

VALIDAÇÃO DO MODELO PSICROMÉTRICO COMBINADO USADO NO PROCESSAMENTO DAS TEMPERATURAS OBTIDAS PELO PSICRÔMETRO COM VENTILAÇÃO NATURAL¹

Vicente A. Gonçalves,² Engler J. Vidigal Lobato,² Heloína T. Faleiro Ramos,² Sandra M. da Silva³ e Nilton Marciano Júnior⁴

ABSTRACT

Validation of Combined Psychrometric Model Used in Natural Ventilated Psychrometric Data Processing

The psychrometric tables usually used in meteorological field stations to determine relative humidity are unfit to processing historical data series from long record periods. The problem was solved assembling a psychrometric mathematical model in Pascal language. The predicted relative humidity by the software was in close agreement with those obtained by the psychrometric tables. The model also permits calculation of dew-point temperature, humidity ratio and specific volume.

KEY WORDS: Psychrometry, data processing, aeration.

RESUMO

As tabelas psicrométricas, normalmente empregadas nas estações e nos postos meteorológicos de superfície, para a determinação da umidade relativa são inadequadas ao trabalho com grande volume de registros da temperatura do ar. O obstáculo foi superado com o emprego de um modelo matemático, que combina algumas equações psicrométricas, viabilizando-se a montagem de um arquivo de acesso aleatório, contendo os registros diários de temperatura lidos no psicrômetro e nos termômetros de máxima e de mínima. O modelo combinado, acessível ao computador através de um programa executável em linguagem Pascal, fornece valores da umidade relativa em função das temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, corrigidos pela média mensal da pressão barométrica local, estreitamente correlacionados com aqueles obtidos nas tabelas psicrométricas do Instituto Nacional de Meteorologia. Outrossim, além da umidade relativa do ar ambiente, o programa permite a saída dos seguintes parâmetros: temperatura do ponto de orvalho, umidade absoluta e volume específico.

PALAVRAS-CHAVE: Psicrometria, processamento de dados, aeração.

1 - Entregue para publicação em fevereiro de 1996.

2 - Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. C.P. 131, CEP 74001-970. Goiânia - GO.

3 - Técnica em meteorologia da Escola de Agronomia da UFG.

4 - Acadêmico do Curso de Agronomia da UFG.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido e a pressão barométrica, determinadas nos postos e nas estações meteorológicas de superfície através de instrumental específico, associadas a outros parâmetros determinados analiticamente ou através de tabelas, são utilizadas como referenciais para o cálculo dos valores instantâneos e da média diária da umidade relativa. Normalmente são usadas as Tabelas Psicrométricas do Departamento Nacional de Meteorologia (Serra & Serebrenick 1972), inadequadas ao trabalho com grande volume de dados, em decorrência da lentidão do processo de determinação e da grande incidência de erros de interpretação.

O conhecimento do comportamento periódico ou instantâneo da umidade relativa, normalmente associada a outros parâmetros meteorológicos, é indispensável à execução bem-sucedida de diversas operações unitárias, tanto no âmbito das aplicações técnicas rotineiras como no nível da pesquisa científica.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação das temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco, parâmetros básicos para a estimativa da umidade relativa do ar ambiente, foi utilizado um psicrômetro d'August (sem ventilação forçada), localizado no abrigo meteorológico da Estação Evaporimétrica de Primeira Classe, situada nas dependências da Escola de Agronomia, no Campus da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, a 16° 41' 37" de latitude sul, 49° 14' 50" de longitude oeste e 730 m de altitude.

Para a estimativa da umidade relativa, de acordo com o procedimento tradicionalmente adotado nas estações e postos meteorológicos de superfície, foram empregadas as Tabelas Psicrométricas do Departamento Nacional de Meteorologia, preparadas por Serra & Serebrenick (1972).

A determinação analítica da umidade relativa foi efetuada através de um equipamento de 40 MHz (386DX), que satisfizes plenamente os requisitos de velocidade requeridos pelo programa, cujas formas executável e listável foram geradas pelo compilador Turbo Pascal 6.0. Foram empregados os registros diários das temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, ao longo do ano de 1990, cujas leituras foram realizadas em um psicrômetro às 9 h, 15 h e 21 h. A pressão barométrica média mensal local foi obtida a partir das normais climatológicas do período de 1931 a 1960, catalogadas pelo Departamento Nacional de Meteorologia, permitindo a geração de dois conjuntos de séries cronológicas, cuja análise estatística possibilitou a obtenção das informações comprobatórias do nível de precisão do modelo proposto em relação ao método tabular, tradicionalmente empregado na determinação da umidade relativa.

A umidade relativa corresponde à razão entre a pressão atual e a pressão de saturação do vapor contido no ar. A pressão atual do vapor pode ser calculada pela equação 1 (Tubelis 1981), ao passo que a pressão de saturação do vapor pode ser fornecida pela equação 4 (Brooker 1967) e pela equação 5 (Keenan & Keyes 1936), ambas relacionadas no *Agricultural Engineers Yearbook* (1983). A equação 6 possibilita a estimativa da umidade relativa média

diária, de acordo com a metodologia de cálculo das médias diárias, recomendada pelo Departamento Nacional de Meteorologia (Normais Climatológicas, 1992).

Equações de 1 a 6.

$$1^{\text{a}} - P_v = P_{su} - CP \times P_{bar} \times DP$$

$$2^{\text{a}} - UR = P_v/P_{ss} \times 100$$

$$3^{\text{a}} - DP = t_{bs} - t_{bu}$$

$$4^{\text{a}} - P_s = \frac{\exp((A + BT + CT + DT + ET)/(FT - GT) + \ln(R))}{1000}$$

$$273,16 \text{ K} \leq T \leq 533,16 \text{ K}$$

$$T = t + 273,16;$$

$$5^{\text{a}} - P_s = \frac{\exp(I + J/T + K \times \ln(T))}{1000}$$

$$255,38 \text{ K} \leq T \leq 273,16 \text{ K}$$

$$6^{\text{a}} - U_{rm} = (UR_{9h} + UR_{15h} + 2 \times UR_{21h})/4$$

Constantes e variáveis das equações de 1 a 6.

$$A = -27405,526 \quad B = 97,5413 \quad C = -0,146244 \quad D = 1,2558 \times 10^{-4}$$

$$E = -4,8502 \times 10^{-8} \quad F = 4,34903 \quad G = 3,9381 \times 10^{-3} \quad R = 22105649,25$$

$$I = 31,9602 \quad J = -6270,3605 \quad K = -0,46057$$

Valores médios mensais da pressão barométrica normal em hPa:

$$P_{bar}(1) = 928,8; \quad P_{bar}(2) = 928,8; \quad P_{bar}(3) = 929,0;$$

$$P_{bar}(4) = 930,5; \quad P_{bar}(5) = 932,0; \quad P_{bar}(6) = 933,4;$$

$$P_{bar}(7) = 933,8; \quad P_{bar}(8) = 932,6; \quad P_{bar}(9) = 930,6;$$

$$P_{bar}(10) = 929,2; \quad P_{bar}(11) = 927,8; \quad P_{bar}(12) = 927,8.$$

Variáveis:

P_v = pressão atual de vapor, mmHg;

P_{su} = pressão de saturação do vapor à temperatura de bulbo úmido, mmHg;

CP = constante psicrométrica ($CP = 0,0008$ para o caso do psicrômetro sem ventilação)

P_{bar} = pressão barométrica média mensal, mmHg;

- DP = depressão psicrométrica, °C;
- UR = umidade relativa, %;
- Pv = pressão atual de vapor, mmHg;
- Pss = pressão de saturação de vapor à temperatura de bulbo seco, mmHg;
- tbs = temperatura de bulbo seco, °C;
- tbu = temperatura de bulbo úmido, °C;
- Ps = pressão de vapor do ar saturado (pode ser Pss para temperatura de bulbo seco ou Psu para temperatura do bulbo úmido), KPa;
- T = temperatura do ar (temperatura de bulbo seco ou temperatura de bulbo úmido), K;
- t = temperatura do ar (temperatura de bulbo seco ou temperatura de bulbo úmido), °C;
- UR_{9h} = umidade relativa instantânea obtida a partir da leitura do psicrômetro às 9 h, %;
- UR_{15h} = idem às 15 h, %;
- UR_{21h} = idem às 21 h, %;
- Urm = umidade relativa média diária, %.

As séries cronológicas ao longo do ano de 1990, obtidas pelos procedimentos de cálculo da umidade relativa pelos métodos tabular e analítico às 9 h, 15 h e 21 h, foram introduzidas em um arquivo de acesso aleatório, gerado pelo compilador Turbo Pascal 6.0, facilitando a combinação das diversas alternativas consideradas durante a análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a montagem das tabelas psicrométricas, Serra & Serebrenick (1972) realizaram cálculos diretos da umidade relativa a partir das temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido de grau em grau; os valores decimais intermediários foram obtidos por interpolação linear. As informações complementares contidas nas tabelas foram fornecidas pelo trabalho de Exner (1929), citado pelos mesmos autores. Já a metodologia de determinação da umidade relativa pelo método analítico, cuja validação é o objeto da análise estatística realizada neste trabalho, é inteiramente baseada em modelos matemáticos empíricos, inclusive a correção da altitude, feita mediante a inserção da pressão barométrica média local no modelo combinado. Portanto, foram adotadas metodologias diferentes na obtenção dos dois conjuntos de séries cronológicas em estudo, apesar de serem idênticas, já que foram obtidas ao longo do mesmo período (ano de 1990), empregando os mesmos registros de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido fornecidos pelo psicrômetro.

Nas equações de regressão linear (Tabela 1), a variável independente X corresponde ao valor da umidade relativa, calculada pelo programa PSICRO.PAS e a variável dependente Y, ao

valor da umidade relativa, obtida através das tabelas psicrométricas, que estavam sendo utilizadas na estação evaporimétrica local. Na montagem das equações foram consideradas as quatro séries temporais, contendo cada uma 365 valores da umidade relativa, obtidos ao longo do ano de 1990, conforme horários padronizados pela OMM (9 h, 15 h e 21 h) e as médias diárias. Para ambos os métodos de cálculo analisados foram usadas as leituras de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido realizadas no psicrômetro sem ventilação forçada, adequadamente protegido no abrigo meteorológico.

Na equação linear $y=ax+b$, o fato de o coeficiente de regressão a tender a 1 e o coeficiente linear b tender a zero significa que os valores da variável independente X tendem a se igualar aos valores da variável dependente Y . Em todas as equações de regressão linear mensais, obtidas para cada uma das séries temporais, foi observado um alto coeficiente de correlação de Pearson R , cujo coeficiente de determinação R^2 correspondente indica que, em todos os casos, as retas de regressão linear ficam bem determinadas em função da estreita correlação existente em mais de 98% dos valores da umidade relativa analisados, já que o R^2 mais baixo encontrado foi igual a 0,9865, correspondente a dezembro para as leituras realizadas no horário das 9 h.

Tabela 1. Equações de regressão para as séries cronológicas de umidade relativa obtidas pelos métodos tabular e analítico ao longo do ano de 1990.

| MÊS | UR (9 h) | | UR (15 h) | |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Equações | R ² | Equações | R ² |
| JAN | Y=1,017X-1,792 | 0,99812 | Y=1,003X-0,660 | 0,99780 |
| FEV | Y=1,010X-1,231 | 0,99800 | Y=0,988X+0,525 | 0,99770 |
| MAR | Y=1,001X-0,464 | 0,99796 | Y=0,983X+1,150 | 0,99866 |
| ABR | Y=0,981X+1,255 | 0,99792 | Y=0,999X-0,129 | 0,99918 |
| MAI | Y=0,985X+0,909 | 0,99826 | Y=1,001X-0,344 | 0,99934 |
| JUN | Y=0,981X+1,311 | 0,99568 | Y=1,012X-0,833 | 0,99860 |
| JUL | Y=1,005X-0,535 | 0,99922 | Y=1,015X-0,843 | 0,99942 |
| AGO | Y=1,002X-0,293 | 0,99904 | Y=1,013X-0,853 | 0,99946 |
| SET | Y=0,990X+0,590 | 0,99880 | Y=1,004X-0,381 | 0,99978 |
| OUT | Y=0,995X+0,074 | 0,99906 | Y=0,995X-0,004 | 0,99022 |
| NOV | Y=0,999X-0,280 | 0,99832 | Y=0,001X-0,194 | 0,99932 |
| DEZ | Y=0,985X+1,056 | <u>0,98650</u> | Y=0,994X+0,225 | 0,99956 |

Continua...

Continuação...

| MÊS | UR (21 h) | | UR (médias diárias) | |
|-----|----------------|----------------|---------------------|----------------|
| | Equações | R ² | Equações | R ² |
| JAN | Y=1,004X-0,459 | 0,99942 | Y=1,007X-0,835 | 0,99936 |
| FEV | Y=1,001X-0,169 | 0,99938 | Y=1,000X-0,252 | 0,99932 |
| MAR | Y=1,000X-0,173 | 0,99892 | Y=0,994X+0,237 | 0,99934 |
| ABR | Y=1,001X-0,165 | 0,99924 | Y=0,999X-0,027 | 0,99956 |
| MAI | Y=1,010X-0,996 | 0,99950 | Y=1,007X-0,719 | 0,99974 |
| JUN | Y=0,998X-0,033 | 0,99786 | Y=0,990X+0,415 | 0,99842 |
| JUL | Y=1,005X-0,255 | 0,99612 | Y=1,000X-0,056 | 0,99902 |
| AGO | Y=1,022X-1,383 | 0,99920 | Y=1,016X-1,065 | 0,99962 |
| SET | Y=1,020X-1,403 | 0,99916 | Y=1,012X-0,814 | 0,99956 |
| OUT | Y=0,989X+0,613 | 0,99714 | Y=0,994X+0,174 | 0,99938 |
| NOV | Y=0,989X+0,687 | 0,99764 | Y=0,996X+0,108 | 0,99936 |
| DEZ | Y=0,991X+0,534 | 0,99788 | Y=0,993X+0,390 | 0,99888 |

Confrontando-se os valores da umidade relativa obtidos pelo método tabular com os valores calculados através do processamento dos dados pelo aplicativo PSICRO.PAS, constata-se, através da análise dos respectivos coeficientes de variação (Tabela 2), que a precisão é equivalente para os dois métodos de cálculo adotados nos períodos diários em que a umidade relativa é mais elevada e a temperatura do ar mais reduzida, ao passo que, nos horários em que se detecta a umidade relativa mais baixa e a temperatura do ar mais elevada, a frequência dos coeficientes de variação mais reduzidos dos resultados obtidos pelo método analítico é superior à obtida pelo método tabular, indicando que o método analítico pode ser mais preciso nessas condições. Um comportamento similar é verificado com a umidade relativa média diária, indicando da mesma forma que o método analítico é mais preciso nas condições analisadas.

As depressões psicrométricas com maior amplitude (Tabela 3) provocaram aumento no coeficiente de variação (Tabela 2), indicando assim a redução da precisão dos valores da umidade relativa. A amplitude máxima da depressão psicrométrica normalmente ocorre entre as 13 e as 15 horas, o que corresponde à umidade relativa mais baixa ao longo do dia, ao passo que a amplitude mínima da depressão psicrométrica se verifica geralmente em horário próximo ao nascer do sol, quando a umidade relativa atinge o valor máximo diário. Nas condições meteorológicas do ano de 1990 (Tabela 4), são considerados secos os meses de junho, julho, agosto e setembro. De acordo com o critério proposto por Gaussen & Bagnouls (1953), apud Nimer (1979), são chamados de secos os meses cuja precipitação é inferior ao dobro da temperatura média mensal. Com a redução da umidade absoluta nesse período, associada à baixa nebulosidade, acompanhada do aumento da insolação efetiva, são geradas depressões psicrométricas de

maior amplitude, no final do período matutino e no início do período vespertino, mais sujeitas a oscilações, conforme demonstram os valores médios e os respectivos desvios padrões relacionados na Tabela 3, ao longo do período, em decorrência da redução do calor específico do ar na estação seca. Um comportamento similar também é observado nos horários das 9 h e das 21 h, porém os coeficientes de variação são bem mais baixos (Tabela 2), demonstrando que, quando a umidade relativa é mais elevada, condição esta normalmente associada à queda de temperatura, é maior a precisão dos modelos utilizados. Ao longo do ano, nos horários em que a emissão de calor pela superfície é mais intensa, por volta das 15 h, o coeficiente de variação aumenta com a redução da umidade relativa média mensal, assumindo um comportamento similar ao verificado na análise realizada ao longo do dia. Verifica-se que a precisão do modelo psicrométrico combinado é superior nos meses em que a umidade relativa é mais elevada e inferior nos meses mais secos, chegando a quadruplicar o coeficiente de variação no horário padrão das 15 h (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de variação CVx correspondentes aos valores da umidade relativa calculados pelo programa PSICRO.PAS e CVy correspondentes aos valores da umidade relativa obtidos pelo método tabular para o ano de 1990.

| Mês | UR (9 h) | | UR (15 h) | | UR (21 h) | | UR (médias diárias) | |
|-----|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|-------|
| | CVx | CVy | CVx | CVy | CVx | CVy | CVmx | CVmy |
| Jan | 9,61 ^r | 9,83 | 10,91 ^r | 11,02 | 19,02 ^r | 19,14 | 12,97 ^r | 13,11 |
| Fev | 9,13 ^r | 9,27 | 13,60 | 13,52 | 17,05 ^r | 17,10 | 10,38 ^r | 10,42 |
| Mar | 11,10 ^r | 11,18 | 16,96 | 16,67 | 17,35 ^r | 17,40 | 14,09 | 14,05 |
| Abr | 12,06 | 11,87 | 27,30 ^r | 27,37 | 16,48 ^r | 16,52 | 14,76 ^r | 14,77 |
| Mai | 14,72 | 14,55 | 33,32 ^r | 33,53 | 22,24 ^r | 22,65 | 19,88 ^r | 20,10 |
| Jun | 11,90 | 11,72 | 26,00 ^r | 26,61 | 17,37 ^r | 17,39 | 12,96 | 12,89 |
| Jul | 23,37 ^r | 23,56 | 38,43 ^r | 39,28 | 10,83 ^r | 10,89 | 13,66 ^r | 13,68 |
| Ago | 20,07 ^r | 20,18 | 39,24 ^r | 40,18 | 23,02 ^r | 23,57 | 20,35 ^r | 20,77 |
| Set | 24,53 | 24,32 | 49,59 ^r | 50,07 | 28,88 ^r | 29,55 | 28,51 ^r | 28,93 |
| Out | 18,72 | 18,71 | 31,79 ^r | 31,83 | 12,13 | 12,05 | 15,15 | 15,11 |
| Nov | 14,47 ^r | 14,54 | 28,40 ^r | 28,52 | 12,20 | 12,10 | 13,54 | 13,52 |
| Dez | 12,58 | 12,50 | 26,46 | 26,36 | 13,16 | 13,08 | 13,44 ^r | 13,78 |

r = ocorrência do coeficiente de variação CVx inferior ao CVy.

Tabela 3. Médias mensais dos elementos meteorológicos determinados na Estação Evaporimétrica da Escola de Agronomia – CPRM, no ano de 1990.

| | Temperatura | | | | | | Preci- pitação | Inso- lação | ETo ¹ |
|-----|-------------|------------|---------------------|-------------------|------------|-------------------|-------------------|----------------|------------------|
| | máxima | | | mínima | | | | | |
| Mês | URm (%) | média (°C) | média absoluta (°C) | absoluta (°C/dia) | média (°C) | absoluta (°C/dia) | (mm) | (h) | (mm) |
| Jan | 76,7 | 24,2 | 31,8 | 37,0 (25) | 18,5 | 12,4 (7) | 170,4 | 186,9 | 114 |
| Fev | 76,6 | 24,1 | 30,9 | 33,0 (4) | 18,9 | 16,3 (9) | 175,7 | 123,9 | 104 |
| Mar | 71,8 | 24,8 | 32,3 | 35,0 (11) | 18,4 | 16,7 (3) | 138,9 | 204,0 | 116 |
| Abr | 65,9 | 24,8 | 32,1 | 35,0 (8) | 17,8 | 16,0 (24) | 148,2 | 231,5 | 107 |
| Mai | 69,1 | 21,8 | 30,1 | 33,6 (2) | 15,4 | 7,0 (19) | 65,8 | 235,3 | 76 |
| Jun | 62,6 | 19,5 | 29,8 | 31,8 (9) | 10,6 | 5,6 (25) | 1,2 | 253,2 | 53 |
| Jul | 61,8 | 19,9 | 30,5 | 33,6 (18) | 9,3 | 3,0 (31) | 2,8 | 247,0 | 60 |
| Ago | 53,3 | 22,8 | 31,3 | 36,0 (20) | 12,6 | 5,2 (1) | 18,8 | 222,9 | 90 |
| Set | 57,0 | 22,7 | 31,4 | 35,4 (11) | 14,3 | 8,8 (17) | 35,8 | 192,4 | 90 |
| Out | 67,3 | 24,5 | 32,4 | 35,6 (11) | 17,7 | 15,2 (7) | 104,8 | 203,1 | 116 |
| Nov | 71,3 | 24,3 | 32,0 | 35,8 (11) | 18,2 | 15,6 (23) | 261,2 | 204,0 | 115 |
| Dez | 74,1 | 24,1 | 31,2 | 34,4 (4) | 18,5 | 15,8 (3) | 103,2 | 181,6 | 118 |
| Ano | 67,3 | 23,1 | 31,3 | 37,0(JA) | 15,8 | 3,0(JUL) | 1226,8 | 2485,8 | 1169 |

(¹)ETo = Evapotranspiração de referência estimada pelo método de Thornthwaite.

Tabela 4. Depressões psicrométricas médias mensais e respectivos desvios padrões.

| Mês | Depressões psicrométricas | | |
|-----|---------------------------|-----------|----------|
| | 9 h | 15 h | 21 h |
| JAN | 1,6±0,84 | 2,8±0,92 | 1,3±0,67 |
| FEV | 2,6±1,07 | 3,7±1,42 | 3,4±2,07 |
| MAR | 3,1±1,10 | 4,8±1,69 | 4,1±1,66 |
| ABR | 3,1±0,74 | 5,5±2,27 | 3,4±1,17 |
| MAI | 2,7±1,42 | 5,6±3,66 | 2,1±1,85 |
| JUN | 2,9±0,88 | 10,2±1,48 | 3,8±2,35 |
| JUL | 2,8±1,23 | 10,1±3,48 | 4,1±0,99 |
| AGO | 4,9±1,20 | 10,3±3,06 | 5,2±1,32 |

continua...

Continuação...

| Mês | Depressões psicométricas | | |
|-----|--------------------------|-----------|----------|
| | 9 h | 15 h | 21 h |
| SET | 4,1±1,91 | 10,9±1,97 | 4,4±1,84 |
| OUT | 5,2±2,82 | 9,3±3,65 | 3,5±1,58 |
| NOV | 2,7±1,25 | 6,9±2,60 | 2,0±0,94 |
| DEZ | 3,4±2,01 | 6,8±3,56 | 2,8±2,10 |

CONCLUSÕES

A verificação e a análise dos resultados, indicando a tendência à igualdade dos valores obtidos por ambos os métodos testados, permitiram decidir pela substituição do método tabular pelo analítico.

A predominância da frequência dos coeficientes de variação mais baixos, verificados através da análise dos dados obtidos pelo método analítico, permitiu concluir sobre a maior confiabilidade do cálculo da umidade relativa pelo aplicativo PSICRO.PAS.

Nas condições analisadas, há um forte indicativo de que ambos os métodos testados apresentam maior precisão nos períodos cujos valores da umidade relativa são mais elevados, ou seja, os valores instantâneos verificados durante a madrugada e nas primeiras horas da manhã e médias diárias de outubro a abril.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agricultural Engineers Yearbook. 1983.** Saint Joseph: American Society of Agricultural Engineers. 30. ed. 853p.
- Mather, J.R. 1974.** Climatology: fundamentals and applications. New York: McGraw-Hill Book Company, 412p.
- Nimer, E. 1979.** Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 421p.
- Normais Climatológicas. Brasília. 1992.** Departamento Nacional de Meteorologia. 84p.
- Serra, A. & S. Serebrenick. 1972.** Tabelas psicométricas. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Meteorologia. 102p.
- Tubelis, A. & F. J. L. Nascimento. 1981.** Meteorologia descritiva. São Paulo: Livraria, Nobel, 174p.