



DADOS CLIMÁTICOS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

SOLANGE GOULART, ROBERTO LAMBERTS
Grupo de Análise Térmica de Ambientes
Núcleo de Pesquisa em Construção Civil
Universidade Federal de Santa Catarina

O presente trabalho faz uma comparação de duas metodologias para tratamento de dados climáticos, com a finalidade de fornecer informações a serem utilizadas na construção civil. As metodologias são aplicadas para dados climáticos da cidade de Florianópolis, sendo apresentada uma avaliação dos resultados obtidos.

This work compares two methodologies for climate data treatment aiming informations to be used in building. They are applied to climate data of Florianópolis city, and it is showed an evaluation of the achieved results.

1. INTRODUÇÃO

A influência das condições climáticas sobre as diversas atividades do homem, bem como sobre seu abrigo, pode ser comprovada historicamente. Ao longo do tempo, a arquitetura popular gerou diversos sistemas para assegurar a proteção climática e o conforto ambiental. Por exemplo, as típicas residências árabes com seus pátios internos, que melhor adapta-se ao clima desértico (quente e seco).

No Brasil, a resposta que a edificação dará às condições climáticas do local onde ela será implantada, é ainda relegada a um plano secundário. Isto acontece, principalmente, devido a falta de uma normalização adequada.

Porém, cada vez mais, arquitetos e engenheiros sentem a necessidade do conhecimento de dados climáticos (a nível regional), para ajudar a produzir análises mais sofisticadas e detalhadas na edificação.

Na concepção bioclimática da arquitetura, deve-se colocar em prática métodos e técnicas de construção distintas. Estes métodos e técnicas exigem, sobretudo, saber levar em conta determinados parâmetros. É o caso dos elementos climáticos, para os quais torna-se indispensável o tratamento específico para a construção civil. (IZARD e GUYOT, 1980)

Dois problemas fazem frente a isso: Primeiro, os dados meteorológicos nem sempre estão disponíveis. Segundo, mesmo estando eles disponíveis, o uso de extensas séries de dados climáticos frequentemente torna-se impraticável, devido ao tempo e capacidade computacional requerida, particularmente quando são usados micro-computadores. (COLUMBA ET AL, 1.991)

Portanto, estes dados devem apresentar um significado estatístico quanto a frequência de ocorrência em um determinado período de tempo, o que vai caracterizar os níveis de exigências na avaliação do projeto. São os chamados *dias típicos de projeto*.

A fim de obter-se informações a serem utilizadas na avaliação do desempenho térmico de edificações, algumas metodologias foram desenvolvidas para o determinação destes dias típicos. Este trabalho faz uma comparação de duas metodologias: A primeira, desenvolvida por Miguel Sattler do CIENTEC de Porto Alegre (SATTLE, 1989) e a segunda, desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). (AKUTSU, 1991)

As metodologias foram aplicadas em Dados meteorológicos da cidade de Florianópolis.

1.1. Fonte dos Dados e Equipamento Utilizado

Através da ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ventilação e Ar Condicionado) e do IBF (Instituto Brasileiro do Frio), foi obtida uma fita magnética com 10 anos de dados horários para a cidade de Florianópolis. Esses dados foram obtidos junto a Divisão de Ciências Atmosféricas do Instituto Aeroespacial, registrados na estação do Aeroporto Hercílio Luz no período de 1960 a 1970.

Os registros englobam as seguintes variáveis: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), direção (DV) e velocidade do vento (VV), nebulosidade (TN) e precipitação (PRECIP).

Observa-se que não existem medições de radiação solar ou de nº de horas de sol.

Para o processamento dos dados foi utilizado o software Statistical Analysis System (SAS), rodados em um computador IBM 3090.

A seguir, são descritos os procedimentos adotados pelas duas metodologias para a definição dos dias típicos.

2. DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS

2.1. Metodologia do IPT

Primeiramente são determinados os períodos de verão e de inverno, adotando-se o seguinte critério:

Para o caso do verão, é identificado, inicialmente, o mês mais quente do ano, ou seja, aquele que apresentar o maior valor para a média das temperaturas máximas diárias. Os outros meses que apresentarem, para a mesma grandeza, valores com uma diferença de até $\mu^\circ\text{C}$ em relação ao mês mais quente, são selecionados como período de verão. O valor de μ é determinado por:

$$\mu = 0,10 \cdot (T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}})$$

Onde: T_{MAX} = médias das temperaturas máximas diárias do mês mais quente
 T_{MIN} = médias das temperaturas mínimas diárias do mês mais quente

De maneira análoga, é definido o período de inverno com base no mês mais frio do ano. Os meses que apresentarem para a média das temperaturas mínimas diárias, valores com uma diferença de até $\mu^\circ\text{C}$ em relação ao mês mais frio, são selecionados para o período de inverno.

T_{MAX} = média das temperaturas máximas diárias do mês mais quente

T_{MIN} = média das temperaturas mínimas diárias do mês mais quente

Para a cidade de Florianópolis, foram definidos os períodos:

- Período de verão: meses de janeiro e fevereiro.

- Período de inverno: meses de junho e julho.

Para cada período considerado, os dados são tratados da seguinte forma:

- período de verão: são determinados os valores máximos diários da temperatura de bulbo seco (TBS máx.), os quais são ordenados, definindo-se, então, os níveis de frequência de ocorrência (N=1; 2,5; 5 e 10). Isto significa que, para cada valor de N, N% dos dias analisados devem apresentar valores de TBS máx. maiores ou iguais a TBS máx. daquele nível.

- período de inverno: são determinados os valores mínimos diários da temperatura de bulbo seco (TBS min.), os quais são ordenados,

definindo-se os níveis de frequência de ocorrência de maneira análoga ao período de verão.

Para cada valor de frequência de ocorrência definido, é determinado um intervalo de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, em torno da temperatura do dia de referência. São encontrados, então, os dias com temperaturas dentro deste intervalo e listados, para estes dias, os valores horários das grandezas: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), nebulosidade (TN), velocidade (VV) e direção (DV) do vento.

À partir daí, como a metodologia trabalha com um dia real, o dia típico de projeto é escolhido da seguinte maneira:

- São efetuadas as médias das características dos dias situados dentro do intervalo. Neste intervalo, é procurado, então, o dia com as características mais próximas dos valores médios.

Como não existe um processo automatizado de selecionar este dia real, a escolha é feita de forma manual, subjetiva e, portanto, com uma certa dificuldade de seleção.

Primeiramente, foram comparados os valores de temperatura do ar máxima, mínima e média diária de cada dia do intervalo e os respectivos valores do dia médio (dia resultante da média horária de todos os dias do intervalo).

Depois, foi feita uma comparação das demais características como TBU, VV, DV e TN. Estas variáveis foram comparadas pelos valores médios diários com o valor médio de todo o intervalo.

Aquele dia que apresentou as características mais próximas das características do dia médio, sempre dando-se prioridade para a temperatura de bulbo seco, foi escolhido como o dia típico do nível em questão.

2.2. Metodologia de MIGUEL SATTLER

Para cada um dos dias do período de dados disponíveis, é calculada a temperatura média diária, as quais são ordenadas, em ordem crescente. São encontrados, então, o conjunto de 250 dias de temperaturas médias mais elevadas e 250 dias de temperaturas médias mais baixas.

Deste conjunto, são verificadas as datas limites, a fim de determinar-se a abrangência dos períodos quentes e frios. Para Florianópolis, os dias com temperaturas médias mais elevadas, abrangeram o período de 02 de novembro a 31 de março, denominados dias quentes e, os dias com temperaturas médias mais baixas abrangeram o período de 01 de maio a 11 de outubro, denominados dias frios. No total foram 1500 dias quentes (150 x 10) e 1640 dias frios (164 x 10), para o período de 10 anos.

Estes valores são, então, reordenados e determinados os níveis de 1%; 2,5%; 5% e 10% tanto para os dias quentes, como para os dias frios.

Para cada nível, são selecionados os dias cujas temperaturas médias se situam imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência e dentro de um intervalo representando 1% do número de dias do conjunto. Ou seja, para o período quente, por exemplo, foram selecionados 15 dias (1500 x 0,01), sendo 7 dias acima do dia de referência e 7 dias abaixo.

Por último, são calculadas as médias das características dos dias situados nestes intervalos, definindo-se, assim, os dias típicos de verão e dias típicos de inverno. Para cada um desses dias, são listados os valores horários da temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), nebulosidade (TN), direção (DV) e velocidade (VV) do vento.

2.3. Principais Diferenças de Metodologias

a) Temperatura do ar: a metodologia do IPT utiliza temperaturas máximas diárias para o período de verão e temperaturas mínimas diárias para o período de inverno. A metodologia de Sattler utiliza as temperaturas médias diárias.

b) Período de verão e período de inverno: segundo o IPT, OS períodos de verão e de inverno são definidos pelos meses mais quentes e meses mais frios do ano, respectivamente; e a metodologia de SATTLER, define OS períodos pelos dias mais quentes e dias mais frios do ano.

c) Dia Típico de Projeto: pelo IPT, é definido como um dia real, caracterizado pela velocidade média do vento predominante e pelos valores horários de cada uma das seguintes variáveis: temp. do ar, umidade relativa do ar ou temp. de bulbo úmido e radiação solar global incidente em superfície horizontal. Na metodologia de SATTLER, o dia típico é definido como um dia teórico, cujas características resultam da média das características dos dias situados dentro de um intervalo, representando 1% do número de dias do conjunto.

As duas metodologias adotam os dados de temperatura do ar como parâmetro básico para a caracterização de dias típicos.

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A seguir, são mostrados os resultados obtidos pelas duas metodologias:

A variação horária de temperatura dos dias típicos, para cada nível, de ambas metodologias, estão representadas pelas figuras 1 a 8.

Nota-se que os resultados obtidos pela metodologia do IPT, apresentam dias típicos com valores maiores para a amplitude diária. Na figura 1, por exemplo, a temperatura máxima do dia típico resultante da metodologia do IPT é de 36°C às 14 horas e a mínima é de 24,3°C às 4 horas. Pela metodologia de SATTLER, o dia típico apresenta uma temperatura máxima de 33,25°C às 14 horas e uma temperatura mínima de 24,51°C às 5 horas.

O mesmo acontece para o período de inverno. Na figura 5, por exemplo, o dia típico resultante da metodologia do IPT mostra que a temperatura máxima é de 19,3°C às 14 horas e a temperatura mínima é de 4°C às 6 horas. A metodologia de SATTLER mostra o dia típico com uma temperatura máxima de 15,8°C às 14 horas e uma temperatura mínima de 6,28°C às 7 horas.

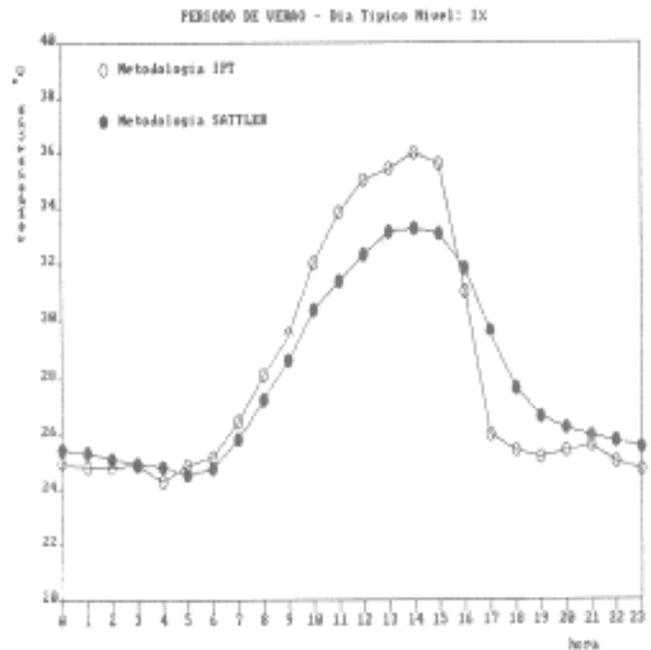


Fig. 1. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 1% para o período de verão.

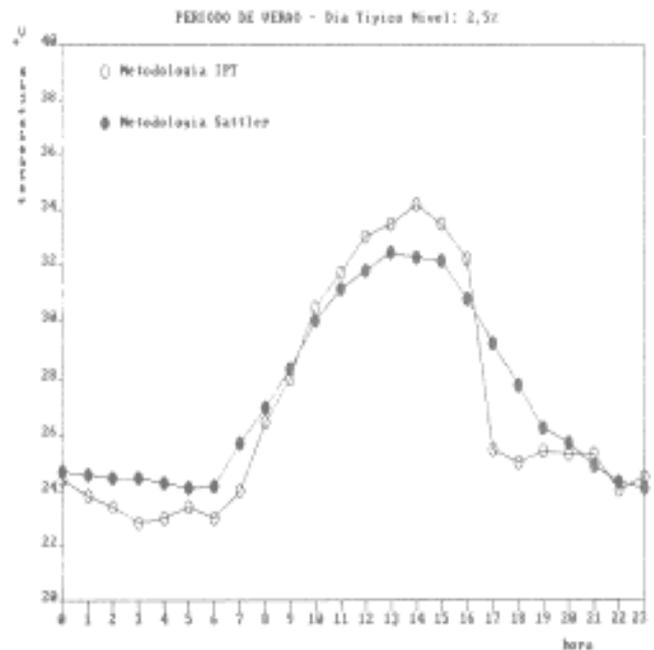


Fig. 2. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 2,5% para o período de verão.

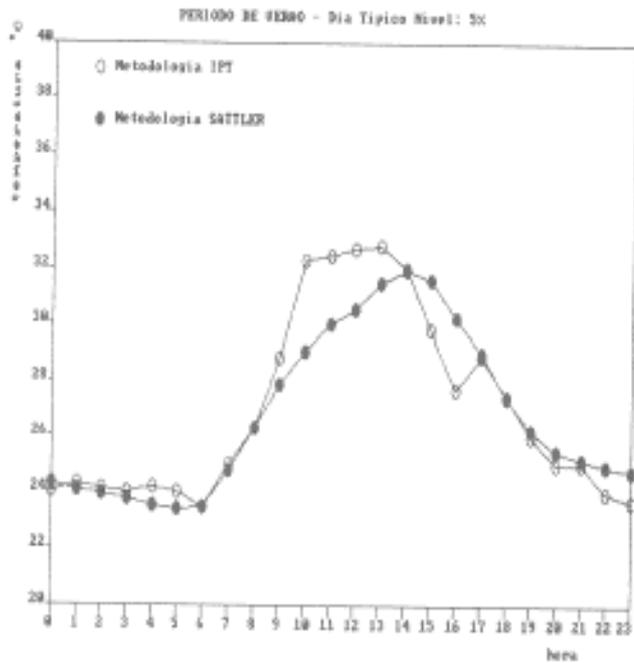


Fig.3. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 5,0% para o período de verão.

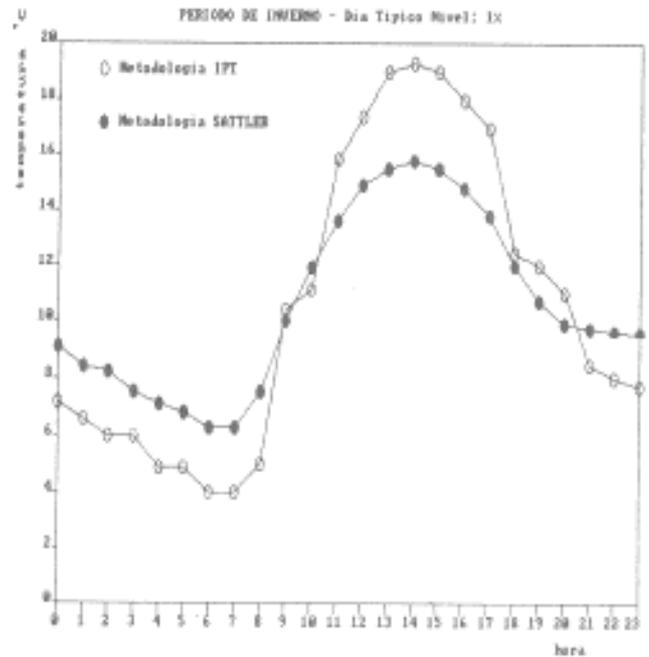


Fig.5. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 1% para o período de inverno.

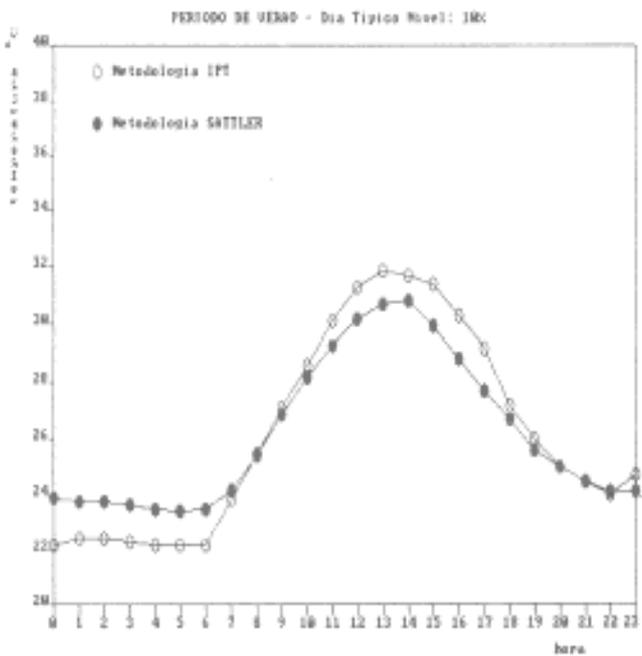


Fig.4. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 10% para o período de verão.

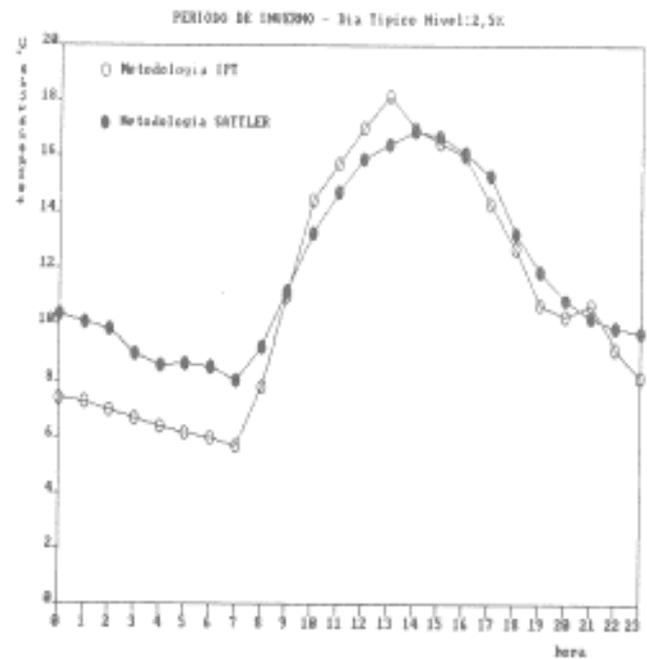


Fig.6. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 2,5% para o período de inverno.

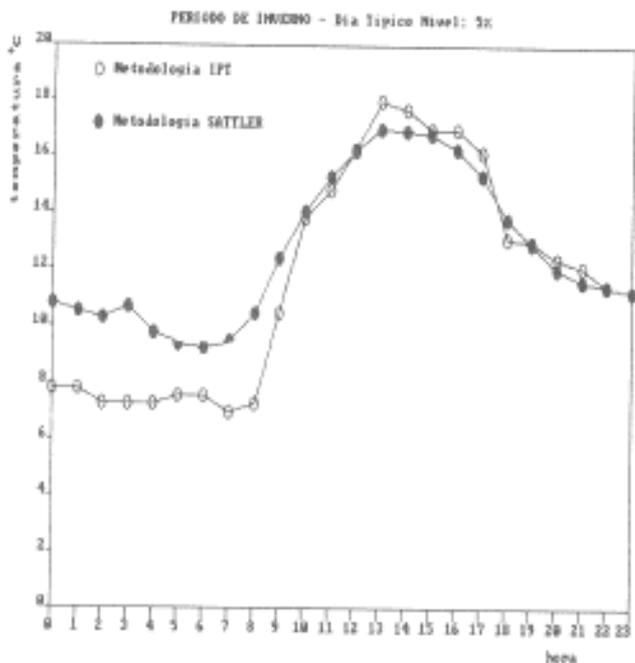


Fig.7. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 5% para o período de inverno.

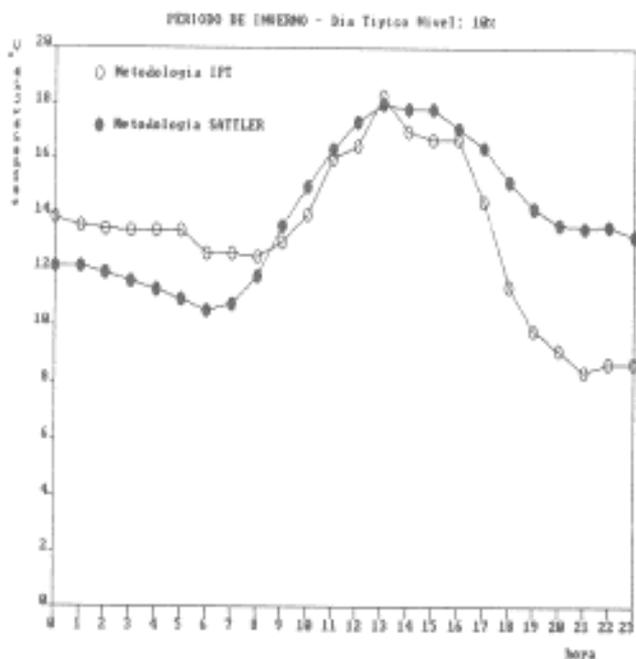


Fig.8. Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 10% para o período de inverno.

As tabelas 1 a 4 mostram os valores médios diários das características: temperatura de bulbo úmido (TBU), velocidade (VV) e direção (DV) do vento e nebulosidade (TN), assim como o valor da amplitude diária para cada dia típico.

É observado que os valores das amplitudes diárias diminuem a medida que o nível de probabilidade de ocorrência do dia típico aumenta.

A direção do vento é expressa em graus em relação ao norte. Nota-se que a direção predominante do vento, para a maioria dos dias típicos de ambas metodologias, é sudeste.

A nebulosidade é expressa em porcentagem e indica o total de nuvens. Apenas o dia típico de 1% da metodologia do IPT, no período de inverno, apresenta céu claro.

Período de Verão:

METODOLOGIA DE SATTLE

	TBU (°C)	VV (m/s)	DV (graus)	TN (%)	AMPL. (°C)
NÍVEL 1%	25,25	4,59	183	58	8,74
NÍVEL 2,5%	24,16	4,82	169	57	8,35
NÍVEL 5%	24,41	3,75	165	64	8,52
NÍVEL 10%	23,48	4,09	176	64	7,44

TABELA 1: Valores médios diários das características dos dias típicos de verão.

METODOLOGIA DO IPT

	TBU (°C)	VV (m/s)	DV (graus)	TN (%)	AMPL. (°C)
NÍVEL 1%	25,88	3,69	124	62	11,7
NÍVEL 2,5%	24,88	3,82	212	39	11,4
NÍVEL 5%	23,16	2,85	139	57	9,3
NÍVEL 10%	22,88	4,88	138	53	9,7

TABELA 2: Valores médios diários das características dos dias típicos de verão.

Período de Inverno:

METODOLOGIA DE SATTLER

	TBU (°C)	VU (m/s)	DV (graus)	TN (%)	AMPL. (°C)
NÍVEL 1%	8,52	2,45	151	29	9,52
NÍVEL 2,5%	9,68	2,99	174	27	8,85
NÍVEL 5%	10,25	3,34	172	46	7,78
NÍVEL 10%	12,28	3,48	171	59	7,45

TABELA 3: Valores médios diários das características dos dias típicos de inverno.

METODOLOGIA DO IPT

	TBU (°C)	VU (m/s)	DV (graus)	TN (%)	AMPL. (°C)
NÍVEL 1%	6,58	1,71	208	8	15,3
NÍVEL 2,5%	9,88	2,82	133	3	12,5
NÍVEL 5%	10,88	1,99	176	51	11,8
NÍVEL 10%	11,75	2,58	128	45	9,9

TABELA 4: Valores médios diários das características dos dias típicos de inverno.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

É de se esperar que a metodologia do IPT seja mais rigorosa, pois a definição dos dias típicos é feita em cima de períodos menores. O período de verão e o período de inverno totalizam 590 dias (59 x 10) e 610 dias (61 x 10), respectivamente, enquanto a metodologia de Sattler avalia um período quente de 1500 dias e um período frio de 1640 dias. Portanto, enquanto para a metodologia do IPT, o dia típico de nível 1% corresponde ao 5º dia (590 x 0,01), para a metodologia de SATTLER, esse mesmo dia corresponde ao 15º dia (1500 x 0,01). Além disso, a primeira trabalha com temperaturas máximas e mínimas e a segunda, com temperaturas médias.

Porém, verificando-se os dias contidos nos intervalos que geraram o dia típico para cada metodologia, foi observado que nem sempre isto acontece.

As tabelas 5 e 6 mostram algumas datas que se encontram em intervalos que geraram diferentes dias típicos.

PERÍODO DE INVERNO

DATA	NET. SATTLER	NET. IPT	AMPL.(°C)
05/06/62	5,8%	2,5%	15,7
26/06/68	5,8%	2,5%	15,8

TABELA 5. Comparação entre as duas metodologias de datas pertencentes a intervalos que geraram diferentes dias típicos.

PERÍODO DE VERÃO

DATA	NET. SATTLER	NET. IPT	AMPL.(°C)
11/02/68	2,5%	1,8%	12,4
07/02/61	5,8%	2,5%	12,4

TABELA 6. Comparação entre as duas metodologias de datas pertencentes a intervalos que geraram diferentes dias típicos.

Para o período de inverno, os dias 05/06/62 e 26/06/68 que encontram-se no intervalo que gerou o dia típico de 5% pela metodologia de SATTLER, fazem parte do intervalo que gerou o dia típico de nível 2,5% pela metodologia do IPT. Estes dias caracterizam-se por um valor grande de amplitude.

O mesmo acontece no período de verão: o dia 11/02/68 que faz parte do intervalo que gerou o dia típico de 2,5% pela metodologia de SATTLER, também faz parte do intervalo que gerou o dia típico de 1% pela metodologia do IPT. De maneira análoga, o dia 07/02/61 gerou um dia típico de 5% pela metodologia de SATTLER, e faz parte da relação de dias que definiu o dia típico de 2,5% pela metodologia do IPT. Observa-se, também, valores grandes para a amplitude.

Pode-se concluir, então, que a amplitude tem grande influência no resultado final quando aplicam-se as metodologias para dias típicos.

Ao analisar-se pelos valores médios de temperatura (SATTLER), um dia com uma amplitude muito grande apresenta uma probabilidade maior de ocorrência, enquanto que, este mesmo dia, analisado pelo valor extremo de temperatura (IPT), torna-se um dia com menor probabilidade de ocorrência.

Portanto, na escolha da metodologia para a definição de dias típicos deve-se, primeiramente, analisar a amplitude diária de temperatura.

Em locais onde os valores de amplitude diária são próximos ao valor da amplitude média do período em questão (média das T_{máx.} - média das T_{min.}), recomenda-se aplicar a metodologia desenvolvida por SATTLER.

Caro contrário, se os valores de amplitude diária estão, na maioria das vezes, acima do valor de amplitude média, recomenda-se, então, a metodologia desenvolvida pelo IPT.

Este trabalho faz parte de dissertação de mestrado, na qual estuda-se as características climáticas da cidade de Florianópolis direcionadas para a avaliação de desempenho térmico de edificações.

Muito deve ser discutido, ainda, em relação a dados climáticos para construção civil, devendo-se ressaltar a importância da disponibilidade de dados meteorológicos das diversas regiões do país, para tornar possíveis estas análises.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a ABRAVA/IBF pelo fornecimento da fita magnética com os dados meteorológicos, imprescindível para o desenvolvimento desta pesquisa.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AKUTSU, Maria e VITTORINO, Fúlvio. Proposta de procedimentos para o tratamento de dados climáticos. in: 1 Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações. Florianópolis, 1991.
2. COLUMBA ET AL. Applying reduced weather data to temperate climates for energy analysis of buildings. in: Proceedings of the Ninth International PLEA Conference. Seville, 1991. p. 653-658.
3. EVANS, Martin e SCHILLER, Silvia de. Diseño bioambiental y arquitectura solar. Buenos Aires, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 1988.
4. IZARD, Jean - Louis e GUYOT, Alain. Arquitectura bioclimática. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1980.
5. SATTLER, Miguei Aloysio. Dias Climáticos Típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre. Porto Alegre: CIENTEC, 1989