

# FLUXOS TURBULENTOS DE CALOR, H<sub>2</sub>O E CO<sub>2</sub> SOBRE CANA-DE-AÇÚCAR EM SERTÃOZINHO, SP.

Humberto R. da ROCHA<sup>1</sup>, Osvaldo M.R. CABRAL<sup>2</sup>, Maria Assunção F. da SILVA DIAS<sup>1</sup>, Valmir BARBOSA<sup>3</sup> e Rodrigo S. Carvalho<sup>3</sup>.

## RESUMO

Um conjunto de medidas micrometeorológicas dos fluxos turbulentos de momentum e energia (fluxo de calor sensível, latente e de dióxido de carbono) foram coletadas sobre uma plantação de cana-de-açúcar em Sertãozinho, SP, de setembro de 1996 a Fevereiro de 1997, utilizando-se um sistema de covariância dos vórtices turbulentos acompanhado de medidas climatológicas de temperatura e umidade do ar, vento e radiação (solar incidente e saldo de radiação). São mostrados os ciclos diurnos na transição da estação seca para a chuvosa e na estação chuvosa. Mostra-se que a disponibilidade de energia e a evapotranspiração foram significativamente maiores na condição da estação seca; no entanto a fixação de carbono não teve uma redução tão significativa no período chuvoso. Essas mudanças refletem a fenologia do comportamento do dossel da vegetação em determinar a razão de Bowen e o parâmetro de eficiência do uso de água.

## INTRODUÇÃO

Em setembro de 1996 foi implementado o projeto 'Modelagem e Observação da Interação Biosfera Atmosfera na Região Sudeste', com uma componente experimental que pretende monitorar os balanços de superfície (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, momentum e energia) sobre as áreas de vegetação mais significativas do Sudeste por um período tal que abranja o ciclo fenológico. Estes dados, além de constituírem um conjunto inédito em áreas de atividade agropecuária no Brasil, serão utilizados na calibração de modelos numéricos de superfície acoplados aos modelos de previsão do tempo e do clima, que devem se beneficiar substancialmente dessa contribuição. Este trabalho mostra a etapa inicial deste projeto sobre uma área de cana-de-açúcar em Sertãozinho, SP. O monitoramento ambiental na cana de açúcar desperta interesse por várias razões. Camargo *et al.* (1995) estima que em 1993 as atividades agropecuárias ocuparam 71% da área do Estado, subdividida preferencialmente entre pastagens (59%) e cana-de-açúcar (14%). Adicionalmente, a área colhida de cana-de-açúcar no Brasil (4.2 milhões ha) representou 23,4% da área mundial, sendo 44% em São Paulo (Fernandes, 1996). A cana-de-açúcar é a fonte básica da produção de etanol no Brasil, cujo ciclo total tem saldo líquido igual a zero no que diz respeito à emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Macedo, 1992), mostrando que a cana-de-açúcar se mostra uma alternativa atraente e viável de desenvolvimento energético e redução de emissão de gases estufa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados coletados foram obtidos a partir de uma plataforma instrumental instalada sobre uma área de cana-de-açúcar, variedade SP 71-6180, com cinco meses de rebrota e altura média de 1,50 m, no seu 4<sup>o</sup> ciclo de soca, em setembro de 1996, na Usina Santa Elisa, Sertãozinho, SP. Uma torre meteorológica com 12 m de altura abrigou os seguintes sensores: perfil vertical de 05 anemômetros de copo (RM Young) e 05 psicrômetros (Campbell 107, Institute of Hydrology, UK); sensores de radiação solar global incidente e refletida (LiCor 200X) e saldo de radiação (REBS Fritschen), controlados por um datalogger Campbell

<sup>1</sup>CRI0X: um sistema de medição de fluxos turbulentos a 14,0 m de altura com anemômetro sônico tridimensional Gill Solent AR12A e analisador de H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> LiCor 6262. Foram selecionados dois dias típicos: 30/09/96, na transição da estação seca para a chuvosa, e 09/01/97, no meio da estação chuvosa. Estes

<sup>1</sup> Depto de Ciências Atmosféricas, IAG/Universidade de São Paulo, São Paulo  
email:humberto@model.iag.usp.br

<sup>2</sup> EMBRAPA Meio Ambiente, Jagariúna, SP

<sup>3</sup> Usina Santa Elisa, Sertãozinho.SP

dias mostram dados bastante contrastantes no que diz respeito ao balanço e partição de energia e à fixação de carbono.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a transição da estação seca para a chuvosa ainda ocorrem dias com pouca nebulosidade, como são mostrado na Fig. 1 os valores do saldo de radiação no dia 30/09/96, enquanto que em um dia típico da estação chuvosa, 09/01/97, os valores reduzem-se significativamente, variando em termos totais de 15 a 11.8 MJm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>. Não foi observada precipitação em nenhum desses dias. Entretanto o solo já estava úmido no 1º período (Cabral et al., 1997) e a vegetação estava sem estresse hídrico. Em 08/01/97 observou-se 40 mm de precipitação. A temperatura do ar e a velocidade do vento a 10 m de altura (Fig. 2) foram indicativos de uma situação sinótica de presença de sistemas frontais na região em 09/01, mostrando uma noite mais fria e ventos mais intensos do que em 30/09. Principalmente devido à redução do saldo de radiação, a evapotranspiração total também reduziu-se na condição da estação chuvosa (Fig. 3), variando de 3.4 a 2.0 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Essa redução ocorreu apesar de haver ventos mais intensos na condição chuvosa, mas observando-se a partição de energia (razão de Bowen) na Fig. 4, conclui-se que sob esse ponto de vista houve maior favorecimento de aquecimento por calor sensível a partir das 10 h em 09/01, em relação à condição da estação seca. Apesar desta significativa redução na evapotranspiração na condição úmida, a fixação de carbono (Fig. 5) não foi muito afetada na comparação dos dois eventos, variando respectivamente de 68 a 55 kg C ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Isso ocorreu principalmente associado à maior eficiência do uso da água, em termos de quantidade de CO<sub>2</sub> fixado por mm de vapor d'água liberado para a atmosfera (Fig. 6).

## CONCLUSÕES

Foram mostrados dois dias típicos dos fluxos turbulentos de energia, H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>, em 30/09/96 e 09/01/97, respectivamente na transição estação seca para estação chuvosa, e na estação chuvosa, sobre uma área de cana-de-açúcar em Sertãozinho, SP. Na condição seca, com menor nebulosidade, houve maior oferta de radiação e maior evapotranspiração do que na condição chuvosa. A fixação de carbono, no entanto, teve uma redução menos significativa na comparação dos dois eventos. Esse contraste ocorreu principalmente devido às modificações das propriedades da vegetação visíveis pela razão de Bowen e a eficiência do uso de água.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), que viabilizou a realização das medidas descritas nesse trabalho através do Projeto Fapesp 95/1816-4.

## BIBLIOGRAFIA

- CABRAL, O., ROCHA, H.; DIAS, M.A.F., BARBOSA, V. e CARVALHO, R. Balanço de água no solo em plantação de cana-de-açúcar. Anais do X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, ESALQ - USP, Piracicaba, (este volume), 1997.
- CAMARGO, A.M.M.P., ANEFALOS, L.C., COELHO, P.J., OLIVETTI, M.P.A. Alteração na composição da agropecuária no Estado de São Paulo; 1983-1993. *Informações Econômicas*, SP, 25(5), 49-81, 1995.
- FERNANDES, A.C. Produção e produtividade da cana-de-açúcar no Brasil. Anais do 6 Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcoleiros do Brasil-STAB, 602-612, novembro 1996.
- MACEDO, I.C. The sugar cane agro-industry - its contribution to reducing CO<sub>2</sub> emissions in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 3, No. 2, 77-80, 1992.

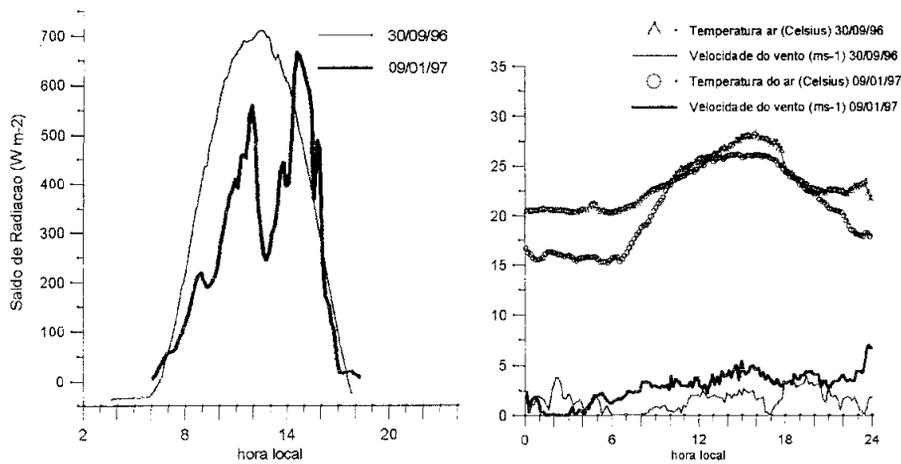


Figura 1 - Saldo de radiação ( $W m^{-2}$ )  
 Figura 2 - Velocidade do vento ( $m s^{-1}$ ) e temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ).

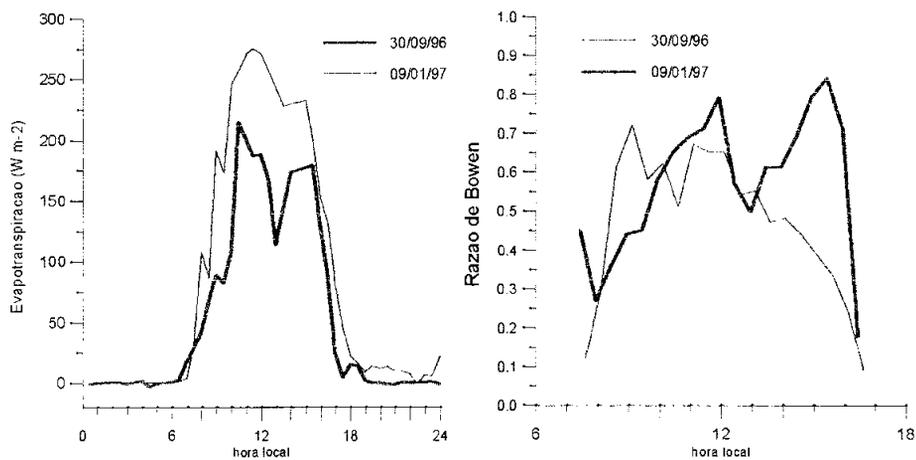


Figura 3 - Evapotranspiração ( $W m^{-2}$ ).  
 Figura 4 - Razão de Bowen.

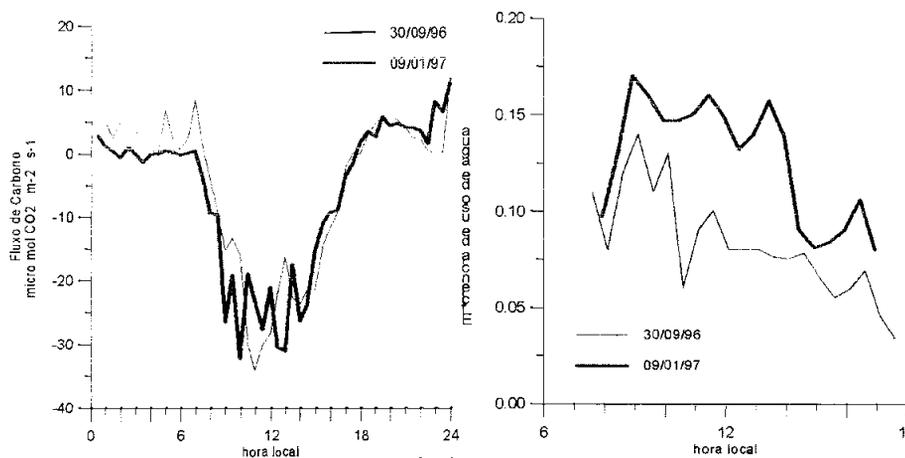


Figura 5 - Fluxo de  $CO_2$ , em  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$ .  
 Figura 6 - Eficiência do uso de água (fluxo de calor latente, em  $W m^{-2}$ ) dividido pelo fluxo de  $CO_2$ , em  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$