

ESTIMATIVAS DE VALORES HORÁRIOS DE TEMPERATURAS E UMIDADES DO AR EM FUNÇÃO DE NORMAIS CLIMATOLÓGICAS

Maurício Roriz

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Rodovia Washington Luís, km 235 - CEP 13565-905 - São Carlos - São Paulo - Brasil

E-mail: m.roriz@terra.com.br

RESUMO

Análises detalhadas dos desempenhos térmico e energético de edificações exigem o conhecimento de valores horários de alguns elementos do clima. Entretanto, as únicas informações climáticas disponíveis para inúmeras localidades são as denominadas Normais Climatológicas, constituídas por médias estatísticas e valores extremos de dados obtidos ao longo de 30 anos de observação. Apresenta-se, neste artigo, o desenvolvimento de um método que permite estimar a oscilação horária das temperaturas e umidades do ar, para quaisquer latitudes e épocas do ano, como função das Normais Climatológicas de cada lugar. Nesse sentido, análises estatísticas foram aplicadas aos dados horários de anos climáticos típicos de 120 cidades, obtendo-se equações de regressão para as variáveis estudadas. Englobando 51 países, latitudes desde 64° norte até 53° sul e altitudes desde o nível do mar a mais de 4000 m, esta base de dados é representativa de ampla diversidade geográfica e climática. Aplicado aos climas típicos dos meses de junho e dezembro das 120 localidades, o método proporcionou estimativas com coeficientes de correlação de 0.99 para os valores horários de temperatura e 0.98 para os de umidade relativa.

Palavras-chave: Valores horários de temperatura e umidade do ar. Climatologia aplicada.

ABSTRACT

Detailed analyses of thermal and energy performance of buildings demand the knowledge of hourly values from some climatic elements. However, the only available climatic information for countless places are them denominated Climatological Normals, constituted by statistical averages and extreme values of data obtained along 30 years of observation. This paper presents the development of a method that allows to estimate the hourly oscillation of air temperatures and humidities, for any latitudes and times of the year, as function of the Climatological Normals of each place. In that sense, statistical analyses were applied to the hourly data of typical climatic years of 120 cities, being obtained regression equations for the studied variables. Including 51 countries, latitudes from 64° north to 53° south and elevations from the sea level the more than 4000 m, this database is representative of wide geographical and climatic diversity. The application of the method provided quite satisfactory results for the typical climates of June and December of the 120 places, with correlation coefficients of 0.99 for the hourly temperature and 0.98 for the one of relative humidity.

Keywords: Hourly values of air temperature and humidity. Applied climatology.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Ciclo diário de oscilação da temperatura do ar

As oscilações horárias típicas da temperatura do ar derivam do ciclo diário de luz solar e escuridão, decorrente dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol. A Terra absorve radiação solar desde o nascer até o pôr do Sol (Fig. 1) e, por outro lado, emite constantemente radiações para as camadas altas da atmosfera. Em cada momento, a temperatura superficial do solo é função de seu calor específico e do balanço térmico entre a energia recebida e a emitida. Quanto mais alta for a temperatura superficial, maiores serão as taxas de perdas de calor. Sob condições normais, a radiação solar recebida é máxima ao meio-dia, mas a superfície do planeta continua se aquecendo até o momento do pôr do Sol. Sendo o ar atmosférico praticamente transparente para as radiações solares, seu principal processo de trocas de calor é por convecção com o solo. Assim, as temperaturas mínimas do ar acontecem aproximadamente no momento em que o Sol nasce, enquanto as máximas ocorrem no meio da tarde, quando a radiação emitida pela Terra ultrapassa a absorvida.

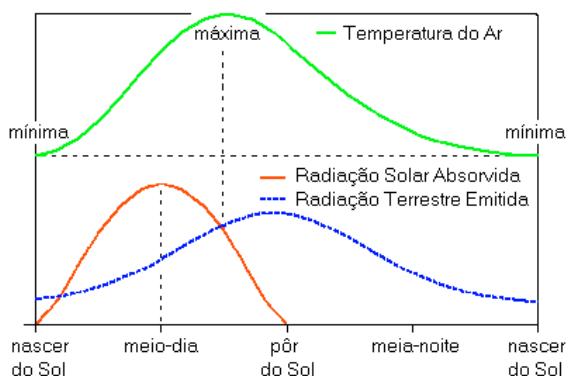


Figura 1: Temperatura do Ar, uma função do Balanço Térmico entre a Terra e o Sol

1.2 Precedentes

Diversos métodos já foram propostos para estimar-se a evolução típica da temperatura do ar ao longo de um dia. Os primeiros, resumiam-se em valores tabelados de um fator horário a ser aplicado sobre as temperaturas máximas e mínimas, obtidas nas normais climatológicas. Já há mais de quarenta anos, por exemplo, Berthier e Anquez (1964) mencionaram o “Método de Deplanches”, assim descrito:

$$Th = T_{\text{max}} - Fh (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

Th = Temperatura do ar na hora “h” do sistema horário solar

Fh = Fator de cálculo das temperaturas na hora “h”, conforme a Figura 2.

T_{min} e T_{max} = Médias mensais das temperaturas mínimas e máximas do ar, respectivamente.

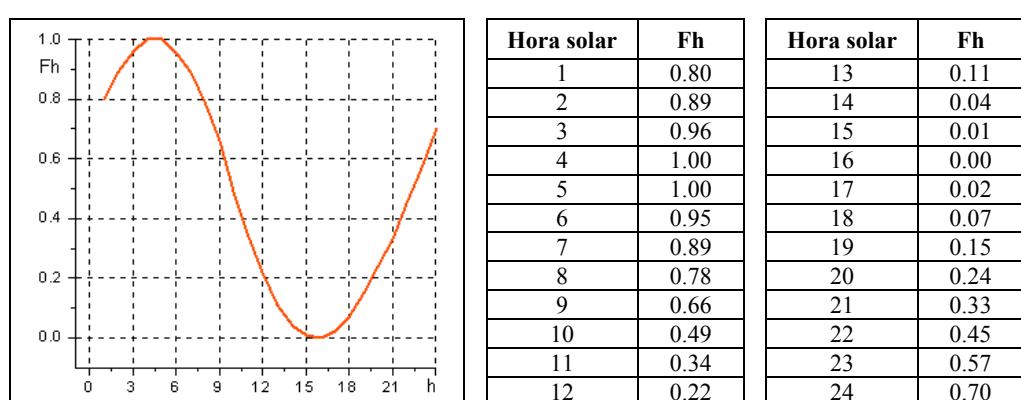


Figura 2: Fator Fh proposto por Deplanches, apud Berthier e Anquez (1964)

Posteriormente, Serra (1975) adaptou a tabela de Deplanches para horários compatíveis com os observados em cidades brasileiras. A curva sugerida por Serra foi adotada por Roriz e Basso (1989) no programa computacional Arquitrop.

Outros estudos foram desenvolvidos na busca de curvas diárias típicas de cidades específicas. Com base na análise de dados horários medidos ao longo de 20 anos, por exemplo, Roriz (1996) formulou uma curva (Figura 3) para as oscilações típicas da temperatura do ar na cidade de São Paulo. Esta curva foi dividida em duas partes, uma para as primeiras doze horas após a ocorrência da temperatura mínima (Equação 3) e outra para o período restante do dia (Equação 4):

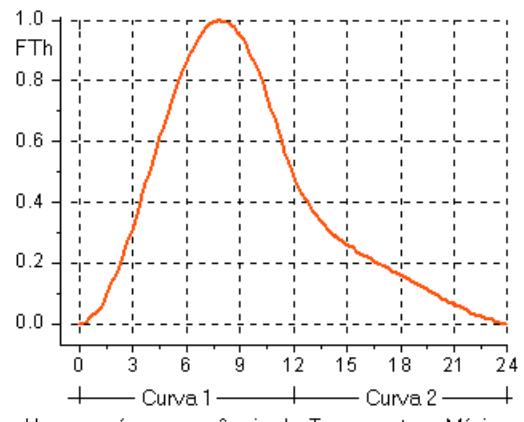


Figura 3: Equações de regressão do fator FTh (Roriz, 1996)

$$Th = Tmin + FTh (Tmax - Tmin) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Curva 1: } FTh = [1 + \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi \cdot h}{8})]/2 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{Curva 2: } FTh = B0 + B1 \cdot h + B2 \cdot h^2 + B3 \cdot h^3 + B4 \cdot h^4 + B5 \cdot h^5 \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo:

FTh = Fator de cálculo da temperatura do ar no momento h

h = Horas após a ocorrência da temperatura mínima

π = Número “Pi” ($\pi = 3.141593$)

$B0=20.52074 \quad B1=-5.021 \quad B2=0.4984 \quad B3=-0.02462 \quad B4=0.0006 \quad B5=-0.000006$

Sem restringir-se a uma cidade específica, Tejeda-Martínez (1991) sugere o seguinte procedimento para o cálculo dos valores horários da temperatura do ar:

$$Th = Tmin + Fh (Tmax - Tmin) \quad (\text{Eq. 5})$$

$$Fh = A \cdot T^B \cdot \text{Exp}(C \cdot T) \quad (\text{Eq. 6})$$

Sendo:

Th = Temperatura do ar na hora “ h ”

T = $h - HNS$ (para $h \geq HNS$)

Fh = Fator de cálculo da temperatura na hora “ h ”

T = $h + 24 - HNS$ (para $h < HNS$)

$Tmin$ = Média mensal das temperaturas mínimas

HNS = hora do nascer do Sol

$Tmax$ = Média mensal das temperaturas máximas

A, B e C = parâmetros, função do clima (Tab. 1)

Tabela 1: Parâmetros da equação 6, propostos para cidades mexicanas (Tejeda-Martínez, 1991)

Meses	Latitude	A	B	C
Março a Outubro	Maior ou igual a 23.5°	0.026	3.190	-0.375
		0.023	3.436	-0.421
Todos	Menor que 23.5°	0.096	2.422	-0.339

Observa-se que todos estes métodos de cálculo apresentam restrições, não podendo ser aplicados a qualquer localidade. A equação de Tejeda-Martínez, embora mais ampla que as anteriores, também depende de parâmetros específicos para cada lugar.

2 DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO ALGORITMO

Procurou-se, então, desenvolver um modelo de cálculo para os valores horários típicos da temperatura e da umidade do ar, que fosse aplicável a quaisquer latitudes e épocas do ano e que dependesse apenas de dados disponíveis nas tabelas de normais climatológicas de cada lugar. A primeira etapa do trabalho enfocou somente a temperatura do ar e baseou-se em dados medidos de 64 cidades de diferentes continentes (RORIZ, 2006). No prosseguimento do estudo, a base de dados foi ampliada e a análise passou a incluir também as umidades relativas. Neste sentido, análises estatísticas foram aplicadas aos dados horários de anos climáticos típicos de 120 cidades, de 51 países (Figura 4 e Tabelas 2a e 2b), constituindo amostra representativa de ampla diversidade geográfica e climática, com latitudes desde 64° norte até 53° sul e altitudes desde o nível do mar a mais de 4000 m.

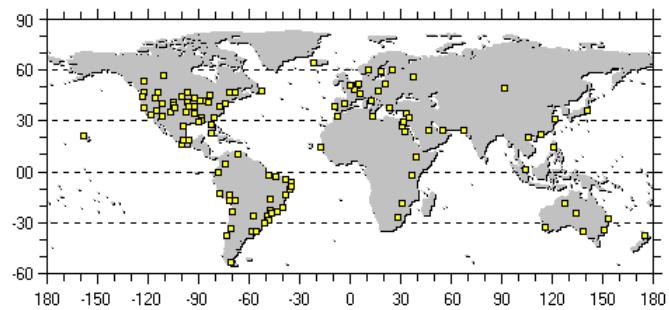


Figura 4: Localização das 120 cidades

Tabela 2a: Localidades consideradas na análise dos valores horários de Temperaturas e Umidades

N.	País	Lugar	Lat	Alt
1	AR	Buenos Aires	-34.8	20
2	AU	Adelaide	-34.9	48
3	AU	Alice Springs	-23.8	547
4	AU	Brisbane	-27.4	10
5	AU	Halls Creek	-18.2	424
6	AU	Perth	-31.9	29
7	AU	Sydney	-33.9	40
8	BO	La Paz	-16.5	4042
9	BR	Belém	-1.4	16
10	BR	Brasília	-15.9	1060
11	BR	Curitiba	-25.5	910
12	BR	Florianópolis	-27.7	7
13	BR	Fortaleza	-3.8	25
14	BR	Maceió	-9.5	115
15	BR	Natal	-5.9	49
16	BR	Porto Alegre	-30.0	4
17	BR	Recife	-8.1	11
18	BR	Rio de Janeiro	-22.8	5
19	BR	Salvador	-12.9	13
20	BR	São Carlos	-22.0	854
21	BR	São Luis	-2.6	53
22	BR	São Paulo	-23.6	802
23	BR	Vitória	-20.3	5
24	BX	Brussels	50.9	58
25	CI	Shanghai	31.4	5.5
26	CL	Antofagasta	-23.4	120
27	CL	Concepción	-36.8	16
28	CL	Punta Arenas	-53.0	37
29	CL	Santiago	-33.4	476
30	CN	Fort McMurray	56.7	369
31	CN	Prince George	53.9	691
32	CN	Quebec	46.8	73
33	CN	St John's	47.6	140
34	CO	Bogotá	4.7	2548
N.	País	Lugar	Lat	Alt
35	CU	Havana	23.0	59
36	CY	Larnaca	34.9	2
37	EC	Quito	-0.2	2812
38	EG	Al Minya	28.1	40
39	EG	Aswan	24.0	194
40	EG	Asyut	27.1	70
41	EG	Cairo	30.1	74
42	ER	Abu Dhabi	24.4	27
43	ET	Addis Ababa	9.0	2355
44	FI	Helsinki	60.3	56
45	FR	Paris	48.7	96
46	GR	Athens	37.9	15
47	IL	Reykjavík	64.1	61
48	IS	Jerusalem	31.8	782
49	IY	Roma	41.8	3
50	JP	Tokyo	36.2	35
51	KN	Nairobi	-1.3	1798
52	LY	Tripoli	32.7	81
53	MC	Casablanca	33.4	206
54	MO	Ulaangom	49.9	936
55	MX	Acapulco	16.8	5
56	MX	México	19.4	2234
57	MX	Veracruz	19.2	14
58	NL	Amsterdam	52.3	2
59	NO	Oslo	59.9	17
60	NZ	Auckland	-37.0	6
61	OS	Vienna	48.1	190
62	PE	Arequipa	-16.3	2520
63	PE	Cuzco	-13.6	3249
64	PE	Lima	-12.0	13
65	PH	Manila	14.5	21
66	PK	Karachi	24.9	22
67	PL	Warsaw	52.2	107
68	PO	Lisboa	38.7	71

Tabela 2b: Localidades consideradas na análise dos valores horários de Temperaturas e Umidades

N.	País	Lugar	Lat	Alt	N.	País	Lugar	Lat	Alt
69	PY	Asunción	-25.3	101	95	US	Missoula	46.9	972
70	RA	Moscow	55.8	156	96	US	Mobile	30.7	67
71	SD	Riyadh	24.7	612	97	US	New Orleans	30.0	3
72	SG	Dakar	14.7	24	98	US	New York	40.8	57
73	SN	Stockholm	59.7	61	99	US	Oklahoma	35.4	397
74	SP	Madrid	40.5	582	100	US	Olympia	47.0	61
75	SR	Singapore	1.4	16	101	US	Omaha	41.4	404
76	SW	Geneva	46.3	416	102	US	Pasadena	34.2	263.3
77	UK	London	51.2	62	103	US	Phoenix	33.4	339
78	UM	Macau	22.2	86	104	US	Pierre	44.4	526
79	US	Alpena	45.1	210	105	US	Pueblo	38.3	1439
80	US	Boise	43.6	874	106	US	Rochester	43.9	402
81	US	Boulder	40.0	1634	107	US	Rockford	42.2	221
82	US	Caribou	46.9	190	108	US	Salem	44.9	61
83	US	Cheyenne	41.2	1872	109	US	Salt Lake	40.8	1288
84	US	Chicago	41.8	190	110	US	San Francisco	37.6	5
85	US	Columbia	38.8	270	111	US	Savannah	32.1	16
86	US	Denver	39.8	1611	112	US	Sterling	39.0	82
87	US	Fargo	46.9	274	113	US	Tampa	28.0	3
88	US	Honolulu	21.3	5	114	US	Toledo	41.6	211
89	US	Laredo	27.5	152	115	US	Topeka	39.1	270
90	US	Las Vegas	36.1	664	116	UY	Montevideo	-34.8	32
91	US	Little Rock	34.7	81	117	VE	Caracas	10.6	48
92	US	Los Alamos	35.9	2179	118	VS	Hanoi	21.0	6
93	US	Los Angeles	33.9	32	119	ZA	Johannesburg	-26.1	1700
94	US	Meridian	32.3	94	120	ZW	Harare	-17.9	1503

2.1 Oscilação diária da Temperatura do Ar

A análise estatística dos dados das 120 cidades resultou nas seguintes equações para os valores horários típicos da temperatura do ar:

$$Th = T_{min} + Fh (T_{max} - T_{min}) \quad (\text{Eq. 7})$$

$$FTh = B0 [1 + \text{Sen}(Z)] \quad (\text{Eq. 8})$$

$$Z = (1.5 \cdot \pi) + [(A - Hns - B1) \cdot (\pi / B2)] \quad (\text{Eq. 9})$$

Th = Temperatura do ar na hora solar “h” (°C)

Tmin = Média mensal das temperaturas mínimas do ar, obtida das Normais Climatológicas (°C)

Tmax = Média mensal das temperaturas máximas do ar, obtida das Normais Climatológicas (°C)

FTh = Fator de cálculo da temperatura na hora solar “h” (adimensional)

Hns = Hora do nascer do Sol no dia considerado (ver Equação 10)

π = Número “Pi” ($\pi = 3.141593$)

Tabela 3: Parâmetros para as equações 8 e 9

Valores de A e H1	Para A menor ou igual a H1	Para A maior que H1
$A = h$ (para $h \geq Hns$)	$B0 = 0.5$	$B0 = 1.57865$
$A = h + 24$ (para $h < Hns$)	$B1 = 0$	$B1 = 24$
$H1 = 18 - (Hns / 4)$	$B2 = 13 - 0.75 Hns$	$B2 = \pi (7.24167 + 0.8225 Hns)$

As equações 10 e 11 (Szokolay, 1983) fornecem a hora do nascer do Sol (Hns):

$$Hns = 12 - \{\text{ArcCos}[-\text{Tan}(\text{Lat}) \cdot \text{Tan}(\text{Dec})] / 15\} \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\text{Dec} = 23.45 \cdot \text{sen} [(360/365) \cdot (284 + \text{Nda})] \quad [\text{Eq. 11}]$$

Lat = Latitude do lugar (ângulo em graus), negativa para o hemisfério sul

Dec = Declinação média do Sol no dia considerado (ângulo em graus)

Nda = número do dia do ano, contado seqüencialmente desde 1 (1 janeiro) até 365 (31 dezembro)

A Figura 5 mostra os valores horários do fator FTh, resultantes da aplicação da Equação 8 para três diferentes momentos do nascer do Sol, respectivamente às 4, 6 e 8 horas. As influências da data e da latitude sobre o horário do nascer do Sol (Equação 10) são indicadas na figura 6.

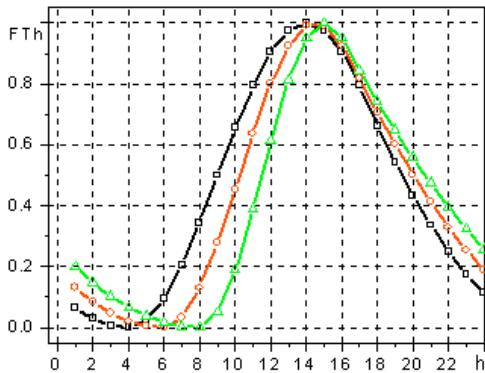


Fig. 5: Variação do fator FTh para três horários do nascer do Sol: 4, 6 e 8 horas, conforme a equação 4.

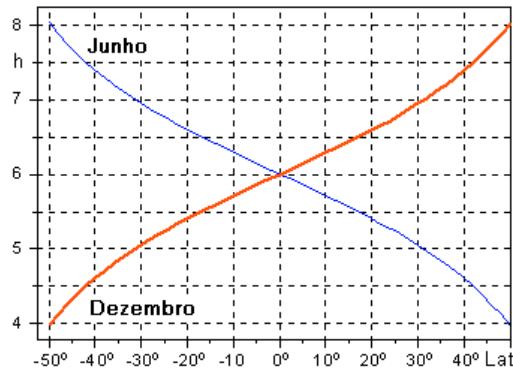


Fig. 6: Horários do nascer do Sol, em 15 de junho e 15 de dezembro, para latitudes entre 50° Sul e 50° Norte

Na falta de informação mais precisa, costuma-se considerar a temperatura média diária (Tmed) como média aritmética entre os valores extremos da temperatura do ar (Tmin e Tmax). Tal procedimento, entretanto, agrupa um erro aos resultados dos cálculos, pois esta média deveria ser calculada com base nos 24 valores horários da temperatura do ar. Uma análise de regressão dos dados das diversas cidades indicou a seguinte relação entre os dois modos de cálculo, com coeficiente de correlação de 0.999 e desvio padrão de 0.33:

$$T_{med} = (1.0037 \cdot T_{med1}) - 0.33935 \quad (\text{Eq. 12})$$

Tmed = Média diária da temperatura do ar, calculada como média aritmética entre 24 valores horários

Tmed1 = Média diária da temperatura do ar, calculada como média aritmética entre Tmax e Tmin

2.2 Oscilação diária da Umidade Relativa do Ar

Umidade Relativa (UR, em %) é a razão entre a fração molar do vapor d'água (Xw) de uma amostra de ar úmido e a fração molar do vapor d'água (Xws) de uma amostra de ar saturado, sob as mesmas condições de temperatura e pressão barométrica (ASHRAE 2001).

$$UR = Xw / Xws \quad (\text{Eq. 13})$$

Dependendo simultaneamente da temperatura e do teor de umidade do ar, em dias climáticos típicos a Umidade Relativa é máxima quando a temperatura é mínima, e vice-versa. Assim, as equações de regressão adotam parâmetros que refletem esta dependência:

$$UR_{min} = 8.70479 + 0.58603 X + 0.00428 X^2 \quad (\text{Eq. 14})$$

$$X = 16.98691 + 0.76312 UR_{med} + 1.73888 T_{min} - 1.7868 T_{max} \quad (\text{Eq. 15})$$

$$UR_{max} = -27.99722 + 1.80618 Z - 0.00553 Z^2 \quad (\text{Eq. 16})$$

$$Z = -9.75203 + 1.11188 UR_{med} - 1.50944 T_{min} + 1.606 T_{max} \quad (\text{Eq. 17})$$

URmin = Mínima diária da umidade relativa do ar, simultânea com a temperatura máxima (%)

URmax = Máxima diária da umidade relativa do ar, simultânea com a temperatura mínima (%)

URmed = Média mensal da umidade relativa, obtida das Normais Climatológicas (%)

Tmin = Mínima diária da temperatura do ar, obtida das Normais Climatológicas (°C)

Tmax = Máxima diária da temperatura do ar, obtida das Normais Climatológicas (°C)

A figura 7 apresenta as correlações resultantes da aplicação das equações 14 e 16 para os meses de junho e dezembro das 120 cidades.

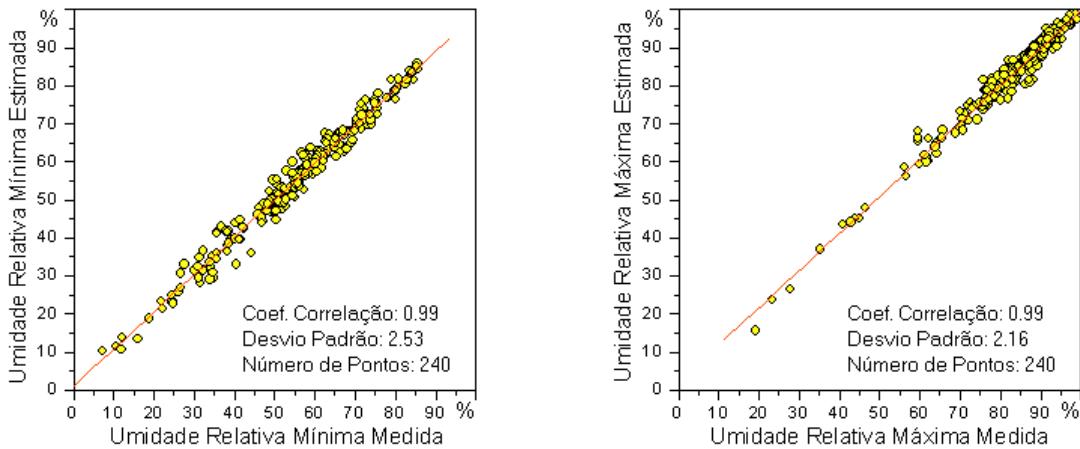


Figura 7: Relações entre valores estimados e medidos das umidades relativas mínimas e máximas diárias

Os valores horários da Umidade Relativa são dados pela Equação 18:

$$URh = URmin + fUR (URmax - URmin) \quad (\text{Eq. 18})$$

$$FUh = B0 + (B1.FTh) + (B2.FTh^2) + (B3.FTh^3) \quad (\text{Eq. 19})$$

URh = Umidade relativa do ar na hora solar “h” (%)

FUh = Fator de cálculo da umidade relativa na hora solar “h” (adimensional)

FTh = Fator de cálculo da temperatura na hora solar “h” (adimensional, dado pela Equação 8)

B0, B1, B2 e B3 = Parâmetros de cálculo, conforme a Tabela 4

Tabela 4: Parâmetros para a equação 19

Horários	B0	B1	B2	B3
Para h menor que Hmin ou maior que Hmax	1.0011	-0.58994	-0.80439	0.39796
Para h entre Hmin e Hmax	1.00062	-1.00745	0	0

Hmin = Hora de ocorrência da temperatura mínima diária, conforme os resultados da Equação 7

Hmax = Hora de ocorrência da temperatura máxima diária, conforme os resultados da Equação 7

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para avaliar a precisão do modelo aqui apresentado, valores horários calculados de TBS (Equação 7) e UR (Equação 18) foram comparados com dados de dias médios mensais de cada uma das 120 localidades. As temperaturas e umidades de cada hora destes dias médios foram consideradas como médias aritméticas entre as registradas na mesma hora em todos os dias do mesmo mês no ano climático típico. A figura 8 indica que a aplicação do modelo proporcionou forte correlação entre as estimativas e as médias horárias medidas, para os 34560 (24x12x120) dados considerados. Tal resultado, no entanto, ocorre em relação a dias médios, não devendo ser esperado quando da aplicação do método para dias reais de algum lugar específico. Cabe observar que qualquer imprecisão na estimativa das temperaturas provoca imprecisões também no cálculo das umidades relativas, pois estas são estimadas em função daquelas. Em função dos respectivos desvios-padrão apresentados para a temperatura do ar, cada localidade foi classificada em um dos quatro grupos indicados na Tabela 5.

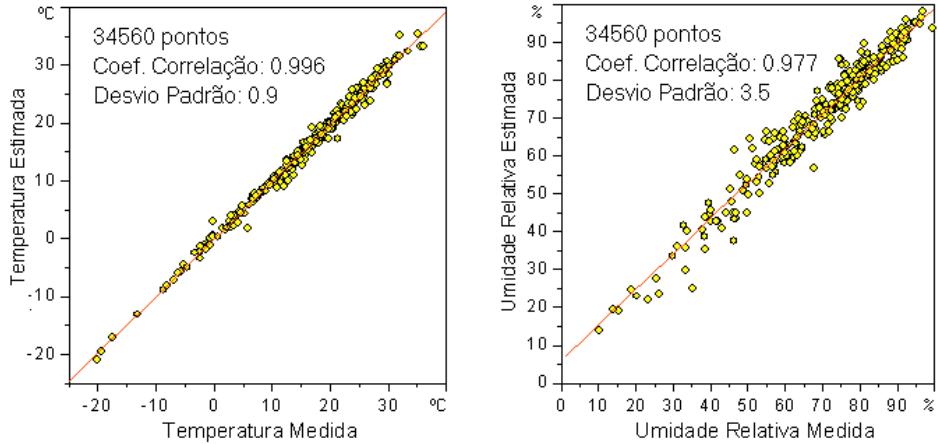


Figura 8: Relações entre valores estimados e medidos de temperaturas e umidades horárias

Tabela 5: Classificação dos resultados da aplicação do modelo

Grupo	Quant. cidades	Desvio padrão Temperaturas (DpT)		Desvio padrão Umidades (DpU)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	40	0.17	0.49	0.93	3.05
2	44	0.50	0.73	1.79	5.75
3	16	0.75	0.97	1.67	4.69
4	20	1.03	1.82	2.50	7.17

As figuras 9 a 16 permitem comparar, para os dias médios de junho e dezembro das diversas cidades, as temperaturas e umidades obtidas pelas médias horárias dos valores medidos (linhas pontilhadas), com as curvas resultantes do algoritmo de cálculo (linhas contínuas).

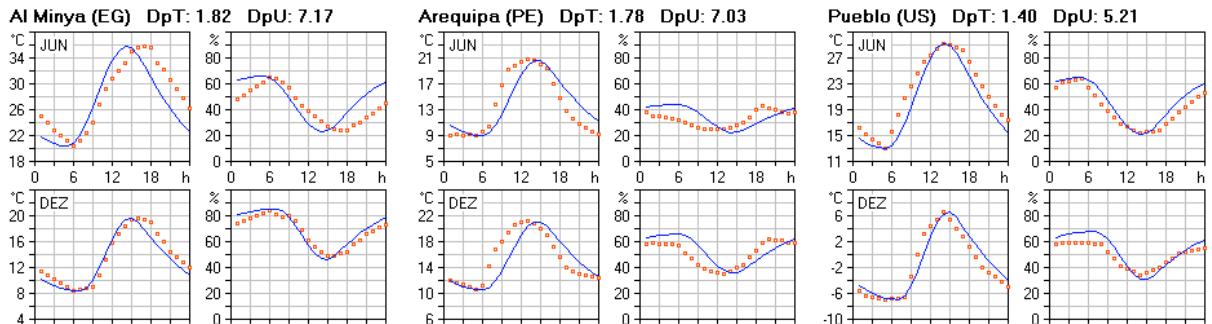


Figura 9: Piores correlações do Grupo 4

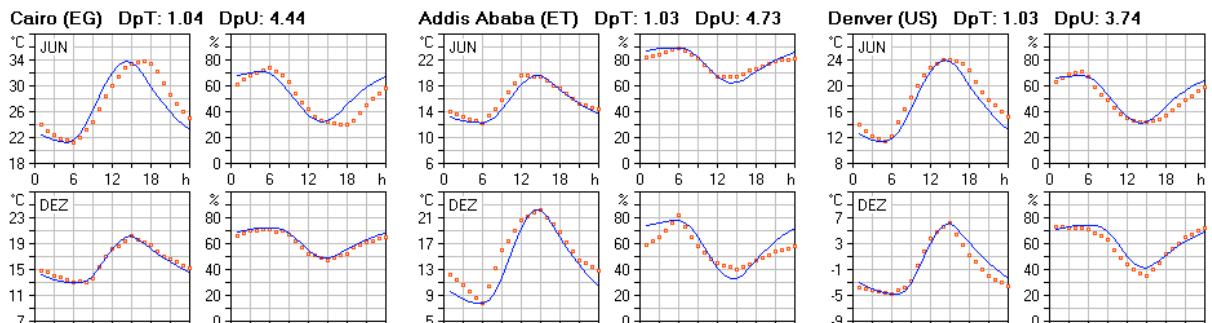


Figura 10: Melhores correlações do Grupo 4

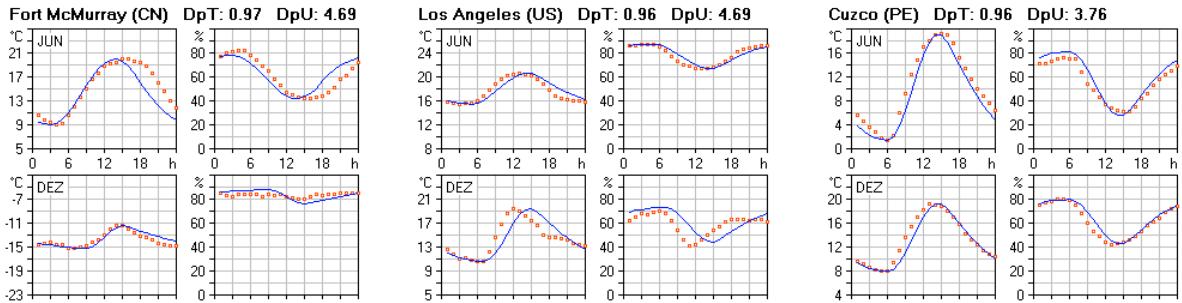


Figura 11: Piores correlações do Grupo 3

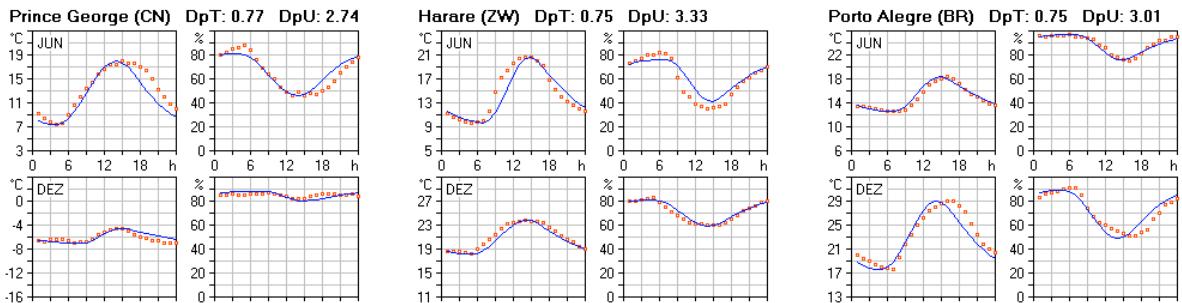


Figura 12: Melhores correlações do Grupo 3

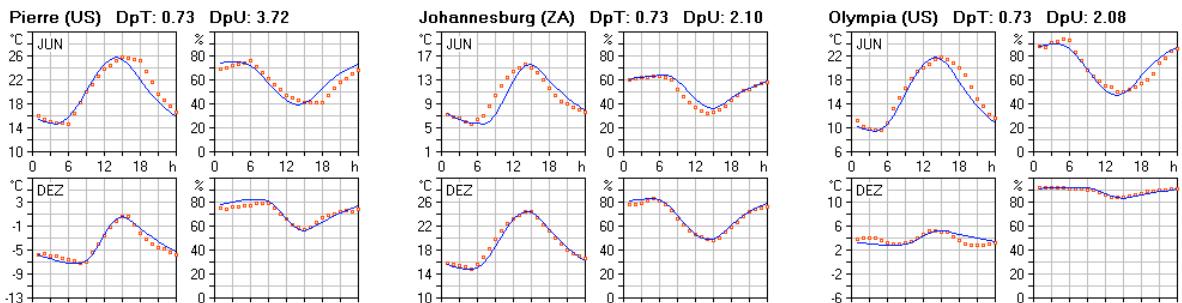


Figura 13: Piores correlações do Grupo 2

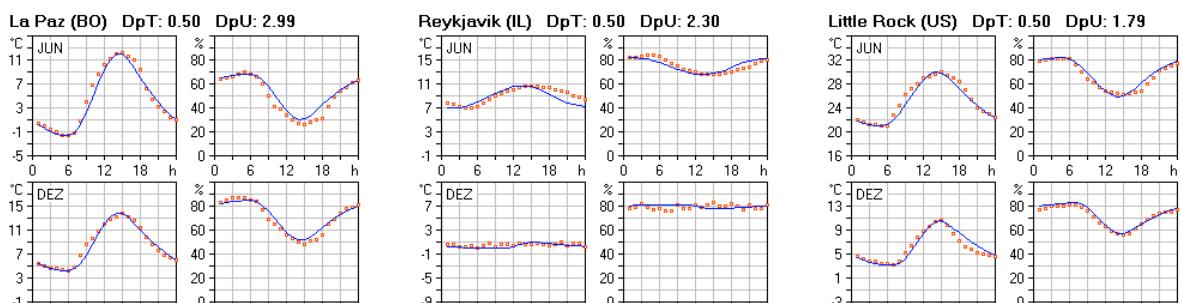


Figura 14: Melhores correlações do Grupo 2

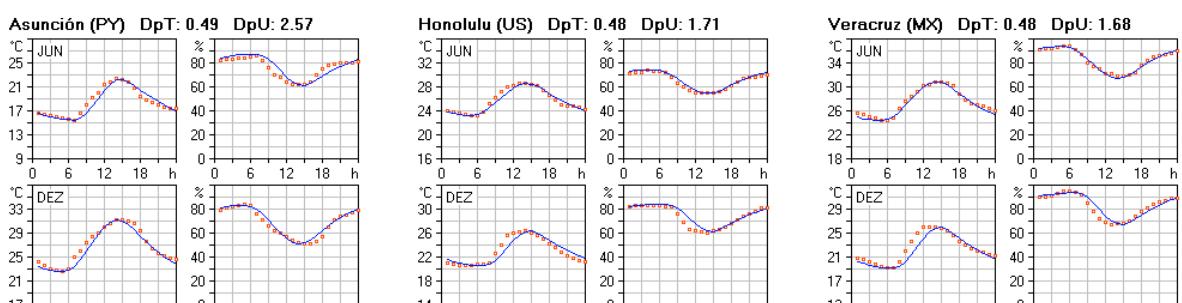


Figura 15: Piores correlações do Grupo 1

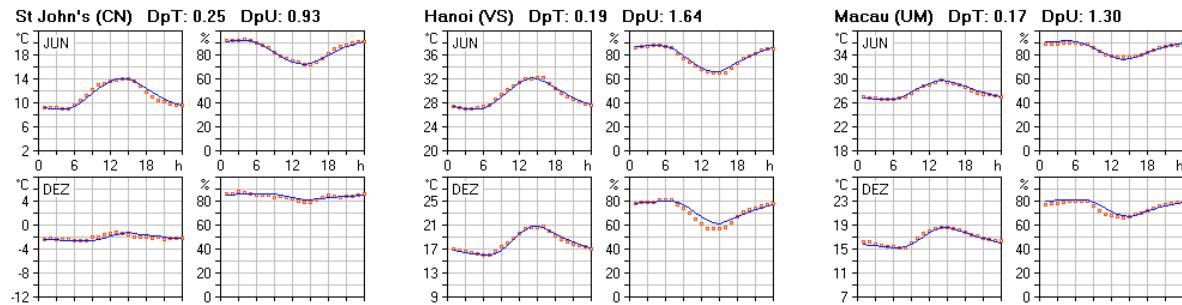


Figura 16: Melhores correlações do Grupo 1

4 CONCLUSÕES

Apresentou-se um método para estimar valores horários de temperaturas e umidades do ar a partir de normais climatológicas. Para avaliar a precisão dos algoritmos, os mesmos foram aplicados às normais dos meses de junho e dezembro de 120 cidades, representativas de ampla diversidade climática e geográfica. Os resultados ficaram muito próximos aos valores medidos, com coeficientes de correlação de 0.99 para os dados horários de temperatura do ar e 0.98 para os de umidade relativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE (2001). *Handbook of Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Chapter 6. Atlanta.
- BERTHIER, J. e ANQUEZ, J. C. (1964). *Temperatures Maximales Atteintes au Soleil par des Parois des Constructions*. Cahier du CSTB. Paris, 66, fév.
- DOE (2005). United States Department of Energy. *EnergyPlus: Weather Data*, acesso em janeiro de 2005. [\[www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm\]](http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm)
- RORIZ, M. e BASSO, A. (1989). Arquitrop – Conforto Térmico e Economia de Energia em Edificações. Programa Computacional. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- RORIZ, M. (1996). Conforto Térmico em Edificações – Um Modelo Matemático e uma Aplicação. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- RORIZ, M. (2006). Um Algorítmo para Determinar os Valores Horários da Temperatura do Ar em função das Normais Climatológicas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol 10. ISSN 0329-5184. CD-ROM. INENCO, Salta.
- SERRA, A. (1975) *Climatologia do Brasil*. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, 102-3, out/dez.
- SZOKOLAY, S. V. (1983) *Arquitectura Solar: Realización y Proyectos a Escala Mundial*. Editorial Blume. Barcelona.
- TEJEDA-MARTÍNEZ, A. (1991) An exponential model of the curve of mean monthly air temperature. *Atmósfera* 4, 139–144. Ciudad de México.