

## TRATAMENTO DE DADOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB, PARA O USO EM PROJETOS DE ARQUITETURA

**Homero J. M. de Carvalho (1), Tibério G. H. de Araújo (2); Francisco A. G. da Silva (3)**

(1) Arquiteto, Prof. do CEFET-CE, Mestrando do PPGAU/UFRN - homerojmc@uol.com.br

(2) Arquiteto, Mestrando do PPGAU/UFRN - tgraco@uol.com.br

(3) Doutor em Arquitetura, Professor do Dept. de Arquitetura da UFPB - ffagos@uol.com.br

### RESUMO

Objetivando o conhecimento do desempenho termo-energético de edificações multifamiliares situadas na orla marítima da cidade de João Pessoa - Pb, trataram-se séries de dados climáticos medidas na estação meteorológica do Aeroporto Castro Pinto (local), referentes ao período de 1985 a 1994, a partir do que calcularam-se o número de graus-dia (GD) de aquecimento e de resfriamento, o ano climático de referência (TRY) e os dias típicos de projeto considerando níveis de frequências de ocorrência acumuladas (NFOA) de 1%, 2,5%, 5% e 10%.

Constatou-se ser desnecessária a utilização de energia elétrica para aquecimento das edificações, dada a insignificância do número de graus-dia verificado, o mesmo não ocorrendo com a necessidade do uso de energia para resfriamento.

Dos resultados obtidos, confirmou-se, mais uma vez, a validade do uso do ano climático de referência na avaliação de desempenho e de conforto térmico de edifícios, evidenciada pela proximidade entre os valores das variáveis climáticas do ano climático calculado e a média dos valores obtidos da série de dados climáticos utilizada.

Palavras-chave: desempenho termo-energético; grau-dia; ano climático de referência; dia típico.

### 1. INTRODUÇÃO

A cidade de João Pessoa, Capital do Estado da Paraíba, está situada na porção oriental deste, a 7° 08'S e 34° 53'W. Fundada em cinco de agosto de 1585, é a terceira cidade mais antiga do país, sendo conhecida pela predominância do verde de suas árvores, representada, principalmente, pelos parques Solon de Lucena e Arruda Câmara e pela reserva florestal Mata do Buraquinho.

Devido a sua localização geográfica, o clima de João Pessoa se caracteriza por temperaturas médias anuais elevadas, sem estações térmicas, mas com estação úmida definida. Com um regime pluviométrico acentuado, concentrado nos meses de maio, junho e julho, possui umidade relativa do ar elevada, com apenas dois meses secos. Segundo a Classificação Bioclimática de Köppen (1884, atualizada para os dias atuais), o clima de João Pessoa é do tipo mediterrâneo ou nordestino sub-seco, com temperatura média anual em torno de 25°C e umidade relativa do ar de 80% (ver Figura 1) (SILVA, 1999).

*“A sua proximidade do Equador faz com que os efeitos da inclinação do eixo da Terra praticamente não se deixem sentir, impedindo-lhe de viver variações significativas de tempo ao longo do ano, aí incluindo-se, nomeadamente, o regime de ventos predominantemente diário, característico de zonas costeiras. Assim sendo, permanece durante todo o ano dentro da faixa correspondente aos ventos alísios de sudeste, os quais, integrando o sistema de circulação atmosférica global, sopram, caracteristicamente, nos meses menos quentes com maior frequência e velocidade e que, somente com a chegada dos meses mais quentes, têm sua frequência alterada através dos ventos de leste e de nordeste, vindos das áreas equatoriais na corrente de deslocamento, em direção sul da Zona de Convergência Tropical Interna” (SILVA, 1999).*

O crescimento acelerado do consumo de energia nas grandes cidades, provocado por diversos fatores ligados à produção e ao consumo de bens, tem levado empresas públicas e privadas, assim como instituições de pesquisa, a buscarem novas alternativas tecnológicas que reduzam esse consumo e que tornem os edifícios mais eficientes energeticamente.

Normalmente, o consumo de energia nos edifícios está associado ao uso de equipamentos e à iluminação, sendo que parte desse consumo é provocado pelo uso de sistemas de condicionamento de ar para aquecimento ou resfriamento dos edifícios. No caso do Brasil, em especial no Nordeste, o uso de aparelhos de ar condicionado no resfriamento dos ambientes pode ser bastante significativo, devido às características climáticas da região, que possui temperaturas e umidades relativamente elevadas durante a maior parte do ano.

Sabe-se que muito do consumo energético poderia ser reduzido caso houvesse, na etapa de projeto, um estudo mais aprofundado das condições de adequação climática e, conseqüentemente, de conforto a que o edifício deveria atender. Este fator é preocupante, visto que as cidades crescem aceleradamente e, muitas vezes, descontroladamente. Mesmo as cidades que possuem planos diretores e códigos de obras e de posturas, passam pelos mesmos problemas de inadequação ambiental de suas construções, já que o estabelecimento de parâmetros como recuos mínimos, gabaritos em altura e dimensionamento de aberturas, na maioria das vezes, não se baseia em estudos científicos, mas em práticas empíricas dos planejadores.

Diante disso, constata-se o longo caminho a percorrer na busca da redução do consumo energético, em particular na construção civil, no uso e na manutenção dos edifícios. E esse trajeto passa por diversas ações: a substituição das fontes energéticas poluidoras pelo uso eficiente das fontes alternativas como o sol; o vento e as biomassas.

Necessita-se, ainda, conhecer com mais afinco como essas fontes renováveis de energia e as condicionantes climáticas interagem com o edifício através da sua envoltória, que é constituída de materiais, formas volumétricas e aberturas, entre outros componentes associados. Mais ainda, deve-se conhecer como essa relação se dá no meio urbano, influenciando e sendo influenciada pela massa construída do seu entorno. Provavelmente, só assim será possível estabelecer estratégias de conservação de energia já na fase de planejamento e projeto. Isto porque, normalmente, essas estratégias têm sido adotadas de maneira remediada em edifícios já construídos, às vezes sem solução ou de custo muito elevado de correção.

Este trabalho, busca então, contribuir para o avanço do conhecimento da relação existente entre ambiente construído e meio ambiente, apresentando parâmetros climatológicos que poderão servir de base para a concepção de projetos de edifícios mais adequados ao clima da cidade de João Pessoa. Seus resultados foram obtidos a partir do tratamento estatístico de séries de dados meteorológicos medidos na estação do Aeroporto Castro Pinto, na Grande João Pessoa, durante os anos de 1985 a 1994, o que possibilitou a definição do ano climático de referência (TRY), dos dias típicos de projeto para os níveis de frequência de ocorrência acumulada de 1%, 2,5%, 5% e 10%, e da quantidade de graus-dia de aquecimento e de resfriamento para a cidade de João Pessoa.

## **2. DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS PARA PROJETO DE ARQUITETURA**

### **2.1 Ano climático de referência**

O procedimento para a determinação do ano climático de referência (conhecido pelo termo em inglês *Test Reference Year* – TRY - (GOULART, 1993)) que, como é sabido, consiste em um ano típico representativo de um determinado lugar geográfico considerando-se um período de no mínimo dez anos consecutivos de séries de dados climáticos, foi desenvolvido como segue:

Inicialmente calcularam-se as temperaturas médias máxima e mínima de cada mês para o período de dados disponível (1985 a 1994) cujos resultados constam da Tabela 2. Nesta tabela, que contém duas colunas, anotaram-se, na primeira, os meses correspondentes ao período de medições considerado e as condições “quente” ou “frio”. Selecionou-se então o mês mais quente (que tinha a maior temperatura média), o mês mais frio (que tinha a menor temperatura média) os quais foram nela anotados. À

medida em que se ia anotando os meses e as condições a cada um deles referente, ia-se eliminando os primeiros até restar uma sequência de doze pares.

Em seguida, repetiu-se a mesma sequência de pares, contudo invertendo-se a condição. Isto é, onde constava a condição “quente” passou a constar a condição “frio” e onde constava a condição “frio” passou a constar quente, ou seja, se o mês mais quente na primeira sequência foi janeiro, na segunda, ele apareceu como o mais frio e, assim por diante. Na sequência, registrou-se, na segunda coluna da mesma tabela, o ano em que cada mês apresentou a condição indicada. Se, por exemplo, o mês mais quente foi janeiro de 1985, escreveu-se 1985 na segunda coluna. Na medida em que se ia selecionando o ano seguinte, este ia automaticamente eliminando o anterior de forma a que no final restasse apenas um único ano. Note-se que alguns anos se repetem, o que não altera o resultado, pois já haviam sido eliminados.

## 2.2 Grau-dia

A quantidade de energia requerida para aquecimento ou resfriamento de um determinado ambiente, para torná-lo habitável, pode ser calculada através da quantidade de graus-dia durante o ano. Assim, para uma determinada faixa de conforto contida entre uma temperatura mínima e outra máxima, é possível verificar em função das temperaturas horárias de um determinado lugar, a quantidade de calor a ser dissipado (ou administrado) diariamente ao longo do ano. Graus-dia é, então, o somatório das diferenças de temperatura, quando esta encontra-se abaixo (ou acima) de uma temperatura de base ( $T_b$ ) (SZOKOLAY, *apud* GOULART, 1993). Desta forma, será considerado grau-dia de aquecimento, o somatório das diferenças entre a temperatura mínima de conforto ( $T_{b_{\min}}$ ) e as temperaturas horárias abaixo dessa ( $T_j$ ). Ao contrário, quando o somatório for das diferenças entre a temperatura máxima de conforto ( $T_{b_{\max}}$ ) e as temperaturas horárias ( $T_j$ ) que estiverem acima, o grau-dia será considerado de resfriamento.

Para aquecimento:	$GD = \sum_{j=1}^{24} (T_{b_{\min}} - T_j)/24$
-------------------	--

Para resfriamento:	$GD = \sum_{j=1}^{24} (T_j - T_{b_{\max}})/24$
--------------------	--

Neste trabalho, os graus-dia, referentes à cidade de João Pessoa, foram calculados considerando duas séries de dados distintas: a primeira constituída pelas temperaturas horárias diárias referentes à série dos dez anos acima considerada, representando portanto 3 650 dias e a segunda relativa ao Ano Climático de Referência (TRY), que este estudo definiu como sendo o ano de 1992. Em seguida, os dois resultados foram comparados objetivando verificar a viabilidade de se considerar apenas o TRY no cálculo dos graus-dia, sem que se fizesse necessário tratar as séries de dados correspondentes aos dez anos considerados. A seguir, na Tabela 6, são apresentados os resultados considerando a faixa de conforto contida no intervalo de 22,1°C a 25,1°C, estabelecida por ARAÚJO (1997) a partir de estudos realizados em estabelecimentos escolares da cidade de Natal-Rn.

## 2.3 Dia típico de projeto

Para a definição do dia típico de projeto, utilizou-se o método adotado pelo IPT, que consiste em tratar os dados climáticos como segue: inicialmente definindo os meses mais quentes e os mais frios do período considerado, através do que determinam-se os períodos de verão e de inverno, respectivamente e; a seguir tratando detalhadamente os dados referentes aos períodos de verão e de inverno, a partir dos quais são definidos os dias típicos de projeto.

Na seleção dos períodos de verão e de inverno, adotou-se o método proposto por AKUTSO e VITTORINO (*apud* GOULART, 1993). Neste método, para o caso do verão, é identificado 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”, sendo o valor de  $\mu$  é determinado por:

$$\mu = 0,10 \times (T_{\text{MÁX}} - T_{\text{MÍN}})$$

onde:  $T_{\text{MÁX}}$  = média das temperaturas máximas diárias do mês mais quente

$T_{\text{Mín}}$  = média das temperaturas mínimas diárias do mês mais quente

Da mesma maneira, na definição do período de inverno selecionou-se o mês mais frio (aquele que apresentar o menor valor para a média das temperaturas mínimas diárias). Vale salientar que no período de inverno são ainda incluídos 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. Para este caso,

$T_{\text{MÁX}}$  = média das temperaturas máximas diárias do mês mais frio

$T_{\text{Mín}}$  = média das temperaturas mínimas diárias do mês mais frio

### 2.2.1 Definição dos Dias Típicos

Definidas as estações de verão e de inverno, iniciou-se o tratamento dos dados climáticos dos meses compreendidos em cada uma das estações definidas, eliminando-se os demais meses.

Como verificou-se que o número de graus-dia de aquecimento para João Pessoa é insignificante, optou-se por definir apenas os dias típicos de verão.

Listaram-se, em ordem decrescente, os valores horários de temperatura de bulbo seco máxima diária ( $TBS_{\text{máx}}$ ), em seguida, definiram-se os dias cujas  $TBS_{\text{máx}}$  se enquadravam nos níveis de frequência de ocorrência acumulada (NFOA) 1%, 2,5%, 5% e 10%. Para isso, selecionou-se, para cada NFOA  $N$ , um dia de referência cuja  $TBS_{\text{máx}}$  fosse igual ou menor do que  $N\%$  dos dias da estação.

Por exemplo, para o NFOA 1%, o dia de referência (DR) será aquele que tiver o valor da sua  $TBS_{\text{máx}}$  igualado ou superado por 1% dos dias ordenados. Então, como existiam 1710 dias de verão ordenados de forma decrescente em função da  $TBS_{\text{máx}}$ , o DR foi o 18º (décimo oitavo) dia da sequência, pois os dezessete primeiros, que representam 1% de 1710 dias ( $0,01 \times 1710$ ), seriam maiores ou iguais a ele.

Desses 1710 dias foi selecionado um extrato de dias cujas temperaturas estavam no intervalo de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  em torno da  $TBS_{\text{máx}}$  do DR. Por exemplo, a  $TBS_{\text{máx}}$  do DR do NFOA 1% foi de  $32,3^{\circ}\text{C}$ , assim, o extrato foi formado pelos dias que tiveram a  $TBS_{\text{máx}}$  dentro do intervalo de  $31,8^{\circ}\text{C}$  a  $32,8^{\circ}\text{C}$ . Após selecionados os extratos, acrescentou-se a estes os valores horários das demais variáveis climáticas, quais sejam: *temperatura máxima diária, temperatura mínima diária, temperatura média diária, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa do ar, velocidade do ar, direção do vento e nebulosidade*. Para tornar mais prática as etapas seguintes do tratamento dos dados, organizou-se uma planilha para cada variável em cada nível de frequência de ocorrência acumulada.

Compostas as planilhas com os valores horários das variáveis consideradas para cada dia dos extratos de 1%, 2,5%, 5% e 10%, calculou-se a média horária dessas variáveis para cada NFOA, obtendo-se, assim, um dia médio para cada variável em seus respectivos NFOAs. O dia típico de projeto, para cada NFOA, será o dia real, dentro de cada extrato, que possuir os valores das variáveis climáticas mais próximos das médias dessas variáveis. Essa avaliação é bastante subjetiva e trabalhosa, já que se deve comparar com as médias horárias, os valores horários correspondentes de cada dia.

Visando dar uma maior precisão aos resultados, nessa fase do tratamento dos dados foram feitas algumas alterações em relação ao método original citado por GOULART (1993), discriminadas a seguir:

- a) O método original prioriza a temperatura de bulbo seco na comparação entre os dias reais e os dias médios. Este trabalho atribuiu peso igual para todas as variáveis consideradas, visto que o comportamento de cada uma é influenciado pela variação das demais;
- b) No método original, a comparação é feita, em primeiro lugar, entre as temperaturas médias, máximas e mínimas de cada dia real com as do dia médio. Em seguida, faz-se a comparação das médias dos dias reais com a do dia médio para as demais variáveis. Este trabalho levou em consideração, para todas as variáveis, os valores horários e não apenas as médias. Para dar uma maior confiabilidade precisão ao tratamento, no caso da temperatura de bulbo seco, além da comparação hora a hora, foram mantidas as temperaturas médias, máximas e mínimas como elemento de comparação.

Para facilitar a definição dos dias típicos, para cada variável e em cada NFOA, cada dia real foi comparado com o dia médio através da subtração entre os valores horários do dia real com os do dia médio. Em seguida, somaram-se os valores das diferenças obtidas hora a hora para cada dia. Assim, o dia que obteve a menor soma das diferenças em relação ao dia médio, considerando todas as variáveis, foi escolhido como o dia típico.

### 3. RESULTADOS OBTIDOS

#### 3.1 Ano climático de referência

A Tabela 1, abaixo, discrimina o comportamento das temperaturas médias mensais referentes ao período de 1985 a 1994, a partir das quais foram selecionados os meses mais quentes e mais frios verificados no período citado, ordenados na Tabela 2 conforme definido pela metodologia descrita no item 2.1 deste artigo.

Percebe-se, a partir da Tabela 2, que o ano de 1992 é o último a surgir, o que o torna o Ano Climático de Referência.

**Tabela 1 - Temperaturas médias mensais – 1985 a 1994**

MÊS	TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DE BULBO SECO (°C)									
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<b>JAN</b>	28,0	27,3	27,3	27,3	26,4	26,3	27,3	26,9	26,5	26,9
<b>FEV</b>	27,2	27,1	26,9	27,4	26,9	26,6	27,3	26,7	26,9	27,1
<b>MAR</b>	26,7	26,8	26,7	27,3	-	27,0	27,1	26,4	27,1	27,1
<b>ABR</b>	26,7	26,8	26,4	26,5	25,9	26,6	26,2	26,7	26,9	25,9
<b>MAI</b>	26,5	26,2	26,2	25,8	25,6	25,5	25,6	25,6	26,0	25,3
<b>JUN</b>	25,9	24,8	24,2	24,8	24,9	24,6	25,0	24,4	24,8	24,6
<b>JUL</b>	24,6	24,7	24,2	23,9	23,8	24,3	23,9	24,0	24,0	24,0
<b>AGO</b>	24,5	24,6	24,8	23,6	24,2	24,1	23,7	23,8	24,5	24,0
<b>SET</b>	25,6	25,0	25,0	24,4	25,1	24,8	24,6	24,7	25,4	-
<b>OUT</b>	26,7	26,1	25,7	25,8	25,8	25,5	24,9	25,0	26,1	-
<b>NOV</b>	27,0	26,3	26,7	26,2	26,2	26,3	25,9	25,8	26,6	-
<b>DEZ</b>	27,1	26,8	27,2	26,3	26,7	26,7	26,5	26,4	27,0	-

**Tabela 2 - Seqüência de meses em ordem de importância para a determinação do ano climático de referência**

CONDIÇÃO	ANO	CONDIÇÃO	ANO	CONDIÇÃO	ANO
Janeiro mais quente	1985	Abril mais quente	1993	<i>Março mais frio</i>	<i>1992</i>
Julho mais frio	1989	Outubro mais frio	1991	Junho mais quente	1985
Fevereiro mais quente	1988	Novembro mais quente	1985	Dezembro mais frio	1988
Agosto mais frio	1988	Maio mais frio	1994	Setembro mais quente	1985
Março mais quente	1988	Janeiro mais frio	1990	Abril mais frio	1989
Junho mais frio	1987	Julho mais quente	1986	Outubro mais quente	1985
Dezembro mais quente	1987	Fevereiro mais frio	1990	Novembro mais frio	1992
Setembro mais frio	1988	Agosto mais quente	1985	Maio mais quente	1994

### 3.2 Grau-dia

Os cálculos dos graus-dia de desconforto, como já foi mencionado na metodologia descrita no item 2.2, tiveram como referência as temperaturas 25,1° para o cálculo dos graus-dia de aquecimento e 28,1°C para o cálculo dos graus-dia de resfriamento. Os graus-dia foram calculados para o período de 1985 a 1994 e para o ano climático de referência 1992, tornando possível a confirmação deste como representativo do referido período.

As Tabelas 6 e 7 discriminam o número de graus (GD) dia/mês de aquecimento e de resfriamento, o número de dias em que se faz necessário aquecer ou resfriar o ambiente (ND), o número de horas/ mês de aquecimento ou de resfriamento e o de horas/dia.

Constata-se, através das Tabelas 6 e 7, que a média anual para o período considerado apresenta 112,8 GD de resfriamento a mais do que o ano de 1992. Esta diferença atribui-se ao fato de que, para o período de 1985 a 1987, não existem os valores das temperaturas do período correspondente à madrugada (0 a 6 horas), horário em que as temperaturas normalmente apresentam valores mais baixos do que nas outras horas do dia. Com isto, as médias das temperaturas nestes anos atingiram patamares mais elevados, provocando, por consequência, o aumento do número de graus-dias.

**Tabela 3- Graus-dias para João Pessoa (1985 a 1994)**

MÊS	RESFRIAMENTO				AQUECIMENTO			
	GD	ND	H/MÊS	H/DIA	GD	ND	H/MÊS	H/DIA
JAN	621,0	31	531	17,1	-	-	-	-
FEV	558,0	28	479	17,1	-	-	-	-
MAR	598,0	31	533	17,2	-	-	-	-
ABR	475,0	30	444	14,8	-	-	-	-
MAI	395,0	31	380	12,3	0,004	2	2	1,0
JUN	238,0	30	293	9,8	0,7	18	65	3,6
JUL	172,0	31	270	8,7	5,4	31	206	6,6
AGO	216,0	31	276	8,9	7,8	31	225	7,3
SET	291,0	30	302	10,1	2,8	25	120	4,8
OUT	403,0	31	391	12,6	0,3	13	30	2,3
NOV	465,0	30	422	14,1	-	-	-	-
DEZ	564,0	31	503	16,2	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>4995,0</b>	<b>365</b>	<b>4824</b>	<b>158,9</b>	<b>17,0</b>	<b>120</b>	<b>648</b>	<b>67</b>

Pelo mesmo motivo verificou-se a diferença entre os valores de graus-dia de resfriamento. Como o período de 1985 a 1987 não possuía os valores de temperatura para o período da madrugada, possivelmente, por se tratar de um horário de temperatura mais baixas, alguns GD de aquecimento deixaram de ser computados.

**Tabela 4- Graus-dias para João Pessoa (1992)**

MÊS	RESFRIAMENTO				AQUECIMENTO			
	GD	ND	H/MÊS	H/DIA	GD	ND	H/MÊS	H/DIA
JAN	641,0	31	542	17,5	0,0	0	0	
FEV	531,5	29	481	16,6	0,4	2	5	2,5
MAR	522,7	31	470	15,2	0,5	1	1	1,0
ABR	572,0	30	475	15,8	0,0	1	1	1,0
MAI	401,0	31	360	11,6	3,7	13	32	2,5
JUN	231,7	30	264	8,8	47,3	25	140	5,6
JUL	201,8	30	268	8,9	97,7	30	229	7,6
AGO	191,0	30	245	8,2	108,5	30	235	7,8
SET	287,0	30	298	9,9	49,6	23	128	5,6
OUT	363,3	31	345	11,1	47,1	25	114	4,6
NOV	410,0	30	388	12,9	5,0	10	23	2,3
DEZ	529,3	31	470	15,2	1,0	5	10	2,0
<b>TOTAL</b>	<b>4882,2</b>	<b>364</b>	<b>4606</b>	<b>134,3</b>	<b>360,8</b>	<b>165</b>	<b>918</b>	<b>42,5</b>

Apesar das diferenças causadas pelas lacunas existentes nas séries de dados de referência, pode-se concluir que o número de graus-dia calculado para o Ano Climático de Referência é representativo para o período considerado.

Mesmo tendo-se observado a necessidade de aquecimento em algumas horas do ano, jamais se verificou a existência de equipamentos para aquecimento do ar nos edifícios da cidade de João Pessoa. O desconforto causado pela necessidade de aquecimento verificado é facilmente combatido com a mudança da vestimenta utilizada pelas pessoas e/ou pelo fechamento de portas e/ou janelas da edificação.

Já em relação ao resfriamento, percebe-se o uso freqüente de aparelhos de ar condicionado e ventiladores. Em alguns edifícios, o uso desses equipamentos ocorre durante praticamente todo o ano, com maior intensidade nos meses de verão.

Vale salientar que esse resfriamento pode ser feito através das trocas térmicas naturais do edifício com o meio exterior.

## 2.2 Dia típico de projeto

Conforme estabelece a metodologia do IPT, descrita no item 2.2, o primeiro passo para se definir os dias típicos de projeto foi estabelecer os meses de verão e de inverno para o período considerado (1985 a 1994). Para comprovar a representatividade do Ano Climático de Referência, definiram-se os meses de verão e de inverno também para 1992, que é o Ano Climático de Referência.

Obtiveram-se assim, os seguintes resultados:

### PERÍODO 1985 a 1994

Verão: *janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro.*

Inverno: *julho, agosto e setembro.*

### PERÍODO 1992

Verão: *janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro.*

Inverno: *julho, agosto e setembro.*

Nota-se que os períodos de verão e de inverno para os dois casos coincidiram, com exceção do mês de novembro que não consta no período de verão para 1992.

A validade do ano de 1992 como ano climático de referência pode ser, ainda, reforçada através da comparação entre as médias das temperaturas máximas e mínimas do período de 1985 a 1994 e as do próprio ano de 1992. Verificou-se que em ambos os casos a diferença foi de apenas 0,2°C, que pode ser considerada insignificante.

Os dias típicos obtidos foram **8 de fevereiro de 1988**, para o NFOA 1%, **13 de fevereiro de 1988** para NFOA 2,5%, **21 de fevereiro de 1989** para o nível 5% e **16 de janeiro de 1988** para o nível 10%. Em anexo tem-se as Tabelas 5, 6, 7 e 8 em que estão discriminados os valores horários das variáveis: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa do ar, nebulosidade, velocidade do vento, direção dominante do vento, radiação estimada e conteúdo de umidade do ar.

Observando a Tabela 5, percebe-se que a temperatura máxima do dia típico do nível 1% atingiu 31,8°C e a mínima 23,4°C, resultando numa amplitude térmica de 8,4°C. A umidade relativa do ar atingiu seu maior valor (98%) às 5h, uma hora após a ocorrência da menor temperatura registrada. Já a menor umidade (56%) ocorreu simultaneamente a maior temperatura do dia. Os ventos predominantes ocorreram no intervalo de 90° a 130° e com velocidade média de 3,3m/s.

No nível 2,5% (ver Tabela 6), o dia típico apresentou temperatura máxima igual a 31,5°C e a mínima igual a 24,0°C. Com isso, a amplitude térmica atingiu 7,4°C. O maior percentual de umidade do ar foi de 96%, coincidente com o horário das menores temperaturas, que ocorreram das 5h às 6h. A menor

umidade foi igual a 56%, ocorrida às 13h, exatamente no horário de ocorrência da maior temperatura. Quanto ao vento, predominou a direção sudeste (120° - 160°) com velocidade média de 3,6m/s.

O dia típico do nível 5% é caracterizado por uma temperatura máxima de 31,4°C, ocorrida às 13h e uma temperatura mínima de 23,4°C, ocorrida das 4h às 5h (ver Tabela 7). A amplitude térmica foi de 8°C. A umidade relativa do ar atingiu seu maior percentual (89%) exatamente nos horários da menor temperatura do dia. Da mesma forma ocorreu com a menor umidade (57%), que coincidiu com a maior temperatura registrada. Neste dia predominou o vento com a direção sudeste (120° - 150°) com velocidade média de 3,8 m/s.

O último dia típico, do nível 10%, teve a temperatura máxima igual a 30,5°C e a mínima igual a 24,0°C, representando uma amplitude de 6,5°C (ver Tabela 8). A umidade chegou a 92% às 3h, coincidindo com o horário de ocorrência da menor temperatura. A menor umidade, igual a 57%, ocorreu uma hora antes da maior temperatura, às 15h. Os ventos tiveram velocidade média de 4,5m/s, com a direção sudeste dominante.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento dos dados climáticos mostra com nitidez que é possível se conquistar a compreensão das relações entre o ambiente construído e o meio ambiente circundante. Possibilita ao projetista uma maior segurança no processo criativo, permitindo-lhe maiores ousadias, sem correr o risco de erros que possam vir a contribuir para redução da qualidade do meio ambiente e do conforto e saúde dos usuários dos edifícios e da cidade.

Espera-se que os resultados apresentados neste trabalho possibilitem a concepção de projetos de edifícios para cidade de João Pessoa que consumam menos energia com resfriamento e com maior conforto térmico para os seus usuários. Para isso, espera-se, ainda, que os dados apresentados aqui possam fazer parte de *softwares* de simulação de desempenho termo-energético já existentes ou que venham a ser criados. E que estes *softwares* tornem-se acessíveis a todos os projetistas.

No entanto, para que isso ocorra, se faz necessário uma reformulação geral das políticas de planejamento urbano da cidade, através da rediscussão do plano diretor e do código de posturas e, principalmente, pela reeducação de usuários e projetistas, que devem buscar a redução dos consumos independentemente da fonte energética utilizada.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUTSU, Maria; VITTORINO, Fúlvio. **Proposta de procedimentos para o tratamento de dados climáticos**. In ENCONTRO NACIONAL SOBRE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES, 1, 1991, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 1995. p. 213-226.

ARAÚJO, Virgínia Maria Dantas de. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. São Paulo: FAUUSP, 1996. (Tese de Doutorado em Arquitetura).

GOULART, Solange V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. Florianópolis: UFSC, 1993. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil).

SILVA, Francisco de Assis Gonçalves. ***O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil***. São Paulo: FAUUSP, 1999. (Tese, Doutorado em Arquitetura).

### AGRADECIMENTOS

Aos acadêmicos de Arquitetura e bolsista de iniciação científica do programa CNPq/PIBIC da UFPB, Walter e Narciso, pela colaboração no tratamento dos dados.

Ao Prof. Paulo Rosas (Dept. de Geografia/UFPB) e aos acadêmicos de Geografia, Kalliana e Pablo, do SIGA/LES, pela disponibilização e tratamento dos dados de insolação e radiação solar.



Tabela 5: Dia Típico de Verão – Nível:1% - 08 de Janeiro de 1988

VARIÁVEL CLIMÁTICA	HORAS																							
	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Temp. Bulbo Seco (C°)	25,3	25,0	24,6	24,4	23,4	23,5	24,0	26,4	27,8	28,0	29,0	29,4	31,4	31,8	30,6	31,2	29,0	29,2	28,0	27,4	27,0	26,8	26,3	25,4
Temp. Bulbo Úmido (C°)	23,8	23,5	23,4	23,0	22,6	23,0	23,0	24,4	24,4	24,6	25,0	25,0	24,4	24,6	25,0	24,6	24,4	24,4	24,4	24,0	24,2	24,0	23,5	
Umidade Relativa (%)	88	89	92	89	93	98	92	85	77	75	73	70	59	56	62	60	68	68	75	77	79	81	82	85
Nebulosidade (0-10)	2	3	2	2	4	5	5	4	6	6	7	7	6	5	3	3	3	4	3	2	1	1	2	1
Velocidade do Vento (m/s)	0	0	0	2,6	0	2,6	2,1	3,1	3,1	3,1	2,1	5,2	6,2	6,2	7,7	4,1	4,1	3,1	5,2	5,2	4,1	3,1	3,1	3,1
Direção do Vento (graus)	0	0	0	240	0	250	220	210	120	90	90	120	100	110	100	140	130	150	120	130	120	130	120	170
Radiação Estimada (Wh/m²)	0	0	0	0	0	0	150	710	1050	1210	1250	1200	1125	1200	1250	1210	1050	710	150	0	0	0	0	0
Conteúdo de Unidade (g/kg)	18,0	17,9	18,0	17,0	17,0	18,0	17,0	18,5	18,2	18,0	18,5	18,2	17,0	16,7	17,2	17,0	17,2	17,4	17,0	17,8	17,8	18,0	17,7	17,4

Tabela 6: Dia Típico de Verão - Nível: 2,5% - 13 de Fevereiro de 1988

VARIÁVEL CLIMÁTICA	HORAS																							
	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Temp. Bulbo Seco (C°)	26,0	25,4	25,2	25,0	24,6	24,0	24,0	26,2	27,8	28,8	29,4	31,4	30,8	31,5	31,0	30,0	29,5	28,6	28,0	27,3	27,0	27,1	27,0	26,4
Temp. Bulbo Úmido (C°)	24,0	23,6	23,4	24,0	24,2	23,6	23,5	23,4	24,4	24,8	24,4	24,8	24,4	24,5	24,5	24,5	24,0	24,0	24,5	24,2	24,0	24,1	24,0	23,8
Umidade Relativa (%)	85	85	87	92	96	96	96	80	77	72	69	58	59	56	60	64	64	70	75	78	79	78	79	82
Nebulosidade	2	4	4	4	4	4	5	5	4	5	6	5	5	6	5	4	2	3	3	3	2	1	2	1
Velocidade do Vento (m/s)	0	2,6	3,6	0	2,6	2,6	0	0	3,1	3,1	2,6	6,2	5,2	7,2	7,2	5,2	7,2	5,2	5,2	5,2	4,1	2,6	2,6	3,1
Direção do Vento	0	270	160	0	240	240	0	0	160	120	130	100	120	120	150	120	120	120	130	120	120	120	120	120
Radiação Estimada (Wh/m²)	0	0	0	0	0	0	75	665	985	1145	1180	1140	1000	1140	1180	1145	985	665	75	0	0	0	0	0
Conteúdo de Unidade (g/kg)	18,1	17,4	17,6	18,5	18,7	18,1	18,1	17,2	18,2	18,1	18,2	16,9	16,6	16,3	17,0	17,2	16,7	17,4	18,0	17,9	17,8	17,7	17,8	17,8

Tabela 7: Dia Típico de Verão - Nível: 5% - 21 de Fevereiro de 1989

VARIÁVEL CLIMÁTICA	HORAS																							
	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Temp. Bulbo Seco (C°)	25,4	24,8	24,4	24,0	23,4	23,4	24,2	26,2	27,8	28,4	30,4	30,8	31,0	31,4	30,8	31,0	30,4	28,4	27,4	27,0	26,4	26,4	26,0	25,4
Temp. Bulbo Úmido (C°)	23,0	22,6	22,4	22,4	22,0	22,0	23,8	24,6	24,2	24,8	25,0	24,4	24,4	24,6	24,8	24,4	24,4	24,0	24,0	23,4	24,0	24,0	23,5	
Umidade Relativa (%)	82	85	85	87	89	89	97	87	76	75	65	59	58	57	58	58	64	71	75	75	82	82	85	85
Nebulosidade	2	3	2	3	4	4	5	3	4	5	5	5	5	4	5	5	3	3	2	2	1	1	1	1
Velocidade do Vento (m/s)	3,1	2,6	0	3,1	4,1	0	0	3,6	4,1	5,2	5,2	5,2	7,7	6,2	7,2	6,2	5,2	4,1	4,1	3,1	3,1	2,6	3,1	3,1
Direção do Vento	140	140	0	140	150	0	0	200	190	190	180	130	120	130	130	130	140	140	120	130	140	130	150	150
Radiação Estimada (Wh/m²)	0	0	0	0	0	0	50	640	1010	1170	1200	1150	1020	1150	1200	1170	1020	640	50	0	0	0	0	0
Conteúdo de Unidade (g/kg)	16,9	16,9	16,5	16,4	16,2	16,2	18,6	18,8	18,0	18,4	17,5	16,6	16,5	16,9	16,6	16,5	17,5	17,3	17,3	16,9	17,8	17,8	18,1	17,4

Tabela 8: Dia Típico de Verão - Nível: 10% - 16 de Janeiro de 1988

VARIÁVEL CLIMÁTICA	HORAS																							
	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Temp. Bulbo Seco (C°)	25,4	25,3	24,4	24	25	25,2	25,5	26,8	27,5	28	28,3	28,5	29	29,4	31	30,5	29,6	29	27,2	27,5	26,4	26,4	26,5	26,4
Temp. Bulbo Úmido (C°)	23,6	23,4	23,4	23,0	23,4	23,5	23,5	23,5	23,5	24,0	24,0	24,2	24,0	24,0	24,0	24,1	24,4	24,4	24,2	24,0	23,6	23,4	24,0	24,0
Umidade Relativa (%)	86	87	88	92	89	87	85	78	73	72	72	72	66	66	57	59	68	67	75	78	82	72	82	82
Nebulosidade	3	3	3	4	4	3	2	3	5	6	6	5	6	7	3	2	2	4	3	3	2	3	2	2
Velocidade do Vento (m/s)	5,6	4	3,1	0	0	2,6	5,2	3,1	3,1	4,1	7,2	5,2	7,2	5,2	7,2	7,7	6,2	6,2	4,1	5,2	4,1	3,1	3,1	0
Direção do Vento	160	150	140	0	0	180	210	170	180	120	130	150	150	150	170	140	180	170	150	150	170	170	150	0
Radiação Estimada (Wh/m²)	0	0	0	0	0	0	100	700	1050	1200	1240	1200	1115	1200	1240	1200	1050	700	100	0	0	0	0	0
Conteúdo de Unidade (g/kg)	17,7	17,6	17	17	17,9	17,6	17,4	17,4	17	17,2	17,3	17,7	16,7	17,1	16,1	16,3	17,8	17,2	17,7	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8