

DADOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE SÃO PAULO: VARIAÇÕES NOS ÚLTIMOS ANOS.

**Maria Akutsu (1); Fulvio Vittorino (2);
Marcelo de Mello Aquilino (3); Thiago Vasconcelos Brito (4).**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

(1) akutsuma@ipt.br, (2) fulviov@ipt.br, (3) aquilino@ipt.br, (4) tvbrito@ipt.br

RESUMO

Dados climáticos tratados de forma adequada constituem um item essencial no processo de avaliação do desempenho térmico de edificações. Se por um lado, a forma de tratamento depende diretamente dos métodos de avaliação adotados, a confiabilidade e a decorrente utilidade dos valores obtidos vai depender não somente da qualidade e da adequação dos dados de origem em relação à aplicação pretendida, como também da atualidade e da quantidade de dados ao longo do tempo. Neste trabalho é feita uma comparação entre os conjuntos de dados tratados para a cidade de São Paulo, dos períodos de 1982 a 1985 e 1990 a 2000 aplicados para a determinação dos “dias típicos de projeto”, definidos pelo IPT, e das “temperaturas de projeto recomendadas”, definidas no “ASHRAE Handbook of Fundamentals”.

ABSTRACT

Climatic data treated in an appropriate way constitute an essential item in the process of building thermal performance evaluation. The treatment form depends directly on the adopted evaluation methods. The reliability and the utility of the obtained values will depend not only on the quality of the original data, but also on the amount of data along the time. In this work a comparison among climatic data for São Paulo city treated for different periods is done. The analyzed periods are 1982 to 1985 and 1990 to 2000, for the determination of the “typical days of project”, defined by IPT, and of the “recommended design temperatures”, defined in “ASHRAE Handbook of Fundamentals”.

1 – INTRODUÇÃO:

Dados climáticos tratados de forma adequada constituem um item essencial no processo de avaliação do desempenho térmico de edificações. Se por um lado, a forma de tratamento depende diretamente dos métodos de avaliação adotados, a confiabilidade e a decorrente utilidade dos valores obtidos vai depender não somente da qualidade e da adequação dos dados de origem em relação à aplicação pretendida, como também da atualidade e da quantidade de dados ao longo do tempo.

Como exemplo de diferenças na forma de tratamento, podemos citar dois conjuntos de dados tratados para a cidade de São Paulo: os dias típicos de verão e de inverno, definidos pelo IPT (AKUTSU, 1987), que são direcionados à avaliação do desempenho térmico de edificações em condições dinâmicas de exposição ao clima, e são resultantes de uma massa de dados do período de 1982 a 1985; as “temperaturas de projeto recomendadas” apresentadas no “ASHRAE Handbook of Fundamentals” (ASHRAE, 1989) que são mais adequados para a determinação de cargas térmicas de

condicionamento máximas utilizadas no dimensionamento de equipamentos de climatização ambiental – estes dados não estão claramente declarados, mas certamente são anteriores a 1989, ano da edição de onde os mesmos foram extraídos.

Na última edição do “ASHRAE Handbook of Fundamentals” (ASHRAE, 1997) são apresentados novos dados, correspondentes ao período de 1982 a 1993, cujos valores também foram considerados nas análises.

Neste trabalho é apresentada uma comparação entre os resultados obtidos aplicando-se os mesmos procedimentos destes dois exemplos, para diferentes períodos de dados, referenciados a seguir como: “período 1”, para dados registrados de 1982 a 1985; “período 2”, para dados registrados de 1990 a 2000; “período ASHRAE 1”, referentes aos dados publicados no “ASHRAE Handbook of Fundamentals” (ASHRAE, 1989) de 1989; “período ASHRAE 2”, para dados de 1982 a 1993, referentes aos dados publicados no “ASHRAE Handbook of Fundamentals” (ASHRAE, 1997), de 1997.

Os dados climáticos do “período 1” foram registrados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica da Universidade de São Paulo (DAEE – USP), na Cidade Universitária, bairro do Butantã (Lat. 23°34` S, Long. 46°44` W, Altitude 795 m). Os dados climáticos do “período 2”, foram registrados, hora a hora, pelo Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG-USP) em um posto meteorológico situado no bairro da Água Funda (Lat. 23°29` S, Long. 46°29` W, Altitude 799 m). Os dados considerados nas publicações da ASHRAE foram registrados no aeroporto de Congonhas (Lat. 23°37` S, Long. 46°39` W, Altitude 790 m) pelo Ministério da Aeronáutica.

Quanto às características dos locais onde estão situados os postos meteorológicos, pode-se dizer que não apresentam diferenças significativas em relação aos fatores geográficos que podem influenciar nos valores da temperatura do ar. Além disto os três postos encontram-se em regiões fora do centro mais urbanizado da cidade, onde se verificam os fenômenos conhecidos como “ilhas de calor”.

2 – VALORES MÉDIOS MENSIS

Para uma visualização geral do comportamento das oscilações médias das temperaturas ao longo do ano, foram avaliados inicialmente os seguintes valores médios mensais, fornecidos pelo IAG (USP), para a temperatura do ar: das máximas diárias; das médias diárias; e das mínimas diárias. Na Figura 1 são apresentados estes valores, correspondentes ao “período 1” e ao “período 2”, respectivamente, o que possibilita uma comparação direta entre os dois períodos.

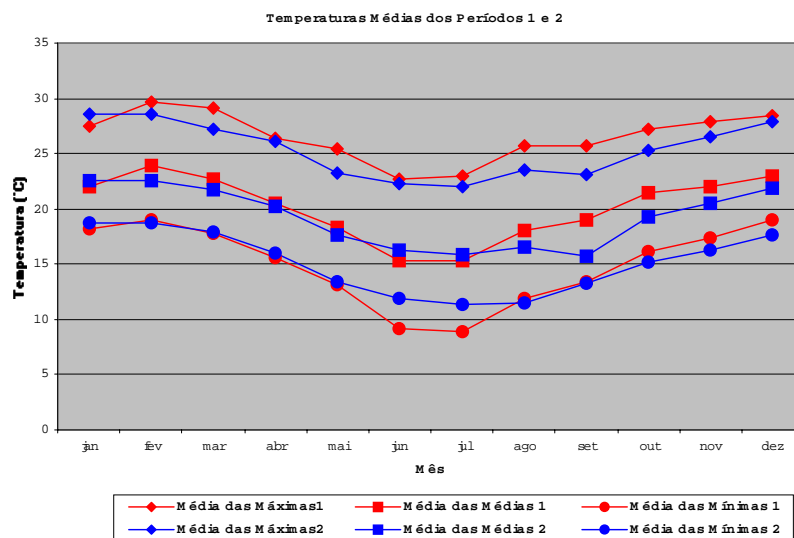


Figura 1 – Valores médios mensais das temperaturas mínimas, médias e máximas diárias correspondentes aos períodos 1 e 2.

Uma análise estatística, aplicando-se o teste de igualdade de médias, mostra que estes resultados não indicam, a priori, qualquer tendência para o comportamento das variações de temperatura do “período 2” em relação ao “período 1”, como se pode verificar na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do teste de igualdade de médias mês a mês.

Variável \ mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máximas	Dif	Dif	Dif	Ig	Dif	Ig	Dif	Dif	Dif	Dif	Dif	Dif
Mínimas	Dif	Ig	Ig	Ig	Ig	Dif	Dif	Ig	Ig	Dif	Dif	Dif

Dif = diferente; Ig = igual

3 - VALORES OBTIDOS

3.1 - Dias Típicos de Projeto

Os dias típicos de projeto apresentados na publicação do IPT (AKUTSU, 1987) são definidos para os períodos de verão e de inverno e são determinados da seguinte maneira:

- Determinam-se inicialmente os meses correspondentes ao período de verão e de inverno, respectivamente, segundo método apresentado na referida publicação;
- Para o período de verão: determinam-se os valores das temperaturas máximas diárias ($TBS_{máx}$) correspondentes aos níveis de frequência de ocorrência acumulada estabelecidos. Identificando-se tais valores por $TV_{n\%}$, estes devem obedecer ao seguinte critério: para cada valor de n , $n\%$ dos dias considerados devem apresentar valores de $TBS_{máx}$ maiores ou iguais a $TV_{n\%}$;
- Para o período de inverno: determinam-se os valores das temperaturas mínimas diárias ($TBS_{mín}$) correspondentes aos níveis de frequência de ocorrência acumulada estabelecidos. Identificando-se tais valores por $TI_{n\%}$, estes devem obedecer ao seguinte critério: para cada valor de n , $n\%$ dos dias considerados devem apresentar valores de $TBS_{mín}$ menores ou iguais a $TI_{n\%}$;

Para cada valor de frequência de ocorrência definido, determinam-se os valores horários da temperatura de bulbo seco (TBS), da umidade relativa do ar (UR), da radiação solar incidente (RS), além da direção (DV) e da velocidade média (VV) de ventos para um dia que atenda às condições:

- $TBS_{máx} = (TV_{n\%}) \pm z$ (verão)
- $TBS_{mín} = (TI_{n\%}) \pm z$ (inverno)

O valor de z define um intervalo em torno dos valores de $TBS_{máx}$ e $TBS_{mín}$ correspondente à precisão requerida para a análise. Os valores correspondentes aos dias típicos apresentados neste trabalho foram obtidos com $z = 0,1^\circ\text{C}$.

Os períodos de verão e de inverno, referentes ao “período 1”, são: Janeiro, Fevereiro e Março, para o verão e Junho e Julho para o inverno. Com os dados do “período 2”, resultaram como período de verão os meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março e como período de inverno, os meses de Junho, Julho e Agosto.

Na Tabela 2 tem-se os valores de $TBS_{máx}$ e $TBS_{mín}$ para as frequências de ocorrência de 1,0%, 2,5%, 5,0%, 10,0%, 20,0% e 30,0%, correspondentes ao “período 1” e ao “período 2”, respectivamente, bem como as diferenças observadas entre os valores obtidos com os dados de cada período.

Tabela 2 - Valores de TBS_{\max} e TBS_{\min} correspondentes ao “período 1” e ao “período 2” e as diferenças observadas para cada frequência de ocorrência.

Frequência de Ocorrência	TBS_{\max} Verão (°C)			TBS_{\min} Inverno (°C)		
	“período 1”	“período 2”	ΔT	“período 1”	“período 2”	ΔT
1,0%	33,2	34,2	+ 1,0	4,5	2,9	- 1,6
2,5%	32,5	33,4	+ 0,9	7,0	5,4	- 1,6
5,0%	32,2	32,7	+ 0,5	8,0	6,6	- 1,4
10,0%	31,4	31,9	+ 0,5	9,1	8,3	- 0,8
20,0%	30,0	30,9	+ 0,9	10,3	9,7	- 0,6
30,0%	29,1	30,0	+ 0,9	11,0	10,7	- 0,3

3.2 – “Temperaturas de Projeto Recomendadas” – Método ASHRAE

Diferentemente do método citado no item anterior, que busca identificar períodos típicos de 24 horas, o procedimento de tratamento dos dados climáticos proposto pela ASHRAE visa unicamente identificar valores extremos de temperaturas representando uma referência de dimensionamento de equipamentos de condicionamento de ar. Os resultados da aplicação deste método, com dados do “período 2”, são apresentados na Tabela 3, juntamente com os dados publicados pela ASHRAE. Para os cálculos referentes ao “período 2”, foram considerados os mesmos meses nos quais se basearam os dados apresentados pela ASHRAE, quais sejam: Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março como período de verão e Junho, Julho e Agosto, como período de inverno.

Tabela 3 – Valores das “temperaturas de projeto recomendadas”.

Frequência de Ocorrência	TBS_{\max} Verão (°C)			TBS_{\min} Inverno (°C)		
	“Período ASHRAE 1”	“Período ASHRAE 2”	“Período 2”	“Período ASHRAE 1”	“Período ASHRAE 2”	“Período 2”
0,4%	*	31,9	32,0	*	8,8	4,8
1,0%	30	30,9	31,3	6	9,9	6,8
2,0%	*	29,9	30,5	*	*	8,2
2,5%	29	*	30,2	8	*	8,6
5,0%	28	*	29,1	*	*	9,9

* Dado inexistente.

4 – EFEITO DOS NOVOS VALORES

De modo geral, pode-se dizer que houve variações significativas nos valores que representam os dias típicos de projeto, como pode ser observado pela síntese dos resultados apresentados na Tabela 2. Os valores máximos diários para o verão, no “período 2”, apresentam um acréscimo de 0,5 °C a 1,0 °C em relação ao “período 1”, enquanto os valores mínimos diários para o inverno, apresentam um decréscimo de 0,3 °C a 1,6 °C. Isto significa que, do ponto de vista da aplicação prática destes resultados tem-se agora um nível de exigência maior para o desempenho térmico das edificações, pois as condições de exposição, tanto no verão como no inverno são mais rigorosas.

Se aplicarmos, por exemplo, os critérios de avaliação de desempenho térmico desenvolvidos no IPT (IPT, 1997), para um dia típico de verão com uma dessas frequências de ocorrência, numa habitação típica da cidade de São Paulo, poderemos obter resultados diferentes quanto ao seu nível de desempenho. A título ilustrativo são mostrados nas Figuras 2 e 3, os perfis horários da temperatura do ar interior obtidos por meio de simulação em computador, utilizando-se dados para a frequência de ocorrência de 10 %, referentes ao “período 1” e ao “período 2”, respectivamente, para uma habitação térrea com paredes externas em alvenaria de 1 tijolo maciço e paredes internas em alvenaria de ½

tijolo maciço, revestidas com argamassa nas duas faces e cobertura com telhado em telhas cerâmicas e forro de madeira. Observe-se que os valores de radiação solar obtidos para o “período 2” também são diferentes daqueles determinados para o “período 1”: os totais diários correspondentes a esse dia típico, são iguais a 5.180 (Wh/m²) e 6.134 (Wh/m²), para o “período 1” e para o “período 2”, respectivamente.

Neste caso, onde o limite de temperatura entre nível “A” e nível “B” é de 29 °C (IPT, 1997), a aplicação pura e simples dos critérios de desempenho para a edificação numa condição crítica no verão, ou seja, considerando que as janelas não tenham proteção solar e que a taxa de ventilação do ambiente seja muito baixa, leva aos seguintes resultados: desempenho térmico nível “A” com os dados de temperatura do “período 1” e desempenho térmico nível “B” com dados de temperatura do “período 2”. Embora as diferenças observadas entre os dois casos sejam pequenas, na prática, os resultados obtidos com os dados do “período 1” levam à conclusão que o desempenho térmico da edificação é plenamente satisfatório, mesmo considerando-se as condições mais desfavoráveis. Já os resultados obtidos com os dados do “período 2” mostram a necessidade de se buscar alternativas para a melhoria das condições de conforto térmico, como por exemplo uma proteção solar para as janelas, impondo portanto algumas exigências adicionais no sentido de se garantir o desempenho desejado para a edificação.

Quanto às “temperaturas de projeto recomendadas”, observa-se que os valores referentes ao verão também são significativamente maiores nos períodos mais recentes, da ordem de 1°C (“Período ASHRAE 1” x “Período ASHRAE 2” e “Período ASHRAE 1” x “Período 2”). O mesmo acontece durante o período de inverno, para o “período ASHRAE 1” e o “período 2” onde observa-se um aumento de 0,6 °C a 0,8 °C. No entanto, a comparação entre o “período ASHRAE 2” e o “período 2” não confirma esta tendência. Para descobrir as causas dessa incoerência, deverá ser feito novo estudo, mais aprofundado, com as diversas massas de dados dos períodos em questão para definir quais as influências que provocam tal discrepância, este estudo será tema de um novo trabalho. Contudo, é interessante observar que os valores obtidos para o verão para “Período ASHRAE 2” e para o “Período 2” apresentam boa concordância.

O efeito destas mudanças é pouco significativa nos valores finais das cargas térmicas calculadas pelo método das CLTD/CLF apresentado no “ASHRAE Handbook of Fundamentals”, pois os valores das temperaturas externas são utilizados para corrigir, aditivamente, valores de CLTD (Cooling Load Temperature Difference) tabelados que serão multiplicados pelas áreas e coeficientes globais de troca de calor das vedações opacas para determinar as cargas térmicas por condução através destes elementos. Como os valores tabelados variam de 5°C a 30°C, acréscimos de 0,6°C (verificados para a frequência de 2,0%) resultarão em acréscimos nas cargas térmicas entre 2% e 10%.

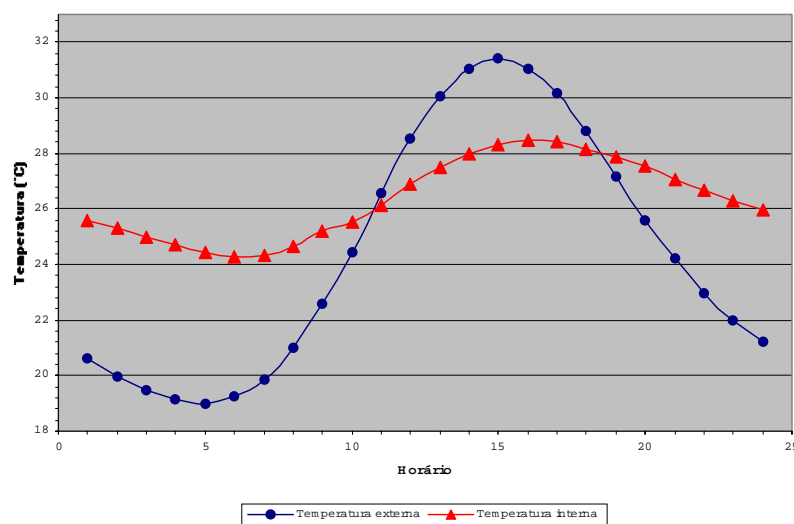


Figura 2 – Temperatura do ar exterior e interior da edificação referentes ao “período 1”.

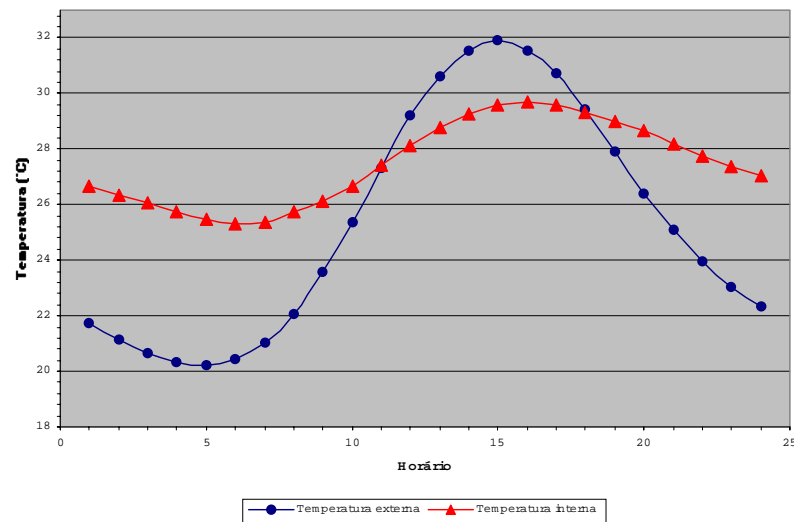


Figura 3 – Temperaturas do ar exterior e interior da edificação referentes ao “período 2”.

5 – CONCLUSÕES

As comparações realizadas nos permitem fazer inferências sobre a variação dos parâmetros climáticos ao longo do tempo, sem contudo permitir a proposição de conclusões de caráter absoluto, uma vez que há incertezas com relação ao período abrangido pelos dados identificados como “ASHRAE 1”, com relação aos equipamentos de coleta de dados usados pelas diversas instituições e até com relação a possíveis mudanças microclimáticas que possam ter ocorrido nos sítios de coleta dos dados ao longo de todos os períodos considerados.

A comparação entre os valores médios mensais do “período 1” e do “período 2” mostram que há diferenças significativas apenas para alguns meses, mas não indicam qualquer tendência que possa ser relacionada às diferenças observadas em relação aos valores máximos e mínimos nos períodos de verão e de inverno.

Para a verificação e comprovação dessas e de outras tendências que se queira analisar, faz-se necessário proceder a novas análises, abrangendo períodos de coleta de dados maiores. Neste sentido, esbarramos hoje com a dificuldade de acesso a tais dados, principalmente os mais antigos, não facilmente disponíveis ou com formas de registro de difícil manipulação.

Entretanto, as aplicações apresentadas mostram a necessidade de contínua atualização dos dados utilizados tanto para a avaliação das cargas térmicas de condicionamento como para a realização de avaliações de desempenho térmico de edificações não condicionadas, uma vez que as conclusões podem ser alteradas pelo uso de dados climáticos que retratem condições de exposição não adequadas.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, M.; SATO, N. M. N. ; PEDROSO, N. G. (1987) Avaliação do desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares – Manual de procedimentos. (Publicação IPT nº 1732). São Paulo.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING (1989) ASHRAE Handbook of fundamentals. New York.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING (1997) ASHRAE Handbook of fundamentals. New York.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. (1997) Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. São Paulo.