

MODELAGEM PARA OS FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E FLUXO DE CALOR LATENTE DE EVAPORAÇÃO NA REGIÃO CANAVIEIRA DE ALAGOAS

Manoel da Rocha Toledo Filho¹; Mikael Timóteo Rodrigues²

¹Prof. Dr. do Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas, toledo@ccen.ufal.br; ²Mestrando em Meteorologia do ICAT - UFAL.

ABSTRACT

The State of Alagoas is the largest sugar producer in northeastern Brazil, being the economic culture of greater expression. Sugarcane, tropical culture, has its development controlled by temperature, light and moisture. The micrometeorological allows the quantification of latent heat fluxes (evapotranspiration) and heat sensitive, important information for problems relating to agronomic, ecological studies, environmental pollution, harnessing wind energy and hydrological. The survey is based on the Central Coast region of sugarcane cultivation in the State of Alagoas. The data from an experiment were installed in the municipality of Pilar-AL (9°36 ' 12 " S, 35°53 ' 46 " W, 107 m.). In this context, this study was to model the flow of heat sensitive and latent heat flux, as dependent variables and the air temperature and relative humidity, respectively, as independent variables. It was possible to estimate the latent heat flux as a function of relative humidity, with a coefficient of determination (R^2) of 0.57 and estimating the flow of heat sensitive function of air temperature with a coefficient of determination (R^2) 0.56.

Keywords: Heat Sensitive, latent heat, Micrometeorology, sugar cane

1 - INTRODUÇÃO

Um estudo micrometeorológico faz medidas e análise das interações da vegetação, no caso um canal em regime contínuo e a atmosfera em termos de energia e os processos de transferência de massa, ou seja, vapor d'água, evapotranspiração. Um estudo dessa natureza auxilia a descobrir a extensão na qual o clima limita a produção agrícola em uma determinada região. Na zona canavieira de Alagoas não podemos fugir da realidade da necessidade de desenvolver esses estudos de interação clima-planta, pois os produtores de cana têm de suas baixas produtividade em relação ao mercado global. O efeito do estresse hídrico é irreversível e se ocorrer no período crítico, no caso da cana-de-açúcar na fase de crescimento vegetativo, torna-se crônico.

Toda a teoria da quantificação dos fluxos turbulentos, tanto pelos métodos aerodinâmicos ou pelo método do balanço de energia, considera situação potencial de condições hídricas.

Berlato e Molion (1981) fizeram uma revisão de literatura sobre evaporação e evapotranspiração. Os autores enfatizam a importância em se estudar esta transferência de água para a atmosfera, no estado de vapor, quer pela evaporação de superfícies líquidas, quer pela evaporação de superfícies úmidas ou pela transpiração vegetal.

A evapotranspiração é função de vários fatores ambientais, sendo um processo que depende da energia disponível para mudança do estado físico de água líquida para vapor, sendo, portanto, a radiação solar o fator isolado mais importante. As temperaturas do ar e da água associadas à radiação solar, conseqüentemente se correlacionam positivamente com a evaporação. O efeito do vento na evaporação é exercida pela remoção e renovação do ar logo acima da superfície evaporante.

Normalmente não existem medidas de evapotranspiração, como se faz necessário, para uma região e condições climáticas. Em vista disso, existem vários métodos de estimativas baseadas em princípios físicos e fisiológicos, ou mesmo equações empíricas que utilizam parâmetros climáticos comuns, consistem, em muitas vezes, na única alternativa disponível. Dentre os métodos existentes para estimativa, os métodos micrometeorológicos se destacam por ser considerados padrões, pois são que mais se aproximam da realidade. Isto devido a utilização de dados micrometeorológicos observados acima de superfícies específicas que se deseja estudar.

A micrometeorologia utiliza-se da técnica de medição de variáveis meteorológicas em vários níveis de altura para obtenção de gradientes na vertical. Todo movimento vertical que gera transporte de uma propriedade é função dos gradientes das propriedades que existem em diferentes alturas. Esse é a base dos estudos micrometeorológicos aplicados na agricultura para determinar a perda de água por uma comunidade vegetal.

O conhecimento do calor latente é um dos parâmetros mais importante na agricultura, pois podemos, através dele, medir a perda d'água pelas plantas. Segundo Shaw (1977), o problema central em micrometeorologia é o estudo dos processos, na maioria físicos, que resulta na criação de um único microambiente na camada limite da atmosfera. Esses processos são geralmente descritos quantitativamente em termos de relação de conservação, sendo a mais importante a energia termal. A partição do aquecimento solar para convecção na atmosfera, condução de calor latente da superfície, condução de calor no solo e radiação de ondas longas da superfície determinam, para uma grande extensão, a climatologia da superfície. O transporte de calor e vapor d'água no ar são processos de difusão acoplados aos movimentos turbulentos da atmosfera sendo a superfície um consumidor (sumidoro) de energia e a atmosfera o fornecedor.

O momento nada mais é do que a quantidade de ar em movimento e junto com esse movimento, ocorre transporte de massa, podendo ser vapor d'água, CO₂, poluentes atmosféricos entre outros, e o transporte de calor, em termos de calor sensível e calor latente. Todo esse processo de transferência, movimento de ar, se dão por processos fundamentados na teoria da turbulência atmosférica. Por isso a importância de se estudar o perfil do vento na vertical, porque é o vento (movimento do ar) que carrega as propriedades atmosféricas.

O conceito do saldo de radiação é muito importante por ser o responsável pela troca de energia na comunidade vegetal influenciando na temperatura do ar e do solo e na razão entre a produção e perda de água. (LOOMIS E CONNOR, 1992).

Dentre os métodos para determinação do consumo de água pelas plantas, destaca-se os micrometeorológicos. O método da razão de Bowen, proveniente do balanço de energia, baseia-se no princípio de conservação de energia, onde o ganho é igual a perda. Este método é aplicado, segundo Cunha, 1994, para determinação da evapotranspiração de culturas, através da quantificação dos fluxos de calor latente de evaporação (LE). A partir das medições e com base no cálculo da razão de Bowen, Cunha, 1994, determinou os fluxos de calor latente e sensível em um cultivo de alfafa, sem limitações hídricas, em Eldorado do Sul-RS.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa tem como base a região Litoral Centro da zona canavieira do estado de Alagoas, município de Pilar-AL (9°36'12"S, 35°53'46"W, 107 m). O ensaio constou de uma unidade experimental de 12,5 ha, cultivada com a cultura de cana-de-açúcar, variedade SP-4311. Os dados micrometeorológicos foram obtidos através de uma estação meteorológica automática onde foram registrados continuamente velocidade do vento (m.s⁻¹), temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) em quatro níveis, fluxo saldo de radiação (W.m⁻²) e fluxo de calor no solo (W.m⁻²). Os elementos micrometeorológicos foram coletados continuamente a cada segundo, sendo registrada sua média a cada 10 minutos. Foram utilizados dados horários dos meses de Janeiro, fevereiro, abril, junho, julho e agosto de 1998.

A equação do balanço de energia para uma vegetação de pequeno porte, é obtida através da medição do fluxo de saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (S) e pela estimativa do fluxo de calor latente (LE) e fluxo de calor sensível (H) a partir de β . A equação do balanço de energia pode ser expressa por:

$$Rn + LE + H + S = 0 \quad (1)$$

A razão entre os calores sensível e latente denomina-se razão de Bowen (β), isto é:

$$\beta = \frac{H}{LE} \quad (2)$$

A estimativa do LE e H a partir de β utilizaram-se as seguintes formulações:

$$LE = \frac{-(Rn + S)}{1 + \beta} \quad \text{para } \beta \neq -1 \quad (3)$$

$$H = \frac{-(Rn + S)}{1 + \frac{1}{\beta}} \quad (4)$$

Lançando mão da teoria da similaridade, onde $K_h = K_w$, considerando que os transportes são utilizados com a mesma eficiência, teremos:

$$\beta = \frac{\rho C_p \left(\frac{\Delta T}{\Delta z} \right)}{\frac{\rho C_p \left(\frac{\Delta e}{\Delta z} \right)}{\gamma}} \quad (5)$$

Resulta, então, na equação denominada de razão de Bowen, ou seja:

$$\beta = \gamma \left(\frac{T_2 - T_1}{e_2 - e_1} \right) \quad (6)$$

onde T_2 e T_1 correspondem as temperaturas médias, e_2 e e_1 as pressões de vapor médias horárias, em dois níveis observados (subscritos 1 e 2) e γ a constante psicrométrica equivalente a 0.66 mb °C⁻¹ para calculos.

O cálculo da pressão de vapor d'água do ar (e), em (mb), foi obtido pela expressão:

$$e = \frac{UR * e_s}{100} \quad (7)$$

onde UR – corresponde a umidade relativa do ar em (%) e e_s – pressão de saturação do vapor d'água no ar, e pode ser determinado por:

$$e_s = 6.1078 * 10^{\frac{7.5 * T}{273 + T}} \quad (8)$$

Foram usadas correlações estatísticas entre as variáveis meteorológicas, umidade relativa (%) e temperatura do ar (consideradas como variáveis independentes) e fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível, respectivamente, (como variável dependente) observando o coeficiente de determinação (R^2).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram ajustadas as equações abaixo, usando a dispersão dos pontos conforme podem ser vistas nas Figuras 1 e 2.

$$\begin{aligned} LE &= 0,0003UR^2 + 0,0721UR - 4,4281 & (\text{MJ/m}^2\text{dia}) & & R^2 = 0,57 \\ H &= -0,004Ta^2 + 0,1558Ta - 1,4877 & (\text{MJ/m}^2\text{dia}) & & R^2 = 0,56 \end{aligned}$$

Convém ressaltar que estas equações são válidas para a cultura da cana-de-açúcar, vr. SP- 4311, cultivada sob condições similares às utilizadas neste trabalho.

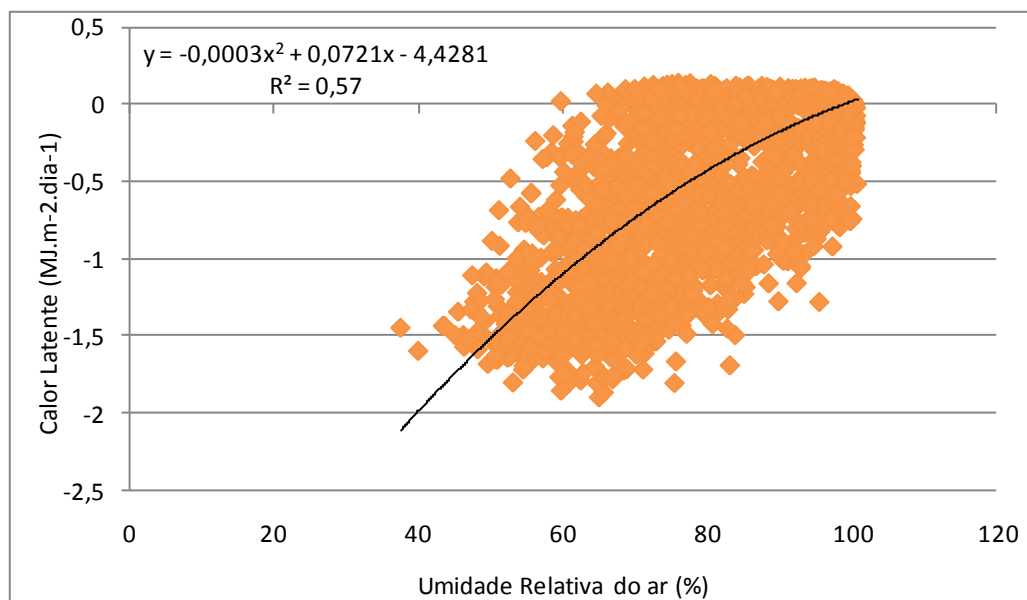


FIGURA 1 – Relação entre o calor latente diário, em MJ/m²dia, e a umidade relativa do ar (%), sobre um cultivo de cana-de-açúcar. Pilar, AL.

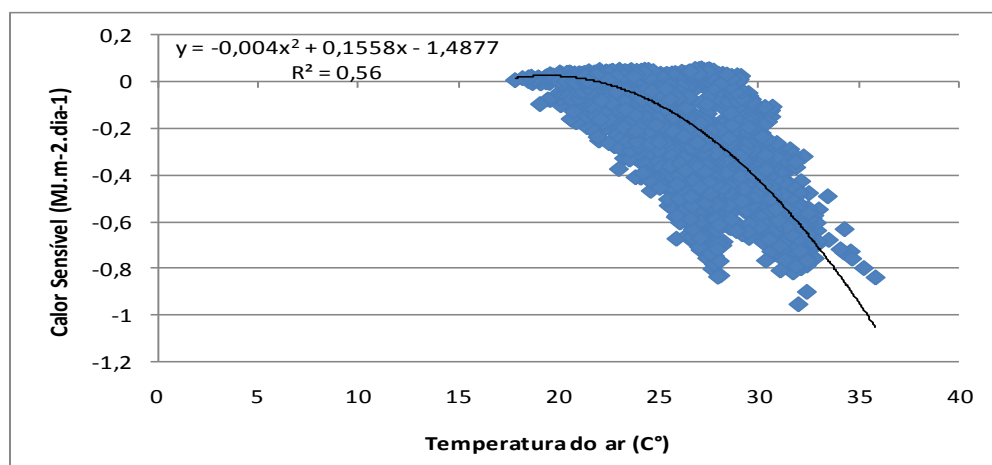


FIGURA 2 – Relação entre o fluxo de calor sensível diário, em MJ/m²dia, e a temperatura do ar (°C), sobre um cultivo de cana-de-açúcar. Pilar, AL.

3 – CONCLUSÕES

Foi possível estimar o fluxo de calor latente em função da umidade relativa do ar, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,57 e estimar o fluxo de calor sensível em função da temperatura do ar com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,56.

O método usado nesta pesquisa apresenta benefícios práticos, com a obtenção de parâmetros do balanço de energia dependendo somente de dados meteorológicos de estação convencional.

4 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AYOADE, J.O. Spatial and sazonal patterns of physiologic confort in Nigéria. Arch. Meteorolo. **Geophys. Bioklimatol.**, Ser B 26:318-337, 1978.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Santa Catarina, 2008. Disponível em: www.fundacentro.sc.gov.br/calor/. Acesso: 03/09/2008.

IBGE - Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico. Disponível em www.planejamento.al.gov.br. Acesso: 20.08.2008.

SCHWERDTFEGER, W. **Weather and Climate of the Antarctic. Developments in Atmospheric Sciences**, 15. Amsterdam: Elsevier, 261p. 1984.

STEADMAN, R.G. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 18, n.7, p.861-873, 1979.

VELEVA, L.; PEREZ, G.; ACOSTA, M. Statistical analysis of the temperature-humidity complex and time of wetness of a tropical climate in the Yucatán peninsula in México. **Atmos. Environ.**, 31: 773-776.