

Aspectos climatológicos de Manaus (*)

Maria de Nazaré Góes Ribeiro (**)

Resumo

Contribuição ao estudo do clima de Manaus, Amazonas. Para tanto utilizou-se dados da Estação Meteorológica da Reserva Florestal Ducke, pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Foram feitas, a partir desses dados, classificações climáticas pelos métodos de Köppen e Thornthwaite e apresentadas considerações sobre os valores extremos dos parâmetros estudados.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas que se tem encontrado para a ocupação produtiva da Região Amazônica é a falta de dados obtidos que permitam um melhor planejamento. Dentro da problemática do aproveitamento dos recursos naturais através de atividades agrícolas, sente-se de imediato uma deficiência de dados básicos inclusive de dados meteorológicos.

Sabe-se que esta vasta região, juntamente com a região Centro-Oeste, possui uma rede de estações meteorológicas ainda muito deficiente, residindo aí enormes dificuldades no conhecimento do clima e de outros elementos meteorológicos de importância para o planejamento.

Alguns estudos estão sendo efetuados a partir de modelos de circulação atmosférica, produzindo resultados de validade macrometeorológica. Entretanto, poucas são as contribuições ao estudo microclimático, residindo aí a importância do estudo que ora se propõe efetuar.

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos num período de nove (9) anos (1965-1973) na Estação Meteorológica da Reserva Florestal Ducke, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Especificamente para estudos do clima, Blair (1942) identificou o clima da Região Amazônica como tropical chuvoso (subtipo equatorial) e Haurwitz & Austin (1944) distinguem pelas diferentes características de clima, as regiões do alto e do baixo Amazonas. Brinkmann *et al.* (1971) e Brinkmann & Ribeiro (1972) realizaram estudos sobre a temperatura do ar na Amazônia Central, verificando que ocasionalmente ocorrem períodos de temperaturas mais baixas, conhecidos como *friagens* em épocas menos chuvosas. Nimer (1972) apresenta um estudo climatológico da Região Norte do Brasil sob o ponto de vista dinâmico, procurando explicar certos comportamentos característicos do clima amazônico a partir de modelos da circulação geral da atmosfera; apresenta ainda, estudos sobre o comportamento da temperatura e das chuvas.

MATERIAL E MÉTODO

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN (1948)

É efetuada com base em dados de temperatura do ar, precipitação e suas distribuições dentro das estações do ano. Köppen divide o globo, do ponto de vista climatológico, em cinco zonas fundamentais, onde vamos encontrar doze tipos de climas que, por sua vez, se dividem em variedades e alternativas. Identificou-se nesta classificação de Köppen, a mais difundida e utilizada das classificações climáticas existentes, o clima de Manaus, utilizando-se dos dados constantes do Gráfico 1.

Tendo em vista que a temperatura média para o mês mais frio nunca foi inferior a 18,0°C a zona climática proposta por Köppen é A que corresponde a clima tropical praticamente sem inverno.

(*) — Trabalho inteiramente subvencionado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq.).

(**) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

O mês mais pobre em chuvas, setembro com precipitação superior a 60 milímetros (média dos 9 anos). Este fato vai corresponder ao tipo climático *f* indicando chuvas durante todo o ano, vegetação de selva tropical, árvores de todos os tamanhos, arbustos, trepadeiras, compondo um estrato quase impenetrável.

A variedade climática da região em estudo é *i* (indicando isotermia), pois, não há propriamente verão nem inverno, já que as oscilações anuais da temperatura média não chegam a 5°C. Finalmente, pode-se concluir, considerando a classificação climática de Köppen, que Manaus tem para fórmula climática a que se segue: *Afi*

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITTE (1948)

É um método de classificação que se constitui num avanço em relação aos métodos tradicionais, pois, além da precipitação e temperatura, Thornthwaite introduz o estudo da evapotranspiração como elemento de identificação climática: assim a caracterização de um clima como seco ou úmido estaria ligada à pluviometria e as necessidades hídricas. A classificação de Thornthwaite baseia-se em dois índices, funções diretas da evapotranspiração potencial: índice efetivo de umidade e índice de eficiência térmica.

O índice efetivo de umidade (I_m), também chamado índice hídrico anual é dado por:

$$I_m = I_n - 0,6 I_a \quad (1)$$

onde: I_n = índice de umidade é obtido da expressão:

$$I_n = 100 \frac{EXC}{EP} \quad (2)$$

que representa o percentual entre o excesso anual de água no solo (EXC) e a necessidade hídrica representada pela evapotranspiração potencial anual (EP);

I_a = índice de aridez, dado pela expressão:

$$I_a = 100 \frac{DEF}{EP} \quad (3)$$

representando a relação percentual entre a deficiência (DEF) e a necessidade hídrica.

Em nosso estudo, usamos os seguintes valores que calculamos para a região e período observado 1965-1973; segundo Thornthwaite e Mather (1955).

$$\begin{aligned} EXC &= 970 \text{ mm} \\ DEF &= 28 \text{ mm} \\ EP &= 1536 \text{ mm} \end{aligned}$$

Utilizando as expressões (1), (2) e (3) e os dados do Gráfico I, chegou-se aos seguintes resultados:

$$\begin{aligned} I_n &= 63,2\% \\ I_a &= 1,8\% \\ I_m &= 62,1\% \end{aligned}$$

Como se pode observar na expressão do índice efetivo de umidade, o índice de aridez tem peso proporcional menor que o índice de umidade; isto se deve à previsão de que um excesso de 60 mm é capaz de prover um déficit de 100 mm, devido a redução da taxa de evapotranspiração.

O tipo climático para a região em estudo segundo Thornthwaite, a partir do índice efetivo de umidade ($I_m = 62,1$) é úmido B_3 pois I_m está entre os limites 60 e 80%.

Define-se ainda um subtipo climático a partir da distribuição estacional das precipitações; em nosso caso o índice de aridez ($I_a = 1,8\%$) se encontra entre os limites zero e 16,7% e assim o clima apresenta pequena ou nenhuma deficiência hídrica.

Thornthwaite define um índice de eficiência térmica (TE) como sendo a própria evapotranspiração potencial; assim sendo em nosso caso $TE = EP = 1536$ mm; como este valor é superior a 1140 mm o clima é considerado megatérmico (A').

Finalmente, estudando o índice de eficiência térmica no verão (CV),

$$CV = \frac{EP \text{ do verão}}{EP \text{ anual}} \times 100 \quad (4)$$

Em nosso caso, a evapotranspiração potencial tem pequena variação bem como nenhuma estação pode ser propriamente chama-

da de verão; assim sendo a EP de quaisquer dos três meses consecutivos constituirá em aproximadamente 25% do total anual. Tomando-se os valores de EP para dezembro = 135 mm; janeiro = 128 mm e fevereiro = 115 mm o valor de CV encontrado foi 24,6%.

Como CV é menor que 48%, define-se o subtipo climático a' cujas características são as definidas acima.

A fórmula climática $B_3 A' a'$ representa

simbolicamente o clima de Manaus como sendo úmido com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, megatérmico, com evapotranspiração potencial igualmente distribuída no ano todo.

Os valores das temperaturas máximas e mínimas absolutas em °C foram obtidos usando termômetros de máxima e mínima com escala -10...+60°C em 1/5°C.

Para medidas das temperaturas médias em °C foi usado termógrafo registrador n.º 79 com rotação semanal e amplitude termográfica -5...+50°C.

Nas medidas da umidade relativa média em % usamos higrógrafo registrador n.º 77h com rotação semanal e amplitude higrográfica 0...100%.

O índice de pluviosidade foi medido com pluviógrafo tipo Hellmann — 95 com tambor fazendo revolução diária.

Para determinação da insolação foi utilizado o heliógrafo tipo Campbell-Stocks.

RESULTADOS

No período 1965 à 1973 os extremos considerados foram os seguintes:

A temperatura máxima absoluta registrada foi de 37.0°C no mês de outubro/65, enquanto que a temperatura mínima absoluta foi de 14.3°C registrada no mês de maio/68. Na tabela 1 apresentamos as temperaturas máximas e mínimas absolutas registradas anualmente com as datas de ocorrências; entretanto, na tabela 2, indicamos as médias das temperaturas máximas e mínimas acompanhadas do desvio padrão.

Aspectos climatológicos...

TABELA 1 — Temperaturas máximas e mínimas absolutas em (°C) registradas anualmente no período 1965 - 1973.

Ano	Temperaturas °C		Temperaturas °C	
	Máx. abs.	Data	Mín. abs.	Data
1965	37.0	01/10	17.3	21/08
1966	34.8	26/10	20.2	15/07
1967	36.6	11/09	15.1	09/11
1968	34.3	23/02	14.3	01/05
1969	36.6	08/11	17.6	18/08
1970	35.7	21/10	18.7	03/09
1971	35.6	11/10	20.0	06/07
				09/08
				17/10
1972	36.2	04/10	20.0	29/02
1973	36.0	13/10	20.5	20/05
				01/06
				11/07
				19/08
				18/10

TABELA 2 — Média das temperaturas máximas e mínimas acompanhadas do desvio padrão no período 1965 - 1973.

Ano	Média das Temperaturas Máximas		Média das Temperaturas Mínimas	
	°C	Desvio Padrão	°C	Desvio Padrão
1965	33.9	1.89	20.5	1.26
1966	33.0	1.07	20.7	0.42
1967	33.9	1.53	19.4	1.75
1968	32.9	0.86	19.0	1.94
1969	33.8	1.53	20.5	1.29
1970	34.0	0.78	20.6	1.07
1971	33.7	1.05	20.5	0.70
1972	34.4	1.13	20.9	0.47
1973	34.2	0.99	21.0	0.58

O menor valor anual de umidade relativa registrado foi 40% nos anos de: 1965, 1967 e 1968. Na tabela 3 demonstramos os menores valores de umidade relativa (%) registrados anualmente com as datas e horas de ocorrências.

A umidade relativa (média) no período observado registrou o seu menor valor mínimo mensal 77% no mês de setembro/67 e o seu maior valor máximo mensal 95% nos meses de fevereiro, maio e julho/73; na tabela 4 encontramos os valores mínimos e máximos mensais de umidade relativa (média) em % no período 1965-1973.

A chuva mais intensa do período ocorreu no dia 31 de março de 1971, com 152.3 milímetros para 535 minutos. Na tabela 5 são apre-

TABELA 3 — Menores valores de umidade relativa (%) registrada anualmente.

A n o	Umidade Relativa (%)		
	D a t a	H o r a	Valor (%)
1965	30 setembro	14:00	40
	10 outubro	14:00	
1966	30 outubro	12:00	41
1967	2, 8, 9, 10, 11, 14 set.	12:00	40
	2, 3 outubro	14:00	
1968	24 outubro	12:00	40
1969	8 novembro	14:00	48
1970	21 agosto	14:00	50
1971	25 setembro	14:00	53
1972	14 outubro	14:00	52
1973	11 outubro	14:00	51

sentados os valores das chuvas de maior intensidade registradas em cada ano.

A maior precipitação pluviométrica ocorreu em março/71, 509.9 mm e a menor precipitação pluviométrica em setembro/69, 15.2 mm. Na tabela 6 encontram-se resultados do maior e menor total de precipitação pluviométrica em milímetros mensais durante o período 1965-1973.

TABELA 5 — Valores das chuvas de maior intensidade registradas em cada ano.

CHUVAS INTENSAS			
A n o	D a t a	Precipitação em (mm)	Duração
1965	1 dezembro	53.6	15 minutos
	2 abril	50.8	75 minutos
1966	18 janeiro	78.1	447 minutos
1967	8 abril	145.5	569 minutos
1968	23 novembro	141.4	410 minutos
1969	27 outubro	111.3	716 minutos
1970	16 janeiro	95.8	565 minutos
	29 julho	63.2	168 minutos
1971	31 março	152.3	535 minutos
1972	29 outubro	62.4	60 minutos
1973	24 março	77.2	295 minutos
	11 dezembro	61.7	120 minutos

TABELA 4 — Valores mínimos e máximos mensais de umidade relativa (média) em % no período 1965-1973.

Umidade Relativa (Média)				
A n o	Valores Mínimos Mensais		Valores Máximos Mensais	
	M ê s	Valor (%)	M ê s	Valor (%)
1965	outubro e dezembro	78	maio	92
1966	outubro	82	maio	93
1967	setembro	77	janeiro, fevereiro, abril	92
1968	julho e outubro	85	maio	94
1969	setembro	85	dezembro	94
1970	agosto e outubro	87	fevereiro, março, abril	94
1971	setembro, novembro, dezembro	88	janeiro a junho	93
1972	outubro	78	janeiro, fevereiro, maio	94
1973	outubro	88	fevereiro, maio, julho	95

TABELA 6 — Maior e menor total mensal de precipitação pluviométrica em milímetros durante o período 1965 - 1973.

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA				
Ano	Maior total mensal observado		Menor total mensal observado	
	Mês	Milímetros	Mês	Milímetros
1965	dezembro	310.2	agosto	16.5
1966	maio	396.9	outubro	74.0
1967	abril	374.2	julho	31.3
1968	abril	469.8	julho	102.9
1969	abril	392.3	setembro	15.2
1970	fevereiro	386.4	outubro	47.5
1971	março	509.9	setembro	55.6
1972	fevereiro	341.4	setembro	52.8
1973	março	420.1	outubro	112.7

O mês de maior insolação foi outubro de 1969 com 258.2 horas de brilho solar e o mês de menor insolação foi fevereiro de 1973 com 67.2 horas. A insolação diária máxima foi de 11.8 horas no dia 30 de setembro de 1965.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece aos Srs. Dr. Eneas Salati; Dr. Jesus Marden e Dr. Carlos Nobre, pelas sugestões apresentadas na apreciação do manuscrito; aos bolsistas José Lima Filho e Isimar Santos, pela colaboração na análise estatística dos dados climatológicos.

SUMMARY

This work is a contribution to the study of the climate of Manaus, Amazonas (Brasil). On this account, several data from the Meteorological

Station, at Ducke Forestry Reserve of the Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, were utilized.

Climatical classifications by Köppen and Thornthwaite's methods were processed from these data and emphasized considerations on the extreme values of the study of these parameters.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BLAIR, THOMAS A.
1942 — *Climatology general and regional*. New York, Prentice — Hall, Inc., 484 p.
- BRINKMANN, W.L.F., WEINMANN, J.A., RIBEIRO, M.N.G.
1971 — Air temperatures in Central Amazônia — I. The daily record of air temperatures in a secondary forest near Manaus under cold front conditions (July 4 th, to July 13 th, 1969). *Acta Amazônica*, 2(1) : 51-56.
- BRINKMANN, W.L.F., & RIBEIRO, M.N.G.
1972 — Air temperatures in Central Amazônia — III. Vertical temperature distribution on a clearcut area and in a secondary forest near Manaus (cold front conditions July 10 th, 1969). *Acta Amazônica*, 3(2) : 25-29.
- HAURWITZ, BERNHARD & AUSTIN, JAMES M.
1944 — *Climatology*. New York, Mc Graw — Hill Book Company, Inc., 410p.
- KÖPPEN, W.
1948 — *Climatologia; con un estudio de los climas de la tierra*. México, 479p.
- NIMER, EDMOND.
1972 — Climatologia da região norte: introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 34(3) : 124-153.
- THORNTWHAITE, C.W.
1948 — An approach toward a national classification of climate. *The Geographical Review*, New York, 38(1) : 55-94.
- THORNTWHAITE, C.W. & MATHER, S.R.
1955 — The Water Balance. *Climatology*. Centerton, N.S. (8) : 1. 104p.

GRÁFICO I - Dados mensais referentes as temperaturas do ar em °C em suas máximas absolutas, mínimas absolutas; temperaturas médias; umidade relativa (média) % e precipitação pluviométrica em mm, obtidos no período abril /65 à dezembro /73 (9 anos) na Estação Meteorológica da Reserva Florestal Duque do INPA km 26 da Rodovia Torquato Tapajós.

LEGENDA:

- TEMPERATURAS EM °C MÁXIMAS ABSOLUTAS
- TEMPERATURAS EM °C MÉDIAS
- TEMPERATURAS EM °C MÍNIMAS ABSOLUTAS
- UMIDADE RELATIVA %
- PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)

