

## XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

**MAPEAMENTO DA UMIDADE RELATIVA DO AR NO ESTADO DO CEARÁ**

Antônio Heriberto de Castro Teixeira<sup>1</sup>, Paulo Henrique Braga Ribeiro<sup>2</sup>, Valdecira Carneiro da Silva Reis<sup>3</sup>, Thieres George Freire da Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador, Embrapa Semi-Árido, CP 23, CEP 56300-970, Petrolina-PE, E-mail: heribert@cpatsa.embrapa.br,

<sup>2</sup>Eng.Civil, Embrapa Semi-Árido.

<sup>3</sup>Eng.Agrônomo, Embrapa Semi-Árido.

<sup>4</sup>Estagiário, Embrapa Semi-Árido

**ABSTRACT**

The climatic water balance, according to the Thornthwaite & Mather-1955 method and data on relative humidity were used to obtain one equation to estimate this last parameter for Ceará State, in the regions where there is no availability of this climatic data.

With the estimated humidity data and a Geographic Information System, was obtained the map of the annual relative umidity normals, in several regions te where data on air temperature and pluviometric precipitation were available. Six ranges of humidity values were obtained, being 60% to 65% the most frequent class.

**INTRODUÇÃO**

Para um bom planejamento de qualquer atividade econômica ou social em uma região, torna-se importante o conhecimento dos recursos naturais. O clima exerce ação sobre todos os componentes bióticos do ambiente natural e influencia quase todas as atividades humanas. Nesse contexto, é de extrema importância a obtenção de dados climáticos de vários locais representativos daquela região.

A precipitação pluviométrica, por si só, não reflete totalmente as condições hídricas de uma, pois estas dependem também do potencial térmico do local. Essas condições são obtidas através do balanço hídrico climático, que é um método climatológico introduzido por Thornthwaite (1948) e aprimorado por Thornthwaite & Mather (1955), que consiste em se efetuar a contabilidade de água em relação a uma dada superfície vegetada, computando-se, sistematicamente, todos os ganhos e perdas. São considerados ganhos as contribuições devidas à precipitação pluviométrica e as perdas são ocasionadas pela transferência vertical de vapor d'água para a atmosfera (evapotranspiração) (Teixeira & Azevedo, 1996).

A diferença entre as pressões do vapor d'água na superfície e do ar vizinho é um fator determinante para a remoção do vapor. Cultivos bem irrigados em regiões áridas, como no caso da região semi-árida do Nordeste brasileiro, consomem grandes quantidades de água devido à abundância de energia solar e ao poder dissecante da atmosfera. Em regiões úmidas a elevada umidade do ar reduz a demanda evapotranspiratória. Em tais circunstâncias, o ar encontra-se próximo da saturação, portanto, causando uma menor demanda evapotranspiratória da atmosfera, do que nas regiões áridas (Allen et al., 1998).

Considerando-se que a totalidade do semi-árido brasileiro situa-se no Nordeste, é esta região do país que apresenta valores mais baixos de umidade. Dentro desse contexto, situa-se o Estado do Ceará, no concernente a semi-aridez, com 75% de sua área total incluída na isoietas abaixo de 800mm anuais. Somada a escassez de água, salienta-se a extrema irregularidade das chuvas no tempo e no espaço e elevadas temperaturas, sempre superiores a 23°C, resultando em elevadas taxas evapotranspiratórias, ocasionado índices hídricos negativos no balanço hídrico climático anual (Leite et al., 1992).

No Estado do Ceará, a precipitação pluviométrica é de fácil obtenção através da rede de pluviômetros existentes. Onde não existem dados de temperatura do ar, esses podem ser estimados em função das coordenadas geográficas. A umidade relativa do ar é menos medida do que a precipitação pluviométrica e não se obteve ainda uma equação de estimativa para todo o Estado.

Para o Estado da Paraíba, Teixeira et al. (2001) através da equação polinomial

$$UR = -3.10^{-4} \cdot (IH)^2 + 10,34.10^{-2} \cdot (IH) + 76,3$$
 mapearam a umidade relativa do ar. Para a Bahia, foi encontrada a seguinte expressão: 
$$UR = -11.10^{-4} (IH)^2 + 16,62.10^{-2} (IH) + 78,803$$
 e aplicada para

todo o Estado. Percebe-se, portanto, que a equação de estimativa da umidade do ar em função do índice hídrico de Thornthwaite (1955) depende da região.

Dando continuidade na obtenção da umidade relativa do ar para o Nordeste do Brasil, visando subsídio para adaptação de espécies vegetais e animais, bem como a estudos epidemiológicos, este trabalho tem como objetivo a obtenção de uma equação de estimativa do referido parâmetro, através de dados existentes e do balanço hídrico climático e a aplicação da equação para o mapeamento no Ceará.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na obtenção da equação de estimativa da umidade relativa do ar, foram utilizadas as normais de temperatura média existentes ou estimadas em função das coordenadas geográficas, de umidade relativa do ar e de totais de precipitação mensais do Estado do Ceará (BRASIL, 1992) e correlacionados os dados de umidade e dos elementos do balanço hídrico climático.

Utilizaram-se médias dos totais mensais de precipitação pluviométrica de 349 localidades do Estado do Ceará e as temperaturas médias mensais observadas ou estimadas, correspondentes. Com relação à temperatura do ar, nos locais em que se dispunham apenas de dados de precipitação, a mesma foi estimada através da seguinte equação (Cavalcanti & Silva, 1994).

$$T = A_0 + A_1 \lambda + A_2 \Phi + A_3 h + A_4 \lambda^2 + A_5 \Phi^2 + A_6 h^2 + A_7 \lambda \Phi + A_8 \lambda h + A_9 \Phi h \quad (1)$$

Onde  $T$  é a temperatura média mensal,  $\lambda$  a longitude,  $\Phi$  a latitude,  $h$  a altitude e os coeficientes  $A_0, A_1, \dots, A_9$  foram obtidos pelo método dos mínimos quadrados, totalizando 11 localidades com dados reais de temperatura e 338 com dados estimados.

Considerou-se a capacidade de armazenamento do solo de 120mm, e realizou-se o balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955).

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi calculada, mensalmente, pelo método de Thornthwaite (1948). De acordo com esse método, para um mês  $j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, 12$ ), essa evapotranspiração pode ser estimada da seguinte expressão:

$$ET_0 = F_j E_j \quad (2)$$

onde  $E_j$  é a evapotranspiração de referência não ajustada ao fotoperíodo e ao número de dias do mês, podendo ser obtida das seguintes formas:

- Quando a temperatura do mês ( $T_j$ ), for igual ou maior do que  $26,5^\circ\text{C}$ , aceita-se que  $E_j$  é independente do índice anual de calor ( $I$ ) e emprega-se uma tabela fornecida por Thornthwaite (1948) para a obtenção de  $E_j$ .

- Quando a temperatura do mês ( $T_j$ ) for menor que  $26,5^\circ\text{C}$ , utiliza-se a expressão empírica:

$$E_j = 0,5333.(10T_j/I)^a \quad (3)$$

onde  $I$  representa o índice anual de calor, dado pela soma dos 12 índices mensais ( $i_j$ ), ou seja:

$$I = (i_1 + i_2 + \dots + i_{12}) \quad (4)$$

Onde:

$$i_j = (T_j/5)^{1,514} \quad (5)$$

O expoente  $a$  da equação (2) é calculado através da seguinte expressão empírica:

$$a = 6,75.10^{-7} - 7,71.10^{-5}.I^2 + 1,79. + 0,49 \quad (6)$$

O símbolo  $F_j$  que aparece na equação (1) é um fator de correção que leva em conta o fotoperíodo médio e o número de dias do mês em questão. Essa correção é dada por:

$$F_j = D_j N_j / 12 \quad (7)$$

em que o  $D_j$  indica o número de dias do mês  $j$  e o fator  $N_j$  representa o fotoperíodo do dia 15 do mês  $j$ , considerado representativo do fotoperíodo médio desse mesmo mês. Se  $\varnothing$  indicar a latitude e  $\delta_j$  a declinação do Sol no dia 15 do mês  $j$ , então:

$$N_j = 2 \sqrt{\arccos(\operatorname{tg} \varnothing \operatorname{tg} \delta_j)} / 15 \quad (8)$$

Contabilizando-se a precipitação e a evapotranspiração de referência estimaram-se a deficiência hídrica ( $DEF$ ) e o excedente hídrico ( $EXC$ ) para cada ano. De posse dos valores desses últimos parâmetros, obtiveram-se o índice de umidade ( $IU$ ), o índice de aridez ( $IA$ ) e o índice hídrico ( $IH$ ) pelas seguintes expressões:

$$IU = (100EXC)/ET_0 \quad (9)$$

$$IA = (100DEF)/ET_0 \quad (10)$$

$$IH = IU - IA \quad (11)$$

Com as normais de umidade relativa do ar ( $UR$ ) e os valores do Índice Hídrico ( $IH$ ) obtidos foi feita uma regressão polinomial relacionando  $UR$  com  $IH$ . De posse desta equação, e dos resultados do balanço hídrico climático para todo o Estado do Ceará, foram estimadas as normais anuais de umidade relativa do ar sendo posteriormente traçadas as isolinhas de umidade com a utilização de um Sistema de Informações Geográficas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização do balanço hídrico climático, permitiu a obtenção dos valores da Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e das Deficiências ( $DEF$ ) e Excedentes ( $EXC$ ) Hídricos para diferentes regiões climáticas do estado do Ceará. De posse desses valores foi calculado o Índice Hídrico ( $IH$ ) para cada local. A regressão polinomial obtida com os valores de Umidade Relativa do Ar ( $UR$ ) e Índice Hídrico ( $IH$ ) é apresentada na Figura 1.

A equação obtida,  $UR = -6.10^{-4} \cdot (IH)^2 + 17,84.10^{-2} \cdot (IH) + 76,585$  apresentou um coeficiente de determinação  $r^2 = 0,91$ , comprovando que se pode estimar  $UR$  em função de  $IH$  com boa precisão.

A maior importância dessa estimativa, conjuntamente com outros dados climáticos, está na determinação da adaptabilidade de animais ou vegetais e ainda da possibilidade de ocorrência de pragas ou doenças nos diferentes locais do Estado, quando para isso se utilizem índices bioclimáticos que requerem a umidade relativa do ar. O produto final é o traçado de isolinhas em mapa dos referidos índices com a subdivisão do Estado em regiões com diferentes graus de aptidão climática para determinadas espécies.

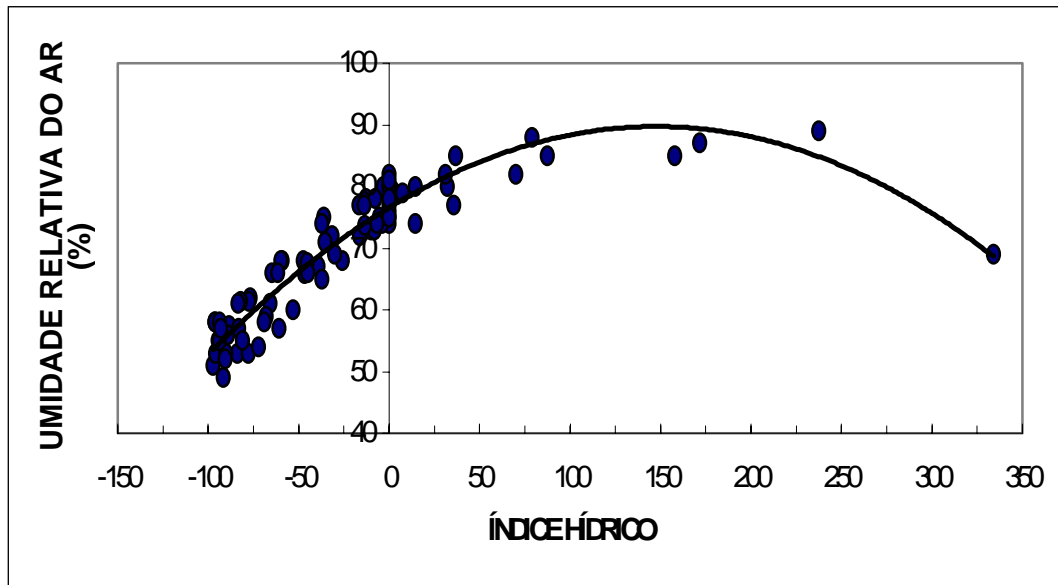


Figura 1. Estimativa da normal anual de Umidade Relativa do Ar (UR) em função do Índice Hídrico Anual (IH), para o Estado do Ceará.

Após as estimativas, os dados de umidade relativa do ar foram usados para o mapeamento desse parâmetro no estado do Ceará, com a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (Figura 2).

A equação de estimativa da umidade relativa do ar para o Ceará apresentou-se diferente daquelas já obtidas para os estados da Bahia e Paraíba (Teixeira et al., 2001), o que evidencia a necessidade de obtenção de uma equação específica para cada Estado do Nordeste, no trabalho de zoneamento para esta região.

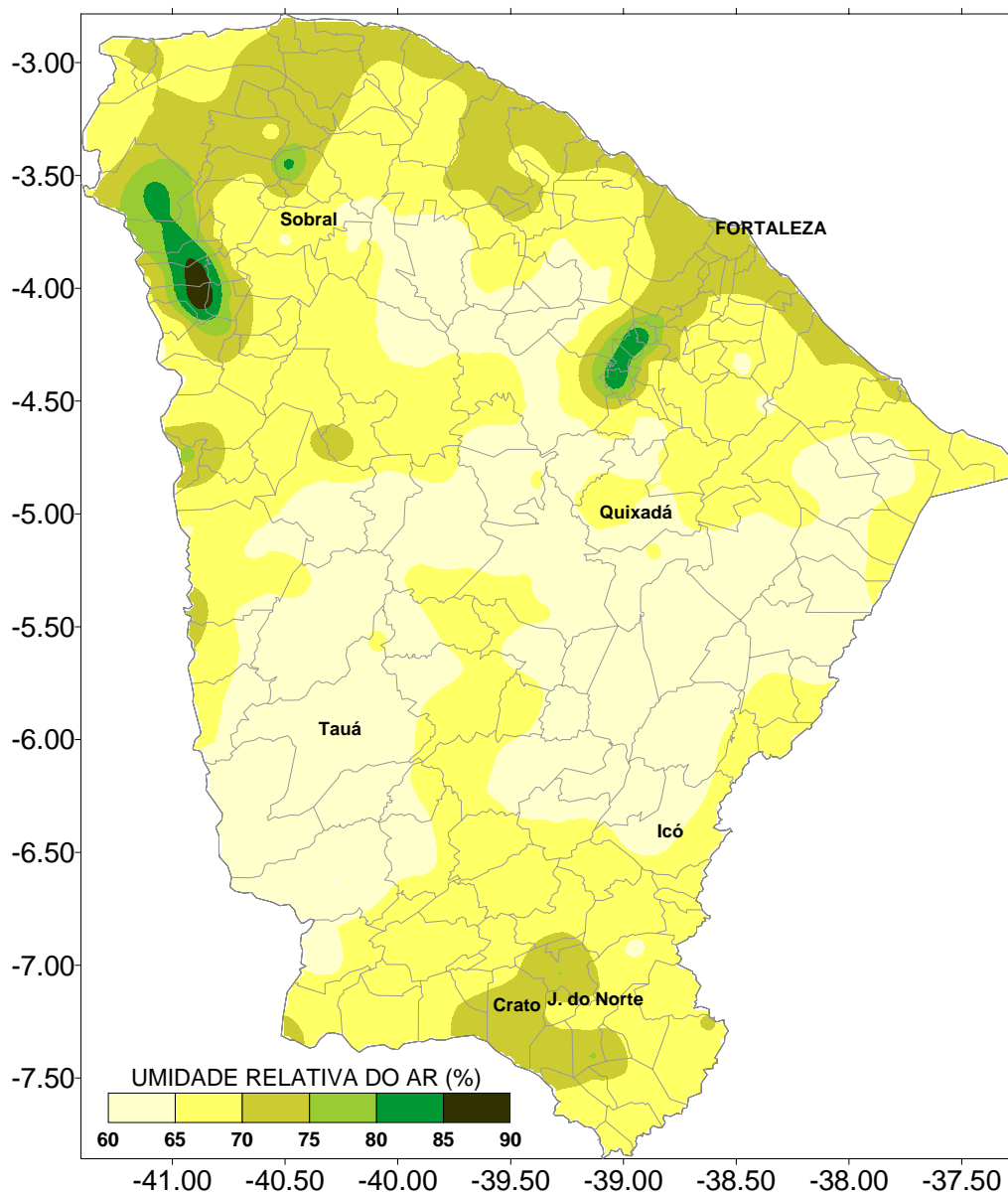


Figura 2. Zoneamento das Normais Anuais de Umidade Relativa do ar no Estado do Ceará.

## CONCLUSÃO

Com a realização do Balanço Hídrico Climático de Thornthwaite & Mather (1955) foi possível estimar, com boa precisão, as normais de umidade relativa do ar, através da equação polinomial  $UR = -6.10^{-4} \cdot (IH)^2 + 17,84 \cdot 10^{-2} \cdot (IH) + 76,585$ , para os locais do Estado do Ceará que não dispunham desse parâmetro.

Foi possível ainda a confecção do mapa das isolinhas de umidade relativa do ar, evidenciando a possibilidade de especialização de índices bioclimáticos baseados nas normais desse parâmetro climático, em áreas do Estado do Ceará que dispõem apenas de dados de temperatura do ar e de precipitação pluviométrica.

Há necessidade de obtenção de uma equação específica para cada Estado do Nordeste, para se incluir esse parâmetro climático em estudos de zoneamento.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M., Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Roma, n. 56, 300p.,1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84p.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, VII E CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 1994, Belo Horizonte, MG, Anais..., Belo Horizonte, MG, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994, p. 154-157.

LEITE, F. R. B., SOARES, A. M. L., MARTINS, M. L. R. **Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará** – 2ª aproximação, Fortaleza : FUNCEME, 1992. 6. P. il. 1 mapa.

TEIXEIRA, A. H. de; AZEVEDO, P. V. de. M. Zoneamento agroclimático para a videira européia no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 137-141, 1997.

TEIXEIRA, A. H. de C.; SOUZA, R. A. de, RIBEIRO, P. H. B., COSTA, W. P. L. B. da, Espacialização da umidade relativa do ar no Estado da Bahia. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2001, Fortaleza-CE. **Água e Agrometeorologia no Novo Milênio**. Fortaleza-CE: FUNCEME, 2001. V.1, p. 73-74.

TEIXEIRA, A. H. de C., SOUZA, R. A. de, RIBEIRO, P. H. B., REIS, V. C. da S. Estimativa e mapeamento das normais de umidade relativa do ar no Estado da Paraíba. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2001, Maringá. **Anais do III Congresso Brasileiro de Biometeorologia**, 2001. Maringá: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 2001.

THORNTHWAITE, C. W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, Centerton, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J. R. The water balance., **Laboratory of Climatology**, Centerton, v. 8, n. 1, p. 1-14, 1955.