporosidade (especialmente na camada mais adensada, de 0 a 60 cm), o que resulta em intensa capilaridade, e conseqüentemente a perda de água por evaporação tende a ser relativamente rápida, especialmente em condições de solo descoberto.

Tabela 5 - Propriedades físicas do solo da gleba homogênea onde se encontra a área experimental

Profundidade (cm)	Umidade com base em volume (%)		CAD (mm)	Densidade aparente (g.cm <sup>-3</sup> )	Aeração do solo na CC (%)	Microporosidade relativa (%)	Macroporosidade relativa (%)
	CC (20 <sup>-1</sup> atm)	PMP (15 atm)					
0-20	46,02	39,10	13,84	1,33	8,25	84,93	15,07
20-40	44,33	37,99	12,67	1,33	10,63	80,73	19,27
40-60	46,54	39,93	13,23	1,27	10,29	81,94	18,06
60-80	44,68	32,72	23,91	1,07	17,80	71,59	28,41
0-80 (soma)	-	-	63,66	-	-	-	-

Tabela 6 - Composição granulométrica do solo da gleba homogênea onde se encontra a área experimental.

Profundidade (cm)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classe de textura
0-20	70,32	15,00	14,68	Muito argilosa
20-40	75,32	12,00	12,68	Muito argilosa
40-60	79,32	11,00	9,68	Muito argilosa
60-80	77,32	12,00	10,68	Muito argilosa

### 2.2.2.3 Cana-de-açúcar

De acordo com Arizono (2003) a variedade SP91-1049 é muito vigorosa, apresenta rápido crescimento, é muito rica e precoce em maturação. É recomendada para solos médios e férteis para início de safra. Parece que a brotação de soca é limitada em regiões com inverno seco. Apresenta perfil ideal para cana de inverno em regiões de inverno úmido, ou com disponibilidade de irrigação.

De acordo com dados fornecidos pela Usina Iracema, o canavial onde foi implantado o experimento produziu, no primeiro corte, 152 t.ha<sup>-1</sup> de colmos, com 132 kg.t<sup>-1</sup> de ATR.

Em 20 de junho de 2007, antes do aleiramento e da queima do palhiço das parcelas que viriam a ser submetidas ao tratamento T4, foi feita nessas parcelas uma amostragem para quantificação do palhiço produzido pela cana planta e deixado sobre o solo após a colheita mecanizada, da seguinte forma: em cada parcela T4 foi definida uma área de 2 m x 1 m, de onde foi retirado todo o palhiço, o qual foi pesado, seco em estufa elétrica com circulação forçada de ar, a  $105 \pm 1^\circ\text{C}$ , até peso constante, e então pesado novamente. Os resultados de massa seca e úmida do palhiço são apresentados na Tabela 7, onde observa-se que a quantidade de palhiço produzido pela cana planta, no canavial onde foi instalado o experimento, situa-se entre 20 e 24 toneladas de matéria seca por hectare. Como a produção da cana planta foi de  $152 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , e como a quantidade média de palhiço foi  $22,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de matéria seca, percebe-se que a matéria seca de palhiço equivale a cerca de 14% da produção de cana da variedade SP91-1049, coincidindo com o relatado por Mariani Filho (2006).

Tabela 7 - Massa de matéria seca e úmida de palhiço produzido por cana planta de ano e meio, variedade SP91-1049, deixado sobre o solo após a colheita mecanizada da cana

Bloco	Massa de palhiço ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )		Teor de umidade do palhiço (%)
	úmido	seco	
1	29.500	22.500	23,73
2	31.950	24.250	24,10
3	27.150	20.000	26,34
4	27.950	22.750	18,60
Média	29.138	22.375	23,19

## 2.2.3 Avaliações

### 2.2.3.1 Temperatura do solo

A temperatura do solo foi medida na terceira linha de cana de cada uma das parcelas submetidas aos tratamentos T1 (palhiço em área total) e T4 (palhiço queimado) em 13/07/2007, 19/08/2007, 22/09/2007, 22/10/2007, 23/11/2007, 27/12/2007, 17/01/2008 e 28/02/2008, através de um geotermômetro inserido no solo até a profundidade de 5 cm. Observou-se que a temperatura indicada pelo termômetro equilibra-se entre 7 e 8 minutos após a inserção do



termômetro no solo. Por garantia, aguardou-se 10 minutos para a realização de cada leitura, o que inviabilizou a mensuração da temperatura do solo em todas as parcelas do experimento, o que demandaria 160 minutos com o termômetro no solo (16 parcelas x 10 minutos por parcela) mais o tempo empregado em transferir o termômetro de uma parcela a outra (mais de 200 minutos no total), tempo suficientemente longo para introduzir significativa diferença de temperatura entre as primeiras e as últimas medições. Esta é a principal razão pela qual a temperatura do solo foi medida apenas nas parcelas submetidas aos tratamentos T1 e T4, estudando-se a influência do palhiço sobre a temperatura do solo com ou sem essa cobertura, mas não a influência de operações de manejo do palhiço, tais como aleiramento e limpeza das linhas.

As medidas foram feitas sempre no período da tarde, a partir das 13 h (no horário de verão, a partir das 14 h), com objetivo de fazê-las no momento mais quente do dia, quando é de se esperar maior diferença devida à presença ou ausência de palhiço sobre o solo; e escolhendo-se as datas dando-se preferência para dias ensolarados, o que representou uma dificuldade em dezembro e janeiro, que foram meses extremamente chuvosos. Nestes meses, a medida de temperatura foi feita em dias nos quais houve radiação solar direta, ainda que por pouco tempo, e sem precipitação após esses momentos de radiação direta e antes da mensuração da temperatura.

### **2.2.3.2 Biometria**

Com objetivo de avaliar a influência dos tratamentos sobre o perfilhamento da cana e o acúmulo inicial de biomassa de parte aérea, a biometria foi feita por metodologia similar àquela empregada no Sistema Copi (RODRIGUES; BEAUCLAIR; RODRIGUES, 1983; COPERSUCAR, 1982):

Através de estacas, definiu-se um trecho de 10 metros das três linhas centrais de cada parcela. A partir de agosto de 2007 (40 dias após a completa instalação do experimento e dois meses após a colheita da cana planta), foi feita mensalmente, até janeiro de 2008, a contagem dos colmos em 10 metros, nas três linhas centrais de cada parcela.

A partir de setembro de 2007, foi feita mensalmente, até janeiro de 2008, a coleta de uma amostra de 10 canas (parte aérea completa, incluindo pontas e folhas) de cada uma das três linhas centrais de cada parcela. Essa amostragem foi feita sempre a uma distância mínima,

equivalente a três ou quatro touceiras, da área reservada à contagem de colmos (delimitada por estacas), e à mesma distância mínima do local onde foi feita a amostragem no mês anterior, com objetivo de manter tanto as amostras quanto a área de contagem livres de toda e qualquer influência da clareira aberta pelo procedimento de amostragem. As amostras foram levadas ao Setor de Açúcar e Álcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP, onde foram pesadas. Em agosto de 2007 não foi feita amostragem, mas somente contagem, porque o porte das canas era demasiadamente pequeno.

De setembro a janeiro, a biomassa de parte aérea por hectare foi calculada pela eq. (1).

$$\text{Biomassa (kg.ha}^{-1}\text{)} = \frac{10.000}{1,5} \times \frac{\text{número médio de colmos em 10 m}}{10} \times \frac{\text{peso médio das amostras}}{10} \quad (1)$$

onde:

1,5 = espaçamento (em metros) entre linhas.

### 2.2.3.3 Análises físicas de solo não deformado

Em 12 e 13 de maio de 2008, em cada parcela foi aberta uma trincheira da qual coletou-se uma amostra não deformada do solo da camada de 0-20 cm, e uma da camada de 20-40 cm, com objetivo de verificar se houve ou não influência dos tratamentos sobre a umidade do solo no ponto de murcha permanente e na capacidade de campo, sobre a CAD, a densidade aparente e a aeração do solo na capacidade de campo. Todas as trincheiras foram abertas no espaço entre as linhas 2 e 3 de cada parcela. Desta forma, além de padronizar a escolha do local das trincheiras, garantiu-se que, nas parcelas submetidas ao aleiramento do palhicho (T3), fosse amostrado o solo sob leira, já que o solo descoberto foi amostrado nas parcelas com palhicho queimado (T4).

As amostras foram analisadas pela empresa Hidrodinâmica, em Piracicaba - SP.

#### **2.2.3.4 Análises químicas de solo**

Entre 18 e 29 de abril de 2008, foi feita a amostragem de solo, da camada de 0-20 cm, para análises químicas. Foram coletadas amostras compostas por 10 subamostras, duas amostras compostas de cada parcela com palhiço aleirado, uma constituída de subamostras coletadas sob as leiras, e outra de subamostras das entrelinhas sem palhiço; e uma amostra composta de cada parcela submetida aos demais tratamentos. Nas parcelas com palhiço queimado, as subamostras foram retiradas do espaço entre as linhas 2 e 3 e entre as linhas 5 e 6, locais onde há maior concentração de carvão e cinzas resultantes da queima do palhiço, com objetivo de detectar a contribuição desses resíduos aos teores de nutrientes, caso esta seja significativa. Todas as subamostras foram coletadas no centro das entrelinhas, com objetivo de sofrer o mínimo possível de influência da adubação, já que esta operação foi direcionada às linhas de cana, entre as linhas 2 e 6, evitando-se amostrar os 25 metros de bordadura, bem como os trechos de 10 metros reservados anteriormente às contagens de colmos, onde viria a ser feita a pesagem da produção final. Para o procedimento de amostragem do solo, utilizou-se um trado holandês.

As amostras de solo foram homogeneizadas, e de cada amostra foi enviada uma porção de pouco mais de 500 g ao laboratório do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (Araras - SP), para realização das análises químicas de rotina, micronutrientes, enxofre e alumínio; e uma porção para o laboratório do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, para análise de nitrogênio amoniacal e nítrico.

#### **2.2.3.5 Análises químicas de folhas de cana-de-açúcar**

Essas análises foram feitas com objetivo de detectar possíveis influências do manejo do palhiço sobre a nutrição mineral da cana. Por essa razão, a amostragem não foi feita na época recomendada para diagnose foliar com fins de orientação da adubação (para cana soca, 4 meses após o corte, de acordo com VITTI; MAZZA, 2002), pois os nutrientes translocados do palhiço (ou do carvão e cinzas, no caso de T4) para o solo em apenas 4 meses muito provavelmente não seriam suficientes para causar alguma diferença significativa em seus teores nas folhas, portanto

neste trabalho optou-se por fazer a amostragem após um período mais longo, cerca de 10 meses após a instalação dos tratamentos, a fim de aumentar o tempo de exposição do solo e da cana a possíveis efeitos do palhiço ou do carvão e cinzas resultantes da queima do mesmo.

Em 8, 9 e 10 de abril de 2008, foram coletadas amostras de folhas de cana para análise química. De cada parcela submetida aos tratamentos T1 e T2, colheu-se uma amostra composta pelos 20 cm centrais do limbo das folhas +1, sem a nervura principal (conforme recomendação de VITTI; MAZZA, 2002), de 15 canas localizadas em pontos aleatórios entre as linhas 2 e 6, evitando-se amostrar os 25 metros de bordadura, bem como os trechos de 10 metros reservados anteriormente às contagens de colmos, onde viria a ser feita a pesagem da produção final. De cada parcela submetida ao tratamento T3 (palhiço aleirado), foram colhidas duas amostras compostas, uma de folhas +1 de 15 canas localizadas nas linhas 2, 3, 5 e 6 (linhas adjacentes às leiras); e a outra de folhas +1 de 15 canas localizadas na linha 4 (sem palhiço nas entrelinhas adjacentes). Nas parcelas onde foi feita a queima do palhiço (T4), foi feita uma amostra composta por parcela, amostrando-se apenas as canas localizadas nas linhas 2, 3, 5 e 6, cuja nutrição mineral pode teoricamente ter recebido alguma contribuição do carvão resultante da queima, pois o palhiço foi aleirado, da mesma forma que em T3, antes de ser queimado.

A análise química das folhas foi feita pelo Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

#### **2.2.3.6 Distribuição da umidade e do sistema radicular no perfil do solo**

De 17 a 21 de maio de 2008 - após 15 a 19 dias sem chuva, como mostra a Tabela 8 - foram feitas amostragens, com trado holandês, do solo (terra + raízes) das camadas de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm. Nas parcelas submetidas aos tratamentos T1, T2 e T4, essas amostras foram retiradas do espaço entre as linhas 3 e 4 de cada parcela, a uma distância de cerca de 15 cm do perfilho da linha 3 mais próximo ao local da perfuração. Nas parcelas com palhiço aleirado, foram feitas duas perfurações por parcela (duas amostras de cada camada), uma entre as linhas 2 e 3 (sob a leira) e outra entre as linhas 3 e 4 (solo descoberto), ambas distantes, assim como nos demais tratamentos, cerca de 15 cm do perfilho da linha 3 mais próximo à perfuração. Cada bloco

foi amostrado inteiro no mesmo dia, portanto as variações temporais da umidade do solo foram compensadas pelo delineamento do experimento em blocos.

Tabela 8 - Dados pluviométricos obtidos pela estação convencional do posto agrometeorológico do Depto. de Ciências Exatas da ESALQ/USP, de 1 a 21 de maio de 2008

<b>Dia</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
1	1,6
2	24,5
3 a 21	0,0

Essas amostras foram pesadas, secas em estufa elétrica com circulação forçada de ar no laboratório do Setor de Açúcar e Alcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP, a  $105 \pm 1$  °C até peso constante, e pesadas novamente.

Dividindo-se o peso (g) de solo seco pela densidade aparente ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) do solo da camada (resultado das análises de solo não deformado), obtém-se o volume do solo da amostra ( $\text{cm}^3$ ). Pela diferença entre o peso do solo seco e úmido, determina-se o peso (g) de água na amostra, que corresponde numericamente ao volume de água (mL ou  $\text{cm}^3$ ), pois a densidade da água é muito próxima de  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ . A água total presente na camada, em mm ( $\text{L.m}^{-2}$ ), é obtida dividindo-se o volume de água pelo de solo e multiplicando-se por 200, pois a altura das camadas é 20 cm, portanto cada camada tem 200 L de volume total por  $\text{m}^2$  de superfície. A água disponível é determinada subtraindo-se da água total a lâmina retida, na camada, no ponto de murcha permanente (fornecida pelas análises de solo não deformado), que corresponde ao dobro do teor percentual de água no PMP (litros de água por 200 litros de solo, o que equivale, já que a altura das camadas é 20 cm, a litros de água por  $\text{m}^2$  de superfície, ou seja, mm de água). Quando a diferença entre a água total presente na amostra e a água no PMP resulta menor ou igual a zero, adota-se o valor 0,0 para água disponível.

Após a pesagem das amostras de solo secas em estufa, foi feita a separação entre as raízes e o solo presentes nessas amostras, por flotação, da seguinte forma: cada amostra foi colocada em um balde com água, deixada em repouso por alguns minutos para amolecimento dos “torrões” de solo; manualmente, misturou-se bem a fim de que as raízes não fiquem presas ao solo, procurando-se atentamente desfazer todos os “torrões”; deixou-se novamente em repouso

por alguns minutos para decantação das partículas mais grossas de solo e flotação das raízes; passou-se o sobrenadante por cesto de tela (com poros de aproximadamente de 0,5 mm diâmetro, distantes entre si cerca de 1,0 mm), recolhendo-se as raízes no cesto mas conservando no balde a terra decantada; as raízes foram lavadas sobre o próprio cesto de tela, cujos poros são pequenos o suficiente para não permitir a saída das raízes, porém permitem a passagem das minúsculas partículas de solo presentes no sobrenadante. Feito isso, colocou-se novamente água no balde e repetiu-se o procedimento várias vezes, até observar-se visualmente que não havia mais raízes no balde. As raízes foram secas em estufa elétrica com circulação forçada de ar, a  $105 \pm 1$  °C até peso constante, e então pesadas em balança elétrica com precisão de 0,01 g.

Dividindo-se o peso seco de raízes (g) pelo volume de solo da amostra, determinou-se a densidade de raízes, em gramas de matéria seca de raízes por litro de solo.

### **2.2.3.7 Maturação da cana-de-açúcar**

De 28 de maio a 9 de junho de 2008, foi feita a amostragem de cana para análises tecnológicas. De cada parcela submetida aos tratamentos T1, T2 e T4, foi colhida uma amostra constituída de 10 canas da linha 3, localizadas fora do trecho de 10 m reservado à contagem e pesagem da produção final e em distância não inferior a 25 m do carreador (bordadura). De cada parcela submetida ao tratamento T3, foi colhida uma amostra de 15 canas, sendo 10 da linha 3, e 5 da linha 4, obedecendo-se à proporção dos canaviais com palhiço aleirado (2 linhas adjacentes à leira para cada linha sem palhiço nas entrelinhas adjacentes). As amostragens são feitas de forma similar àquela destinada à pesagem com fins de biometria: escolhe-se um ponto na linha a ser amostrada, distante no mínimo 3 metros de clareiras abertas por outras análises destrutivas, e colhem-se as 10 canas (ou 5, no caso da linha 4 do tratamento T3) localizadas seqüencialmente a partir do ponto escolhido, compensando assim o fato de que em cada touceira existem perfilhos em diferentes graus de maturação. Enquanto essa forma de amostragem compensa as variações dentro da touceira de cana, o delineamento em blocos compensa eventuais variações espaciais e temporais, para tanto cada bloco foi amostrado inteiro no mesmo dia, e as amostras foram analisadas no dia seguinte. Das canas amostradas, retirou-se manualmente a palha, e o desponte foi feito na altura da lígula da folha +1 (a primeira lígula visível).

As amostras foram analisadas no Setor de Açúcar e Álcool do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP, de forma semelhante às análises empregadas no Sistema CONSECANA com fins de remuneração de fornecedores: foram as amostras preparadas em aparelho desintegrador e homogeneizadas em betoneira; pesou-se, da amostra desintegrada e homogeneizada, uma porção de 500 g de cana, que foi prensada a 250 kgf.cm<sup>-2</sup>, recolhendo-se separadamente o caldo extraído nos primeiros 15 segundos da prensagem daquele extraído nos restantes 45 segundos, e o resíduo úmido resultante da prensagem foi pesado, seco a 105 ± 1 °C em estufa elétrica com circulação forçada de ar até peso constante, e pesou-se então o resíduo seco. Após a mensuração do brix refratométrico do caldo extraído nos últimos 45 segundos da prensagem (pois este valor é fundamental para o cálculo do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica modificado, proposto por LEME FILHO, 2005), este caldo foi misturado com aquele extraído no início da prensagem, e a mistura foi analisada para brix refratométrico, pol, e açúcares redutores (AR) pelo método de Lane e Eynon (1934). As análises realizadas neste trabalho com fins de determinação do teor de ATR diferiram do que estabelece o CONSECANA (2003) apenas pela determinação do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica modificado, o qual é, segundo Leme Filho (2005) mais exato do que o método original da prensa hidráulica (TANIMOTO, 1964). Tendo determinado analiticamente os valores fibra, AR, brix e pol, calculou-se o teor de ATR de cada amostra através das equações propostas pelo CONSECANA (2003), eq. (2), (3), (4) e (5).

$$C = 1,0313 - 0,00575 \times F \quad (2)$$

$$PC = \text{Pol do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C \quad (3)$$

$$ARC = \text{AR do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C \quad (4)$$

$$\text{ATR} = 10 \times PC \times 1,0526 \times \left(1 - \frac{PI}{100}\right) + 10 \times ARC \times \left(1 - \frac{PI}{100}\right) \quad (5)$$

onde:

- C = coeficiente de transformação da pol e do AR do caldo extraído em pol e AR do caldo absoluto
- F = fibra da cana
- PC = pol da cana

- ARC = AR da cana
- $1,0526 = \frac{360}{342}$  = fator estequiométrico de transformação da sacarose em AR
- PI = perda industrial média dos açúcares contidos na cana em função dos processos industriais e tecnológicos utilizados no Estado de São Paulo (atualmente, PI = 9,5%, conforme estabeleceu o CONSECANA, em sua Circular nº 10/05 – 7 dez. 2005).

#### 2.2.3.8 Pesagem da produção final de colmos

Fora dos trechos de 10 metros reservados inicialmente à contagem de colmos, foram feitas inúmeras análises destrutivas, e por essa razão a pesagem da produção foi feita nesses trechos de 10 metros, localizados próximo ao fundo das parcelas. A pesagem foi feita nas 3 linhas centrais de cada parcela, o que é muito importante devido ao tratamento T3, onde é necessário que as linhas de cana pesadas estejam na mesma proporção em que se encontram num canavial submetido a esse manejo, ou seja, 2 linhas adjacentes à leira para cada linha sem palhiço.

Através de aceros e fita zebrada, delimitaram-se os trechos a serem pesados. A cana foi colhida mecanicamente com colhedora combinada, sendo a produção dos trechos a serem pesados recolhida em um transbordo especial, equipado com balança. Pela diferença entre o peso antes e depois da colheita, obteve-se o peso de cana colhida em 10 metros.

#### 2.2.4 Cálculos e análises estatísticas

Os dados de **temperatura do solo** com e sem palhiço foram comparados através do teste *t* para dados pareados.

Com os resultados da **biometria**, os tratamentos foram comparados, através de análise de variância e teste F, quanto ao número médio de colmos em 10 metros (perfilhamento); peso médio da parte aérea (g.cana<sup>-1</sup>) e biomassa de parte aérea por ha (acúmulo de biomassa de parte aérea). Nos casos em que o teste F indicou a rejeição da hipótese de nulidade (ou seja, a hipótese de ausência de diferença significativa entre as médias dos tratamentos), o teste de Tukey



foi empregado para comparar entre si as médias dos tratamentos. Com relação ao nível de significância, para os dados de acúmulo de **biomassa de parte aérea** foi considerado  $\alpha = 5\%$ , pois o peso das canas é sujeito a uma variação do acaso notavelmente grande, principalmente nos primeiros meses de desenvolvimento, portanto a adoção de níveis maiores de significância (por exemplo,  $\alpha = 10\%$ ) poderia representar uma fonte de erros.

Os dados de biometria permitiram também uma interessante comparação, dentro do tratamento T3, do perfilhamento (número de colmos em 10 metros) das canas das linhas adjacentes à leira (linhas 3 e 5), comparadas às linhas sem palhiço nas entrelinhas adjacentes (linha 4). Essa comparação foi feita através do teste  $t$  para dados pareados.

Com os resultados das **análises físicas de solo não deformado**, foi feita uma análise de variância estatística com os dados de cada camada (0-20 e 20-40 cm), de cada uma das seguintes variáveis: umidade na capacidade de campo ( $CC = \frac{1}{20}$  atm), umidade no ponto de murcha permanente (PMP = 15 atm), CAD (umidade na CC - umidade no PMP, em mm), densidade aparente e aeração do solo na capacidade de campo. Desta forma, para cada variável e em cada camada, verificou-se se os tratamentos produziram ou não alguma diferença significativa, considerando-se  $\alpha = 10\%$  de significância. Nos casos em que o teste F indicou a rejeição da hipótese de nulidade, o teste de Tukey foi empregado para comparar as médias dos diferentes tratamentos.

Destas variáveis, a **densidade aparente do solo** foi empregada na determinação do volume do solo, que por sua vez foi empregado nos cálculos de distribuição da umidade e do sistema radicular no perfil; e a **umidade no PMP** foi empregada no cálculo da água disponível. Para a **densidade aparente**, não houve diferença significativa devida a tratamentos, por isso os valores empregados em outros cálculos foram, para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, a média das 19 amostras (16 parcelas mais as 3 trincheiras abertas em fevereiro, amostragens descritas nos itens 2.2.2.2 e 2.2.3.3); e, para as camadas de 40-60 e 60-80 cm, a média das 3 amostras coletadas em fevereiro. Para a **umidade no PMP**, houve diferença significativa em função de tratamentos, considerando-se  $\alpha = 10\%$ , nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, portanto, para os cálculos referentes a estas camadas, empregou-se para cada tratamento o seu respectivo valor médio; enquanto para as camadas de 40-60 e 60-80 cm, empregou-se o valor médio das 3 amostras coletadas em fevereiro. Para o tratamento T3, os valores de umidade no PMP empregados no cálculo da água

disponível foram os seguintes: para calcular a água disponível sob leira, considerou-se a umidade no PMP média do tratamento T3 (pois nas parcelas submetidas a esse tratamento, as trincheiras com fins de coleta de amostras não deformadas foram abertas sob as leiras); e nas entrelinhas descobertas, a umidade no PMP é a mesma do tratamento T4.

Com os dados das **análises químicas de solo e de folhas**, e dos estudos de **distribuição da umidade e do sistema radicular no perfil do solo**, como a amostragem, no tratamento T3, foi feita separadamente para os locais com e sem palhiço, foi possível comparar, para cada variável estudada, os resultados dessas duas situações. Essa comparação foi feita, para todas as referidas variáveis, pelo teste *t* para dados pareados. Porém, para a comparação desse tratamento com os demais, cumpre considerá-lo como um todo. Para tanto, foi calculada a média ponderada de cada parcela T3, e esse valor foi empregado na análise de variância e no cálculo da média geral do tratamento.

Para os dados da **análise química de folhas**, como para cada duas linhas adjacentes à leira existe uma linha sem palhiço, a média ponderada de cada elemento, para cada parcela T3 foi feita pela eq. (6).

$$\text{Média} = \frac{2 \times (\text{valor das linhas adjacentes à leira}) + (\text{valor das linhas sem palhiço})}{3} \quad (6)$$

Para os dados das **análises químicas de solo, e de distribuição da água e das raízes no perfil do solo**, como para cada leira existem duas entrelinhas sem palhiço, a média ponderada foi obtida pela eq. (7).

$$\text{Média} = \frac{2 \times (\text{valor das entrelinhas sem palhiço}) + (\text{valor sob leira})}{3} \quad (7)$$

Desta forma, de todas as variáveis estudadas, obteve-se um valor atribuído a cada parcela. Para a **distribuição da umidade e do sistema radicular**, tem-se um valor por parcela por camada (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm), por isso as comparações estatísticas foram feitas separadamente por camada. Todas as comparações foram feitas através de uma análise de variância e, nos casos em que o teste F indicou a rejeição da hipótese de nulidade, considerando-se  $\alpha = 10\%$ , o teste de Tukey foi empregado para comparar entre si as médias dos tratamentos.

Para o estudo da **distribuição da umidade no perfil do solo**, a variável água disponível apresentou várias vezes o valor zero. Por isso, as comparações estatísticas foram feitas somente para água total.

Entre os resultados das **análises químicas de solo**, cabe uma observação quanto ao modo de se analisar estatisticamente os dados de pH. Por se tratar de uma escala logarítmica, os valores de pH não entram diretamente em cálculos estatísticos, mas são empregados para calcular a concentração molar de  $H^+$  pela eq. (8). Os valores de  $[H^+]$  é que são empregados nos cálculos estatísticos. Os valores médios de pH também não são calculados diretamente, mas é calculada a média dos valores de  $[H^+]$ , e os valores médios de pH são calculados pela eq. (9), apenas para serem apresentados como resultados finais (já que não entram em nenhum cálculo).

$$[H^+] = 10^{[(-1) \times \text{pH}]} \quad (8)$$

$$\text{pH} = (-1) \times \log [H^+] \quad (9)$$

Ainda quanto aos resultados das **análises químicas de solo**, os teores de carbono orgânico foram determinados multiplicando-se os teores de MO por 0,58, pois, de acordo com EMBRAPA (1997), considera-se que o carbono corresponde a 58% da matéria orgânica do solo e, por esta razão, a MO é calculada multiplicando-se o teor de C orgânico por 1,724 (o que equivale a dividir por 0,58). Logo, a partir de um resultado de análise química de solo, onde o valor apresentado é a MO, para se saber o teor de C orgânico, basta multiplicar MO por 0,58. Na análise de variância estatística dos resultados de MO e de C orgânico, comparou-se o teor inicial de cada bloco com os teores finais dos diferentes tratamentos, com objetivo de verificar se algum(ns) dos tratamentos contribuiu ou não significativamente para aumentar ou reduzir os teores de MO e de C orgânico no solo. Com objetivo de possibilitar essa comparação, a área experimental foi mantida livre de toda e qualquer adubação orgânica, conforme relatado no item 2.2.1.

Finalmente, a **maturação da cana** foi avaliada comparando-se estatisticamente os dados de ATR (kg de ATR / t de cana), e também os teores de pol, pureza e AR do caldo, por análise de variância e teste F. A **produção final por área**, tanto de colmos quanto de ATR (ambas em  $t \cdot ha^{-1}$ ), foi submetida às mesmas análises estatísticas.

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Propriedades físicas do solo

#### 2.3.1.1 Temperatura

Na Tabela 9 e na Figura 8, são apresentadas as médias aritméticas dos valores de temperatura do solo observados sob os tratamentos T1 e T4. É interessante observar que, de julho a novembro, a temperatura do solo sob palhiço em área total foi significativamente inferior à temperatura do solo descoberto (palhiço queimado); e a partir de dezembro, os tratamentos deixaram de produzir temperaturas significativamente diferentes, considerando-se o nível de significância  $\alpha = 5\%$ . Portanto, como a colheita da cana planta foi feita em 30/05/2007, a redução de temperatura causada pela presença do palhiço resultante da colheita mecanizada foi significativa apenas nos primeiros 6 meses após a colheita. Após esse período, o sombreamento produzido pela cana, cujo efeito sobre a temperatura do solo é evidentemente crescente, passa a ser mais relevante do que o sombreamento produzido pelo palhiço, tornando insignificante o efeito deste.

Tabela 9 - Comparação entre os valores médios de temperatura (°C) do solo, a 5 cm de profundidade, sob os tratamentos T1 e T4, pelo teste *t* para dados pareados

Mês	Tratamento		Diferença	t <sup>1</sup>
	Palhiço em área total (T1)	Palhiço queimado (T4)		
Julho	18,8	23,8	5,0	6,539*
Agosto	20,5	27,6	7,1	9,766*
Setembro	23,9	34,6	10,7	13,642*
Outubro	25,0	32,2	7,2	7,218*
Novembro	24,3	28,9	4,7	6,173*
Dezembro	26,1	28,4	2,4	2,513
Janeiro	24,0	24,7	0,7	2,985
Fevereiro	24,0	24,4	0,4	2,717

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , t crítico = 3,182 (4 repetições - GL = 3)

\* t significativo para  $\alpha = 5\%$ .

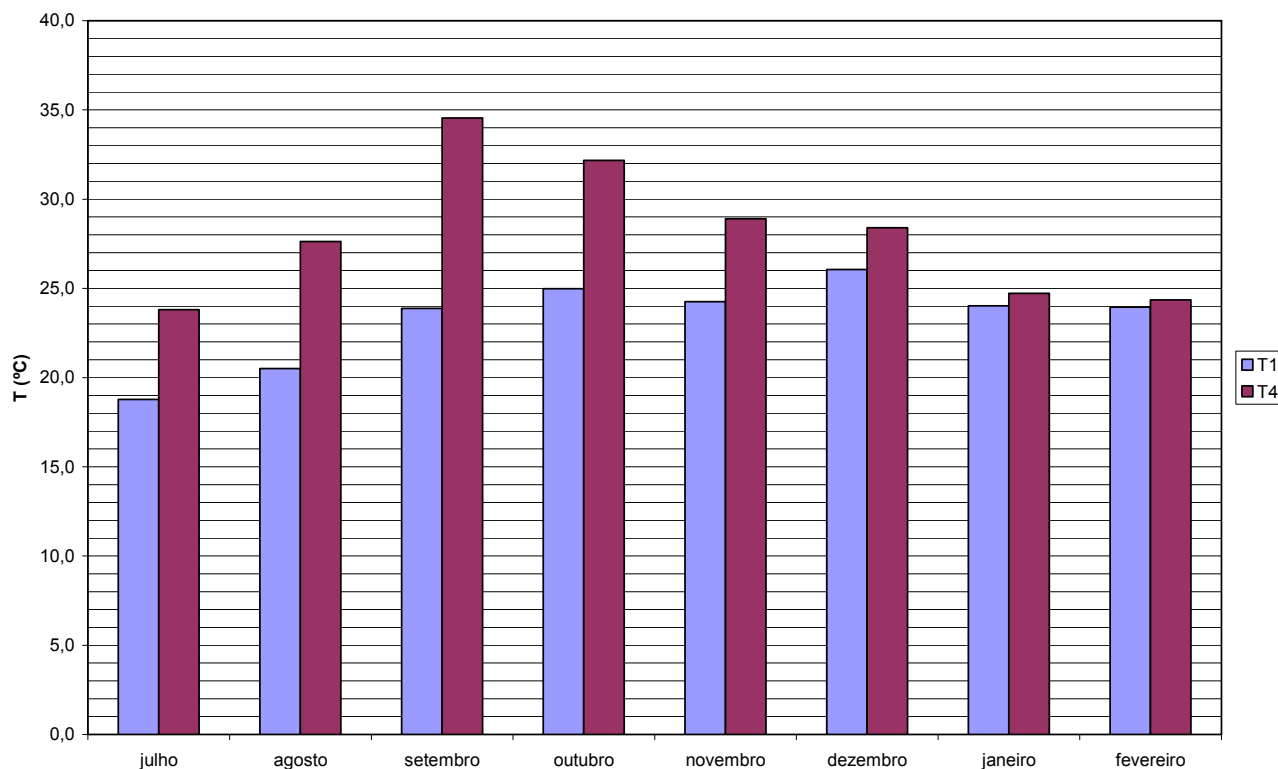


Figura 8 - Temperatura média do solo, a 5 cm de profundidade, sob os tratamentos T1 (palhicho em área total) e T4 (palhicho queimado)

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Timm (2002), que constatou que o efeito da cobertura vegetal na superfície do solo, como consequência da colheita de cana sem queima prévia da palha, reduziu as temperaturas médias na camada superficial do solo na ordem de 7 °C.

Quanto à significativa redução da temperatura do solo proporcionada pelo palhicho residual da colheita mecanizada de cana crua, convém considerar seus efeitos:

- Negativo sobre a brotação e o perfilhamento, especialmente no caso das canas colhidas no inverno, somando-se à obstrução física e, talvez, à autoalelopatia proporcionadas pelo palhicho;
- Redução da velocidade de mineralização da matéria orgânica, constituindo mais uma contribuição do palhicho à manutenção de um maior teor de MO no solo com cana crua, além da contribuição direta pela própria MO do palhicho;

- É positivo sobre o teor de água no solo. Como se sabe, o palhicho restringe a perda de água por evaporação, pela manutenção de um microclima com alta UR poucos centímetros acima do nível do solo, e também como consequência da redução da temperatura, tornando mais lenta a evaporação.

### 2.3.1.2 Compactação

A densidade aparente do solo e sua aeração na capacidade de campo (CC) são variáveis que respondem à compactação do solo, pois quanto mais compactado o solo, maior sua densidade aparente, e menor tende a ser sua aeração na CC. Os resultados obtidos para essas duas variáveis, nas duas camadas de solo estudadas (0-20 e 20-40 cm), são apresentados nas Tabelas 10 e 11, onde pode-se observar que os tratamentos não apresentaram diferença significativa quanto à densidade aparente do solo; mas, quanto à aeração do solo na capacidade de campo, houve diferença significativa entre os tratamentos T2 e T4, na camada de 0-20 cm, considerando-se o nível de significância  $\alpha = 10\%$ .

Tabela 10 - Valores médios de densidade aparente do solo ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

Camada	Tratamento	Densidade aparente do solo ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	F <sup>1</sup>
0-20 cm	T1	1,31	0,33
	T2	1,33	
	T3	1,31	
	T4	1,30	
20-40 cm	T1	1,24	1,43
	T2	1,26	
	T3	1,27	
	T4	1,32	

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

Tabela 11 - Valores médios de aeração do solo na capacidade de campo ( $20^{-1}$  atm)

Camada	Tratamento	Aeração (%) do solo na CC <sup>3</sup>	F <sup>1</sup>	D.M.S. <sup>2</sup>	
				$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$
0-20 cm	T1	12,11 ab	3,12	3,65	-
	T2	11,49 b			
	T3	13,33 ab			
	T4	15,38 a			
20-40 cm	T1	17,37	1,98	-	-
	T2	14,29			
	T3	15,69			
	T4	11,51			

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81 (GL tratamentos = 3; GL resíduo = 9).

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significante (critério de Tukey).

<sup>3</sup> Valores seguidos pela mesma letra e referentes à mesma camada de solo não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, considerando-se  $\alpha = 10\%$ .

No presente trabalho, o trânsito de máquinas foi quase igual em todos os tratamentos - só um pouco menor em T1, para o qual não houve operação de aleiramento nem de limpeza das linhas. Porém, a maior quantidade de água presente no solo coberto por palhiço (principalmente devido à obstrução, proporcionada pelo palhiço, da perda de água por evaporação) pode incrementar o processo de compactação do solo quando ocorre trânsito de máquinas após alguns dias sem chuva, como ocorreu em 1 de agosto de 2007, quando foi feita a adubação em todas as parcelas do experimento, após 7 dias sem chuva como mostra a Tabela 12. Convém lembrar que o solo da área experimental apresenta intensa capilaridade, conforme tratado no item 2.2.2.2, e portanto pode perder água por evaporação rapidamente, especialmente em condições de solo descoberto, como em T4. Esse fato não foi suficiente para causar diferença significativa na densidade aparente do solo; porém pode explicar a diferença encontrada na aeração do solo na capacidade de campo, na camada mais superficial: maior aeração (maior macroporosidade, e menor compactação) do solo onde o palhiço foi queimado do que no tratamento linhas descobertas, onde a cobertura do solo é maior do que com o palhiço aleirado. Quanto ao tratamento com palhiço em área total, o fato de a aeração do solo na capacidade de campo sob este tratamento não diferir significativamente do tratamento com palhiço queimado pode ser

explicado pelo trânsito de máquinas ligeiramente menor devido à realização de uma operação mecanizada a menos, já que o palhiço a ser queimado foi antes aleirado.

Tabela 12 - Dados pluviométricos obtidos pela estação convencional do posto agrometeorológico do Depto. de Ciências Exatas da ESALQ/USP, de 24 de julho a 1 de agosto de 2007 (data da adubação do solo da área experimental, após 7 dias sem chuva)

<b>Dia/Mês</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
24/7	47,7
25/7	3,5
26/7 a 1/8	0,0

Nas condições dos canaviais comerciais, ao contrário, a colheita mecanizada implica trânsito de máquinas mais intenso do que no sistema de colheita manual; portanto, em tais condições, são duas as razões pelas quais a substituição da colheita manual de cana crua pela mecanizada de cana queimada contribui para aumentar a compactação do solo: o trânsito de máquinas mais intenso; e a maior quantidade de água no solo coberto por palhiço, especialmente após alguns dias sem chuva. Vasconcelos (2002) constatou o incremento da compactação do solo, no sistema de colheita mecanizada, devido ao maior trânsito de máquinas. No presente trabalho, encontraram-se indícios de que a maior disponibilidade de água no solo sob palhiço também contribui para a compactação da camada mais superficial, sendo esta contribuição inicialmente pequena (significativa só para  $\alpha \geq 10\%$ , e só para a variável aeração do solo, não significativa para a densidade aparente), mas que, considerando-se que foi estudada só a primeira soca, pode-se esperar que se acumule ao longo dos vários ciclos do canavial.

### **2.3.1.3 Umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente**

A capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) é definida pela diferença entre a água retida pelo solo na capacidade de campo ( $\frac{1}{20}$  atm) e no ponto de murcha permanente (15 atm). Nas Tabelas 13, 14 e 15 são apresentados, respectivamente, os resultados, médios de cada tratamento, de umidade do solo na capacidade de campo, no ponto de murcha permanente, e a CAD. É interessante observar, nessas tabelas, que, entre essas propriedades



físicas do solo, os tratamentos produziram médias significativamente diferentes, considerando-se  $\alpha = 10\%$ , para umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm; mas a CAD não apresentou nenhuma diferença significativa em função de tratamentos em nenhuma das camadas de solo estudadas. Com relação à umidade do solo no PMP, na camada de 20-40 cm, embora o fator F tenha resultado significativo considerando-se  $\alpha = 10\%$ , comparando-se as médias dos tratamentos pelo critério de Tukey, não se encontrou nenhuma diferença superior à mínima significante (DMS) calculada para  $\alpha = 10\%$ .

Tabela 13 - Valores médios de umidade do solo na capacidade de campo ( $20^{-1}$  atm)

Camada	Tratamento	Umidade (%) média na CC <sup>3</sup> ( $20^{-1}$ atm)	F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>	
				$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$
0-20 cm	T1	44,97 a	7,59	1,60	1,87
	T2	44,32 a			
	T3	44,11 a			
	T4	42,24 b			
20-40 cm	T1	41,62 b	5,09	2,36	2,76
	T2	44,95 a			
	T3	42,53 ab			
	T4	43,27 ab			

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significante (critério de Tukey).

<sup>3</sup> Valores seguidos pela mesma letra e referentes à mesma camada de solo não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, considerando-se  $\alpha = 5\%$ .

Tabela 14 - Valores médios de umidade do solo no ponto de murcha permanente (15 atm)

Camada	Tratamento	Umidade (%) média no PMP <sup>3</sup> (15 atm)	F <sup>1</sup>	D.M.S. <sup>2</sup>	
				$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$
0-20 cm	T1	37,51 a	4,64	2,52	2,95
	T2	37,82 a			
	T3	36,63 ab			
	T4	34,62 b			
20-40 cm	T1	33,97 a	3,00	4,13	-
	T2	37,61 a			
	T3	35,26 a			
	T4	37,94 a			

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significativa (critério de Tukey).

<sup>3</sup> Valores seguidos pela mesma letra e referentes à mesma camada de solo não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, considerando-se  $\alpha = 10\%$ .

Tabela 15 - Valores médios de capacidade de armazenamento de água disponível (CAD)

Camada	Tratamento	CAD (mm)	F <sup>1</sup>
0-20 cm	T1	14,91	1,22
	T2	13,01	
	T3	14,96	
	T4	15,25	
20-40 cm	T1	15,30	2,40
	T2	14,70	
	T3	14,54	
	T4	10,67	

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

Nos resultados de umidade do solo na CC e no PMP, na camada de 0-20 cm, observa-se que o tratamento com palhiço queimado (T4) apresentou menor retenção de água nessas duas condições ( $\frac{1}{20}$  e 15 atm, respectivamente), o que explica a ausência de diferença significativa devida a tratamentos para a CAD, já que esta é a diferença entre a umidade na CC e no PMP. Essas diferenças observadas na camada de 0-20 cm constituem indício de que uma certa fração da matéria orgânica presente no palhiço, ao longo do tempo entre a instalação dos tratamentos (junho de 2007) e a amostragem de solo não deformado (maio de 2008), chegou a penetrar na camada mais superficial do solo, em quantidade suficientemente pequena para não causar diferença significativa nos teores de matéria orgânica encontrados pela análise química (como mostram as Tabelas 16 e 17); porém suficiente para aumentar a retenção de água no solo, tanto na capacidade de campo quanto no ponto de murcha permanente.

Todavia, convém lembrar que, apesar de alguma fração da matéria orgânica ter se desprendido do palhiço e penetrado na camada mais superficial do solo, causando aumento da quantidade de água retida pelo mesmo na CC e no PMP, a maior contribuição do palhiço para a manutenção de maior umidade no solo não é esta, mas principalmente a drástica redução da perda de água por evaporação.

### **2.3.2 Propriedades químicas do solo**

Na Tabela 16, são apresentados os resultados, médios de cada tratamento, dos teores de matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátions (CTC), potencial hidrogeneiônico (pH) e alumínio, na camada de 0-20 cm do solo. Na Tabela 17, é apresentada a comparação dos resultados das entrelinhas sob leira e sem palhiço, dentro do tratamento T3, dos teores de MO, CTC, pH e Al, através do teste *t* para dados pareados. Para essas variáveis, pode-se observar nas Tabelas 16 e 17 que não houve nenhuma diferença significativa entre os tratamentos, considerando-se  $\alpha = 10\%$  de significância (todos os valores de  $F < 2,81$ ); nem tampouco diferença entre as entrelinhas sob leira e sem palhiço do tratamento com palhiço aleirado (todos os valores de  $t < 2,353$ ). Além disso, nenhum dos tratamentos proporcionou, ao longo do ciclo da primeira soca, significativo aumento, nem tampouco redução, dos teores de MO e de C orgânico

no solo. Quanto ao pH, convém lembrar que as análises estatísticas foram feitas, conforme exposto mais detalhadamente no item 2.2.4, para  $[H^+]$ , e o valor de pH médio de cada tratamento foi calculado com base na  $[H^+]$  média, com fins exclusivamente de apresentação dos resultados.

Tabela 16 - Teores médios de MO, CTC, pH e alumínio na camada de 0-20 cm de solo

Variável	Tratamento	Teor médio	F <sup>1</sup>
	Teor inicial	26,3	
Matéria orgânica (g.dm <sup>-3</sup> )	T1	24,8	0,22
	T2	26,5	
	T3	25,6	
	T4	26,5	
Capacidade de troca de cátions (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	T1	99,5	0,07
	T2	98,0	
	T3	97,1	
	T4	98,7	
pH (CaCl <sub>2</sub> )	T1	4,2	0,48
	T2	4,3	
	T3	4,3	
	T4	4,2	
Al (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	T1	20,9	0,25
	T2	19,4	
	T3	19,0	
	T4	17,6	

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 10\%$  de significância, F crítico = 2,81.

Tabela 17 - Comparação entre os resultados de MO, CTC, pH e Al na camada de 0-20 cm do solo das entrelinhas sob leira e sem palhicho, dentro do tratamento com palhicho aleirado, pelo teste *t* para dados pareados

Variável	Média das entrelinhas sob leira	Média das entrelinhas descobertas	t <sup>1</sup>
MO (g.dm <sup>-3</sup> )	25,8	25,5	0,122
CTC (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	98,8	96,2	0,500
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,3	4,2	0,599
Al (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	19,1	18,9	0,131

Nota:

<sup>1</sup> t crítico = 2,353 ( $\alpha = 10\%$  de significância).

Nas Tabelas 18 e 19, são apresentados os resultados, médios de cada tratamento, dos teores de macro e micronutrientes na camada de 0-20 cm de solo. Nessas tabelas, pode-se observar que, no solo, o manganês foi o único elemento que apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando teor significativamente maior, para  $\alpha = 5\%$ , com palhicho queimado (T4) do que com palhicho em área total (T1), e teores intermediários com palhicho aleirado (T3) e linhas descobertas (T2). É interessante notar que a diferença entre T1 e T4 é da ordem de 28% do teor de Mn encontrado em T4, e pode ser devida:

- À contribuição do carvão e das cinzas liberadas pela queima do palhicho, o que é pouco provável, embora não impossível, já que em T2 e T3, onde não há contribuição do carvão, foram encontrados teores intermediários de Mn, que não chegaram a diferir significativamente de T4;
- Ao ambiente sob palhicho - com atividade microbiológica mais intensa, maior teor de umidade, menor temperatura - que provavelmente propiciou condições favoráveis a uma maior imobilização do Mn pelos microrganismos, e/ou quiçá a uma maior absorção pelas plantas;
- Ao efeito combinado de ambas as causas acima mencionadas.

Tabela 18 - Teores médios de macronutrientes na camada de 0-20 cm de solo

Elemento	Tratamento	Teor médio	F <sup>1</sup>
C orgânico <sup>2</sup> (g.dm <sup>-3</sup> )	Teor inicial	15,3	0,22
	T1	14,4	
	T2	15,4	
	T3	14,8	
	T4	15,4	
N amoniacal (ppm)	T1	28,3	0,27
	T2	27,5	
	T3	27,1	
	T4	27,0	
N nítrico (ppm)	T1	4,3	0,11
	T2	4,0	
	T3	4,1	
	T4	4,3	
N inorgânico (amoniacal + nítrico) (ppm)	T1	32,5	0,20
	T2	31,5	
	T3	31,2	
	T4	31,3	
P resina (mg.dm <sup>-3</sup> )	T1	5,0	0,46
	T2	5,5	
	T3	4,4	
	T4	4,5	
K (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	T1	1,7	1,27
	T2	2,5	
	T3	2,3	
	T4	2,7	
Ca (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	T1	15,8	0,63
	T2	16,5	
	T3	17,0	
	T4	18,8	
Mg (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	T1	6,5	1,23
	T2	6,3	
	T3	7,0	
	T4	8,0	
S (g.kg <sup>-1</sup> )	T1	31,0	0,83
	T2	27,8	
	T3	29,8	
	T4	31,8	

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 10\%$  de significância, F crítico = 2,81.<sup>2</sup> C orgânico = MO x 0,58 (EMBRAPA, 1997).

Tabela 19 - Teores médios de micronutrientes na camada de 0-20 cm de solo

Elemento	Tratamento	Teor médio <sup>3</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>	
				$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$
B	T1	0,37	1,91	-	-
	T2	0,29			
	T3	0,44			
	T4	0,37			
Cu	T1	0,9	1,58	-	-
	T2	1,0			
	T3	1,0			
	T4	1,1			
Fe	T1	31,0	0,43	-	-
	T2	33,8			
	T3	32,7			
	T4	34,8			
Mn	T1	22,9 b	4,10**	6,75	7,92
	T2	28,0 ab			
	T3	27,0 ab			
	T4	31,8 a			
Zn	T1	0,3	1,00	-	-
	T2	0,4			
	T3	0,4			
	T4	0,4			

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significativa (critério de Tukey).

<sup>3</sup> Valores seguidos da mesma letra e referentes ao mesmo elemento (Mn) não diferem significativamente, de acordo com o teste de Tukey, considerando-se  $\alpha = 5\%$  de significância.

\* F significativo a 10%.

\*\* F significativo a 5%.

Esses resultados divergem parcialmente dos encontrados por Vasconcelos (2002), que encontrou maiores teores de Ca e matéria orgânica no solo sob palhicho do que nas áreas de cana queimada. Porém, esse autor estudou a segunda e a terceira socas, enquanto no presente trabalho estudou-se a primeira.

Os resultados do presente estudo divergem parcialmente também dos encontrados por Orlando Filho et al. (1998), que encontraram maiores teores de MO, P, Ca, Mg e S no solo sob palhiço; e maior teor de K no solo sob cana queimada. Porém, Orlando Filho et al. (1998) amostraram as camadas de 0-5 e 5-10 cm do solo, enquanto no presente estudo foi amostrada a camada de 0-20 cm, tal como no trabalho de Vasconcelos (2002), e isso pode, em parte, explicar esses diferentes resultados, já que a influência do palhiço [ou das cinzas resultantes da queima do mesmo, a cuja contribuição Orlando Filho et al. (1998) atribuíram o maior teor de K sob cana queimada] é evidentemente maior nas camadas mais superficiais do solo.

De um modo geral, esses resultados constituem um indício de que não convém reduzir doses de adubação em previsão de nutrientes a serem liberados futuramente pelo palhiço, sendo preferível aplicar as doses recomendadas pela literatura atualizada, em função dos resultados das análises de solo. Se, alguns anos após a implantação da colheita mecanizada de cana crua, a contribuição de nutrientes liberados pelo palhiço se acumular a ponto de tornar-se significativa, isso se refletirá nas análises de solo, determinando automaticamente doses menores de adubação, mas só após a contribuição ter sido verificada nos resultados de análises de solo, pois os dados experimentais demonstram que, em um único ciclo produtivo, a contribuição do palhiço muitas vezes não chega a ser significativa; e em alguns casos, como ocorreu com o Mn no presente estudo e com o K no trabalho de Orlando Filho et al. (1998), a contribuição em um único ciclo pode até ser negativa. Em casos de contribuição negativa, quando devida à imobilização por microrganismos, convém lembrar que nutrientes imobilizados são depois gradativamente liberados ao longo do tempo.

Na Tabela 20, é apresentada a comparação dos teores de nutrientes na camada de 0-20 cm do solo das entrelinhas sob leira e sem palhiço, dentro do tratamento com palhiço aleirado (T3). Nessa tabela, pode-se observar que, no solo, o único elemento que apresentou diferença significativa entre as entrelinhas sob leira e sem palhiço, em T3, foi o enxofre, cujo teor no solo foi maior sob leira do que nas entrelinhas sem palhiço, considerando-se  $\alpha = 5\%$  de significância, indicando uma possível contribuição do enxofre liberado pelo palhiço ao teor deste elemento no solo.



Tabela 20 - Comparação entre os teores médios de nutrientes na camada de 0-20 cm do solo das entrelinhas sob leira e sem palhico, dentro do tratamento com palhico aleirado, pelo teste *t* para dados pareados

Elemento	Média das entrelinhas sob leira	Média das entrelinhas descobertas	t <sup>1</sup>
C orgânico <sup>2</sup> (g.dm <sup>-3</sup> )	15,0	14,8	0,122
N amoniacal (ppm)	27,3	27,0	0,293
N nítrico (ppm)	4,3	4,0	0,522
N inorgânico (amoniacal + nítrico)	31,5	31,0	0,420
P resina (mg.dm <sup>-3</sup> )	4,3	4,5	0,293
K (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,6	2,2	1,942
Ca (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	17,0	17,0	0,000
Mg (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	7,0	7,0	0,000
S (mg.dm <sup>-3</sup> )	33,8	27,8	3,565**
B (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,38	0,47	1,208
Cu (mg.dm <sup>-3</sup> )	1,00	0,98	1,000
Fe (mg.dm <sup>-3</sup> )	34,5	31,8	1,149
Mn (mg.dm <sup>-3</sup> )	29,0	26,0	1,686
Zn (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,38	0,40	0,397

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , t crítico = 3,182; para  $\alpha = 10\%$ , t crítico = 2,353.<sup>2</sup> C orgânico = MO x 0,58 (EMBRAPA, 1997).

\* t significativo a 10%.

\*\* t significativo a 5%.

### 2.3.3 Estado nutricional da cana-de-açúcar

Nas Tabelas 21 e 22, são apresentados os resultados, médios de cada tratamento, dos teores de macro e micronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar amostradas entre 8 e 10 de abril de 2008. Nessas tabelas, pode-se observar que, nas folhas de cana, os únicos elementos que apresentaram diferenças significativas devidas aos tratamentos foram cálcio, magnésio, cobre e zinco.

Tabela 21 - Teores médios de macronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar

Elemento	Tratamento	Teor médio <sup>3</sup> (g.kg <sup>-1</sup> )	F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>	
				$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$
N	T1	21,35	1,38	-	-
	T2	22,54			
	T3	20,81			
	T4	22,47			
P	T1	2,47	1,65	-	-
	T2	2,41			
	T3	2,38			
	T4	2,22			
K	T1	13,46	0,36	-	-
	T2	13,45			
	T3	13,94			
	T4	13,07			
Ca	T1	2,16 b	13,95**	0,39	0,46
	T2	2,36 b			
	T3	3,06 a			
	T4	2,44 b			
Mg	T1	0,65 b	22,96**	0,19	0,22
	T2	0,73 b			
	T3	1,04 a			
	T4	1,15 a			
S	T1	1,05	1,79	-	-
	T2	1,11			
	T3	1,21			
	T4	1,30			

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significativa (critério de Tukey).

<sup>3</sup> Valores seguidos da mesma letra e referentes ao mesmo elemento não diferem significativamente, de acordo com o teste de Tukey, considerando-se  $\alpha = 5\%$  de significância.

\* F significativo a 10%.

\*\* F significativo a 5%.

Tabela 22 - Teores médios de micronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar

Elemento	Tratamento	Teor médio <sup>3</sup> (mg.kg <sup>-1</sup> )	F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>	
				$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$
B	T1	6,47	2,78	-	-
	T2	4,97			
	T3	9,62			
	T4	8,12			
Cu	T1	5,83 b	5,78**	0,65	0,76
	T2	6,78 a			
	T3	6,59 a			
	T4	6,33 ab			
Fe	T1	78,13	1,11	-	-
	T2	77,88			
	T3	85,48			
	T4	75,33			
Mn	T1	101,70	1,61	-	-
	T2	108,18			
	T3	112,22			
	T4	109,78			
Zn	T1	13,28 b	15,04**	2,54	2,98
	T2	14,85 b			
	T3	18,00 a			
	T4	18,85 a			

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significativa (critério de Tukey).

<sup>3</sup> Valores seguidos da mesma letra e referentes ao mesmo elemento não diferem significativamente, de acordo com o teste de Tukey, considerando-se  $\alpha = 5\%$  de significância.

\* F significativo a 10%.

\*\* F significativo a 5%.

Na Tabela 23, é apresentada a comparação dos teores de nutrientes nas folhas de cana das linhas adjacentes às leiras (linhas 3 e 5) e nas linhas adjacentes às entrelinhas descobertas (linha 4), dentro do tratamento com palhiço aleirado (T3). Nessa tabela, pode-se observar que, quanto aos teores de nutrientes nas folhas, não houve nenhuma diferença entre essas linhas, considerando-se  $\alpha = 5\%$  de significância; porém, para  $\alpha = 10\%$ , o teor de nitrogênio nas folhas de cana das linhas sem palhiço foi significativamente maior do que nas linhas adjacentes às leiras.

Tabela 23 - Teores médios de nutrientes nas folhas de cana das linhas adjacentes às leiras, comparadas com as linhas adjacentes às entrelinhas descobertas pelo teste *t* para dados pareados, dentro do tratamento com palhiço aleirado (T3)

<b>Elemento</b>	<b>Média das linhas adjacentes às leiras</b>	<b>Média das linhas adjacentes às entrelinhas descobertas</b>	<b>t<sup>1</sup></b>
N (g.kg <sup>-1</sup> )	20,16	22,12	2,443*
P (g.kg <sup>-1</sup> )	2,47	2,20	1,121
K (g.kg <sup>-1</sup> )	14,03	13,77	0,200
Ca (g.kg <sup>-1</sup> )	3,16	2,85	1,051
Mg (g.kg <sup>-1</sup> )	0,98	1,18	1,852
S (g.kg <sup>-1</sup> )	1,14	1,36	1,991
B (mg.kg <sup>-1</sup> )	11,35	6,15	1,954
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	6,43	6,93	1,046
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	86,63	83,18	0,511
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	109,23	118,20	0,560
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	17,68	18,65	0,976

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , t crítico = 3,182; para  $\alpha = 10\%$ , t crítico = 2,353.

\* t significativo a 10%.

\*\* t significativo a 5%.

### 2.3.4 Perfilhamento da cana-de-açúcar

Na Tabela 24 e na Figura 9, são apresentados os resultados, médios de cada tratamento, do número de colmos em 10 metros de linha de cana. Como pode-se ver nessa tabela, em agosto de 2007 (40 dias após a instalação dos tratamentos e cerca de 70 dias após o corte da cana planta) o perfilhamento nas parcelas com palhiço em área total (T1) e nas parcelas com palhiço aleirado (T3) foi significativamente menor do que nas parcelas com palhiço queimado (T4). Em setembro, o tratamento T4 continuou com o melhor perfilhamento, significativamente maior do que T1. A partir de outubro, as médias dos diferentes tratamentos não mais diferiram significativamente, tanto a 5% quanto a 10% de significância. O tratamento linhas descobertas (T2) em momento algum foi significativamente diferente de nenhum dos demais, pois em agosto e setembro apresentou resultados intermediários, não diferindo significativamente nem de T1

(menor perfilhamento) nem de T4 (maior perfilhamento). Já o aleiramento do palhiço (T3), com resultados inicialmente inferiores a T4, a partir de setembro já não mais diferiu significativamente deste.

Tabela 24 - Número médio de colmos em 10 metros de linha de cana-de-açúcar, de agosto de 2007 a janeiro de 2008

Mês	Tratamento				F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>
	T1	T2	T3	T4		
Agosto	60 b	75 ab	70 b	94 a	7,428	22,6
Setembro	84 b	102 ab	97 ab	121 a	5,561	28,9
Outubro	126	150	138	152	1,135	-
Novembro	167	176	159	152	0,615	-
Dezembro	173	181	167	164	0,483	-
Janeiro	151	152	155	156	0,121	-

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81 (GL tratamentos = 3; GL resíduo = 9).

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significante, para  $\alpha = 5\%$  (teste de Tukey).

<sup>3</sup> Em agosto e setembro (F significativo), valores seguidos da mesma letra e na mesma linha não diferem significativamente, de acordo com o teste de Tukey, para  $\alpha = 5\%$  de significância.

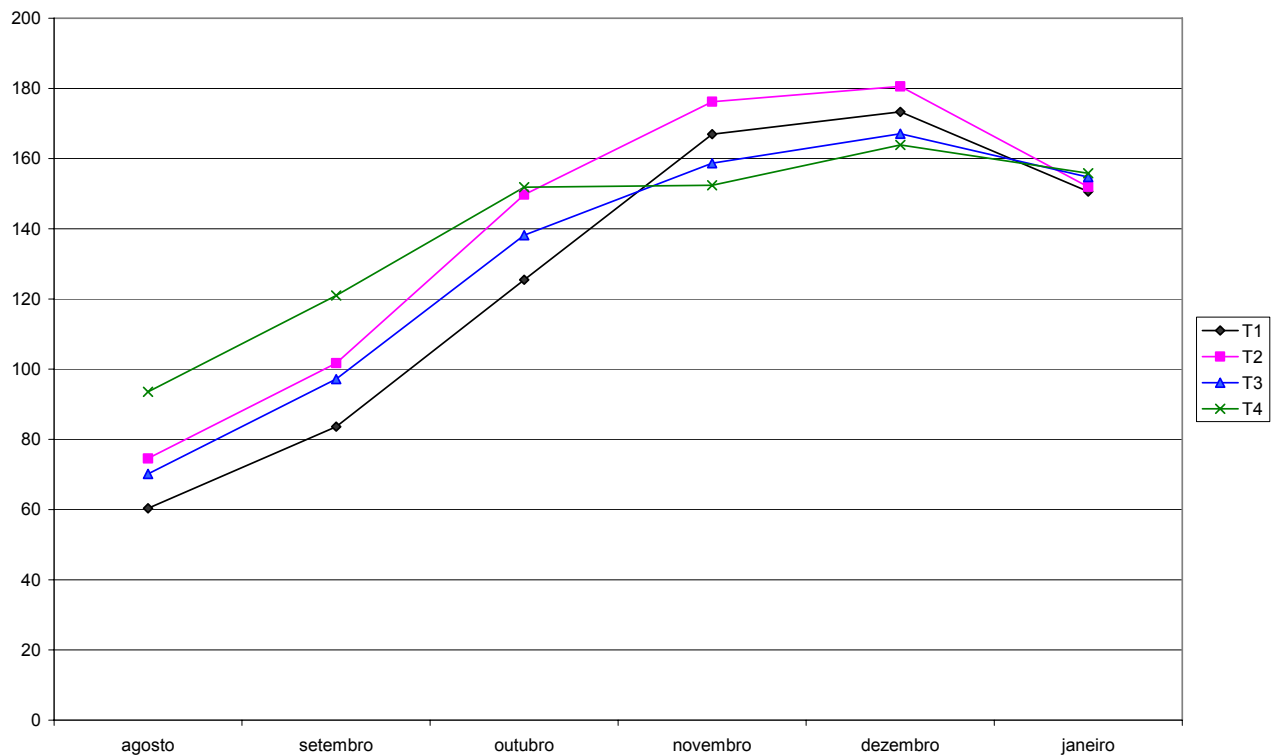


Figura 9 - Número médio de colmos em 10 metros de linha de cana-de-açúcar, de agosto de 2007 a janeiro de 2008

Esses resultados mostram que a presença do palhiço resultante da colheita mecanizada retardou significativamente o perfilhamento nos três primeiros meses após a instalação dos tratamentos, provavelmente devido a quatro fatores: barreira mecânica à elongação dos perfilhos; redução da luminosidade disponível aos perfilhos no início de seu desenvolvimento; redução da temperatura do solo; e, talvez, autoalelopatia. A partir do 4º mês (outubro), porém, essa diferença foi compensada, provavelmente devido, em grande parte, ao veranico que ocorreu na região em agosto e setembro de 2007 - em agosto não houve chuva, e em setembro choveu só 1,9 mm, conforme dados da estação convencional do posto agrometeorológico da ESALQ/USP apresentados na Tabela 3 - situação na qual a presença do palhiço torna-se favorável por retardar a perda de água por evaporação. Com relação às alternativas de manejo do palhiço (limpeza das linhas ou aleiramento), a limpeza das linhas mostrou-se mais eficiente em atenuar esse prejuízo ao perfilhamento inicial.

Esses resultados, obtidos com a variedade SP91-1049, são semelhantes aos obtidos por Vasconcelos (2002) com as variedades IAC87-3184, que apresentou menor perfilhamento sob palhiço do que após colheita manual de cana queimada apenas no primeiro bimestre após o corte; e SP80-1842, que apresentou perfilhamento menor sob palhiço nos dois primeiros bimestres após o corte. Coincidem também com os resultados obtidos por Carvalho (1996) com as variedades SP70-1143 e RB72454, onde constatou-se um efeito negativo causado pelo palhiço ao perfilhamento inicial, mas sem alteração do número de colmos ao final do ciclo.

Dentro do tratamento T3, foi possível comparar o perfilhamento nas linhas adjacentes às entrelinhas descobertas (linha 4 de cada parcela) com o perfilhamento nas linhas adjacentes à leira (média das linhas 3 e 5), pelo teste *t* para dados pareados. Essa comparação é apresentada na Tabela 25 e na Figura 10, onde pode-se observar que, nas parcelas onde foi feito o aleiramento do palhiço, o perfilhamento foi significativamente menor, de agosto a novembro, considerando-se nível de significância  $\alpha = 5\%$ , nas linhas adjacentes às leiras do que nas linhas sem palhiço nas entrelinhas adjacentes. Considerando-se o nível de significância  $\alpha = 10\%$ , essa diferença estendeu-se até dezembro, ou seja, até 6 meses após a instalação dos tratamentos, e só deixou de ser significativa em janeiro de 2008, ou seja, no momento em que o perfilhamento iniciou seu declínio, como pode ser visto nas Tabelas 24 e 25 e nas Figuras 9 e 10.

Tabela 25 - Número médio de perfilhos em 10 metros nas linhas adjacentes às leiras (linhas 3 e 5) e nas linhas sem palhiço nas entrelinhas adjacentes (linha 4), nas parcelas com palhiço aleirado, de agosto de 2007 a janeiro de 2008, comparados pelo teste *t* para dados pareados

<b>Mês</b>	<b>Média das linhas 3 e 5 (adjacentes às leiras)</b>	<b>Linha 4 (sem palhiço nas entrelinhas adjacentes)</b>	<b>t<sup>1</sup></b>
Agosto	59	93	8,930**
Setembro	86	120	5,319**
Outubro	127	161	5,564**
Novembro	152	172	4,494**
Dezembro	161	179	2,665*
Janeiro	149	167	2,203

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , t crítico = 3,182; para  $\alpha = 10\%$ , t crítico = 2,353 (4 repetições - GL = 3).

\* t significativo para  $\alpha = 10\%$ .

\*\* t significativo para  $\alpha = 5\%$ .

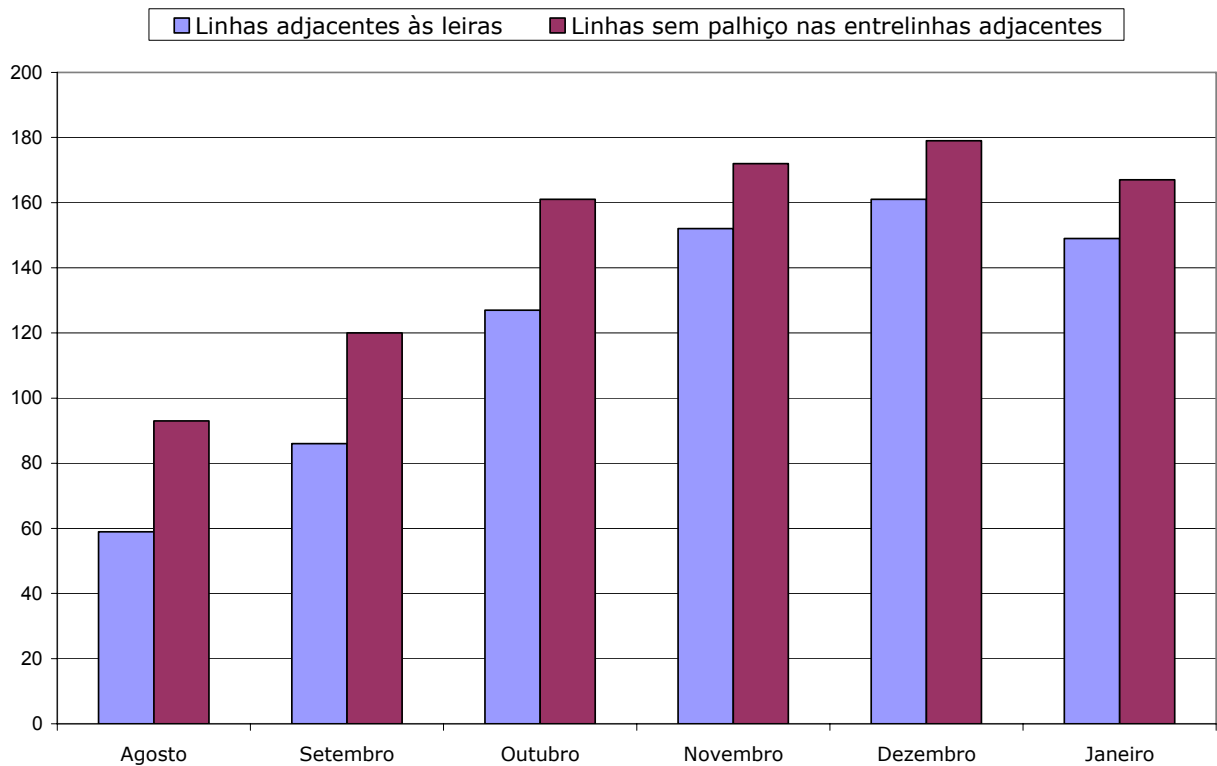


Figura 10 - Número médio de perfilhos em 10 metros nas linhas adjacentes às leiras (linhas 3 e 5) e nas linhas adjacentes às entrelinhas descobertas (linha 4), nas parcelas com palhiço aleirado, de agosto de 2007 a janeiro de 2008

Portanto, o aleiramento, além de ter se mostrado uma alternativa menos eficiente, conforme resultados apresentados na Tabela 24, do que a limpeza das linhas em mitigar o prejuízo ao perfilhamento inicial causado pelo palhiço resultante da colheita mecanizada, cumpre também chamar a atenção para um problema resultante do aleiramento: esta forma de manejo leva a uma significativa desuniformidade do perfilhamento inicial, que perdura por vários meses - no presente trabalho, considerando-se  $\alpha = 10\%$ , a desuniformidade só deixou de ser significativa 7 meses após a instalação dos tratamentos, em momento que coincidiu com o início do declínio do número de perfilhos. Essa desuniformidade do perfilhamento da cana com palhiço aleirado deve-se ao fato de que a quantidade de palhiço produzido pela cana planta foi muito grande (em média  $22,4 \text{ t.ha}^{-1}$  de matéria seca, conforme exposto na Tabela 7), de modo que, ao aleirar o palhiço, cada leira ficou grande o suficiente para cobrir as duas linhas de cana adjacentes à mesma, retardando a brotação e o perfilhamento nestas linhas.



### 2.3.5 Crescimento inicial da cana-de-açúcar

Conforme explicado no item 2.2.4, para biomassa de parte aérea não convém considerar o nível de significância  $\alpha = 10\%$ , pois o peso das canas é sujeito a uma variação do acaso notavelmente grande, principalmente nos primeiros meses de desenvolvimento, portanto a adoção de níveis de significância maiores do que 5% poderia representar uma potencial fonte de erros.

Na Tabela 26 e na Figura 11, são apresentados os resultados, médios de cada tratamento, do peso médio da parte aérea ( $\text{g.cana}^{-1}$ ). Na Tabela 26, é interessante observar que o tratamento que mais favoreceu o crescimento inicial da cana foi a limpeza das linhas (T2), e para entender isso é importante considerar o veranico que ocorreu em agosto e setembro de 2007, acerca do qual comentou-se no item anterior. Nessas condições, é fácil entender os resultados muito próximos apresentados pelos tratamentos T1 e T4: enquanto o palhico em área total (T1) apresenta a desvantagem de obstruir o crescimento inicial, de modo similar à obstrução que esse mesmo tratamento impõe ao perfilhamento (do qual tratou-se no item anterior), o mesmo reduz as perdas de água por evaporação, o que constitui uma vantagem considerável em condições de veranico; o contrário ocorre com a queima do palhico (T4), onde a perda de água por evaporação é máxima (comparada aos demais tratamentos), porém a obstrução causada pelo palhico ao crescimento é quase que totalmente eliminada. Neste trabalho, percebe-se que, no que tange ao crescimento inicial, as vantagens e desvantagens de T1 e T4 compensaram-se, resultando num crescimento inicial (avaliado em setembro de 2007) muito próximo, com valores intermediários em relação às duas alternativas de manejo de palhico (T2 e T3), que resultaram nos valores extremos. A partir de outubro (4 meses após a instalação dos tratamentos), os tratamentos não mais diferiram significativamente quanto ao peso médio da parte aérea das canas.

Tabela 26 - Peso médio da parte aérea (g.cana<sup>-1</sup>), de setembro de 2007 a janeiro de 2008

Mês	Tratamento				F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>
	T1	T2	T3	T4		
Setembro	33,3 ab	37,5 a	26,6 b	30,1 ab	4,056	10,2
Outubro	88,1	75,5	78,9	63,0	1,667	-
Novembro	174,3	185,4	163,7	146,7	0,635	-
Dezembro	435,6	429,8	415,7	303,7	3,039	-
Janeiro	721,8	834,9	820,4	871,4	1,404	-

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86 (GL tratamentos = 3; GL resíduo = 9).

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significativa, para  $\alpha = 5\%$  (teste de Tukey).

<sup>3</sup> Em setembro (F significativo), valores seguidos da mesma letra e na mesma linha não diferem significativamente, de acordo com o teste de Tukey, para  $\alpha = 5\%$  de significância.

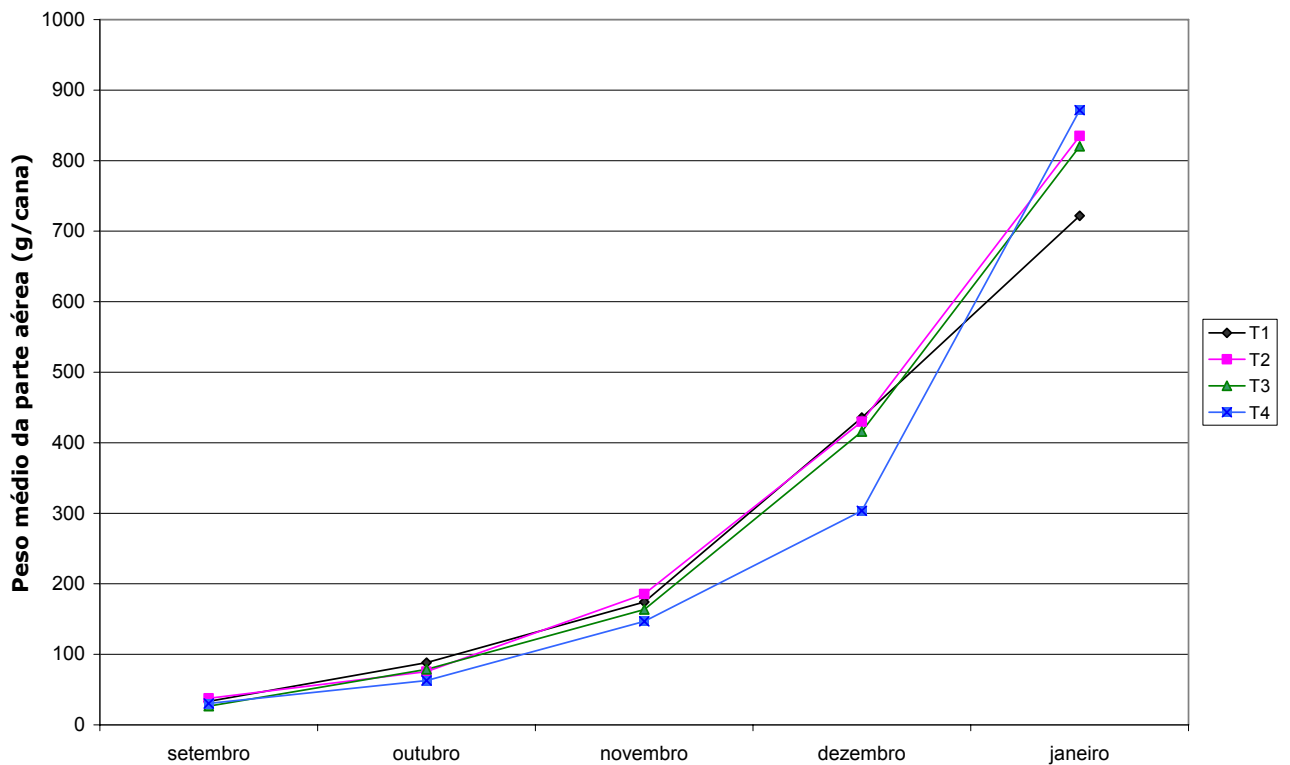


Figura 11 - Peso médio da parte aérea (g.cana<sup>-1</sup>), de setembro de 2007 a janeiro de 2008

Com relação às alternativas de manejo do palhicho (T2 e T3), a limpeza das linhas (T2) reduz o efeito negativo do palhicho sobre o crescimento inicial, ao mesmo tempo em que mantém, em grande parte, a redução da perda de água por evaporação (como demonstram os resultados apresentados na Tabela 28, onde os teores de água total dos tratamentos T1 e T2 resultaram muito próximos). Isso explica porque a limpeza das linhas foi o tratamento que produziu os melhores resultados de biomassa de parte aérea ( $\text{g.cana}^{-1}$ ) em setembro de 2007.

Na Tabela 27 e na Figura 12, são apresentados os resultados de biomassa de parte aérea em  $\text{kg.ha}^{-1}$ . Esses resultados são dependentes do perfilhamento (resultados apresentados no item anterior), do espaçamento (1,5 m) e do peso médio da parte aérea das canas ( $\text{g.cana}^{-1}$ ), como pode-se observar na eq. (1) (item 2.2.3.2). É interessante observar que em setembro, quando os tratamentos apresentaram resultados significativamente diferentes tanto para o perfilhamento quanto para o peso médio das canas ( $\text{g.cana}^{-1}$ ), a biomassa total de parte aérea por hectare não chegou a diferir significativamente em função de tratamentos, pois os dois tratamentos que diferiram quanto ao perfilhamento (T1 e T4) ficaram muito próximos entre si quanto ao peso médio de parte aérea, resultando em biomassa total por hectare sem diferença significativa.

Tabela 27 - Acúmulo de biomassa de parte aérea ( $\text{t.ha}^{-1}$ ), de setembro de 2007 a janeiro de 2008

Mês	Tratamento				F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>
	T1	T2	T3	T4		
Setembro	1,863	2,528	1,713	2,475	2,650	-
Outubro	7,186	7,576	7,287	6,413	0,435	-
Novembro	18,889	21,457	17,521	14,756	1,586	-
Dezembro	49,557 a	51,529 a	45,762 ab	33,108 b	8,278	12,683
Janeiro	72,063	84,390	83,587	90,477	2,937	-

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86 (GL tratamentos = 3; GL resíduo = 9).

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significante, para  $\alpha = 5\%$  (teste de Tukey).

<sup>3</sup> Em setembro (F significativo), valores seguidos da mesma letra e na mesma linha não diferem significativamente, de acordo com o teste de Tukey, para  $\alpha = 5\%$  de significância.

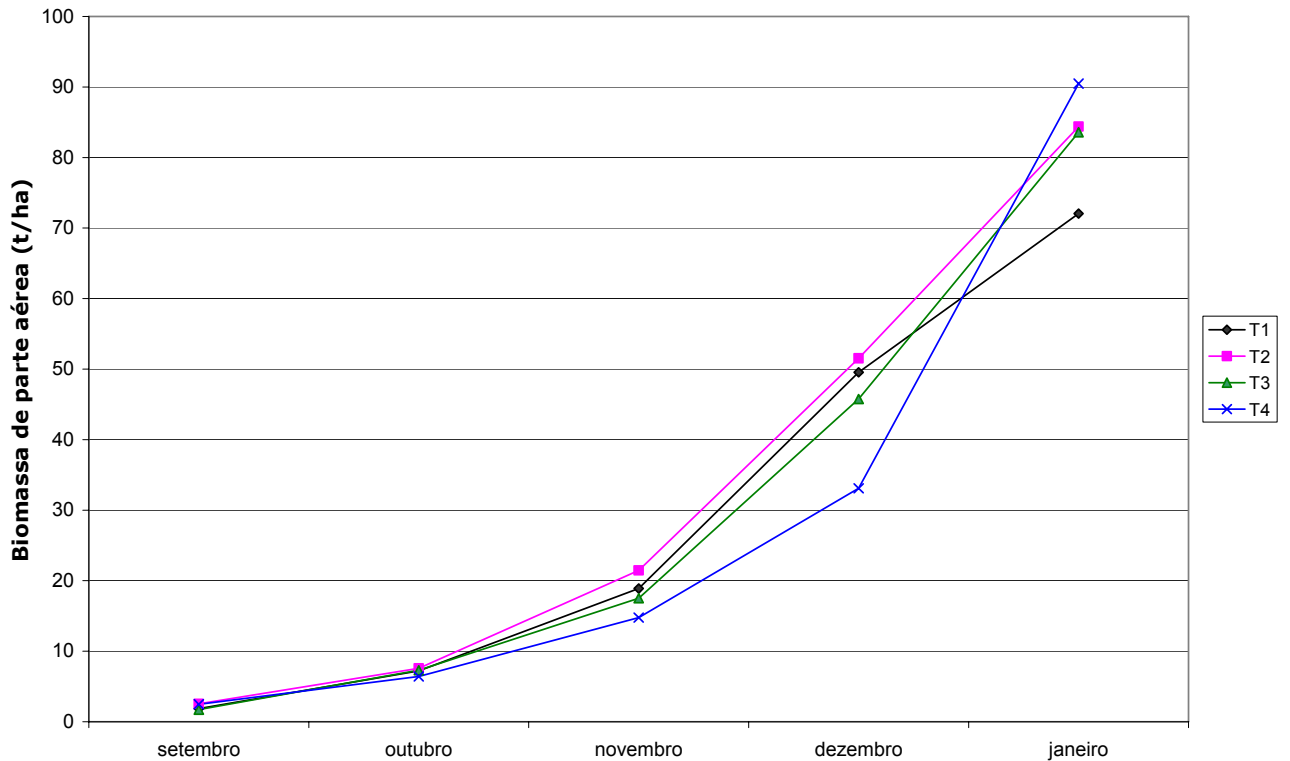


Figura 12 - Acúmulo de biomassa de parte aérea ( $t \cdot ha^{-1}$ ), de setembro de 2007 a janeiro de 2008

Com relação à diferença observada em dezembro, onde T4 apresentou menor biomassa de parte aérea do que T1 e T2, esse resultado aparentemente estranho pode ser compreendido observando-se as Figuras 9 e 11: em dezembro os tratamentos não diferiram significativamente nem quanto ao perfilhamento nem quanto ao peso médio das canas, porém nesse mês T4 apresentou resultados numericamente menores, embora não significativamente diferentes, para ambas as variáveis, de modo que, ao calcular-se a biomassa de parte aérea por área (variável dependente das outras duas), essas pequenas diferenças acumularam-se e resultaram num fator F significativo. Portanto, essa diferença observada em dezembro não deve ser considerada, por tratar-se de uma variável dependente de outras duas para as quais, nesse mês, as médias dos tratamentos não diferiram significativamente.

### 2.3.6 Distribuição da umidade no perfil do solo

Na Tabela 28, são apresentados os valores médios, por tratamento e por camada, das quantidades de água (mm) total e disponível (total menos água retida no PMP) encontradas no solo entre 17 e 21 de maio de 2008 (após 15 a 19 dias sem chuva, como mostra a Tabela 8). As análises estatísticas dizem respeito somente à água total, já que a disponível apresentou, em várias amostras, o valor “zero”, impossibilitando a análise estatística desta variável. Na Tabela 28, pode-se observar que, entre os diferentes tratamentos, houve diferença significativa na quantidade de água total somente na camada de 0-20 cm, na qual o solo sob palhicho em área total (T1) apresentou maior quantidade de água do que onde o palhicho foi queimado (T4), enquanto as duas alternativas de manejo do palhicho (T2 e T3) apresentaram resultados intermediários, o que é perfeitamente coerente com o fato de que o palhicho cobre 100% do solo em T1, de 70 a 75% em T2, cerca de 33,4% em T3 (CAMPOS et al., 2008), e 0% em T4, portanto a contribuição do palhicho para reduzir as perdas de água por evaporação segue a seguinte lógica:  $T1 > T2 > T3 > T4$ .

Tabela 28 - Valores médios de água total e disponível nas diferentes camadas de solo

Camada	Tratamento	Água (mm)		F <sup>1</sup>	DMS <sup>2</sup>	
		Disponível	Total <sup>3</sup>		$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$
0-20 cm	T1	0,19	75,21 a	9,68**	6,13	7,19
	T2	0,00	74,07 ab			
	T3	0,00	69,55 ab			
	T4	0,00	64,05 b			
20-40 cm	T1	6,90	74,84	1,35	-	-
	T2	0,00	73,75			
	T3	0,00	72,49			
	T4	0,00	70,89			
40-60 cm	T1	1,37	81,22	0,59	-	-
	T2	0,00	78,24			
	T3	0,54	79,97			
	T4	0,00	79,86			
60-80 cm	T1	4,99	70,43	0,17	-	-
	T2	3,69	69,13			
	T3	4,29	69,73			
	T4	4,23	69,67			
0-80 cm (somatória)	T1	8,43	301,70	2,31	-	-
	T2	4,49	295,19			
	T3	4,83	291,74			
	T4	4,23	284,47			

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

<sup>2</sup> DMS = diferença mínima significativa (critério de Tukey).

<sup>3</sup> As comparações estatísticas (F e DMS) dizem respeito à água total, e não à disponível. Valores seguidos pela mesma letra, na mesma camada de solo, não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\* F significativo considerando-se  $\alpha = 10\%$ .

\*\* F significativo considerando-se  $\alpha = 5\%$ .

Na Tabela 29, é apresentada a comparação, pelo teste *t* para dados pareados, entre as quantidades de água total (mm) presentes nas diferentes camadas do solo das entrelinhas sob leira e sem palhiço, no tratamento com palhiço aleirado (T3). Nessa tabela, pode-se observar que entre o solo sob leira e o solo descoberto, considerando-se  $\alpha = 5\%$ , somente na camada de 20-40 cm houve diferença significativa; enquanto para  $\alpha = 10\%$  houve diferença nas camadas de 0-20 e 20-

40 cm, sendo evidentemente maior a quantidade de água total presente no solo sob leira do que no solo descoberto.

Tabela 29 - Comparação entre as quantidades de água total (mm) presentes nas diferentes camadas do solo das entrelinhas sob leira e sem palhiço, no tratamento com palhiço aleirado (T3), pelo teste *t* para dados pareados

Camada	Água total (mm)		t <sup>1</sup>
	Média sob leira	Média no solo descoberto	
0-20 cm	72,71	67,97	3,120*
20-40 cm	74,57	71,45	3,900**
40-60 cm	81,49	79,21	1,906
60-80 cm	69,53	69,82	0,239
0-80 cm (somatória)	298,30	288,46	2,324

Notas:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , t crítico = 3,182; para  $\alpha = 10\%$ , t crítico = 2,353.

\* t significativo considerando-se  $\alpha = 10\%$ .

\*\* t significativo considerando-se  $\alpha = 5\%$ .

Para compreender esses resultados, convém frisar que o palhiço reduz a perda de água por evaporação, mas não tem efeito direto sobre a transpiração, por isso é natural que somente na camada mais superficial exista diferença significativa devida a tratamentos. No caso do tratamento T3, a diferença entre as entrelinhas sob leira e sem palhiço estendeu-se até a camada de 20-40 cm; no entanto, a ausência de diferença, a 5% de significância, na camada de 0-20 cm (diferença significativa somente a 10%) provavelmente deve-se ao fato da amostragem ter sido feita próxima à linha 3, em ambos os lados da mesma, e à forte capilaridade do solo, através da qual a evaporação mais intensa na entrelinha descoberta pode causar, especialmente na camada mais superficial, fluxo da água localizada nas partes do solo mais próximas à margem da leira (onde foi feita a amostragem sob leira) deste local para a entrelinha sem palhiço (da região mais úmida para a mais seca). Em outras palavras, principalmente na camada mais superficial (0-20 cm) é provável que a capilaridade tenha contribuído para amenizar a diferença entre os teores de água total no solo sob leira e no solo descoberto no tratamento T3, mediante o fluxo de água da região mais úmida (sob leira) para a mais seca (solo descoberto).

É importante ter em vista que, quando as amostragens foram feitas, em maio de 2008 (11 meses após o corte da cana planta e 10 meses após a instalação dos tratamentos), a cana já estava grande, com intensa transpiração, e já havia derrubado muita palha sobre o solo, contribuindo, tanto pela transpiração quanto pela palha liberada pela cana soca, para reduzir os efeitos do palhiço residual da colheita. Ainda assim, esses efeitos foram significativos na camada de 0-20 cm (diferenças entre tratamentos), e até mesmo na de 20-40 cm (diferença entre as entrelinhas sob leira e sem palhiço do tratamento T3). Portanto, em períodos sem chuva no início do desenvolvimento da cana, podem-se esperar diferenças ainda maiores entre as formas de colheita e de manejo do palhiço, e entre as entrelinhas sob leira e sem palhiço dos canaviais submetidos ao aleiramento.

### **2.3.7 Distribuição do sistema radicular no perfil do solo**

Na Tabela 30, são apresentados os valores médios, por tratamento e por camada, de densidade de raízes [gramas de matéria seca (MS) de raízes por litro de solo] encontrados nas amostras de solo coletadas entre 17 e 21 de maio de 2008 (as mesmas amostras das quais analisou-se o teor de água, apresentado no item anterior). Na Tabela 31, é apresentada a comparação, pelo teste *t* para dados pareados, entre os valores de densidade de raízes presentes nas diferentes camadas de solo das entrelinhas sob leira e sem palhiço, no tratamento com palhiço aleirado. Nessas tabelas, pode-se observar que a distribuição do sistema radicular no perfil do solo não apresentou nenhuma diferença significativa devida aos tratamentos, nem tampouco entre as entrelinhas com e sem palhiço do tratamento T3, nem mesmo considerando-se nível de significância  $\alpha = 10\%$ . Contudo, além das raízes no perfil do solo, existem também raízes em meio à palhada, conforme tratar-se-á em maiores detalhes no Anexo A. Neste estudo, foram quantificadas somente as raízes presentes no perfil do solo.



Tabela 30 - Valores médios de densidade de raízes nas diferentes camadas de solo

<b>Camada</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Densidade média de raízes</b> ( $\frac{\text{g de MS de raízes}}{\text{litro de solo}}$ )	<b>F<sup>1</sup></b>
0-20 cm	T1	3,265	1,00
	T2	4,442	
	T3	4,597	
	T4	4,163	
20-40 cm	T1	0,998	1,05
	T2	1,428	
	T3	1,467	
	T4	1,562	
40-60 cm	T1	0,502	2,41
	T2	1,037	
	T3	0,754	
	T4	1,134	
60-80 cm	T1	0,374	0,30
	T2	0,516	
	T3	0,584	
	T4	0,554	
0-80 cm (média das 4 camadas)	T1	1,285	1,25
	T2	1,856	
	T3	1,851	
	T4	1,853	

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

Tabela 31 - Comparação entre as densidades médias de raízes presentes nas diferentes camadas de solo sob leira e sem palhiço, no tratamento com palhiço aleirado, pelo teste *t* para dados pareados

Camada	Densidade de raízes ( $\frac{\text{g de MS de raízes}}{\text{litro de solo}}$ )		t <sup>1</sup>
	Média sob leira	Média sem palha	
0-20	3,927	4,932	0,672
20-40	1,373	1,514	0,235
40-60	0,810	0,726	0,415
60-80	0,606	0,573	0,467
0-80 (média das 4 camadas)	1,679	1,936	0,481

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , t crítico = 3,182; para  $\alpha = 10\%$ , t crítico = 2,353.

Esses resultados, obtidos com a primeira soca da variedade SP91-1049, são semelhantes aos encontrados por Alvarez, Castro e Nogueira (2000) que, trabalhando com a variedade SP70-1143 sob dois tratamentos (colheita mecanizada de cana crua e manual de cana queimada), avaliaram a matéria seca de raízes nas profundidades 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, e não encontraram nenhuma diferença significativa devida a tratamentos na primeira soca, mas somente na segunda.

A Figura 13 é um esquema geral da distribuição do sistema radicular no perfil do solo. Como em nenhuma camada houve diferença significativa devida aos tratamentos, nessa figura é apresentada, para cada camada, a média geral de todas as 16 parcelas do experimento.

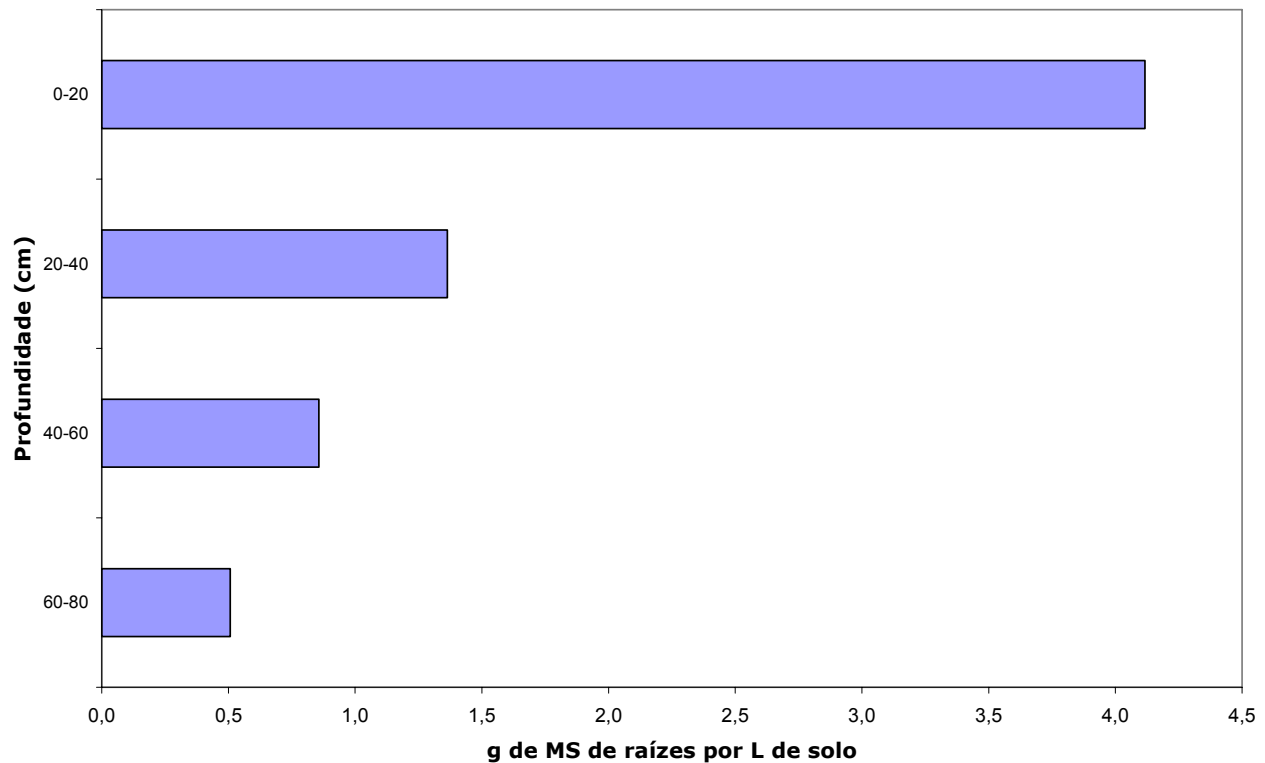


Figura 13 - Representação gráfica da distribuição do sistema radicular no perfil do solo: quantidade, média geral das 16 parcelas, de matéria seca de raízes por volume de solo ( $\text{g.dm}^{-3}$ ) em cada camada do mesmo

### 2.3.8 Maturação e produção final

Na Tabela 32, são apresentados os valores médios de ATR (kg de ATR por tonelada de cana), e os teores de pol, pureza e AR no caldo. Nessa tabela, pode-se observar que os diferentes tratamentos não afetaram significativamente, nem mesmo com nível de significância  $\alpha = 10\%$ , o estágio de maturação em que a cana se encontrava entre 28 de maio e 9 de junho de 2008.

Tabela 32 - Valores médios do teor de ATR na cana-de-açúcar; e da pol, pureza e AR do caldo

Tratamento	ATR ( $\frac{\text{kg de ATR}}{\text{t de cana}}$ )		Pol do caldo		Pureza (%) do caldo		AR (%) do caldo	
	Valores médios	F <sup>1</sup>	Valores médios	F <sup>1</sup>	Valores médios	F <sup>1</sup>	Valores médios	F <sup>1</sup>
T1	129,9		14,86		86,58		0,563	
T2	135,9	1,78	15,65	1,44	87,77	0,84	0,508	0,25
T3	136,1		15,75		87,99		0,502	
T4	135,7		15,76		87,13		0,538	

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

Na Tabela 33, são apresentados os valores de produção final, por área, de colmos e de ATR (ambos em  $\text{t.ha}^{-1}$ ). Pode-se observar que os tratamentos não afetaram significativamente, nem mesmo com nível de significância  $\alpha = 10\%$ , a produção final por área, nem de colmos e nem de ATR.

Tabela 33 - Valores médios de produção final, por área, de colmos de cana-de-açúcar e de ATR

Tratamento	Produtividade de colmos ( $\text{t.ha}^{-1}$ )		Produtividade de ATR ( $\text{t.ha}^{-1}$ )	
	Valores médios	F <sup>1</sup>	Valores médios	F <sup>1</sup>
T1	101,111		13,147	
T2	112,222	0,40	15,279	0,78
T3	108,889		14,832	
T4	112,222		15,186	

Nota:

<sup>1</sup> Considerando-se  $\alpha = 5\%$ , F crítico = 3,86; para  $\alpha = 10\%$ , F crítico = 2,81.

A partir de 18 de abril de 2008, foi observado o tombamento de mais de 50% das canas. Anteriormente a isso, havia sido observado o tombamento de algumas poucas canas. Como dentro de pouco tempo (entre 10 e 18 de abril) foi observado um brusco e grande incremento do tombamento, e também pela predominância do mesmo no sentido norte-sul, há fortes indícios de que isso tenha sido devido a alguma ventania. Felizmente, o tombamento pouco ou nada afetou as análises químicas de folhas, já que a amostragem foi feita quando eram ainda raras as canas que já tinham tombado. Por outro lado, na quantificação da produção final e na avaliação da maturação, é possível que a grande variação do acaso devida ao tombamento tenha tornado impossível a detecção de alguma eventual influência dos tratamentos sobre essas variáveis, principalmente a maturação da cana, já que o tombamento produz condições muito favoráveis à ocorrência de brotações laterais e, por conseguinte, de inversão de sacarose.

Não obstante, esses resultados, obtidos com a variedade SP91-1049, coincidem com os encontrados por Vasconcelos (2002) com as variedades IAC86-2210, IAC87-3184, IAC87-3396, RB855536 e SP80-1842, para as quais não houve diferença significativa de produtividade, nem de TCH nem de TPH, entre os dois sistemas de colheita (cana crua mecanizada e queimada manual), na média da segunda e terceira socas; e coincidem também com os obtidos por Gomide (1993) com as variedades SP71-1406 e SP70-1143, cuja produção de colmos em  $t.ha^{-1}$  não apresentou nenhuma diferença significativa em função da presença ou ausência de palhiço sobre o solo; e com os obtidos por Carvalho (1996) com a variedade RB72454, para a qual não houve nenhuma diferença significativa, quanto ao rendimento de colmos ( $t.ha^{-1}$ ) e de ATR ( $kg.ha^{-1}$ ), em função da presença ou ausência do palhiço residual da colheita.

### 3 CONCLUSÕES

A cana-de-açúcar cv. SP91-1049 teve seu perfilhamento inicial reduzido em presença do palhiço deixado em área total, em comparação com o tratamento com palhiço queimado. Essa diferença estendeu-se até o 5º mês após o corte, e a partir de então o perfilhamento não mais diferiu entre os tratamentos. A limpeza das linhas (ou “desaleiramento”) mostrou-se a forma de manejo mais eficaz em mitigar o prejuízo causado pelo palhiço ao perfilhamento inicial. O aleiramento, além de mostrar-se menos eficaz nesse sentido, causou uma desuniformidade que se estendeu até o início do declínio do número de perfilhos, 8 meses após a colheita da cana planta. Não foi detectada nenhuma influência significativa dos tratamentos sobre a produção final de colmos, nem de ATR, e nem sobre a maturação da cana, o que sugere que a variedade SP91-1049 é relativamente bem adaptada ao sistema de colheita mecanizada de cana crua.

O palhiço favoreceu uma pequena compactação do solo, detectável pela aeração do solo na capacidade de campo, na camada de 0 a 20 cm, significativamente menor no tratamento limpeza de linhas do que com palhiço queimado, mas insuficiente para que a densidade do solo apresentasse qualquer diferença significativa devida aos tratamentos. Essa pequena compactação provavelmente deve-se à maior umidade, que favorece a compactação por ocasião de operações mecanizadas, mantida na mesma camada superficial do solo, tal como de fato observou-se 11 meses após o corte e com pouco mais de 2 semanas sem chuva, quando encontraram-se teores de umidade significativamente maiores sob palhiço em área total do que com a queima do mesmo, diferença esta observada apenas na camada de 0-20 cm, e não nas camadas mais profundas. Não obstante, a distribuição do sistema radicular no perfil do solo não apresentou nenhuma diferença significativa devida aos tratamentos.

Quanto às propriedades químicas do solo na camada de 0 a 20 cm, ao longo do ciclo da primeira soca, não foi detectada nenhuma influência significativa dos tratamentos sobre o teor de MO (e, por conseguinte, de carbono orgânico), nem sobre a CTC, pH e alumínio. Quanto aos teores de macro e micronutrientes no solo, apenas o manganês foi significativamente afetado, apresentando maior teor onde o palhiço foi queimado do que onde foi deixado em área total. Esses resultados constituem um indício de que não convém reduzir doses de adubação em previsão de nutrientes a serem liberados futuramente pelo palhiço, sendo preferível aplicar as doses recomendadas pela literatura em função dos resultados das análises químicas do solo.



## REFERÊNCIAS

AGUIAR, S.F. de. **Observações sobre sistema radicular de cana planta (*Saccharum* spp.)**. Jaboticabal: UNESP, FACV, 1978. 24 p.

ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C.; NOGUEIRA, M.C.S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 653-659, 2000.

ARÉVALO, R.A. Manejo de plantas daninhas em áreas de colheita de cana crua. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 16, p. 26-28, 1998.

ARIZONO, H. **Bula 2003**. São Carlos: UFSCar, Depto. de Biotecnologia Vegetal, 2003. 1 disquete, 3 ½ pol.

AZANIA, A.A.P.M.; AZANIA, C.A.M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M.C.M.D.; PITELLI, R.A. Influência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família *Convolvulaceae*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, p. 207-212, 2002.

AZANIA, C.A.M.; ROLIM, J.C. Influência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) nos componentes químicos do solo e na infestação de plantas daninhas. **Ciência das Plantas Daninhas**. Boletim Informativo, Londrina, v. 5, p. 3, 1999.

BALL-COELHO, B.; SAMPAIO, E.V.S.B.; THESEN, H.; STEWART, J.W.B. Root dynamics in plant and ratoon crops of sugar cane. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 142, p. 297-305, 1992.

BAYMA, C. **Tecnologia do açúcar**: da matéria-prima à evaporação. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Álcool, 1974. 292 p. (Coleção Canavieira, 13).

BEAUCLAIR, E.G.F. de; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2007. p. 65-73.

BERNARDES, M.S.; CÂMARA, G.M.S. **Cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Produção Vegetal, 2001. 20 p.

BUHLER, D.D.; MESTER, T.C.; KOHLER, K.A. The effect of maize residues and tillage on emergence of *Setaria faberi*, *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album*. **Weed Research**, Oxford, v. 36, p. 153-165, 1996.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 31-64.

CAMARGO, P.N. **Fisiologia de la caña de azúcar**. México: Comisión Nacional de la Industria Azucarera, 1976. 59 p. (Serie Divulgación Técnica IMPA Folleto, 6).



CAMPOS, L.H.F.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; FORTES, C.; SILVA, J.S. Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar (Var. SP83-2847) submetida a três manejos da palhada. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v. 26, n. 6, p. 33-36, jul./ago. 2008.

CARVALHO, E.P. de. **Uma solução chamada etanol**. 2006. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 10 mar. 2006.

CARVALHO, J.P. de. **Análise da potencialidade autoalelopática de restos culturais da colheita de cana-de-açúcar**. 1996. 72 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157 p.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba, 2003. 115 p.

COPERSUCAR. Controle de produção integrado aplicado à cana-de-açúcar: Sistema Copi. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 1., 1982, Piracicaba. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1982. p. 193-209.

DELGADO, A.A.; CÉSAR, M.A.A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Tecnologia Rural, 1977. 364 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

FERNANDES, J. **Subsolagem no controle da compactação do solo na cana-soca (*Saccharum spp.*) variedade CB41-76 e seus efeitos no rendimento agrícola e no sistema radicular**. 1979. 158 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

FERNANDES-QUINTANILLA, C. Studying the population dynamics of weeds. **Weed Research**, Oxford, v. 28, p. 443-447, 1988.

FRANCO, A. Mecanização extingue vagas no campo. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 22 out. 2009. Caderno de Economia, p. 1.

GOMIDE, M.B. **Potencialidades alelopáticas dos restos culturais de dois cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no controle de algumas plantas daninhas**. 1993. 99 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

HARRIS, S.M.; DOOHAN, D.J.; GORDON, R.J.; JENSEN, K.I.N. The effects of thermal time and soil water on emergence of *Ranunculus repens*. **Weed Research**, Oxford, v. 38, p. 405-412, 1998.

- HERMANN, E.R. **Desempenho vegetativo e produtivo de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a doses de calcário e de gesso.** 1997. 72 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- HORII, J. **A cana-de-açúcar como matéria-prima.** Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, 2004. 27 p.
- HUMBERT, R.P. **The growing of sugar cane.** Amsterdam: Elsevier, 1968. 779 p.
- KORNDÖRFER, G.H.; PRIMAVESI, O.; DEUBER, R. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, n. 47, p. 32-36, 1989.
- KREMER, R.J.; SPENCER, N.R. Persistence and its prediction. In: HANCE, R. S. **Interaction between herbicides and the soil.** New York: Academic Press, 1980. chap. 4, p. 83-122.
- KUVA, M.A. **Efeito de períodos de controle e de convivência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no Estado de São Paulo.** 1999. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- LACLAU, P.R.F.B. **Balanço hídrico e crescimento de raízes da cana-de-açúcar sob disponibilidade de água contrastante e comparados ao modelo MOSICAS.** 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- LANE, J.H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator.** London: Norman Rodge, 1934. 8 p.
- LEME FILHO, J.R.A. **Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).** 2005. 151 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- LORENZI, H. Considerações sobre plantas daninhas no plantio direto. In: TORRADO, P. V.; ALOISI, R.R. **Plantio direto no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1984. cap. 2, p. 13-46.
- LUCCHESI, A.A. Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira.** Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. p. 13-45.
- MAIA, N.B.; BEAUCLAIR, E.G.F. de. Utilização da metodologia do Sistema Copi na determinação dos fatores limitantes da produtividade. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., 1984, Piracicaba. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1984. p. 151-161.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1982. 80 p.

MANECHINI, C. Manejo agrônômico da cana crua. In: COPERSUCAR. **Relatório técnico**. Piracicaba, 1998. p. 309-327.

MARIANI FILHO, L. **Utilização da palha de cana-de-açúcar para aumento da capacidade energética de plantas de utilidades**. São Paulo: USP, Escola Politécnica, 2006. Disponível em <[http://www.poli.usp.br/d/pme2599/2006/Artigos/Art\\_TCC\\_027\\_2006.pdf](http://www.poli.usp.br/d/pme2599/2006/Artigos/Art_TCC_027_2006.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2009.

MARTINS, D.; VELINE, E.D.; MARTINS, C.C.; SOUZA, L. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, p. 151-161, 1999.

MATA, C.; SCHLINDWEIN, M. São Paulo firma parceria com produtores para reduzir queimadas de canaviais. **Portal do Governo do Estado de SP**. São Paulo, 04 jun. 2007. Disponível em <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/sis/lenoticia.php?id=84947&c=6>>. Acesso em: 02 mar. 2009.

MEDEIROS, D. **Efeitos da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sobre o manejo de plantas daninhas e dinâmica do banco de sementes**. 2001. 126 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MELLENDEZ, J.A.M. **Efeito da cobertura do solo no controle de plantas daninhas na cultura do pepino (*Cucumis sativus L.*)**. 1990. 110 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

MIGUEL, S. A polêmica do “carvãozinho”. **Jornal da USP**. São Paulo, set. 2005. Disponível em: <<http://www.usp.br/jorusp/arquivo/2005/jusp738/pag1011.htm>>. Acesso em: 02 mar. 2009.

NOVO, M.C.S.S. **Efeito da palha de cana-de-açúcar e do tamanho de tubérculos no desenvolvimento da tiririca (*Cyperus rotundus L.*)**. 2004. 107 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; MURAOKA, T.; ZOTELLI, B. Efeitos do sistema de despalha (cana crua x cana queimada) sobre algumas propriedades do solo. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 16, n. 6, p. 30-33, jul./ago. 1998.

PRADO, A.P.A. **Perfilhamento e produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função da densidade de plantio**. 1988. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

PRADO, H. do. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo**. 4. ed. Piracicaba: O Autor, 2005. 281 p.

PROFESSOR defende colheita mecanizada. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 15 dez. 2005. Caderno D, p. 8.

PROTOCOLO da queima atrai mais 12 usinas. **Ethanol Brasil**, 18 fev. 2008. Disponível em: <<http://ethanolbrasil.blogspot.com/2008/02/protocolo-da-queima-atrai-mais-12.html>>. Acesso em: 02 mar. 2009.

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

ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função das épocas de plantio no Estado de São Paulo**. 1984. 154 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

RODRIGUES, J.C.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. de; RODRIGUES, A L.C. Integrated control of production applied to sugarcane: The COPI system. In: INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 18., 1983, Havana. Havana: Agricultural Commission, 1983. v. 1, p. 397-421.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, J.H.; CAVALCANTI, S.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III. Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 425-431, 1987.

SALVI, J.V. **Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar**. 2006. 89 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R. **Meteorologia agrícola**. 3. ed. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Ciências Exatas, 2000. 172 p.

SILVA, J.B. Plantio direto: redução dos riscos ambientais com herbicidas. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1997. cap. 6, p. 83-88.

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis. **Hawaiians Planter’s Record**, Honolulu, v. 57, n. 2, p. 139-150, 1964.

TEASDALE, J.R.; MOHLER, C.L. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 673-680, 1993.

TETTI, L. **Vantagens da cana**. 2002. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 10 mar. 2006.

TIMM, L.C. **Efeito do manejo da palha da cana-de-açúcar nas propriedades físico-hídricas de um solo.** 2002. 115 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

TOLEDO, V.; BEGLIOMINI, E. Controle de plantas daninhas em plantio direto. In: PEREIRA, M.H. **Guia prático para plantio direto.** Cuiabá: FEBRADAP, 2000. cap. 5, p. 45-51.

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

VASCONCELOS, A.C.M. de. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual.** 2002. 140 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2002.

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 148-165.

WESSON, G.; WARING, P.F. The role of light in the germination of naturally occurring populations of buried weed seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 20, p. 402-413. 1969.

**ANEXO**



## **ANEXO A - Observações visuais - Raízes em meio à palhada**

Por ocasião das amostragens de solo, ao afastar o palhiço para proceder a tradagem, observou-se que, em meio à palhada, existe sempre uma grande quantidade de raízes de cana-de-açúcar. Essas raízes não foram quantificadas no presente estudo, pois apenas o solo foi amostrado, e não o palhiço.

Conforme relatado no item 2.3.7, os tratamentos não afetaram significativamente a quantidade de raízes presentes **no perfil do solo**. Como as raízes em meio à palhada são sempre visivelmente abundantes, concluí-se que a cana desenvolvida sob os tratamentos palhiço em área total e linhas descobertas apresentam, além das raízes desenvolvidas normalmente sob a superfície do solo, as raízes em meio ao palhiço, que não existem nos canaviais colhidos após queima da palha, nem nas entrelinhas sem palhiço dos canaviais onde se procede o aleiramento.