

# PARAMETRIZAÇÕES DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA EM VEGETAÇÃO NATURAL DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Antônio H. de C. TEIXEIRA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Semiárido - Petrolina - Pernambuco - [heribert@cpatsa.embrapa.br](mailto:heribert@cpatsa.embrapa.br)

**RESUMO:** Para um melhor conhecimento da evapotranspiração (ET) da vegetação natural nas condições semiáridas do Brasil, medições microclimáticas foram analisadas na "Caatinga" sob diferentes condições pluviométricas (720 mm em 2004 e 340 mm em 2005). As partições do saldo de radiação ( $R_n$ ) em fluxos de calor latente (LE) e sensível (H) apresentaram diferenças consideráveis dependendo fortemente destas condições, com LE/ $R_n$  variando de 6% a 77% e H/ $R_n$  de 75 a 19% nos períodos mais secos e mais chuvosos, respectivamente, evidenciando-se a dificuldade da estimativa da evapotranspiração (ET) via  $R_n$ . Na expectativa de se usar valores da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) para esta estimativa, também percebeu-se uma forte dependência da razão ET/ $ET_0$  com as quantidades de chuvas. Um modelo incluindo os totais de precipitação, além da  $ET_0$ , foi então gerado, o qual permite a estimativa da ET da Caatinga para períodos mensais com razoável precisão ( $R^2 = 0,73$ ) para o manejo racional dos recursos hídricos.

**ABSTRACT:** For a better knowledge of the evapotranspiration (ET) in natural vegetation under the Brazilian semi-arid conditions, microclimatic measurements were analysed in "Caatinga" under different rainfall conditions. The partitions of  $R_n$  into the latent (LE) and sensible (H) heat fluxes presented considerable dependence on these conditions, evidencing the difficulty of the evapotranspiration (ET) estimation via  $R_n$ . With the expectation of using the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) for this estimation, also a strong dependence of the ratio ET/ $ET_0$  with the rainfall amounts was noticed. Then, a model including both, the precipitation and  $ET_0$  was elaborated, which allows the ET estimation in "Caatinga" at the monthly scale with reasonable precision for the rational water resources management.

## 1 – INTRODUÇÃO

O manejo dos recursos hídricos na região semiárida do Brasil enfrenta vários desafios. Por um lado as mudanças climáticas; por outro, as de uso da terra. Diante destes cenários, modelagens da evapotranspiração (ET) na "Caatinga", vegetação nativa do semiárido brasileiro, se tornam importantes.

A ET pode ser obtida através da quantificação dos componentes do balanço de energia acima da vegetação com a utilização do método das correlações turbulentas (CT), o que seria difícil na "Caatinga" através do uso de lisímetros devido ao grande desenvolvimento dos sistemas radiculares de certas espécies. Ainda o método CT em conjunto com medições

micrometeorológicas, permite as análises dos fatores de controle dos fluxos hídricos (KOSOGI E KATSUYAMA, 2007). TEIXEIRA ET AL. (2009) usaram medições do sistema CT na Caatinga no momento da passagem do satélite Landsat para calibração do algoritmo SEBAL na determinação da ET por sensoriamento remoto em larga escala no Submédio São Francisco. Entretanto estas estimativas requerem imagens sem nuvens o que é difícil de se obter para todos os meses do ano. Com a instalação de estações agrometeorológicas automáticas no semiárido brasileiro, torna-se viável a geração de modelos com base em dados climáticos.

O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade das estimativas dos parâmetros do balanço de energia e a modelagem da ET da Caatinga, vegetação natural do semiárido brasileiro, com base em dados obtidos de estações agrometeorológicas, as quais estão atualmente se difundindo na região, visando-se um processo de decisão e definição dos parâmetros mais viáveis para uma especificação completa e relevante de modelos de estimativa da ET, com vistas ao subsídio do manejo dos recursos hídricos.

## **2 – MATERIAL E MÉTODOS**

Em uma área de "Caatinga" (9°03'S; 40°19'W), os fluxos de energia foram medidos por um sistema das correlações turbulentas (CT), constituído de um anemômetro tridimensional (CSAT3 – Campbell Scientific, Logan, UT) para a determinação do fluxo de calor sensível (H) e de um analisador de gás (LI7500-Licor, Nebraska – USA) para a determinação do fluxo de calor latente (LE). O saldo de radiação foi também medido com saldo radiômetro (NR-Lite, Kipp & Zonnen, Delft, the Netherlands). Simultaneamente nas vizinhanças, a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi obtida com dados climáticos de uma estação agrometeorológica automática, de acordo com a equação de Penman-Monteith (ALLEN ET AL., 1998). O período de estudo envolveu dois anos com diferentes regimes pluviométricos (720 mm em 2004 e 340 mm em 2005).

## **3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Figura 1 apresenta as relações entre os valores diários de  $R_n$  e da radiação solar global ( $R_G$ ) para a "Caatinga" sob diferentes condições de chuvas ao longo dos anos de 2004 e 2005. Para ambas as condições, mais (2004) e menos (2005) chuvosa, com totais de precipitação de respectivamente 720 mm e 340 mm, a variação na  $R_G$  explica em torno de 90% de  $R_n$ , evidenciando que este último parâmetro, pode ser estimado com boa precisão ( $R^2$  em torno de 0,90) com dados de  $R_G$  provenientes de uma estação agrometeorológica em qualquer condição de umidade do solo. Entretanto, durante o período chuvoso, a  $R_n$  representa em torno de 60% de  $R_G$ , enquanto que fora deste período, esta fração cai para 50%.

A Figura 2 apresenta a variação das frações de  $R_n$  transformada em fluxos de calor latente (LE) e sensível (H) na Caatinga, bem como as correlações ao longo dos anos de 2004 e 2005. No

período chuvoso de janeiro a abril uma maior fração de  $R_n$  é transformada em LE quando comparado com o resto do ano. Entretanto, esta fração e a correlação entre estes parâmetros variam bastante com a quantidade de chuvas que ocorrer no primeiro quadrimestre. Enquanto que em 2004, LE representou 77% de  $R_n$ , explicando 67%, em 2005 estes números foram 46% e 33% respectivamente, para 2004. No segundo e terceiro quadrimestres estas frações caem para em torno de 22% e 8%, respectivamente. Como a fração de  $R_n$  transformada em LE é inversamente proporcional àquela para H, esta última também depende das chuvas. Para o ano mais chuvoso de 2004, no quadrimestre de janeiro a abril, percebe-se uma menor fração (19%) de  $R_n$  transformada em H quando comparada com a de 53% no ano de 2005. Ainda, os valores de  $R^2$  também diferem, com as variações em  $R_n$  explicando 36% e 52% das variações em H, considerando-se respectivamente os anos mais e menos chuvoso de 2004 e 2005. Para o segundo e terceiro quadrimestres as proporções de  $R_n$  transformada em H vão aumentando, porém no segundo quadrimestre de 2004, devido as fortes chuvas ocorridas no período prévio (acima de 650 mm), deixando o solo ainda úmido, ocorreu uma menor fração de 55% contra 63% em 2005. Nestas circunstâncias as variações em  $R_n$  explicaram 81% daquelas para H, enquanto que em 2004 esta fração foi de 62%. No terceiro quadrimestre de setembro a dezembro, o mais seco, H representou em torno de 75% de  $R_n$  ( $R^2 = 0,86$ ), porém o ano mais chuvoso de 2004 apresentando um  $R^2$  inferior de 0,79.

Percebe-se, portanto, a dificuldade de se estimar LE na Caatinga em função de  $R_n$  na escala diária dependendo das condições das precipitações durante o ano. No primeiro quadrimestre ocorre um boa precisão apenas quando o solo é bastante umedecido pelas chuvas. Nos outros, a melhor possibilidade seria a estimativa de H e obtenção de LE residualmente no balanço de energia, porém no segundo quadrimestre, estas estimativas ainda apresentam forte dependência das precipitações (Figura 2).

Em culturas irrigadas a razão  $ET/ET_0$  pode ser usada para a estimativa da ET (TEIXEIRA E BASSOI, 2009). Para examinar a aplicabilidade desta razão na Caatinga as curvas dos valores médios  $ET/ET_0$  ao longo dos anos de 2004 e 2005 foram construídas juntamente com os totais de precipitação para períodos de décadas (Figura 3).

Observa-se que altos valores de  $ET/ET_0$ , acima de 1,00 para o período chuvoso do ano de 2004 porém para o ano mais seco de 2005 estes são bem inferiores. Fora deste período esta razão se aproxima de zero com uma tendência de um novo aumento apenas em novembro. Portanto, o uso desta razão na estimativa da ET na "Caatinga" também apresenta-se muito dependente da quantidade de precipitação.

Percebe-se portanto que para a modelagem da ET na "Caatinga" deve-se considerar além da demanda atmosférica, representada pela  $ET_0$ , o total de precipitação em intervalos de tempo maiores. A Figura 4 mostra o modelo gerado com base nos dados do sistema CT e da estação agrometeorológica nas vizinhanças da área experimental. Para construção do modelo, as

grandes e não usuais quantidades de precipitação ocorridas no mês de janeiro de 2004 foram desconsideradas. Incluindo-se a precipitação (P) e a  $ET_0$  na estimativa dos valores mensais da ET, a equação explica 73% dos casos. Este nível de precisão é útil para o manejo dos recursos hídricos, principalmente nas condições de rápida mudança de uso da terra no semiárido brasileiro, onde as culturas irrigadas vêm progressivamente substituindo as áreas de vegetação natural.

#### 4 – CONCLUSÕES

Parametrizações dos componentes do balanço de energia na "Caatinga" foram realizadas para diferentes condições de precipitação. Verificou-se que a estimativa da evapotranspiração por meio da partição da energia e da razão desta para a evapotranspiração de referência são difíceis de serem realizadas no período chuvoso. Um modelo incluindo a precipitação permitiu a estimativa da evapotranspiração em função de dados provenientes de estações agrometeorológicas na escala mensal.

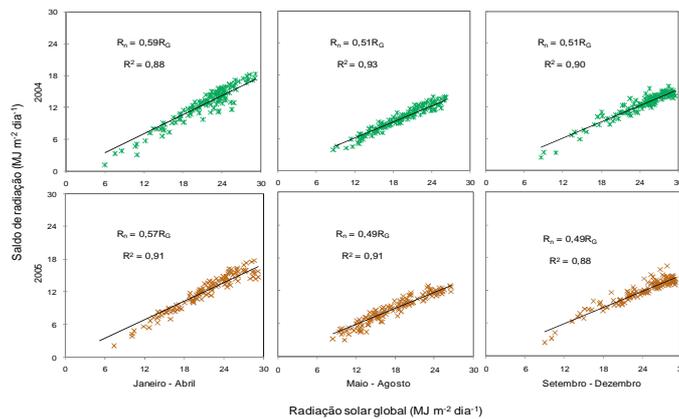


Figura 1: Relações entre os valores diários do saldo de radiação ( $R_n$ ) e da radiação solar global ( $R_G$ ) em vegetação natural (Caatinga) para os anos de 2004 e 2005, sob diferentes condições de precipitação, nas condições semiáridas do Brasil.

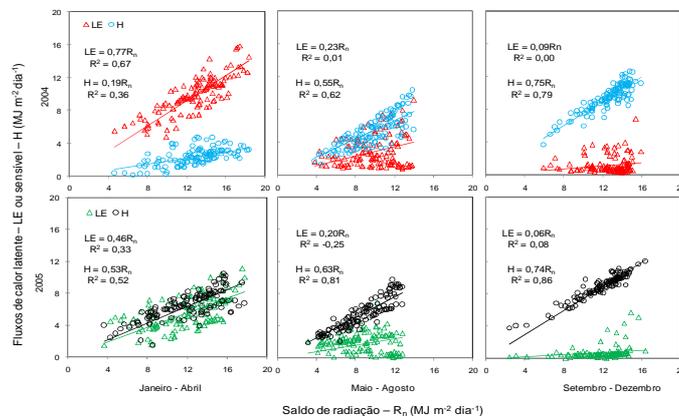


Figura 2: Relações entre os valores diários dos fluxos de calor latente (LE) e sensível (H) com o saldo de radiação ( $R_n$ ) em vegetação natural (Caatinga) para os anos de 2004 e 2005, sob diferentes condições de precipitação, nas condições semiáridas do Brasil.

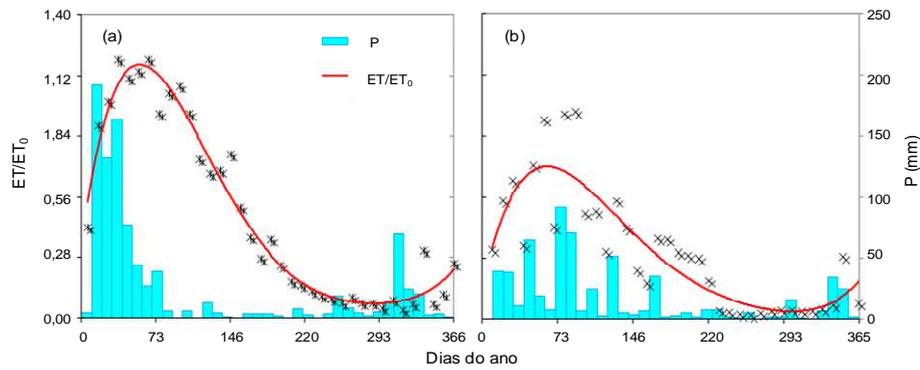


Figura 3: Variação anual dos valores médios de dez dias da razão da evapotranspiração da vegetação natural (Caatinga) para a de referência ( $ET/ET_0$ ) e dos totais de precipitação (P): (a) ano mais chuvoso de 2004; (b) anos menos chuvoso de 2005.

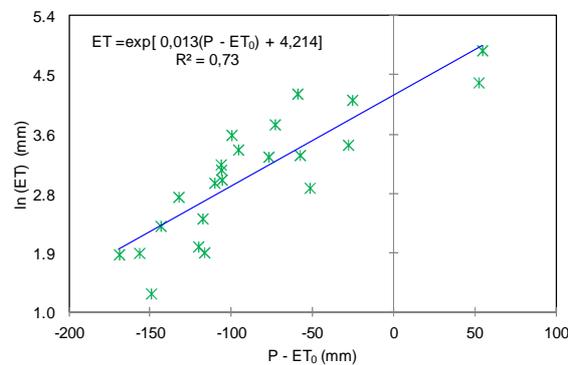


Figura 4: Modelo para a obtenção dos valores mensais da evapotranspiração (ET) da vegetação natural ("Caatinga") em função dos totais mensais de precipitação (P) e da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) nas condições semiáridas do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 pp., 1998.

KOSUGI, Y.; KATSUYAMA, M. Evapotranspiration over a Japanese cypress forest II. Comparison of eddy covariance and water budget methods. **Journal of Hydrology**, v. 334, p. 305-311, 2007.

TEIXEIRA, A.H. de C., BASTIAANSEN, W.G.M., AHMAD, M-UD-D, BOS, M.G. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part A: Calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 462-476, 2009a.

TEIXEIRA, A. H. de C., BASSOI, LH. Crop Water Productivity in Semi-arid Regions: From Field to Large Scales. **Annals of Arid Zone**, v.48, p.1-13, 2009.