

ESTIMATIVA E ESPACIALIZAÇÃO DA NORMAL DA UMIDADE RELATIVA DO AR PARA OS ESTADOS DE ALAGOAS-BAHIA-SERGIPE¹

Thieres George Freire da Silva², Sérgio Zolnier³, Magna Soelma Beserra de Moura⁴

RESUMO: Poucas são as estações meteorológicas distribuídas nas diferentes regiões do Brasil, que apresentam séries históricas das diversas variáveis climáticas. Nesse contexto, enquadram-se os valores de umidade relativa do ar para os estados da região Nordeste, especialmente, nos estados de Alagoas, Bahia e Sergipe, que juntos apresentam apenas 36 estações meteorológicas ao longo dos seus territórios e regiões limítrofes. Assim, a partir dos dados dessas estações foram elaboradas duas equações de estimativa da normal da umidade relativa mensal com o objetivo de suprir a deficiência de informação dessa variável para a área que abrange os três estados. Constatou-se a existência de uma boa relação entre os valores da umidade relativa mensal e os valores do índice de umidade mensal (I_{mi}); déficit de pressão máximo (ψ); amplitude (α); e longitude local (λ), permitindo assim, a elaboração dos mapas dessa variável, com maior precisão, para a área de estudo.

ABSTRACT: Little are the meteorological stations distributed in the different areas of Brazil, that present historical series of the several climates variables. In that context, the values of relative humidity of the air are framed for the states of the Northeast Region, especially, in the states of Alagoas, Bahia e Sergipe, that together they present only 36 meteorological stations along their territories and bordering areas. Like this, starting from the data of those stations two equations of estimate of the normal of the monthly relative humidity were elaborated with the objective of supplying the deficiency of information of that variable for the area that includes the three states. There's a good relationship verified between the values of the monthly relative humidity and the values of the index of monthly humidity (I_{mi}); maximum pressure deficit (ψ); amplitude (α); and local longitude (λ), allowing like this, the elaboration of the maps of that variable, with larger precision, for the study area.

PALAVRAS-CHAVE: Alagoas, Bahia, Sergipe, umidade relativa, zoneamento.

INTRODUÇÃO

Dentre as inúmeras variáveis climáticas, a umidade relativa do ar, é uma das que apresenta maior influência nos diversos processos físicos naturais e que possui grande importância em vários tipos de estudos, principalmente, aqueles direcionados a bioclimatologia e agrometeorologia.

Infelizmente, poucas são as estações meteorológicas distribuídas nas diferentes regiões do Brasil, que apresentam séries históricas das diversas variáveis climáticas. Nesse contexto, enquadram-se vários estados da região Nordeste, especialmente, os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe, que juntos possuem apenas 36 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ao logo dos seus territórios e regiões limítrofes.

¹ Parte dos resultados da dissertação de mestrado do primeiro autor.

² Bolsista do CNPq, mestrando do curso de Meteorologia Agrícola da UFV, DEA, av. P.H. Hofls, s/n, Viçosa – MG, (31) 3891-1891, e-mail: thieresfreire@vicosa.ufv.br

³ Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, DEA, av. P.H. Hofls, s/n, Viçosa – MG, (31) 3891-1880, e-mail: zolnier@ufv.br

⁴ Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina – PE. E-mail: magna@cpatsa.embrapa.br

Vários estudos já foram realizados com o objetivo de modelar e analisar o comportamento da umidade relativa do ar e suas influências em escala microclimática, no entanto, poucos são aqueles que se dedicaram a estudá-la em uma escala macroclimática. Há somente registro do trabalho de TEIXEIRA et. al (2001), que estimaram a normal da umidade relativa do ar para o estado da Bahia. Esses autores propuseram a existência de uma correlação quadrática entre a normal umidade relativa do ar e o índice de umidade mensal (Iu_m), resultante do balanço hídrico climatológico, e obtiveram uma equação de regressão para estimativa da normal da umidade relativa do ar para o estado da Bahia, com valores de R^2 igual a 0,90. Apesar desses autores citarem a obtenção dessa equação com um valor de R^2 elevado, os mesmos não utilizaram subsídios estatísticos suficientes para a comprovação da performance de tal equação. Com isso, o objetivo desse trabalho foi: a) propor equações de estimativa da normal da umidade relativa do ar visando suprir a deficiência de informações sobre essa variável, de forma mais precisa e consistente na área de estudo e auxiliar na delimitação das áreas homogêneas e contribuir para a realização de estudos nas áreas da bioclimatologia e agrometeorologia; b) elaborar os mapas da normal da umidade relativa do ar mensal e anual a partir das equações obtidas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os valores da normal da umidade relativa do ar mensal, temperatura mínima, média e máxima mensal, totais mensais de precipitação e os dados geográficos de 36 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e obtidos na publicação “Normais climatológicas (1961 – 1990)” (INMET, 1992) para a geração e validação das equações de estimativa da normal da umidade relativa do ar. Das 36 estações meteorológicas, 28 estão situadas na Bahia e 5 em áreas limítrofes ao Estado, nos municípios de Posse (GO), Taguatinga (TO), Petrolina (PE), Espinosa (MG) e Pedra Azul (MG); 2 no estado de Alagoas e 1 no estado de Sergipe. Das 36 estações meteorológicas do INMET, situadas na área em estudo, 12 estão localizadas em regiões úmidas (índice de umidade anual, $Im_a > 0$), enquanto, as demais (24) estão situadas nas regiões que o (índice de umidade anual, $Im_a < 0$). Assim, para obtenção das equações para cada uma dessas regiões foram selecionadas, utilizando o método dos “*quartis*”, cinco estações meteorológicas enquadrados no grupo 1 e dez no grupo 2.

As equações de estimativa dos valores mensais da normal da umidade relativa do ar foram obtidas por meio de correlações com: amplitude térmica (α), índice de umidade mensal (Iu_m), precipitação (P), temperatura mínima (t_n), média (t_m) e máxima (t_x), déficit de pressão máximo (ψ) e os dados geográficos (δ - latitude, λ - longitude, ϕ - altitude). O índice de umidade mensal foi obtido a partir da seguinte expressão:

$$Imi = \left(\frac{Pi}{ETpi} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

em que, P_i e ETP_i são os valores médios da precipitação e da evapotranspiração obtida a partir da equação proposta por THORNTHWAITE (1948), ambos referentes ao mês i ($i = 1, 2, \dots, 12$). Para o cálculo dos valores do déficit de pressão máximo (ψ), foram estimados os valores da pressão de saturação (e_s) utilizando os valores de temperatura máxima e mínima do ar. Para isso utilizou-se a fórmula proposta por TETENS como citada por BERRY et al. (1945):

$$e_s = 6.1078.10^{\left(\frac{7.5.t}{237.3+t} \right)} \quad (2)$$

em que, t pode corresponder tanto às temperaturas máximas (t_x) quanto às temperaturas mínimas mensais (t_n). A partir dos valores de $e_s(t_x)$ e $e_s(t_n)$, foram estimados os valores de ψ através da seguinte expressão:

$$\psi = e_s(t_x) - e_s(t_n) \quad (3)$$

No cálculo da amplitude térmica (α) foi utilizada a seguinte expressão:

$$\alpha = t_x - t_n \quad (4)$$

Após a obtenção das equações de estimativa da normal da umidade relativa do ar para a área de estudo, realizou-se a avaliação de significância dos coeficientes e da linearidade das equações através da utilização dos testes “t” de Student e “F”, respectivamente, sendo que foram eliminados aqueles coeficientes e, ou, equações que não apresentaram significância, ao nível de 1% de probabilidade. Para a validação das equações obtidas foram utilizados os dados das sete e quatorze estações meteorológicas pertencentes aos grupos 1 e 2, respectivamente, restantes após a seleção das estações meteorológicas para a geração das equações. Para a avaliação da performance das equações ora desenvolvidas foram utilizados os seguintes índices estatísticos: coeficiente de correlação (r), erro médio absoluto (MBE), raiz quadrada do erro médio (RSME), erro máximo (EM), índice de WILLMOTT (d) e coeficiente de desempenho (c) de CAMARGO & SENTELHAS (1997). Foi elaborado um banco de dados contendo os valores observados e estimados da normal da umidade relativa mensal e anual e os dados geográficos pertencentes a 556 postos pluviométricos. Os valores anuais para cada posto de observação foram obtidos a partir da média dos valores mensais da normal da umidade relativa do ar. Utilizou-se o software *Arcview 3.2a* para geração dos mapas, reclassificação, análise dos resultados e geração das saídas gráficas (mapas).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre todas as equações de regressão múltiplas obtidas, apenas duas foram consideradas para a estimativa do valor mensal da normal da umidade relativa do ar, referentes a qualquer um dos meses do ano e localidade situada na região dos estados da Bahia, Alagoas e Sergipe.

Desta forma, para as localidades situadas nas regiões úmidas, a equação de estimativa da normal da umidade relativa mensal foi a seguinte:

$$UR_{mi} = -128.551 - 0.000158704 I_{um}^2 - 5.42914 \lambda + 12.3962 \psi - 0.00154283 I_{um} \lambda + 0.323216 \lambda \quad (5)$$

Para as localidades situadas nas regiões secas, a seguinte equação de estimativa da umidade relativa normal mensal foi obtida:

$$UR_{mi} = 616.652 + 26.0781 \lambda + 0.327442 \lambda^2 + 0.080448 \psi^2 - 0.106204 \alpha + 0.128571 \lambda \psi + 1.50129 \cdot 10^{-5} I_{um} \lambda \varphi \alpha \quad (6)$$

em que, UR_{mi} refere-se a umidade relativa normal mensal para um mês i (1, 2, ..., 12), I_{mi} - índice de umidade mensal obtido a partir da equação 1; λ - longitude da estação meteorológica, com os valores em graus e décimos negativos, e; ψ - déficit de pressão máxima, obtido a partir da equação 3; α - amplitude térmica (°C), obtida através da equação 4.

Observa-se na equação 5, que dentre todas as variáveis e parâmetros utilizados apenas três possibilitaram representar bem o comportamento mensal da umidade relativa normal, obtendo um ótimo coeficiente de determinação (R^2) (0,9443) e um MBE igual a 1,8%. Os coeficientes das demais variáveis e parâmetros utilizados foram eliminados uma vez que não apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade. A equação 6 apresentou as mesmas variáveis e parâmetros significativos ao nível de 1% de probabilidade. No entanto, observa-se a adição de uma outra variável: a amplitude térmica (α). A combinação dessas variáveis com os valores da umidade relativa mensal permitiu a obtenção de uma equação com um coeficiente de determinação igual a 0,7759, apresentando com isso um bom ajuste, e um MBE igual a 5,67%, que é bem próximo dos erros obtidos por alguns sensores de umidade relativa.

A comparação entre os valores observados da umidade relativa normal mensal e os valores estimados de UR_{mi} pode ser observada na Tabela 1. Observou-se para as localidades situadas nas regiões úmidas, que os resultados obtidos pela a equação aqui proposta apresentaram uma ótima exatidão e boa precisão, para as localidades situadas nessas regiões. De acordo com o índice de desempenho (c) de CAMARGO & SENTELHAS (1997), um bom desempenho da equação.

Tabela 1 – Erro médio absoluto (MBE), erro máximo (EM), raiz quadrado do erro médio (RMSE), média (μ), coeficiente de correlação (R), índice de concordância (d) e coeficiente de desempenho (c), entre os valores normais observados da umidade relativa do ar mensal e os valores estimados pelas equações desenvolvidas, para as localidades situadas nas regiões úmidas e regiões secas, com n números de observações.

Região	n	MBE	EM	RMSE	μ	R	d	c
Úmidas	84	0,4097	5,2874	1,7899	80,5094	0,7811	0,9855	0,7698
Secas	144	0,9681	22,3744	6,7023	69,4994	0,8230	0,9928	0,8171

Para as localidades situadas nas regiões secas constatou-se que os erros (MBE, EM e RMSE) foram maiores do que para as regiões úmidas, atingindo valores de 0,9681, 22,9681 e 6,7023 (Tabela 1). No entanto, constatou-se que os valores de R (0,8230) e d (0,9928) foram superiores aos obtidos para as regiões úmidas. Segundo a classificação de CAMARGO & SENTELHAS (1997), a equação proposta para as regiões secas, apresentou um desempenho muito bom. Os altos valores dos erros obtidos para essas regiões, provavelmente, podem estar relacionados com a grande variação dos dados de umidade relativa mensal para as diferentes localidades, os quais não apresentam uma tendência regular em relação as variáveis climáticas e parâmetros considerados.

Uma vez validada e analisada a performance das equações de estimativa da normal da umidade relativa do ar mensal foi realizada a espacialização dos valores mensal e anual para a área de estudo, a partir dos dados observados e estimados de 556 postos de observação distribuídos por todo território em estudo. Nas Figuras 1 e 2, percebe-se que os mapas não apresentam grandes discontinuidades espaciais da umidade relativa do ar para cada um dos meses e anual, mesmo sendo utilizadas duas equações para a estimativa dessa variável na área de estudo. Resultados semelhantes foram obtidos por MEDEIROS et al. (2005) que utilizaram apenas uma equação para estimativa da temperatura média anual para a região Nordeste.

CONCLUSÃO

Constatou-se a existência de uma boa relação entre os valores da normal de umidade relativa do ar mensal com os valores do índice de umidade; déficit de pressão máximo; amplitude e; longitude local, permitindo assim, maior precisão, na elaboração dos mapas dessa variável para a área de estudo, com vistas à elaboração de zoneamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERRY, F.A.; BOLLAY, E.; BEERS, N.R. **Handbook of meteorology**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1945. 1068p.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS P.C.. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5,n.1, p. 89-97, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

MEDEIROS, S.S.; CÉCÍLIO, R.A.; MELO JUNIOR, J.C.F.; SILVA JUNIOR, J.L.C. da. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p. 247-255, 2005.

TEIXEIRA, A.H.C; SOUZA, R. A.; RIBEIRO, P.H.B.; COSTA, W.P.L.B. Espacialização da Umidade Relativa do Ar no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

AGROMETEROLOGIA, 12, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p.73 - 74.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach towards a rational classification of climate, *Geographical Review*, London, n.38, p.55-94, 1948.

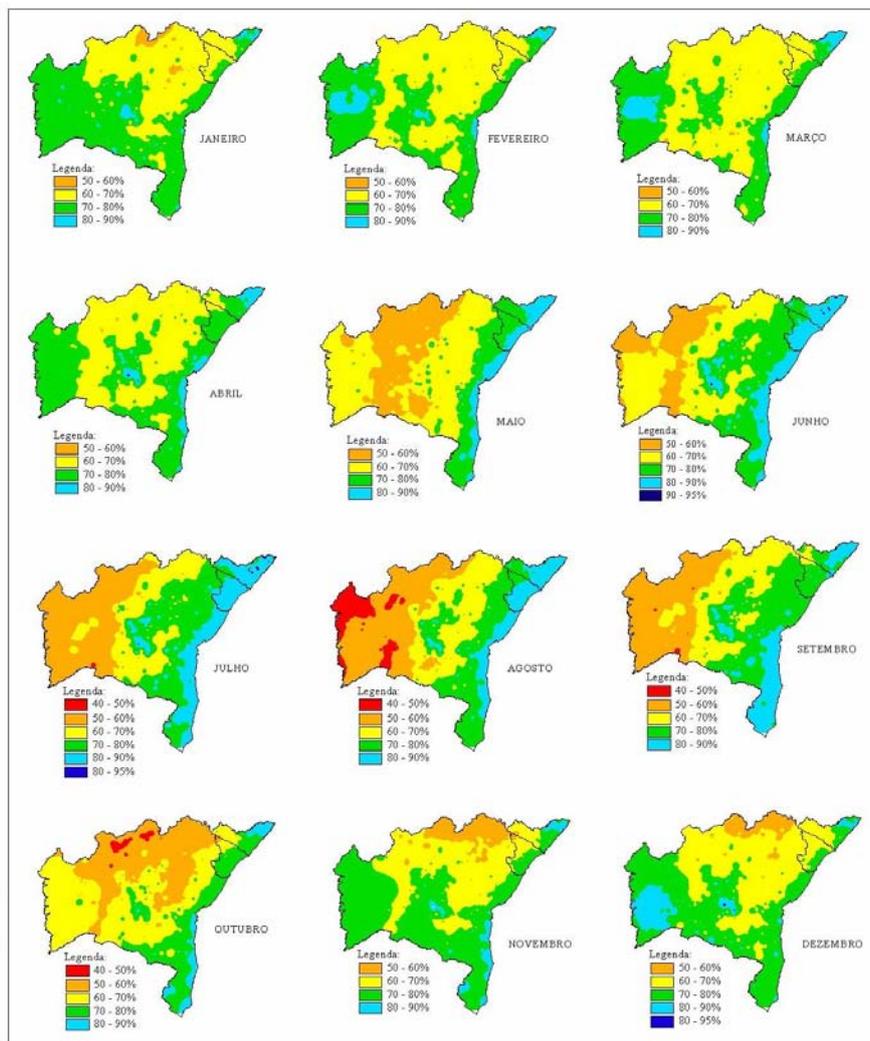


Figura 1 – Mapas dos valores da umidade relativa normal mensal (janeiro a junho) obtidos a partir das equações desenvolvidas nesse trabalho para a área de estudo.

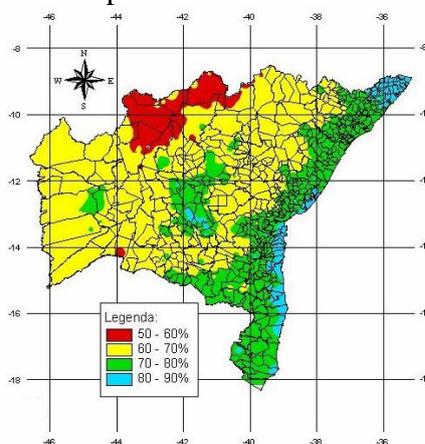


Figura 2 – Mapa da umidade relativa normal anual obtida a partir da média dos valores mensais dessa variável estimados pelas equações propostas nesse estudo.