



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana  
- Mestrado -

**Eduardo Figueiredo Porto**

**Verificação dos valores dos coeficientes de convecção do ar no  
exterior de edifícios no estado da Paraíba.**

**João Pessoa – PB  
Março de 2007**



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana  
- Mestrado -

**Eduardo Figueiredo Porto**

**Verificação dos valores dos coeficientes de convecção do ar no  
exterior de edifícios no estado da Paraíba.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Prof. Dr. Francisco de Assis Gonçalves da Silva

**João Pessoa – PB  
Março de 2007**

P853v

Porto, Eduardo Figueiredo.

Verificação dos valores dos coeficientes de convecção do ar no exterior de edifícios no estado da Paraíba / Eduardo Figueiredo Porto. – João Pessoa, 2007.

127 p.

Orientador: Francisco de Assis Gonçalves da Silva.

Dissertação (mestrado) – UFPB/CT.

1. Planejamento urbano; 2. Conforto térmico e ambiental; 3. Eficiência energética de edifícios; 4. Coeficientes de convecção.

UFPB/BC

CDU:711.4(043)

Eduardo Figueiredo Porto

Verificação dos valores dos coeficientes de convecção do ar no exterior de edifícios no estado da Paraíba.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em: 05 / 03 / 2007.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Francisco A. Gonçalves da Silva  
Orientador – PPGEU/UFPB

---

Prof. Dr. Antônio Souto Coutinho  
PPGEP/UFPB

---

Prof. Dr. Roberto Leal Pimentel  
PPGEU/UFPB

Aos meus pais, Walter e Neyde Porto,  
que são base e exemplo em minha vida.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, meu Orientador Maior, que me guia em todos os momentos da minha vida;

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Gonçalves da Silva, pela orientação amiga, pelo estímulo generoso e apoio sincero, no desenvolvimento deste trabalho;

À minha esposa Andressa Matos, pela importante ajuda nos afazeres de minha empresa, contribuindo de forma decisiva para que eu pudesse ter mais tempo para estudar. Foram dela alguns desenhos que ilustram esta dissertação;

Ao Dr. José Ramos Torres de Melo Filho, Presidente da Federação da Agricultura do Estado do Ceará, meu prezado “Tio Torres”, que pela prestimosa ajuda, devido ao seu prestígio na esfera da Administração Pública Federal, pude obter a série de dados meteorológicos junto ao INMET, que sem os quais seria impossível realizar esta pesquisa;

À Dra. Jante M<sup>a</sup> Ismael da C. Macedo, Procuradora-Geral de Justiça do Ministério Público da Paraíba, pela generosidade de me permitir realizar mais este trabalho, pois, sem sua intervenção, sequer tinha realizado minha graduação em Engenharia Civil;

Às minhas queridas primas Mirza Mara Porto Hasan e Inaê Porto de Vasconcelos Ribeiro, pela valorosa contribuição na tradução para o inglês, dos resumos deste trabalho.

Ao INMET, 3º DISME – Recife, na pessoa de Alissandra Mota, pela cessão da série de dados relativos aos ventos que ocorrem no estado da Paraíba.

A Luis Gustavo Gomes da Silva, pela valorosa ajuda na elaboração de planilhas e gráficos para o cálculo dos valores médios da série de dados meteorológicos;

A todos os docentes do curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, pela dedicação, apoio e transferência de conhecimentos;

E aos meus filhos, Eduardo Porto Filho e Tais Porto, que souberam entender o motivo de minha ausência por tantos fins de semana. Amo vocês.

“O conhecimento e a informação são os recursos estratégicos para o desenvolvimento de qualquer país. Os portadores desses recursos são as Pessoas.”

Peter Drucker (1909-2005).

## RESUMO

Este trabalho investigou e analisou as características e as condições de escoamento dos ventos que ocorrem no estado da Paraíba, a fim de determinar valores locais para os coeficientes de convecção do ar externo (*hc's*), com base nos números adimensionais de Prandtl, Reynolds e Nusselt, e correlações empíricas com as sugeridas por Hilpert, que são largamente utilizadas, cujos resultados demonstraram que os valores verificados diferem significativamente dos valores atualmente recomendados pelas Normas Brasileiras referentes ao desempenho térmico de edificações, e aos parâmetros básicos de projeto de centrais de ar-condicionado, conduzindo à necessidade de se reverem tais coeficientes e considerarem as inter-relações entre o padrão de ventilação local e o de ocupação do solo, quando do cálculo de acondicionamento térmico de edifícios, para se minimizar os impactos ambientais, otimizar o desempenho energético de edificações, aumentando a economia de energia reduzindo custos.

**Palavras-chave:** Coeficiente de convecção externo; Desempenho térmico de edificações; Acondicionamento térmico de edificações; Transferência de calor; Vento.



## ABSTRACT

This research investigated and analysed the characteristics and peculiarities of wind flowing that take place in the state of Paraíba in order to verify the local values for the air coefficients of external convection ( $h_c$ 's), based in non-dimensional numbers like Prandlt, Reynolds and Nusselt, and empirical correlations as suggested by Hilpert. These correlations are widely used and the results demonstrate that the verified values significantly differ from the ones currently recommended by the Brazilian norms concerning the thermal performance of buildings and the basic parameters of projects for central air-conditioners. The results highlighted the need to review these coefficients and take into consideration the interrelationship between the standards of local ventilation and construction regulations when calculating the thermal conditioning of buildings in order to minimize environmental impact and improve energy performance of buildings, which will reduce costs.

**Key-words:** Coefficient of external convection; Thermal performance of buildings; Thermal conditioning of buildings; Heat transfer; Wind.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1a</b>	Esboço do layout de casas em Kahun, Egito, por volta de 2000 a.C.;	34
<b>Figura 1b</b>	Esboço de um plano de cidade espanhola para Buenos Aires, nos tempos coloniais.	34
<b>Figura 2</b>	Esboço de um desenho chinês mostrando montanhas ao norte, água ao sul, governando o sítio para uma cidade.	35
<b>Figura 3a</b>	Plano da cidade de Letchworth, indicando áreas industriais e os ventos dominantes;	36
<b>Figura 3b</b>	Uso de cinturões de proteção contra ventos frios na cidade de New Jersey;	36
<b>Figura 4</b>	Conceito de camada limite no escoamento sobre placa plana.	43
<b>Figura 4a</b>	Escoamento laminar e turbulento.	44
<b>Figura 5</b>	Conceito de camada limite térmica no escoamento de um fluído quente sobre placa plana fria.	45
<b>Figura 6</b>	Perfis de Velocidades de Camada Limite Atmosférica.	47
<b>Figura 7</b>	Escoamento em torno de uma forma prismática.	50
<b>Figura 7a</b>	Escoamento incidindo na aresta de um corpo cilíndrico não circular.	51
<b>Figura 7b</b>	Escoamento incidindo no vértice de um corpo cilíndrico não circular.	51
<b>Figura 8</b>	Mapa da Paraíba.	69
<b>Figura 9</b>	Regiões Bioclimáticas segundo a classificação de Köppen.	70
<b>Figura 10</b>	Classificação climática da Paraíba, segundo Köppen.	71
<b>Figura 11a</b>	Foto obtida a partir da Rua Manuel C. Souza, vendo-se ao fundo a orla marítima da Praia do Cabo Branco –João Pessoa- PB.	73
<b>Figura 11b</b>	Área objeto de estudo (em amarelo).	74
<b>Figura 12</b>	Foto da área objeto de estudo.	76
<b>Figura 13a</b>	Topografia da área em estudo.	77

<b>Figura 13b</b>	Foto obtida a partir da Rua Manuel C. Souza no sentido norte-sul, vendo-se ao fundo a orla marítima da Praia do Cabo Branco –João Pessoa- PB.	78
<b>Figura 14a</b>	Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 9:00h, na estação meteorológica de João Pessoa.	91
<b>Figura 14b</b>	Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005 às 15:00h, na estação meteorológica de João Pessoa.	91
<b>Figura 15a</b>	Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 9:00h, na estação meteorológica de Monteiro.	92
<b>Figura 15b</b>	Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 15:00h, na estação meteorológica de Monteiro	92
<b>Figura 16a</b>	Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 9:00h, na estação meteorológica de Patos.	92
<b>Figura 16b</b>	Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 15:00h, na estação meteorológica de Patos.	92

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Dados característicos do Bioclima 3dth.	71
<b>Quadro 2</b>	Tipos de Clima segundo Köppen.	72

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b>	Perfil do consumo de energia elétrica no Brasil, em megawatts.	23
<b>Gráfico 2:</b>	Consumo de eletricidade.	29
<b>Gráfico 3:</b>	Oferta Interna de Energia, em percentagem.	30
<b>Gráfico 4:</b>	Estrutura térmica da atmosfera (média horizontal).	47

<b>Gráfico 5:</b>	Rugosidade e coeficientes de atrito para vários tipos de terreno.	49
<b>Gráfico 6:</b>	Variação do coeficiente de convecção com a velocidade do ar no caso de uma parede vertical.	55
<b>Gráfico 7:</b>	Variação do coeficiente de convecção em relação à velocidade do ar, com fluxo paralelo à parede.	56
<b>Gráfico 8:</b>	Variação do coeficiente de convecção em relação à velocidade do ar, para correlação de superfícies planas verticais, equações 17 e 18.	57
<b>Gráfico 8a:</b>	Variação do coeficiente de convecção em relação à velocidade do ar, para correlação de superfícies planas, equação 19.	58
<b>Gráfico 9:</b>	Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de janeiro, medidas às 9h.	79
<b>Gráfico 10:</b>	Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de janeiro, medidas às 15h.	80
<b>Gráfico 11:</b>	Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de junho, medida às 9h.	81
<b>Gráfico 12:</b>	Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de junho, medidas às 15h.	82
<b>Gráfico 13:</b>	Perfis das velocidades médias dos ventos anuais verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 9h.	83
<b>Gráfico 14:</b>	Perfis das velocidades médias dos ventos anuais verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 15h.	84
<b>Gráfico 15:</b>	Perfis das temperaturas médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de	

	janeiro, medidas às 9h.	85
<b>Gráfico 16:</b>	Gráfico das normais climatológicas mensais para a cidade de João Pessoa, calculada no período de 1961 a 1990.	86
<b>Gráfico 17:</b>	Perfis das temperaturas médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, nos meses de janeiro medidas às 15h.	86
<b>Gráfico 18:</b>	Perfis das temperaturas médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, nos meses de junho, medidas às 9h.	87
<b>Gráfico 19:</b>	Perfis das temperaturas médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 15h.	88
<b>Gráfico 20:</b>	Perfis das temperaturas médias dos ventos anuais verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 9h.	89
<b>Gráfico 21:</b>	Perfis das temperaturas médias anuais dos ventos verificados no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 15h.	90
<b>Gráfico 21a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	94
<b>Gráfico 21b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	94
<b>Gráfico 22a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em $W/m^2.K$ .	95
<b>Gráfico 22b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em $W/m^2.K$ .	95
<b>Gráfico 23a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em $W/m^2.K$ .	96

<b>Gráfico 23b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em $W/m^2.K$ .	96
<b>Gráfico 24a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	98
<b>Gráfico 24b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	98
<b>Gráfico 25a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	98
<b>Gráfico 25b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	98
<b>Gráfico 26a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	100
<b>Gráfico 26b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	100
<b>Gráfico 27a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	101
<b>Gráfico 27b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	101
<b>Gráfico 28a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	102
<b>Gráfico 28b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	102

<b>Gráfico 29a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	103
<b>Gráfico 29b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	103
<b>Gráfico 30a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios.	105
<b>Gráfico 30b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios.	105
<b>Gráfico 31a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de junho às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios.	106
<b>Gráfico 31b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de junho às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios.	106
<b>Gráfico 32a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.	106
<b>Gráfico 32b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.	106
<b>Gráfico 33a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidos às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	107
<b>Gráfico 33b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidos às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	107
<b>Gráfico 34a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	108

<b>Gráfico 34b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias medidas às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	108
<b>Gráfico 35a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	109
<b>Gráfico 35b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	109
<b>Gráfico 36a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.	110
<b>Gráfico 36b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.	110
<b>Gráfico 37a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	111
<b>Gráfico 37b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	111
<b>Gráfico 38a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	112
<b>Gráfico 38b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios, medidos em $W/m^2.K$ .	112
<b>Gráfico 39a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	113
<b>Gráfico 39b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em $W/m^2.K$ .	113
<b>Gráfico 40a:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical	114



<b>Gráfico 40b:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.	114
<b>Gráfico 41:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, com temperatura de 26,3°C, H = 91,5m e correlação da placa plana vertical.	117
<b>Gráfico 42:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, com temperatura de 26,3°C, H = 6,32m e correlação da placa plana vertical.	117
<b>Gráfico 43:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, correlação da placa plana vertical, diversos autores.	118
<b>Gráfico 44:</b>	Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, correlação da placa plana vertical, para o estado da Paraíba.	118

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Estimativa das emissões de GEE, em milhões de toneladas de Carbono, oriundas do uso de energia (combustíveis fósseis e biomassa não renovável) – (Baseado em Marland <i>et al.</i> , 2003) e das mudanças de uso e do solo e desmatamento (Baseado em UNFCCC, 2005 e FAO, 2003).	26
<b>Tabela 2</b>	Constantes da equação (8) para cilindros não-circulares em escoamento transversal de um gás.	53
<b>Tabela 3a</b>	Coeficientes médios de transmissão de calor.	54
<b>Tabela 4</b>	Tabela com os valores de <i>Beaufort</i> correspondendo com o estado do mar e a influência em terra. Escala de <i>Beaufort</i> .	63
<b>Tabela 5</b>	Efeitos do vento sobre as pessoas, com base na Escala de <i>Beaufort</i> .	64
<b>Tabela 5a</b>	Intervalos de velocidades utilizados na planilha CALCULOS DOS COEFICIENTES DE CONVECÇÃO.xls convertidos de Km/h para m/s.	64
<b>Tabela 5b</b>	Relação entre os intervalos de velocidades utilizados e a Escala de <i>Beaufort</i> .	64

<b>Tabela 6</b>	Padrão de incidência dos ventos nos prédios inseridos na área objeto de estudo.	65
<b>Tabela 7</b>	Dimensões médias dos prédios inseridos na área objeto de estudo.	65
<b>Tabela 8</b>	Relação entre os tipos de terreno da estação meteorológica de João Pessoa e a área objeto de estudo.	66
<b>Tabela 9</b>	Relação entre os tipos de terreno da estação meteorológica de Patos e a área objeto de estudo.	67
<b>Tabela 10</b>	Relação entre os tipos de terreno da estação meteorológica de Monteiro e a área objeto de estudo.	67
<b>Tabela 11</b>	Valores máximos dos coeficientes de convecção em função dos eixos cardiais, determinados com os dados das estações de João Pessoa, Monteiro e Patos, para a mesma área objeto de estudo.	115
<b>Tabela 12</b>	Valores máximos dos coeficientes de convecção em função da velocidade do vento de até 50 km/h, para a área objeto de estudo.	116
<b>Tabela 13</b>	Valores máximos dos coeficientes de convecção em função da altura média e máxima dos edifícios, para a velocidade do vento de até 50km/h, considerando temperatura de 26,3°C e a correlação da placa plana vertical.	117
<b>Tabela 14</b>	Comparação entre valores dos coeficientes de convecção, em W/m <sup>2</sup> .K, atualmente utilizados e os verificados para o estado da Paraíba, em função da velocidade do vento e a correlação da placa plana vertical.	118

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
Discussão sobre o Tema .....	21
Objetivos e Meta .....	24
Descrição do Problema e Justificativa .....	25
Impactos Ambientais e a Produção de Energia .....	25
Consumo de Energia Elétrica no Brasil .....	28
Contribuição da Pesquisa .....	32
 <b>1. ESTUDOS ANTECEDENTES .....</b>	 <b>33</b>
1.1 Os Ventos e o Ambiente Construído .....	33
 <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	 <b>40</b>
2.1 Transferência de Calor .....	40
2.1.1 Condução.....	40
2.1.2 Radiação.....	40
2.1.3 Convecção.....	41
2.1.4 Cálculo da carga térmica.....	41
2.2 Camada Limite .....	42
2.3 Atmosfera, Superfície Terrestre e Camada Limite Atmosférica .....	46
2.4 Escoamentos em Torno de Edifícios .....	49
2.5 Coeficiente de Transferência de Calor por Convecção .....	51
2.5.1 Definições .....	51
2.5.2 Valores Usualmente Utilizados .....	53
 <b>3. METODOLOGIA .....</b>	 <b>59</b>
3.1 Etapas Metodológicas .....	59
3.2 Procedimentos e Cálculos .....	61
3.2.1 Intervalos de Velocidades Adotados .....	61
3.2.2 Geometrias dos Prédios e as Correlações Utilizadas .....	65
3.2.3 Características dos Escoamentos Considerados .....	66
3.2.4 Área Objeto de Estudo – Justificativas .....	68
 <b>4. UNIVERSO DE ANÁLISE .....</b>	 <b>69</b>
4.1 Delimitação do Universo de Análise .....	73
4.2 Caracterização do Universo de Análise .....	75
 <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	 <b>79</b>
5.1 Perfis das Velocidades Médias .....	79
5.2 Perfis das Temperaturas Médias .....	84
5.3 Rosa dos Ventos .....	90
5.4 Coeficientes de Convecção para o Estado da Paraíba .....	92

5.4.1 Coeficientes de Convecção para João Pessoa .....	93
5.4.1.1 Ventos Incidindo nas Arestas dos Edifícios.....	93
5.4.1.2 Ventos Incidindo nos Vértices dos Edifícios.....	97
5.4.1.3 Correlação da Placa Plana.....	101
5.4.1.4 Coeficiente de Convecção e a Velocidade dos Ventos.....	104
5.4.2 Coeficientes de Convecção para Monteiro .....	107
5.4.2.1 Ventos Incidindo nas Arestas dos Edifícios.....	107
5.4.2.2 Ventos Incidindo nos Vértices dos Edifícios.....	108
5.4.2.3 Correlação da Placa Plana.....	109
5.4.2.4 Coeficiente de Convecção e a Velocidade dos Ventos.....	110
5.4.3 Coeficientes de Convecção para Patos .....	111
5.4.3.1 Ventos Incidindo nas Arestas dos Edifícios.....	111
5.4.3.2 Ventos Incidindo nos Vértices dos Edifícios.....	112
5.4.3.3 Correlação da Placa Plana.....	113
5.4.3.4 Coeficiente de Convecção e a Velocidade dos Ventos.....	114
5.5 Comparações entre os Coeficientes de Convecção .....	115
5.6 Impactos no Cálculo da Carga Térmica, dos Custos e do Meio Ambiente.....	119
<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>122</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>124</b>

## **ANEXOS**

ANEXO 1: Fotos diversas.

ANEXO 2: Correspondências diversas.

ANEXO 3: Registros de dados meteorológicos fornecidos pelo INMET.

ANEXO 4: Folhas da Planilha “CALCULOS DOS COEFICIENTES DE CONVECÇÃO.xls”.

## INTRODUÇÃO

### DISCUSSÃO SOBRE O TEMA

Desde a década de 70 que, a cada dia, a conservação de energia vem se tornando mais uma prioridade para os países industrializados e em desenvolvimento. Esse fato decorre de que, segundo Goldemberg (1995), os maiores problemas ambientais estão diretamente relacionados à geração de energia como fonte da poluição do ar (urbana e em ambiente fechado), chuva ácida e aquecimento global por “efeito estufa”, a partir da queima dos combustíveis fósseis (como o petróleo e o carvão) destinada a gerar eletricidade para a indústria, comércio ou uso doméstico, ou ainda para o transporte. Por isso, a conservação de energia é questão de tanta prioridade.

O “efeito estufa” é um fenômeno natural, que foi observado pela primeira vez em 1827, pelo matemático francês Jean Baptiste Fourier. Posteriormente, em 1896, foi reconhecido pelo químico sueco Svente August Arrhenius que as atividades antrópicas podem contribuir para o aumento desse fenômeno. Causado pela emissão de gases e/ou partículas tóxicas na atmosfera terrestre proveniente da queima de combustíveis fósseis, faz com que o calor provocado pelo sol e pelas atividades humanas não consiga se dissipar para o espaço, provocando aumento da temperatura global, alterando todo o meio ambiente (RIBEIRO, 2003).

Uppenbrink (1996, *apud* RIBEIRO, 2003) diz que Arrhenius (prêmio Nobel de química em 1903) publicou um artigo intitulado *"Sobre a influência do ácido carbônico (dióxido de carbono) na temperatura do solo"*, onde deixou uma célebre observação: *"Estamos a evaporar as nossas minas de carvão para o ar"*, prevendo que as atividades humanas teriam grande influência na temperatura global do planeta.

O “buraco na camada de ozônio” é um fenômeno ocorrido na atmosfera terrestre pela emissão de substâncias artificiais, como os clorofluorcarbonos (CFC's) que são utilizados em refrigeradores, que permitem a passagem das radiações UV (ultravioleta) do sol, causando modificações nas moléculas que compõem a nossa pele, provocando queimaduras, câncer de pele, catarata, cegueira, além de prejuízos ao sistema imunológico. Também provocam danos aos animais e plantas, alteram os plânctons que povoam os oceanos, causando modificações na cadeia alimentar marítima.

O “buraco da camada de ozônio”, ao permitir a passagem das radiações UV do sol, também faz aumentar a temperatura global, potencializando o “efeito estufa”.

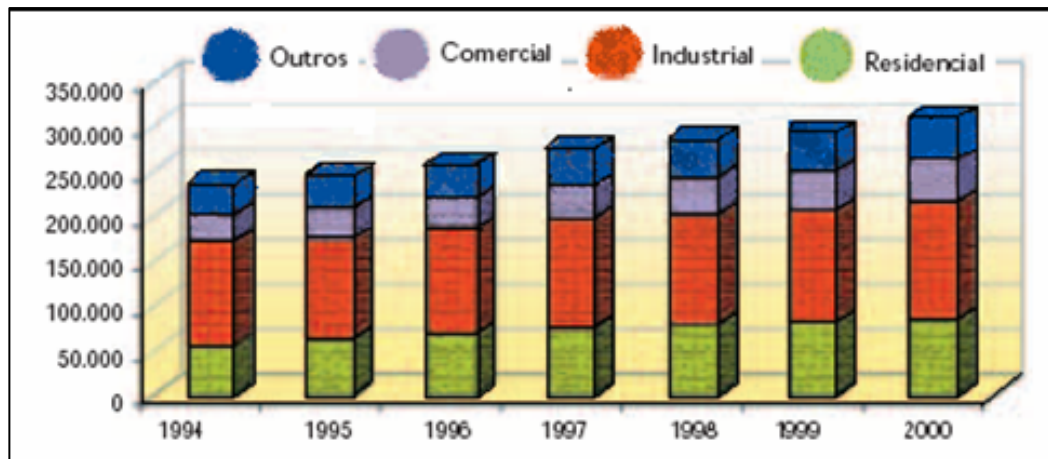
Esses problemas ambientais são fontes de vultosas despesas financeiras, da ordem de bilhões de dólares anuais. Esses gastos são realizados tanto por parte dos governos de todo o mundo, que são financiados pelas sociedades, quanto pela iniciativa privada, que a cada dia emprega mais recursos no avanço do conhecimento, que também é meta dessa pesquisa.

A energia consumida pelo homem, globalmente, provém em aproximadamente 80% da queima de combustíveis fósseis, tais como o carvão, o petróleo e o gás natural (COSTA, 2005 *apud* INATOMI e UDAETA, 2006).

De acordo com Goldemberg (1995), as principais fontes de poluição da atmosfera, que provocam o “buraco na camada de Ozônio” e o “efeito estufa”, são: “*a produção de eletricidade, o transporte, a indústria, as construções e o desmatamento*”. Já Lashof e Tirpak (1990) dizem que as contribuições são: “*a produção de energia (57%), CFC’s (17%), indústria (4%), agricultura e desmatamento (14%) e mudanças nos padrões de uso da terra (9%)*”.

Segundo Goldemberg e Moreira (2005), até o ano de 2002 as usinas hidrelétricas “*produziram cerca de 83% da energia no Brasil*”. Essa produção não gera poluentes associados aos combustíveis fósseis e, portanto, aparentemente não polui ar. Entretanto, o impacto no meio ambiente é muito grande, provocando interferências nos cursos dos rios e na formação de lagos, desequilibrando a natureza. Ressalte-se que “*emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 2000 foram 20% maiores do que em 1990, podendo aumentar ainda mais com a recente expansão da capacidade de geração de eletricidade a partir do gás natural e da utilização do coque metalúrgico*”.

A explosão demográfica devido ao êxodo campo/cidade provoca intensa modificação nas grandes cidades. São muitas as atividades humanas e é crescente a densidade da população nessas áreas urbanas, provocando danos à natureza. Por conta disso, exigem-se projetos arquitetônicos e urbanísticos cada vez mais eficientes, para garantir às futuras gerações uma vida saudável e harmônica. Vê-se atualmente, a necessidade urgente de se desenvolver de forma sustentável, dando margem à recomposição natural do meio ambiente.



**Gráfico 1:** Perfil do consumo de energia elétrica no Brasil, em megawatts.  
Fonte: Procel, 2001.

O consumo de energia e a emissão de partículas tóxicas na atmosfera são provenientes, em sua grande maioria, do ambiente urbano (Gráfico 1), ou seja, é um problema procedente da falta de um maior e melhor conhecimento da ambiência urbana e de suas inter-relações com o meio ambiente e seus elementos climáticos. Por isso, são necessárias ações no sentido de se otimizar o consumo de energia elétrica, que já começaram a ser tomadas. Prova disso foi a sanção da Lei nº 10.295/2001 que diz que os equipamentos comercializados no Brasil deverão atender aos índices mínimos de eficiência energética a serem definidos. No entanto, as Normas Técnicas que definem esses índices não foram ainda publicadas.

No cálculo de acondicionamento térmico artificial de edificações, uma das variáveis a se utilizar é o chamado coeficiente de convecção externo ( $h_c$ ), que depende da forma da superfície, da velocidade dos ventos e da temperatura do ar que ocorrem na região em que os edifícios estão inseridos. Como é sabido, os  $h_c$ 's utilizados costumeiramente para o cálculo de acondicionamento térmico de edificações foram determinados com base em observações feitas em países do hemisfério Norte, não sendo adaptado às condições existentes no hemisfério Sul.

Dada à diversidade de climas existentes no Brasil e das características dos escoamentos globais e locais que nele ocorrem, que, por sua vez, diferem daquelas com base nas quais foram determinados, surge a necessidade de uma revisão dos valores desses coeficientes utilizados. Portanto, neste trabalho, procurou-se estudar as características do vento, tendo como objetivo sugerir ajustes nos parâmetros do cálculo de carga térmica em edifícios,

relacionados ao poder de arrefecimento das construções devido ao vento segundo suas características locais – estado da Paraíba – no sentido de contribuir com a otimização do uso da energia elétrica e conseqüente diminuição do impacto ambiental, visando ao desenvolvimento sustentável de nosso planeta.

## OBJETIVOS E META

### OBJETIVO GERAL:

Determinar valores dos coeficientes de convecção externos, ajustados aos padrões de escoamento que ocorrem no Estado da Paraíba.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Otimizar o desempenho energético de edificações;
- Reduzir o consumo de energia elétrica.

### META:

- Minimizar o impacto ambiental na natureza provocado pela geração de energia.



## DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

### IMPACTOS AMBIENTAIS E A PRODUÇÃO DE ENERGIA

Um dos bens de consumo fundamentais das sociedades modernas é a energia elétrica. É a energia que se utiliza para iluminar, movimentar máquinas, produzir bens materiais, conservar alimentos, controlar a temperatura gerando frio ou calor, etc. Muitos dos fatores ligados à qualidade de vida das pessoas são dependentes da eletricidade, entre eles: o conforto térmico, a segurança, a saúde, as comunicações, a locomoção.

Em compensação, os benefícios que o uso da energia proporciona provocam aumentos constantes no seu consumo, fazendo com que novos investimentos em geração de energia tenham que ser realizados. Para atender a essa demanda crescente, novas usinas geradoras, linhas de transmissão e distribuição deverão ser construídas, o que provocará grandes impactos ao meio ambiente.

Esses impactos ambientais dependem diretamente do tipo de fonte utilizado na geração da eletricidade. Os maiores riscos ambientais são provocados pela utilização de fontes não renováveis de energia, tais como: o petróleo, o gás natural, a energia nuclear e o carvão mineral, que são responsáveis pela emissão dos GEE – gases do efeito estufa.

*“Os principais poluentes atmosféricos dos sistemas de energia no Brasil são SO<sub>x</sub> (óxidos de enxofre), NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio) e CO (óxido de carbono)”*. As emissões de SO<sub>2</sub> derivam do uso de combustíveis de petróleo com alto teor de enxofre, do uso do carvão mineral e do combustível diesel. Essas fontes de energia são utilizadas no setor industrial, na manufatura do aço e nos transportes, respectivamente (GOLDEMBERG e MOREIRA, 2005).

De acordo com Schechtman *et al.* (1999 *apud* GOLDEMBERG e MOREIRA, 2005) *“as emissões de SO<sub>2</sub> tiveram uma grande redução em 1997, resultante da implementação do programa de melhoria do óleo diesel e da utilização de veículos leves utilizando etanol puro”*.

A predominância da hidroeletricidade e, em menor escala, da energia nuclear, no setor de geração de energia no Brasil, faz com que a emissão de dióxidos de enxofre não seja em grandes quantidades, se comparados a outros países. No entanto, esses gases provocam

diferentes impactos ao meio ambiente. Como exemplo, tem-se a chuva ácida, que pode se formar em locais bem distantes das fontes poluidoras que as geraram.

Para se ter idéia dos impactos provocados pelo uso de energias produzidas por fontes não renováveis, a Tabela 1, mostra uma estimativa das emissões de GEE no Brasil, em comparação com outros países mais desenvolvidos e populosos, no ano de 2002. Vale chamar a atenção, que as emissões no Brasil, derivadas de combustíveis fósseis, são pequenas em relação aos outros países. As emissões derivadas do desmatamento e da mudança do uso do solo são centenas de vezes maior de que nos Estados Unidos, por exemplo, país com produção de energia de 3,892 trilhões de KWh, o que equivale a mais de 10 vezes a produção de energia do Brasil. O Brasil produziu 387,2 bilhões de KWh em 2004 (Disponível em: <<http://www.indexmundi.com/pt/>> Acesso em 05.set.2006).

	País	Emissões de Combustíveis Fósseis (MtC <sub>eq</sub> ) 2002	Emissões Divido a Mudanças de Uso do Solo e Desmatamento (MtC <sub>eq</sub> ) 2002	Emissões Totais (MtC <sub>eq</sub> ) 2002
1	Estados Unidos	1981	-188	1703
2	China	762	-160	601
3	Brasil	84	347	431
4	Federação Russa	392	-12	380
5	Japão	363	0	363
6	Índia	363	0	363
7	Alemanha	277	4	281
8	Canadá	199	-6	194
9	Indonésia	74	117	190
10	Reino Unido	173	1	174

**Tabela 1:** Estimativa das emissões de GEE, em milhões de toneladas de Carbono (MtC<sub>eq</sub>), oriundas do uso de energia (combustíveis fósseis e biomassa não renovável) – (Baseado em Marland *et al.*, 2003) e das mudanças de uso e do solo e desmatamento (Baseado em UNFCCC, 2005 e FAO, 2003).

Fonte: GOLDEMBER E MOREIRA (2005).

Para Goldemberg e Moreira (2005), essa significativa liderança brasileira na emissão de GEE “é devido ao fato do desmatamento ser contínuo no Brasil”, o que não vem mais ocorrendo em outros países, que, inclusive, vêm fazendo reposição de vegetação. Quanto aos riscos ambientais provocados pela utilização de fontes renováveis de geração de energia, tais como: a hidroeletricidade, a eólica, a biomassa, a solar; os impactos são bem distintos, no entanto, mais “limpos” de que os não renováveis.

O impacto ambiental gerado durante a obtenção e uso de energia vem sendo discutido mundialmente, diante da gravidade da questão. É notória a necessidade de sua diminuição, fato que tem gerado discussões mundiais que envolvem interesses sociais, políticos, econômicos, além dos ambientais.

As hidroelétricas provocam danos ambientais aparentemente mais localizados. São de sua responsabilidade, impactos que modificam os cursos dos rios, a formação de lagos, além de ocasionar inundações e deslocamentos de populações. Hoje, sabe-se que devido a grandes inundações, a decomposição da vegetação submersa dá origem a emissões de gases como o CH<sub>4</sub> (metano), o CO<sub>2</sub> (gás carbônico) e o N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), co-responsáveis pelo efeito estufa, embora bem menores do que as emissões provocadas pelas termoelétricas movidas a combustíveis derivados do petróleo.

Enquanto que as usinas de energia eólica provocam apenas elevados níveis de poluição sonora, a biomassa, utilizada pelas termoelétricas, que é matéria de origem orgânica, vegetal ou animal, pode utilizar como fontes combustíveis a lenha, o bagaço de cana de açúcar, o lixo residencial e comercial, a serragem, entre outros, que são renováveis, mas, são grandes emissores de CO<sub>2</sub>. Segundo Goldemberg e Moreira (2005), o setor residencial é o principal responsável pela emissão desses gases, no Brasil, especificamente da queima de lenha para cozinhar.

Como exemplo de impacto por ruído, tem-se uma fazenda eólica na Carolina do Norte, onde as máquinas das turbinas emitiam vibrações que adoeciam pessoas, balançavam janelas, e fizeram com que as vacas parassem de dar leite (OTTINGER, 1991 *apud* INATOMI e UDAETA, 2006).

As usinas termelétricas geram energia a partir da queima de combustíveis, e são “vorazes consumidoras de diesel ou carvão, e importantes fontes de gás carbônico e óxidos de nitrogênio e de enxofre, poluentes que acentuam o efeito estufa e acarretam chuvas ácidas” (FAVARETTO, 1997).

A energia solar é a mais abundante e limpa de todas, e a mais cara dentre elas. Até agora, as lâminas ou painéis fotovoltaicos, que coletam a radiação solar e a transformam em energia, têm aproveitamento com custo muito alto, e, portanto, pouco utilizados.

Atualmente, muito se tem falado sobre o Planejamento de Recursos Integrados – PIR<sup>1</sup>, aplicado ao planejamento energético, com o objetivo de diminuição dos custos completos, impactos ambientais e sociais, buscando o desenvolvimento sustentável, que é uma necessidade mundial. A busca da sustentabilidade hoje é uma meta constante, devido à conscientização ocasionada pelo conhecimento científico. Requer a introdução de novas tecnologias e, principalmente, fontes de energia que sejam renováveis com o mínimo impacto possível ao meio ambiente.

Como se sabe, concentrações de gases do efeito estufa são discutidas desde 1992, quando da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, porém, com o Protocolo de Kyoto, ficou estabelecido que países desenvolvidos devam atingir uma redução média de 5% nas emissões dos gases do efeito estufa durante o período de 2008 a 2012. No caso de países em desenvolvimento, que é o caso do Brasil, foram dispensados de metas compromissadas, no entanto, devem seguir o princípio de responsabilidade comum, pois, o aquecimento global é responsabilidade de todos os países (INATOMI e UDAETA, 2006).

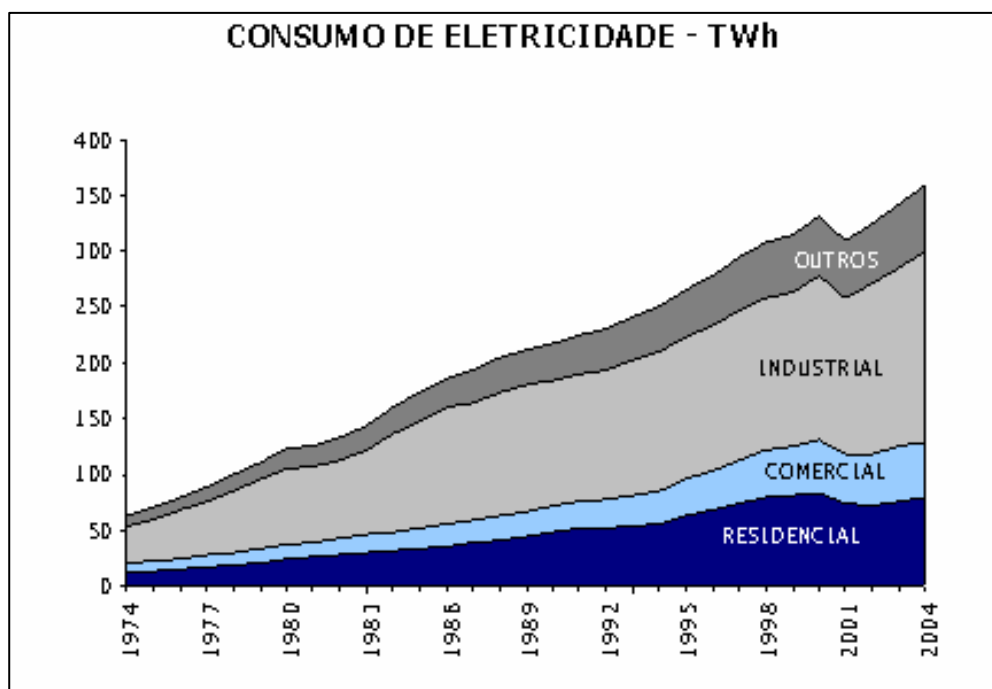
## CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Segundo o Ministério das Minas e Energia (MME), o consumo da energia elétrica no Brasil no ano de 2004, foi de 359,6 TWh, sendo que foi gerado um total de 387,5 TWh. Desse total de energia ofertada, 56,1% são de fontes não renováveis e 43,9% de fontes renováveis (Balanço Energético Brasileiro – MME).

---

<sup>1</sup> PIR é uma ferramenta para se atingir metas estabelecidas em conferências internacionais que tenham como foco central a diminuição dos impactos ambientais provocados pela busca do desenvolvimento econômico.

O Gráfico 2 mostra um panorama do consumo de energia elétrica por setor no Brasil, entre os anos de 1974 a 2004. Do total de eletricidade consumida no ano de 2004, o setor residencial foi responsável pelo consumo de 21,9%, o setor comercial e público por 22,3% e o setor industrial por 47,9%. (Balanço Energético Brasileiro – MME).



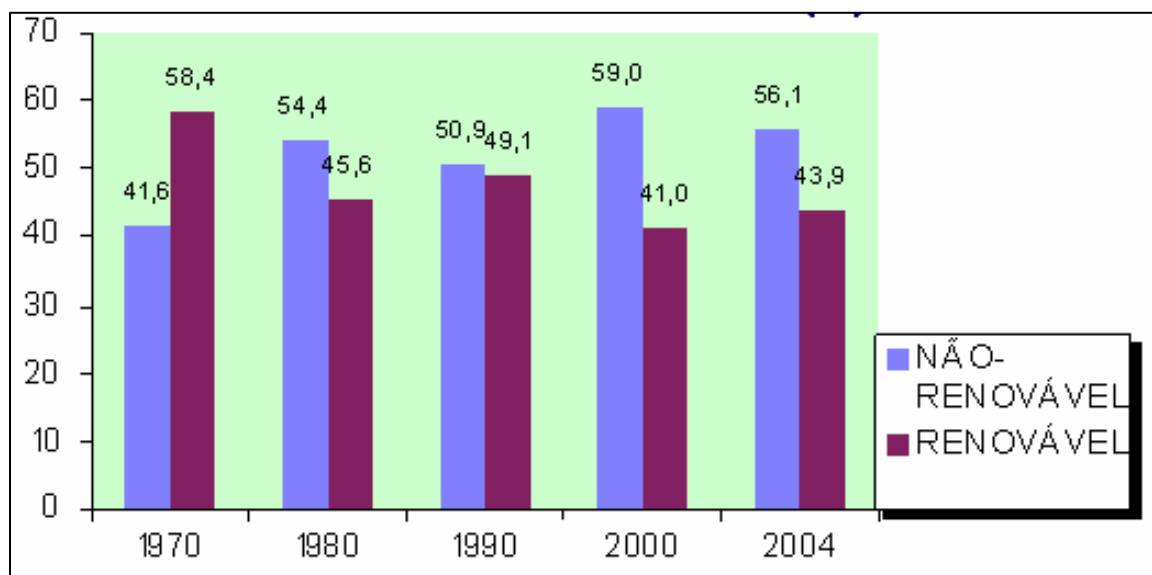
**Gráfico 2:** Consumo de eletricidade.

Fonte: Balanço Energético Nacional – MME (2005).

Pelos dados apresentados pelo MME, Gráfico 3, adiante, pode-se ver que quase a metade da energia ofertada no Brasil é de fontes renováveis, entre eles, o álcool e o biodiesel, que são comercializados de forma crescente por razões ambientais, além do apelo econômico, pois “*é possível produzir combustível local criando empregos para a população rural*” (GOLDEMBERG e MOREIRA, 2005).

É sabido que a produção do álcool e do biodiesel requer alguns fatores climáticos, espaciais e econômicos. Os fatores climáticos se referem à “*ampla pluviosidade, temperatura e insolação típica de países tropicais*”, os fatores espaciais referem-se a “*grandes áreas cultiváveis*” e os fatores econômicos à “*grande oferta de mão de obra barata*”, características que o Brasil possui.

Isso significa dizer que o Brasil vai em bom caminho quanto à geração de energia, todavia, quanto ao consumo, deve-se cuidar para que seja cada vez mais otimizado, aumentando-se a eficiência no seu uso sob todos os aspectos.



**Gráfico 3:** Oferta Interna de Energia, em percentagem.  
Fonte: Balanço Energético Nacional – MME (2005).

Segundo Geller (1994 *apud* LAMBERTS, 1997) “*é mais barato economizar energia do que fornecê-la*”. Diante disso, cabe a todos contribuir, da melhor forma possível, com o aumento da eficiência energética em todos os níveis, seja através de novos materiais de construção, seja através da concepção de projetos que possibilitem a execução de edifícios mais eficientes energeticamente, ou através de pesquisas como esta que já foi feita. Tenha-se em conta que para ser consumida, a energia passa por três fases antes de chegar às edificações. São elas: a geração, a transmissão e a distribuição. Se, em cada uma dessas fases, além da própria edificação, aumentar-se o desempenho de peças, de componentes ou de projetos, menores serão as perdas de energia em todo o sistema, tornando seu uso cada vez mais racional. E, a natureza agradece!

Lamberts (1997) diz que a distribuição do consumo de energia elétrica em uma edificação residencial é de: “23% pelo chuveiro elétrico, 12% pelas lâmpadas incandescentes, 33% pela geladeira, 3% pela televisão e 7% pelo ar condicionado”. Como se vê, o ar condicionado consome apenas 7% do total, mas, segundo o IBGE, entre o período de 1987 a 1996 houve um aumento de 53,55% nas vendas de aparelhos de ar condicionados no Brasil. A se manter

essa tendência, devemos nos antecipar aos problemas que esse aumento de consumo irá provocar.

No caso dos edifícios comerciais e públicos, observa-se que a iluminação e o ar condicionado são os grandes responsáveis pelos usos finais da energia. Pesquisas realizadas por Geller (1994 *apud* LAMBERTS, 1997) detectaram que os principais usos finais em edifícios comerciais em São Paulo são de: 24% para a iluminação artificial, 15% pelos equipamentos do escritório, 13% pelos elevadores e bombas e 48% pelo ar condicionado.

Em pesquisas realizadas em várias cidades do Brasil, Lamberts (1997) constatou que em Salvador/BA, os edifícios comerciais mais antigos, e com maior massa térmica, “*consomem em média 80 KWh/m<sup>2</sup> ao ano*”, enquanto que os mais recentes e normalmente envidraçados, “*consomem em média 130 KWh/m<sup>2</sup> ao ano*”. Em Florianópolis “*a média se situa em 120 KWh/m<sup>2</sup> ao ano*”, sendo que o “*consumo devido ao uso de ar condicionado representa 50% desse valor no verão, chegando a 70% para edifícios envidraçados*”.

Nos países mais desenvolvidos, cientes dos problemas relativos à geração e utilização final de energia, a atualização de normas e intenso investimento em estudos e pesquisas para aumentar a eficiência energética em edificações é uma realidade. O Brasil carece desses instrumentos tão necessários para nortear os caminhos a se seguir. Para isso, são importantes ensaios e investigações, com objetivos voltados a novos conhecimentos no domínio científico, principalmente em estudos realizados localmente.

Notadamente, a velocidade média dos ventos e a temperatura média do ar, além de suas características físicas, empregadas para calcular os coeficientes de convecção utilizados em recomendações e diretrizes construtivas para o desempenho térmico de edificações e na seleção dos aparelhos de ar-condicionado, constantes de normas específicas no Brasil, são discrepantes das que ocorrem no estado da Paraíba. Uma questão de grande importância e que reflete diretamente nos valores dessas variáveis é quanto às características de uso do solo no estado da Paraíba. Deve-se levar em conta que a Constituição Estadual estabelece que a zona costeira, faixa de quinhentos metros a partir da preamar de sizígia para o interior do continente é de preservação e, portanto, não permite construções acima de 12,90m. Essa questão tão específica e local, por si só, influencia diretamente as características dos escoamentos dos ventos, levando-nos a crer, mais uma vez, que os *hc's* utilizados pela

bibliografia específica para o cálculo do acondicionamento térmico de edifícios na Paraíba precisam ser verificados.

## CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA

A expectativa é quanto aos aspectos legais, projetuais e técnico-construtivos, de edifícios, no sentido de se reduzir o consumo de energia. Quanto aos aspectos legais, espera-se que novas diretivas sejam adotadas, indicando normas mínimas para o desempenho energético, tanto dos edifícios novos quanto dos grandes edifícios já existentes. Em relação aos outros aspectos, espera-se que as novas tecnologias sejam rapidamente disseminadas para que se possam idealizar melhores projetos e executar construções mais adaptadas, aumentando-se, assim, sua eficiência energética.

E por fim, sugerir uma verificação dos valores dos coeficientes de convecção do ar recomendados atualmente pelas Normas Brasileiras NBR 5858:1983 e NBR 15220-3:2005, quanto ao cálculo da carga térmica de edifícios e ao desempenho térmico de edificações no estado da Paraíba.



## 1. ESTUDOS ANTECEDENTES

### 1.1 OS VENTOS E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

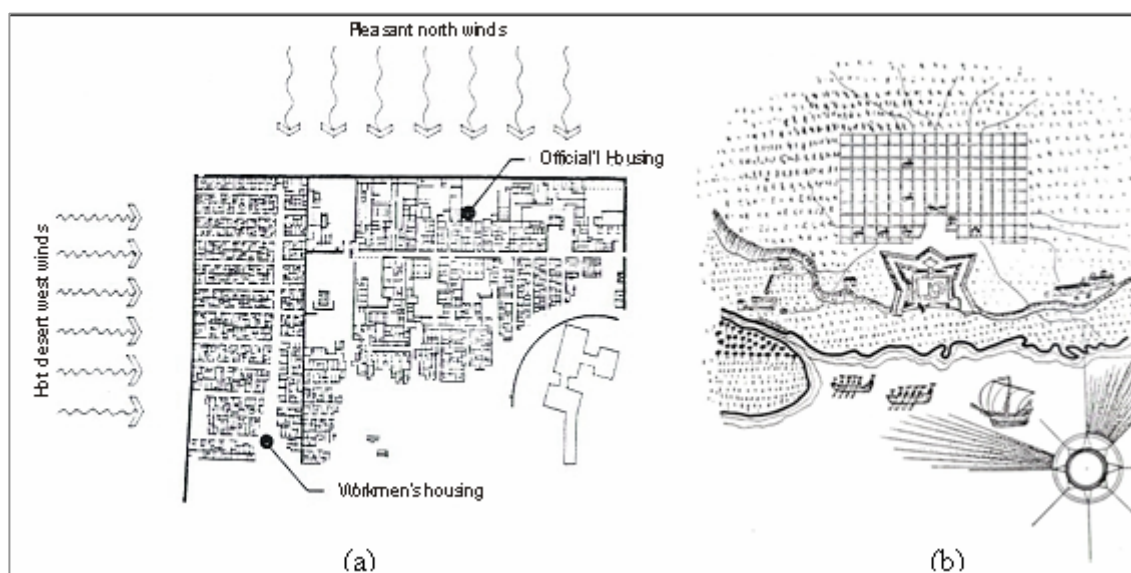
Embora os estudos das inter-relações entre os fatores climáticos e o ambiente construído aparentem ser recentes, essa preocupação é muito mais antiga do que parece. O que muda são os motivos.

*O estudo da forma da cidade teve, ao longo do tempo, diversos níveis e tipos de abordagens, mas foi a partir do final do século XIX que se observaram as maiores transformações nos modelos da forma urbana: primeiro, com as adaptações das cidades tradicionais ao processo de industrialização (a Cidade Industrial, a Cidade Jardim, o princípio de Radburn e a unidade de vizinhança, desenvolvidos por Howard, Unwin, Parker, May, Escola de Chicago, entre outros), passando ao urbanismo moderno, com a ruptura “total” com a cidade tradicional (Le Corbusier e o CIAM), chegando aos tempos atuais, com as críticas ao modernismo e o surgimento das propostas do Pós-Modernismo e do Novo Urbanismo (irmãos Krier, Culot, Rossi, Jenks, Venturi, Lynch, Lamas, entre outros), a partir da década de 1960. Daí em diante, a forma da cidade passou a ser analisada por outros prismas além do da estética e da continuidade histórica do urbanismo culturalista e do funcionalismo e racionalismo do urbanismo moderno, passando a ser entendida como um sistema cujos elementos possuem características próprias e que interagem entre si, gerando fenômenos diversos. (CARVALHO, 2006).*

Antes, até fins do século XIX, a preocupação se referia às ações estratégicas de defesa do território e ao conforto humano em espaços exteriores, associado ao vento e à necessidade de proteção contra ele. No estudo da história da formação das cidades, vê-se claramente essa preocupação nos desenhos dos traçados de ruas e definição de setores residenciais e comerciais ou industriais. Como exemplos, têm-se a cidade de Kahun (2000 a.C.), localizada no Egito, e de Buenos Aires (1745 d.C.), já no período colonial, situada na Argentina, conforme mostram as Figuras 1a e 1b.

No desenho da cidade de Kahun (Figura 1a), nota-se claramente a disposição da ocupação dos prédios, onde o setor destinado às residências dos oficiais ou autoridades se situava na parte que recebia os ventos agradáveis vindos da região norte. Este “setor nobre” ficava protegido dos ventos quentes que vinham do deserto e que traziam areia, devido à localização das habitações dos operários, que se situavam na parte oeste da cidade e que os barravam, confirmando a preocupação apenas em relação à ação dos mesmos.

Em Buenos Aires (Figura 1b), foi um pouco diferente, pois, observa-se claramente a preocupação com a defesa do território, pela localização do forte, além de se proteger a cidade dos ventos dominantes, propondo um traçado de ruas em que os escoamentos não a atinjam no sentido longitudinal, minimizando seus efeitos na área urbana.



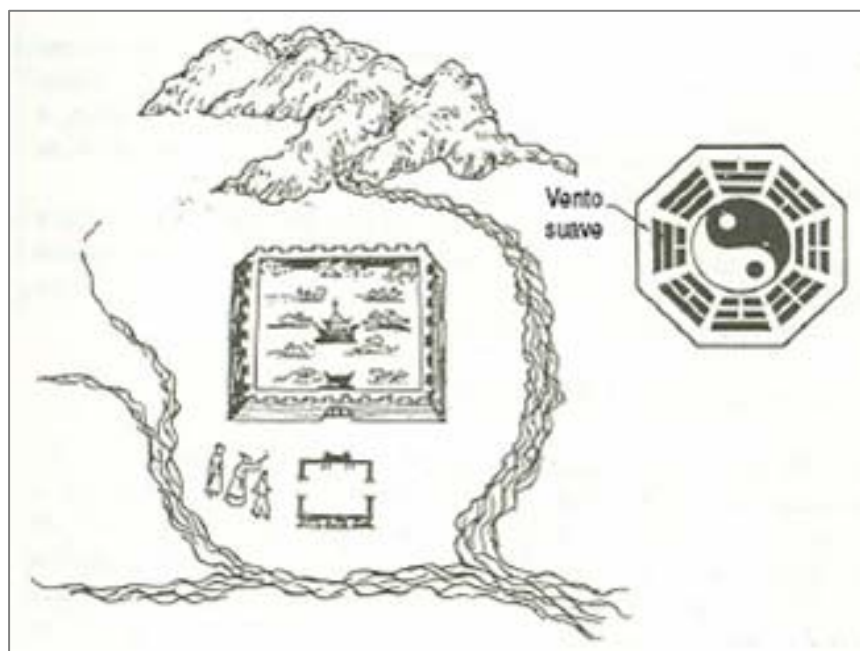
**Figura 1:** a – Esboço do *layout* de casas em Kahun, Egito, por volta de 2000 a.C.;

b – Esboço de um plano de cidade espanhola para Buenos Aires, nos tempos coloniais.

Fonte: AYNSLEY, MELBOURNE e VICKERY (1977 *apud* SILVA, 1999).

Em todo o mundo, encontram-se processos e sutilezas semelhantes às exemplificadas. Diversas cidades tiveram uma clara preocupação com o seu zoneamento, onde a atenção exclusiva com a configuração de ocupação do solo era uma constante, pois, era patente o cuidado em relação aos ventos dominantes.

Outras formas de proteção também foram utilizadas no planejamento de inúmeras cidades em todos os continentes. Na Figura 2, vê-se como a cidade chinesa era concebida a partir de um desenho que explicitava os princípios para a sua localização em termos da harmonia universal, utilizando da melhor forma os fluxos do céu (vento) e da terra (água). Na mesma figura se pode ver no símbolo completo do *yíng-yang* a representação dos “ventos doces”, segundo comentou Carvalho (2006). Nela, a preocupação com a defesa também era constante, mas a harmonia da cidade com o meio ambiente parecia ter muito mais importância.

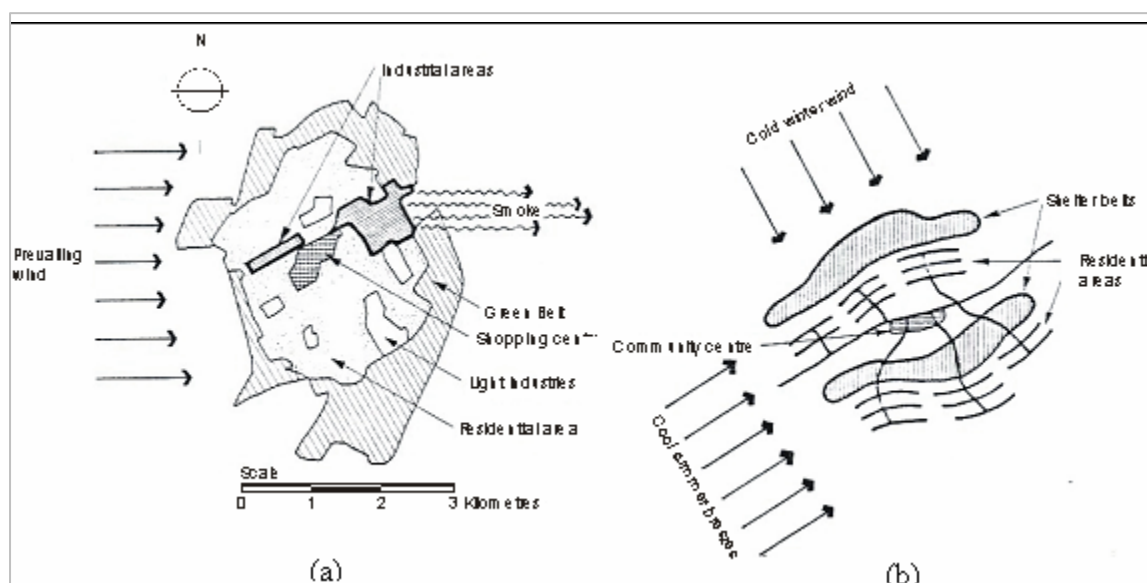


**Figura 2:** Esboço de um desenho chinês mostrando montanhas ao norte, água ao sul, governando o sítio para uma cidade.

Fonte: SARAIVA (1994 apud CARVALHO, 2006).

Já em fins do século XIX, o foco da atenção muda, pois, com a Revolução Industrial, as cidades tiveram que se adaptar a essa nova condição e começaram a ter problemas de outras ordens, como a falta de esgotamento sanitário, poluição do ar devido ao aparecimento das indústrias de produção em massas, grandes deslocamentos de pessoas em direção às cidades, provocando o aparecimento de bolsões de habitações sem as mínimas condições de moradia, entre outras. É o nascimento do urbanismo.

No começo do século XX, algumas cidades foram propostas e outras construídas de forma a recuperar a convivência com a natureza, em contraste ao urbanismo crescente. Como exemplo, tem-se as cidades de Letchworth, na Inglaterra e New Jersey, na periferia de Nova York, Figuras 3a e 3b respectivamente, citadas por Silva (1999). Mais uma vez os ventos passam a ser considerados no planejamento de cidades.



**Figura 3:** a - Plano da cidade de Letchworth, indicando áreas industriais e os ventos dominantes;  
b - Uso de cinturões de proteção contra ventos frios na cidade de New Jersey.  
Fonte: AYNSLEY, MELBOURNE e VICKERY (1977 *apud* SILVA, 1999).

Nessas cidades, desprovidas da proteção natural do terreno, utilizam-se de verdadeiros cinturões verdes, que funcionam como barreira aos ventos frios, mas, que permitem a sua exposição aos ventos quentes de verão, proporcionando aos seus habitantes uma vida mais saudável, mais confortável e com maior contato com a natureza. Outras cidades ainda, desenvolvem seus traçados de ruas e definem seus setores, de forma que suas zonas industriais localizem-se em áreas onde os ventos sejam mais favoráveis a levar toda a poluição para áreas externas das cidades. Dessa forma há uma proteção ao setor residencial, inclusive com a utilização de cinturões verdes.

Agora, a partir da segunda metade do século XX, a preocupação deixa de ser apenas com o conforto humano em relação aos efeitos do clima sobre o mesmo, passando a ser uma sucessão de fatores inter-relacionados entre si. As atividades antrópicas inter-relacionadas com os fatores climáticos globais, os fatores climáticos locais e os elementos de clima têm causado efeitos que merecem toda a atenção, pois é crescente a preocupação com o equilíbrio entre o espaço construído e as questões energéticas, com a natureza. Hoje, a busca por uma utilização mais inteligente de energia no ambiente urbano e no edifício, que tem significativa ascendência sobre o micro-clima de determinadas regiões de uma cidade, e que tanto influi na saúde e bem-estar das pessoas que nela habitam, é uma constante, porque, segundo Silva (1999), as conseqüências das ações resultantes da crise energética que começou a partir da década de 70 do século XX, levam à prática de se construir com planejamento e utilização de

fontes renováveis de energia alternativas como o sol e o vento, entre outras, seja para controle térmico, seja para aquecimento ou arrefecimento de ambientes, ou para um planejamento consciente quanto à qualidade ambiental, sob pena de se comprometer definitivamente o equilíbrio ambiental.

Embora relativamente recentes no Brasil, os estudos sobre as questões ligadas aos ventos e suas inter-relações com o ambiente urbano vêm, a cada ano, tornando-se mais significantes.

Na Paraíba, pode-se citar Carvalho (2006), que em sua metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima, aplicada aos bairros de Tambaú e Cabo Branco, na cidade de João Pessoa - PB, observou que a relação entre as diversas variáveis climáticas modifica-se em um ambiente urbano, desde que haja modificação nesse mesmo ambiente. E concluiu que essas alterações na temperatura do ar e nos demais elementos climáticos seguem as transformações urbanas, ao longo do tempo, confirmando inclusive, o conceito de clima urbano desenvolvido por Monteiro (1975).

Peregrino (2005), em sua avaliação de como o escoamento dos ventos se inter-relaciona com o padrão de ocupação atual do solo nos bairros do Cabo Branco e Tambaú, em João Pessoa, também concluiu que a legislação vigente traz sérios problemas à cidade, inclusive comprometendo a qualidade do ar em termos olfativos e respiratórios. Pois está totalmente equivocada quanto ao planejamento do vento relativo ao conforto térmico, ao consumo energético e ao seu aproveitamento.

Queiroga (2005), com base no padrão de ventilação e em figuras de erosão de areia obtidas de experimentos em túnel aerodinâmico de Camada Limite Atmosférica e nos métodos de cálculos Taxas de Renovação de ventilação cruzada em apartamentos de tipologia simples de Saraiva (1994), que fez um estudo sobre a eficiência do dimensionamento de aberturas para a ventilação natural, em que se comprova a necessidade de ser considerada em seus cálculos, a inter-relação entre o padrão de ventilação local e o de ocupação do solo urbano, devido à deficiência de ventilação ao longo da área estudada, causada pelo seu padrão de ocupação do solo.

Ferreira (2005), que verificando a possibilidade de se ajustarem às condições de ventilação existentes no estado da Paraíba, os parâmetros de cálculo estrutural constantes na NBR 6123,

encontrou resultados que conduziram ao entendimento da necessidade de se rever tais grandezas, devido à redução significativa no consumo de matérias primas e, conseqüentemente, melhoria na preservação do meio ambiente e aumento da economia de energia, decorrentes desses ajustes.

Montenegro (2003), utilizando-se do Método de Figuras de Erosão e Perfis de Velocidade do Vento, obtido em experimentos em Túnel Aerodinâmico, analisou o padrão de ocupação do solo no bairro de Intermares (Cabedelo – PB), sob o ponto de vista do seu possível comprometimento aos padrões de ventilação locais, em relação à legislação vigente, que permite o escalonamento, em altura, a partir da orla em direção ao continente, verificando que mantida as condições atuais, haverá alterações no micro-clima local, com possíveis formações de ilhas de calor.

Silva (1999) desenvolveu uma metodologia que permite avaliar as condições de ventilação natural urbana, externa e interna de edificações, e aplicou-a em uma área do bairro do Bessa, em João Pessoa, concluindo, entre outras coisas, que a velocidade do vento foi reduzida na ordem de 50% a partir da orla em direção ao centro da cidade. Este fato comprovado, e que favorece a criação de condições para o surgimento de ilhas de calor, ocorre devido ao padrão de ocupação do solo decorrente da aplicação dos Artigos 175, da Lei Orgânica do município de João Pessoa, e 229 da Constituição Estadual.

Monteiro (1976) num estudo sobre o clima e a organização do espaço no estado de São Paulo e Lombardo (1984) em sua pesquisa sobre ilhas de calor nas metrópoles, pesquisadores de São Paulo da década de 70 e 80 respectivamente, demonstram o interesse sobre as modificações do micro-clima urbano, causa da inter-relação entre elementos naturais e construídos.

O clima urbano é entendido como sendo a síntese das relações decorrentes do entrosamento e articulação entre os fatos naturais e urbanos. Pode ser “auto-regulável”, visto ser passível de ações por parte do Homem, segundo Monteiro (1975 *apud* CARVALHO, CORBELLA e SILVA, 2005).

Esse entrosamento e articulação entre fatos naturais e urbanos também foi motivo de estudo por parte de Chandler (1976 *apud* CARVALHO, CORBELLA e SILVA, 2005). Ele revelou

que o processo de urbanização altera os escoamentos do vento, elevando a camada limite atmosférica e reduzindo a velocidade próxima da superfície, sendo tal efeito potencializado na medida em que se aumenta a rugosidade da superfície.

Em seus estudos sobre os impactos da forma urbana na mudança climática, Assis (2000 *apud* CARVALHO, CORBELLA e SILVA, 2005) suspeita da possibilidade de o comportamento térmico de algumas porções urbanas estar sendo influenciado pela ventilação, de forma que em cidades litorâneas com ventilação mais forte e abundante devido à incidência típica dos ventos alísios, é baixa a correlação entre a forma urbana e a temperatura do ar.

Enfim, são muitos os estudos a respeito dos ventos e suas interferências sobre o ambiente urbano, assim como, da mútua ação das cidades sobre todo o meio ambiente. Muitas são também as técnicas e metodologias para avaliar essa inter-relação. Dentre as técnicas hoje utilizadas, cita-se a das “*figuras de erosão de areia*” (JANEIRO BORGES e SARAIVA, 1980), que se utiliza de modelos em escala reduzida, submetidos à ação de túneis aerodinâmicos para o estudo das ações do vento sobre estes. Das metodologias conhecidas e utilizadas, destaca-se a de “*avaliação das ações do vento no planejamento da ocupação do solo*” (SILVA, 1999), que também se utiliza de modelos em escala reduzida, submetidos à ação de túneis aerodinâmicos, mas com o objetivo de avaliar as condições de ventilação natural urbana, externas e internas de edificações.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Sempre que existir uma diferença de temperatura em um meio, haverá transferência de calor. *Transferência de calor* é uma ciência que estuda a taxa de troca de calor em um sistema.

Nos estudos da transferência de calor, consideram-se três formas diferentes: *condução, radiação e convecção*.

#### 2.1.1 CONDUÇÃO

É o processo que ocorre através dos sólidos e de finas camadas de fluido, em virtude do movimento vibratório das moléculas. Caracteriza-se pela condutividade térmica  $k$ , que indica o grau de facilidade com que o calor é transferido. É representado pela equação:

$$q_k = k \cdot A \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad [\text{Eq. 01}]$$

onde  $q_k$  é a quantidade de calor transmitido por condução através da envoltória,  $k$  é a condutividade térmica do material da envoltória,  $\Delta t$  é a diferença de temperatura entre as faces da envoltória e  $\Delta x$  a espessura da envoltória.

#### 2.1.2 RADIAÇÃO

É o processo que ocorre entre corpos separados pelo vácuo ou por um meio transparente como a atmosfera terrestre. Pode ser entendida como a transferência de energia através de ondas eletromagnéticas, e é expressa por:

$$q_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_s^4 \quad [\text{Eq. 02}]$$



onde  $q_r$  é a quantidade de calor transmitido por radiação,  $\epsilon$  é a emissividade da superfície,  $\sigma$  é a constante de Stephan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{k}^4$ ),  $A$  é a área da superfície considerada e  $T_s$  a temperatura absoluta da superfície.

A emissividade tem muita importância na carga térmica de um ambiente, pois depende principalmente da cor e do tipo de acabamento do material.

### 2.1.3 CONVECÇÃO

Se um fluido escoa sobre um corpo sólido, e se as temperaturas do fluido e da superfície sólida forem diferentes, haverá transferência de calor entre o fluido e a superfície sólida devido ao movimento do fluido em relação à superfície; este mecanismo de transferência de calor chama-se *convecção*.

Segundo Özişik (1985), “*como o campo de temperaturas no fluido é influenciado pelo movimento do fluido, a determinação da distribuição de temperatura e transferência de calor na convecção, na maioria das situações práticas, é assunto complicado*”. Portanto, para simplificar os cálculos da transferência de calor entre uma superfície quente  $T_w$  e um fluido que está fluindo sobre ela a uma temperatura  $T_f$ , tem-se que o coeficiente de transferência de calor por convecção é dado pela “Lei de Newton”, como sendo:

$$q = h_c \cdot (T_w - T_f) \quad [\text{Eq. 03}]$$

onde  $q$  é o fluxo de calor da parede quente para o fluido frio, e o  $h_c$  é o coeficiente de transferência de calor por convecção, que varia com o tipo de fluxo, com a geometria do corpo, a área do escoamento, com as propriedades físicas do fluido, com a temperatura média e com a posição ao longo da superfície do corpo.

### 2.1.4 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

No cálculo da carga térmica através da envoltória utiliza-se a equação geral da transmissão de calor em regime permanente dada por:

$$Q = A \cdot U \cdot (T_{sa} - T) \quad [\text{Eq. 04}]$$

sendo  $Q$  a quantidade de calor,  $A$  é a área da superfície considerada,  $T_{sa}$  a temperatura sol-ar, definida como a temperatura do ar levando em conta o aquecimento da superfície pela radiação solar,  $T$  na temperatura do ar dentro do ambiente considerado e  $U$  o coeficiente global de transmissão de calor, dado pela equação:

$$U = \frac{1}{(1/hc_e) + \sum_{i=1}^n (\Delta x_i / k_i) + (1/hc_i)} \quad [\text{Eq. 05}]$$

onde  $hc_e$  é o coeficiente de convecção do ar externo, que depende da velocidade do vento,  $hc_i$  é o coeficiente de convecção do ar interno,  $\Delta x_i$  é a espessura da superfície e  $k_i$  é a condutividade térmica do material da envoltória.

O coeficiente global é interpretado como o inverso da resistência térmica total ao fluxo de calor através da envoltória.

A resistência convectiva externa é a única do circuito térmico que depende da velocidade do vento. Quando esta aumenta, a resistência diminui, o coeficiente global aumenta e, com ele, o fluxo de calor.

Tendo em vista que o coeficiente de convecção é o objeto deste estudo, e considerando a complexidade de seu cálculo, apresenta-se a abordagem seguinte.

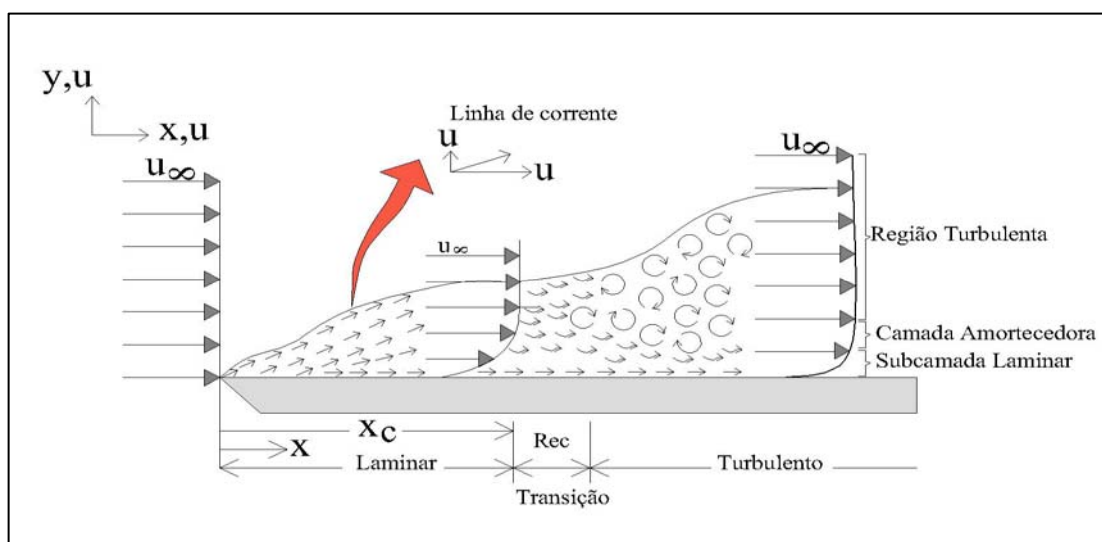
## 2.2 CAMADA LIMITE

*“Quando  $hc$  varia com a posição ao longo da superfície do corpo, é conveniente considerar, nas aplicações de engenharia, o seu valor médio  $h_m$  sobre a superfície, em vez de seu valor local  $hc$ ”.* No escoamento sobre corpos com geometria simples, como uma placa lisa, o

coeficiente de transferência de calor pode ser determinado analiticamente, entretanto, “no escoamento sobre corpos com configurações complexas, utiliza-se o método experimental para determinar  $hc$ ”, pois, “é muito amplo o intervalo dos valores do coeficiente de transferência de calor nas várias aplicações”, segundo Özişik (1985).

Ainda de acordo com Özişik (1985), “quando um fluido escoar sobre um corpo sólido, a distribuição de velocidades e de temperaturas na vizinhança imediata da superfície influencia fortemente a transferência de calor”. Para simplificar a análise de transferência convectiva de calor, “o conceito de camada limite é frequentemente introduzido para modelar os campos de velocidade e de temperatura próximo da superfície sólida”. Assim, têm-se dois tipos de camada limite: a cinética e a térmica.

Para ilustrar o conceito da camada limite cinética, consideremos o escoamento de um fluido sobre uma placa plana, (...). O fluido na borda frontal da placa (isto é,  $x = 0$ ) tem velocidade  $u_{\infty}$  que é paralela à superfície da placa. À medida que o fluido se move na direção  $x$  ao longo da placa, as partículas do fluido em contato com a face da placa assumem velocidade zero (isto é, não há deslizamento sobre a face da placa). Portanto, a partir da superfície da placa haverá um retardamento da componente  $x$  da velocidade  $u(x, y) = u$ . Isto é, na superfície da placa, em  $y = 0$ , a componente axial da velocidade é zero, ou  $u = 0$ . O efeito do retardamento é reduzido quando o fluido se move em uma região afastada da face da placa; a distâncias suficientemente grandes da placa, o efeito de retardamento é nulo, isto é,  $u = u_{\infty}$  para grandes  $y$ . Portanto, a cada posição  $x$  ao longo da placa, há uma distância  $y = \delta(x)$ , medida a partir da superfície da placa, onde a componente axial da velocidade  $u$  é igual a 99% da velocidade da corrente livre  $u_{\infty}$ , isto é,  $u = 0,99 u_{\infty}$ . O lugar geométrico destes pontos, onde  $u = 0,99 u_{\infty}$  é a camada limite cinética  $\delta(x)$ . (ÖZİŞİK, 1985).



**Figura 4:** Conceito de camada limite no escoamento sobre placa plana.  
Fonte: INCROPERA e DEWITT (1998).

Na Figura 4, pode-se observar o comportamento do escoamento na camada limite em função da distância  $x$  medida a partir da borda frontal da placa. A característica desse escoamento é governada pelo valor da grandeza chamada de *número de Reynolds*, que é definido como sendo:

$$Re_x = \frac{u_\infty x}{\nu} \quad [\text{Eq. 06}]$$

onde  $u_\infty$  é a velocidade da corrente livre,  $x$  é a distância à borda frontal e  $\nu$  a viscosidade cinemática do fluido, que no caso em estudo é o ar. Vê-se que a camada limite começa em  $x = 0$  na borda frontal da placa com um escoamento laminar e organizado, que é a *camada limite laminar*. Esse escoamento organizado permanece até um ponto crítico, onde começa a haver pequenas turbulências. Esse ponto crítico é o *número de Reynolds crítico*  $Re_c$ . A partir dessa distância, os distúrbios vão aumentando, quando então, começam a acontecer flutuações no fluido, o que caracteriza o início da transição da camada limite laminar para a *camada limite turbulenta*.

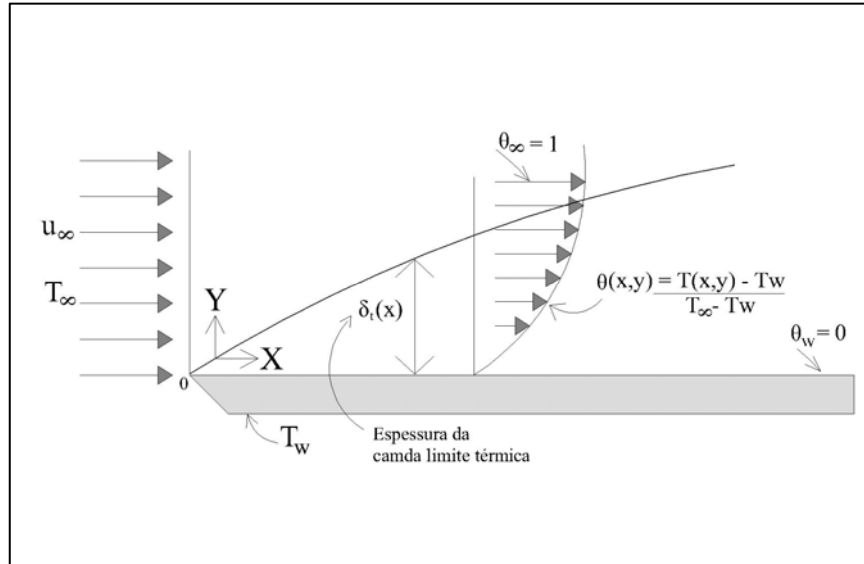


**Figura 4a:** Escoamento laminar e turbulento.

Fonte: Disponível em: <<http://leblon.mec.puc-rio.br/profnaccachenaccache.html#form>> Acesso em: 12. fev. 2007.

Incropera e DeWitt (1998) dizem que no escoamento sobre uma placa plana, o *número de Reynolds crítico*  $Re_c$ , no qual acontece a transição do escoamento laminar para o turbulento, varia entre  $10^5$  e  $3 \times 10^6$  dependendo da rugosidade da superfície e do nível de turbulência na corrente livre, e é geralmente tomado, na maior parte das análises, como sendo:

$$Rec \equiv \frac{u_{\infty} x}{\nu} \equiv 5 \times 10^5 \quad [\text{Eq. 07}]$$



**Figura 5:** Conceito de camada limite térmica no escoamento de um fluido quente sobre placa plana fria.

Fonte: ÖZİŞİK (1985).

Analogamente ao conceito de camada limite cinética, que depende da velocidade e viscosidade do fluido, tem-se também uma camada relativa à temperatura do fluido, denominada *camada limite térmica* que se desenvolve ao longo da placa.

Para explicar o conceito de camada limite térmica, considere-se um fluido de temperatura uniforme  $T_{\infty}$  que escoa sobre uma placa plana a uma temperatura constante  $T_w$ , conforme a Figura 5. Sendo  $x$  e  $y$  os eixos coordenados, a temperatura adimensional  $\theta(x, y)$  é dada por:

$$\theta(x, y) = \frac{T(x, y) - T_w}{T_{\infty} - T_w} \quad [\text{Eq. 08}]$$

onde  $T(x, y)$  é a temperatura local no fluido. Quando  $\theta(x, y) = 0$ , ou seja, a temperatura do fluido é igual à temperatura da placa, significa que  $y = 0$ . Entretanto, a medida que se afasta da superfície da placa (quando  $y$  tende a  $\infty$ ), a temperatura do fluido é  $T_{\infty}$ . Sendo assim, então, para cada posição de  $x$  ao longo da placa, tem-se uma posição  $y = \delta(x)$  no fluido, em que  $\theta(x, y) = 0,99$ . O lugar geométrico onde  $\theta(x, y) = 0,99$  é chamada de *camada limite térmica*  $\delta(x)$ .

A espessura relativa da camada limite térmica é governada pela grandeza chamada de *número de Prandtl* do fluido, que é um número adimensional definido por:

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{K} = \frac{\nu}{\alpha} \quad [\text{Eq. 09}]$$

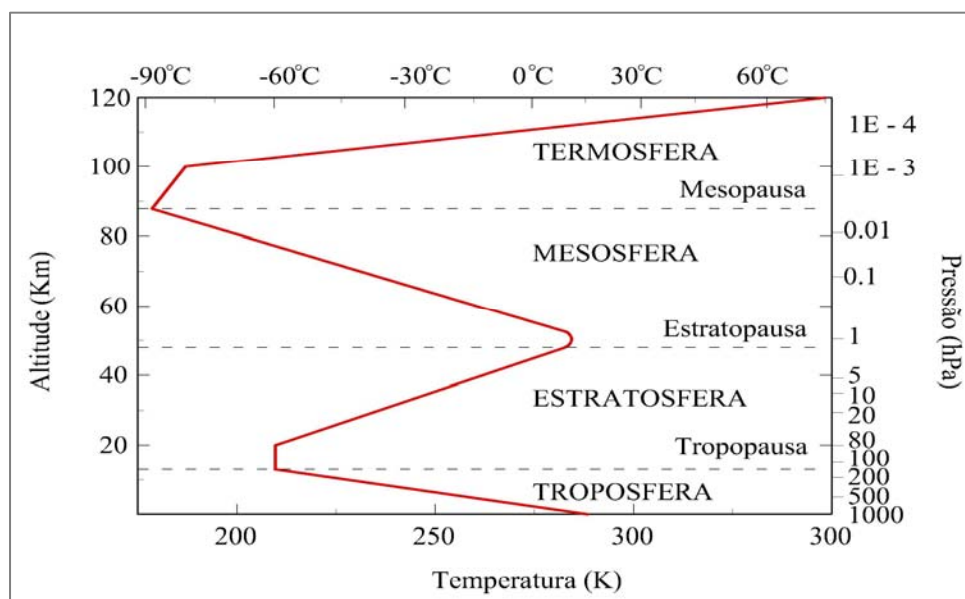
onde  $C_p$  é a capacidade térmica por unidade de massa ou calor específico,  $\mu$  é a viscosidade absoluta,  $k$  é a condutividade térmica,  $\nu$  é a viscosidade dinâmica e  $\alpha$  é a difusividade térmica.

### 2.3 A ATMOSFERA, A SUPERFÍCIE TERRESTRE E A CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA

Segundo Silva (1999), denomina-se Camada Limite Atmosférica (CLA), a “*faixa que se estende desde a superfície terrestre ao nível do escoamento não perturbado*”. Essa faixa a que Silva se refere, corresponde à região turbulenta da atmosfera, em que se reflete a influência das atividades produzidas na superfície terrestre. É nessa região onde se vive e se desenvolvem as atividades humanas, e por isso requer tanta atenção.

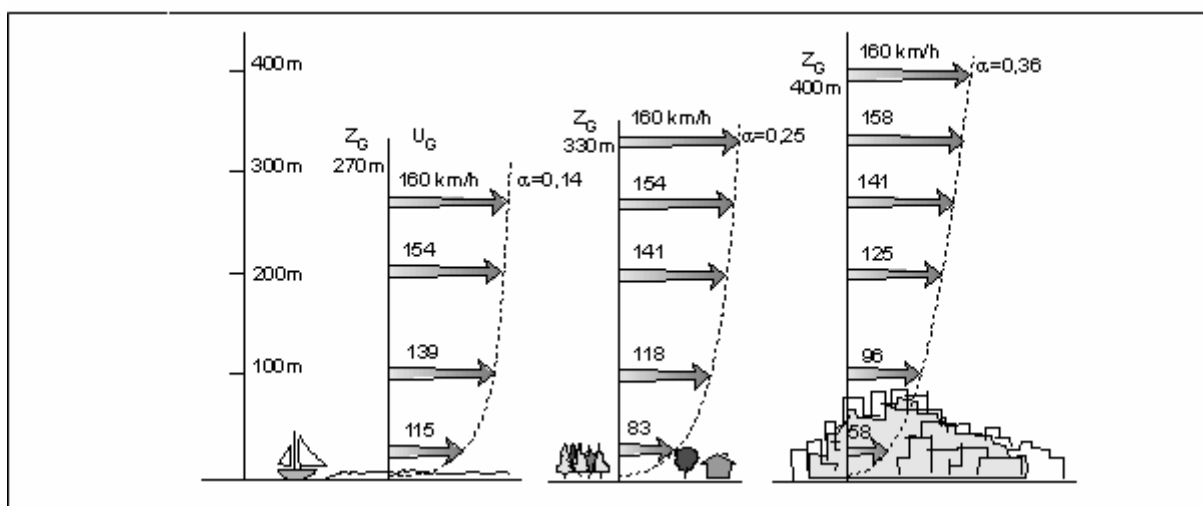
A camada limite atmosférica se situa dentro da troposfera, que é uma das camadas da atmosfera, conforme se pode ver no Gráfico 4. A Troposfera, segundo Soares (2004), “*estende-se da superfície a uma altitude média de 12 km, contém mais de 80% da massa da atmosfera e praticamente a totalidade da água atmosférica nas fases gasosa, líquida e sólida*”. A CLA, segundo Silva (1999), tem valores típicos para a sua espessura, atingindo “*aproximadamente 350 m, no caso de superfícies lisas, e em torno dos 1000 m em áreas significativamente adensadas e com gabaritos altos*”.

Koenisberger (1977, *apud* CARVALHO, 2006) estima que a CLA varie entre 100 m e 300 m em campo aberto, entre 100 m e 400 m na periferia e entre 100 m a 500 m no centro urbano.



**Gráfico 4:** Estrutura térmica da atmosfera (média horizontal).  
Fonte: SOARES (2004).

O desenvolvimento dos perfis de velocidade e a espessura da camada limite atmosférica são influenciados de forma bastante significativa pela rugosidade, ou seja, pelas características da superfície terrestre. Essas características, que tanto fazem variar a velocidade e a espessura da CLA, referem-se ao tipo de adensamento superficial encontrado como barreira ou resistência aos escoamentos. Pode-se compreender melhor observando a Figura 6.



**Figura 6:** Perfis de Velocidades de Camada Limite Atmosférica.  
Fonte: GANDEMER (1976 *apud* SILVA, 1999).

Nesse caso, há que se considerar o que disse Lombardo (1995): “a cidade atua como modificador do clima regional”. As atividades antrópicas na cidade, principalmente em

relação ao adensamento de edificações, vêm num processo acelerado de verticalização, que faz diminuir as áreas verdes naturais, com o aumento da malha urbana, “*intensifica transformações e comportamento climatológico e meteorológico da camada limite atmosférica*”.

*Com a substituição das superfícies e formas naturais pelas unidades artificiais urbanas, o ser humano vem modificando as propriedades físicas e químicas e os processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos e de intercâmbio de massa que ocorre na camada limite atmosférica. Em consequência, as propriedades meteorológicas do ar dentro e imediatamente acima das áreas urbanas ficam profundamente modificadas criando um distinto tipo climático, o clima urbano. (CHANDLER, 1976 apud LOMBARDO, 1995).*

Como se viu, as modificações provocadas pelo homem influenciam profundamente o clima. Portanto, além do tipo de terreno, da topografia e de densidade das florestas, as construções interferem fortemente nos escoamentos, e, portanto, na forma e altura da camada limite atmosférica. Nessa região, a velocidade e o tipo de escoamento dos ventos variam com a altura, devido a sua relação com a topografia, rugosidade do terreno, além da possível existência de gradientes térmicos. Acima da camada limite atmosférica, o escoamento atinge o nível do escoamento não perturbado ou vento geostrófico.

Segundo Saraiva (1983), “*o perfil das velocidades médias foi representado por uma lei do tipo de potência, baseada nos resultados experimentais obtidos para escoamentos a número de Reynolds elevados no interior de condutos cilíndricos (...)*”.

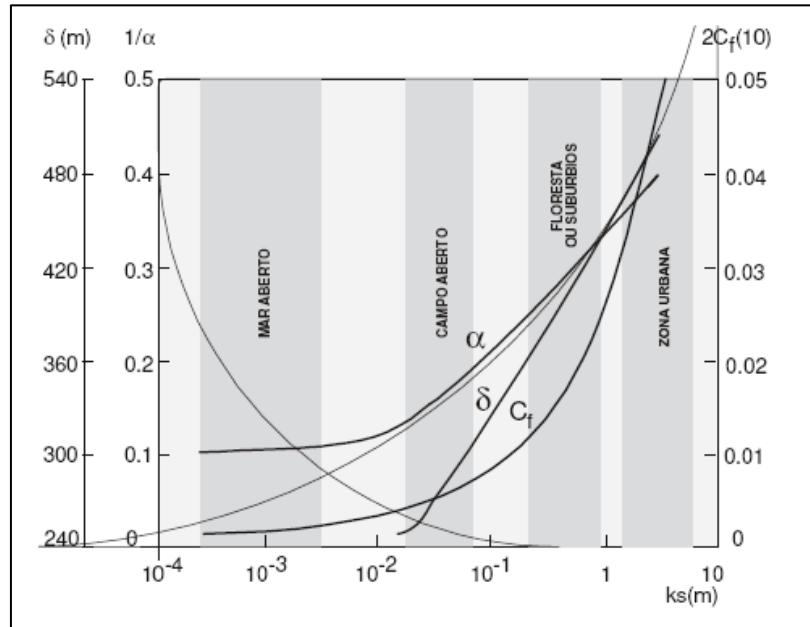
A fórmula da *lei de potência* que tem sido sugerida até os dias de hoje, para descrever a velocidade  $U$  do vento com a altura  $Z$  e a rugosidade do terreno, onde a velocidade do vento varia com a altura, é dado por:

$$\overline{U}_Z = U_g (Z / Z_g)^\alpha \quad [\text{Eq. 10}]$$

onde  $\alpha$  é uma constante que depende da rugosidade do terreno e  $g$  se refere às condições do vento geostrófico.

Os valores da altura da camada limite  $\delta$  aqui denominada de  $Z_g$  e do expoente  $\alpha$  que melhor se adaptam a diferentes situações, de acordo com Saraiva (1983), estão indicados no Gráfico 5.





**Gráfico 5:** Rugosidade e coeficientes de atrito para vários tipos de terreno.  
Fonte: SARAIVA (1983, p. 86).

Sabe-se que as estações meteorológicas normalmente se situam em terrenos abertos, onde a velocidade do vento é maior de que na área onde será realizado o estudo, ou seja, em áreas urbanas. Diante disso, a velocidade do vento deve ser ajustada para a situação em estudo, pois, o perfil de velocidade do vento vai variar com o tipo do terreno, conforme os parâmetros apresentados no Gráfico 5. Assim, utiliza-se a correlação:

$$\overline{U_z} = (Z'_g / Z')^a \cdot (Z / Z_g)^a \cdot U'_z \quad [\text{Eq. 11}]$$

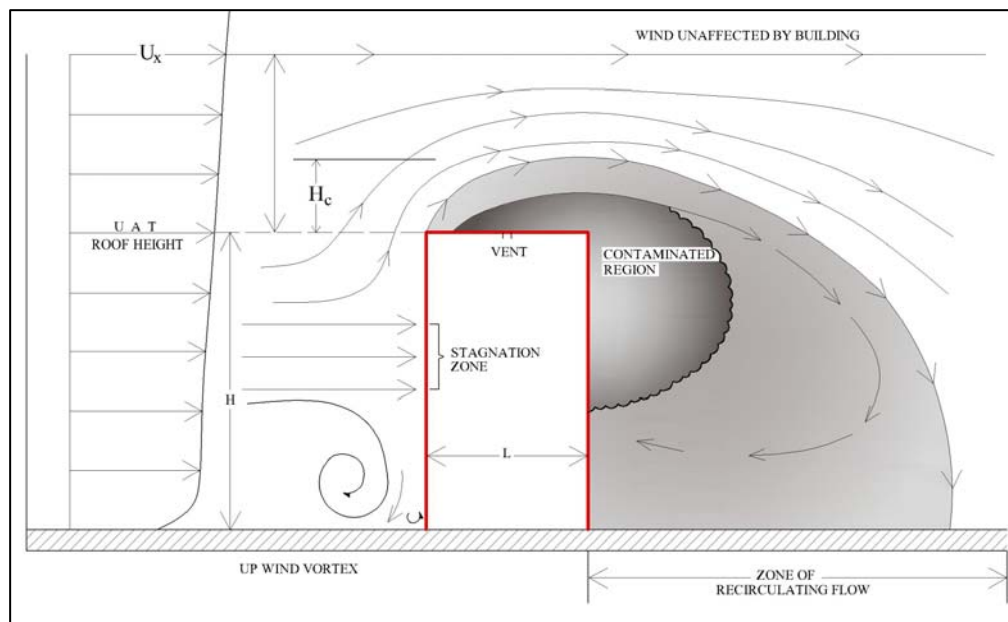
onde  $Z'_g$ ,  $Z'$  e  $U'_z$  se referem aos dados das estações meteorológicas e as quantidades  $U_z$ ,  $Z$  e  $Z_g$  dizem respeito à área em estudo.

## 2.4 ESCOAMENTOS EM TORNO DE EDIFÍCIOS

Os escoamentos em torno de edifícios são governados, principalmente, pelas características do vento incidente, pela geometria do edifício e pela direção de incidência.

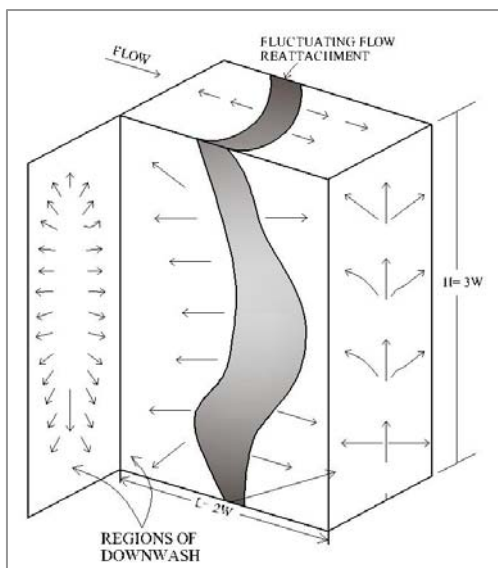
Segundo Saraiva (1994 *apud* VALENTIM, 1997), “*devido ao tipo de escoamento do vento atmosférico em torno de um edifício, a altura normalmente utilizada para calcular a velocidade pela lei de potência, não corresponde à altura total do edifício, mas sim a 2/3 dessa altura*”, onde está localizada a zona de estagnação, confirmando o que disse Blessmann (1983 *apud* CARVALHO, 2006):

*O primeiro mecanismo está relacionado ao forte escoamento descendente que se verifica na fachada a barlavento devido aos significativos gradientes de pressão estática sobre a superfície (pressão positiva), diretamente associada à pressão dinâmica do escoamento não perturbado aos níveis correspondentes, e que apresenta o máximo no ponto de estagnação, tipicamente localizado a cerca de 2/3 da altura do corpo.*

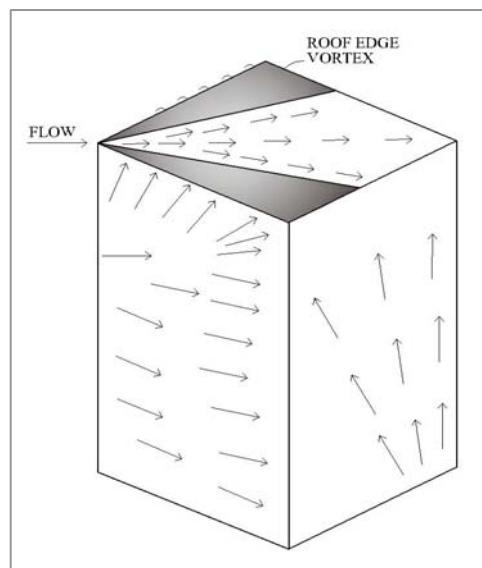


**Figura 7:** Escoamento em torno de uma forma prismática.  
Fonte: ASHRAE (1985).

O ponto de estagnação é fato e também está exposto nas normas da ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*(1985), que reservou um capítulo de seu manual para descrever o escoamento do ar em torno de edifícios. A ASHRAE (1985) também explica que o comportamento do vento, quanto ao seu ângulo de incidência em relação aos edifícios, é de expressiva importância, pois, influencia diretamente na utilização de determinadas constantes quando do uso de correlações empíricas, como a sugerida por Hilpert (1933 *apud* Incropera e DeWitt, 1998) e que interfere no Número de Nusselt, que será visto mais à frente.



**Figura 7a:** Escoamento incidindo na aresta de um corpo cilíndrico não circular.  
Fonte: ASHRAE (1985).



**Figura 7b:** Escoamento incidindo no vértice de um corpo cilíndrico não circular.  
Fonte: ASHRAE (1985).

As Figuras 7a e 7b, por si só, descrevem muito bem esses comportamentos, de forma que no cálculo da velocidade do vento pela lei de potência, a altura considerada é a da localização da zona de estagnação, já anteriormente mencionada.

## 2.5 COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO

### 2.5.1 DEFINIÇÕES

O coeficiente de convecção  $h_c$  está relacionado com alguns números adimensionais que, por sua vez, são definidos a partir de diversas grandezas físicas. Uma das relações mais utilizadas é o número de Nusselt, que é uma função dos números de Reynolds e de Prandtl. Enquanto que o número de Reynolds se refere ao tipo de escoamento, se laminar ou turbulento, o número de Prandtl se refere à natureza do fluido, às suas propriedades físicas, como já explicado anteriormente.

Segundo Incropera e DeWitt (1998), “para uma dada geometria”, o coeficiente de convecção  $h_c$  pode ser obtido a partir da definição de um parâmetro adimensional dependente, que é o número de Nusselt  $Nu$  definido por:

$$Nu = f(x, Re_L, Pr) \quad [\text{Eq. 12}]$$

onde  $x$  é a variável espacial,  $Re_L$  é o número de Reynolds local e  $Pr$  é o número de Prandtl. Se essa função for conhecida, pode-se calcular o valor de  $Nu$  para diferentes fluidos e diferentes velocidades ( $U$ ) ou dimensões ( $D$ ) de superfícies.




Sabe-se que o coeficiente *médio* de transferência de calor por convecção  $h_m$  é obtido pela integração dos coeficientes locais ao longo de toda a superfície do corpo ou da placa e, portanto, deve ser independente da variável espacial  $x$ . Assim, a dependência funcional do número de Nusselt *médio*, segundo Incropera e DeWitt (1998) é dada por:

$$Nu_m = \frac{h_m \cdot D}{k} = f(x, Re_D, Pr) \quad [\text{Eq. 13}]$$

onde  $D$  é a dimensão característica do corpo ou da placa e  $k$  é condutividade térmica do fluido. Entretanto, como se está mais interessado nas aplicações práticas de engenharia, interessam as condições médias globais, por isso, deve-se fazer uso da correlação empírica proposta por Hilpert (1933 *apud* Incropera e DeWitt, 1998), que é usualmente utilizada, e tem a seguinte forma:

$$Nu_{mD} = \frac{h_m \cdot D}{k} = C \cdot Re_D^m \cdot Pr^{1/3} \quad [\text{Eq. 14}]$$

A equação 14 também pode ser empregada para escoamento de um gás sobre cilindros com seção reta não-circular, desde que utilizem as constantes  $C$  e  $m$  que constam da Tabela 2, em relação à incidência dos ventos.

		$Re_D$	C	m
Quadrado				
$V \rightarrow$		$5 \times 10^3 - 10^5$	0,246	0,588
$V \rightarrow$		$5 \times 10^3 - 10^5$	0,102	0,675
Placa Vertical				
$V \rightarrow$		$4 \times 10^3 - 1,5 \times 10^4$	0,228	0,731

**Tabela 2:** Constantes da equação 14 para cilindros não-circulares em escoamento transversal de um gás.

Fonte: JACOB (1949 *apud* INCROPERA e DEWITT, 1998).

Para as fachadas dos prédios utilizam-se essas correlações, observando-se que variando as dimensões dos edifícios, implica na utilização de uma dada correlação específica.

Segundo Saraiva (1983 *apud* VALENTIM 1997), deve-se utilizar a correlação para escoamento sobre uma placa plana vertical se a espessura do prédio for 0,66 vezes menor do que sua largura. Caso contrário, utilizam-se as correlações para escoamentos em torno de cilindros não-circulares, considerando o escoamento perpendicular à aresta do quadrado, e o escoamento incidente sobre o vértice do quadrado. Nos prédios, considera-se a largura como a dimensão maior e a espessura como a dimensão menor.

A simulação da cobertura foi feita considerando que os escoamentos se desenvolvem paralelos à placa plana. Assim, segundo Özişik (1985), para escoamentos turbulentos com números de Reynolds próximos de  $10^7$ , o valor de Nusselt local é definido por:

$$Nu_x = 0,0296 \cdot Re_x^{0,8} \cdot Pr^{0,33} \quad 0,6 < Pr < 60 \quad [\text{Eq. 15}]$$

## 2.5.2 VALORES USUALMENTE UTILIZADOS

Segundo Costa (1974), a transmissão de calor por meio de convecção nas construções, se verifica simultaneamente com a radiação, tanto que as publicações em geral, incluindo as

Normas Brasileiras – NBR, publicam-nas através de tabelas, combinando o coeficiente de convecção com o de radiação.

As tabelas normalmente publicadas, em alguns casos, indicam as condições do ar exterior. Em Costa (1974) consta uma tabela, aqui representada pela Tabela 3a, que contém valores de coeficientes de transmissão de calor global, ou seja, a soma resultante da convecção e da radiação, para uma superfície horizontal, utilizada nas aplicações de engenharia, especificamente no cálculo da resistência ou do fluxo térmico. Essa tabela mostra valores médios para o ar exterior com deslocamento de 24 km/h, ou 6,7 m/s.

CASO	$hc$ , (kcal/m <sup>2</sup> .h.°C)	$hc$ , (w/m <sup>2</sup> .K)
Ar contra paredes de habitações (internamente)	20	32,44
Ar contra chapas horizontais (ext.) para baixo	13	21,08

**Tabela 3:** Coeficientes médios de transmissão de calor.

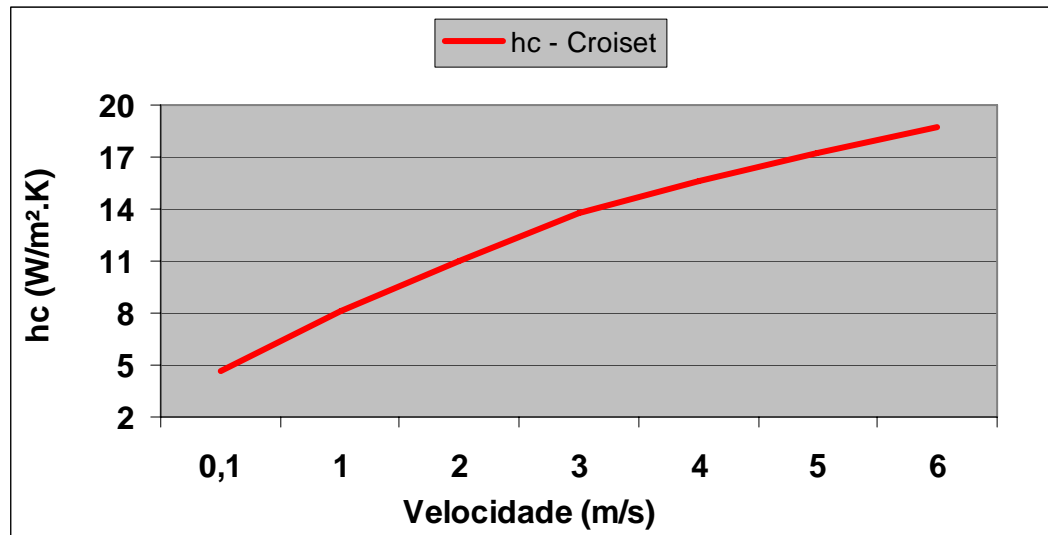
Fonte: COSTA (1974).

Já Croiset (1970) apresenta valores distintos para os coeficientes de transferência de calor, embora que ainda careça de maiores informações acerca de outra variável, que é a temperatura do ar.

*El coeficiente de convección es, por lo tanto, función de los factores siguientes: 1º. La orientación de la superficie y el sentido del flujo. Si la superficie es horizontal y si el elemento caliente está encima del elemento frío, (...) la convección es pequeña. En el caso de que el elemento caliente está debajo del elemento frío, (...) la convección será muy fuerte. En superficie vertical, el sentido del flujo no interviene realmente. La convección tiene un valor intermedio, todos los fenómenos son iguales, por otra parte, a los descritos en los dos casos anteriores. 2º La velocidad general del aire en el espacio próximo de las superficies consideradas. (CROISET, 1970).*

Como se vê, o valor do coeficiente de convecção apresentado por Croiset (1970) é função da orientação da superfície, do sentido do fluxo e da velocidade do ar próximo às superfícies consideradas. Para tanto, apresenta-se o Gráfico 6, que mostra a variação do  $hc$  em função da velocidade do ar para o caso de uma parede vertical, mas, sem indicar a temperatura considerada. Entretanto, ao falar dos fatores climatológicos que determinaram a temperatura extrema, temperatura exigida e a temperatura de cálculo, Croiset (1970, p. 42) cita que na França “a temperatura de cálculo está fixada no “Documento Técnico Unificado (Reglas de

*cálculo de las características térmicas útiles de las paredes de construcción y de las pérdidas de base de los edificios)”, sendo de aproximadamente 4°C”.*



**Gráfico 6:** Variação do coeficiente de convecção com a velocidade do ar no caso de uma parede vertical.

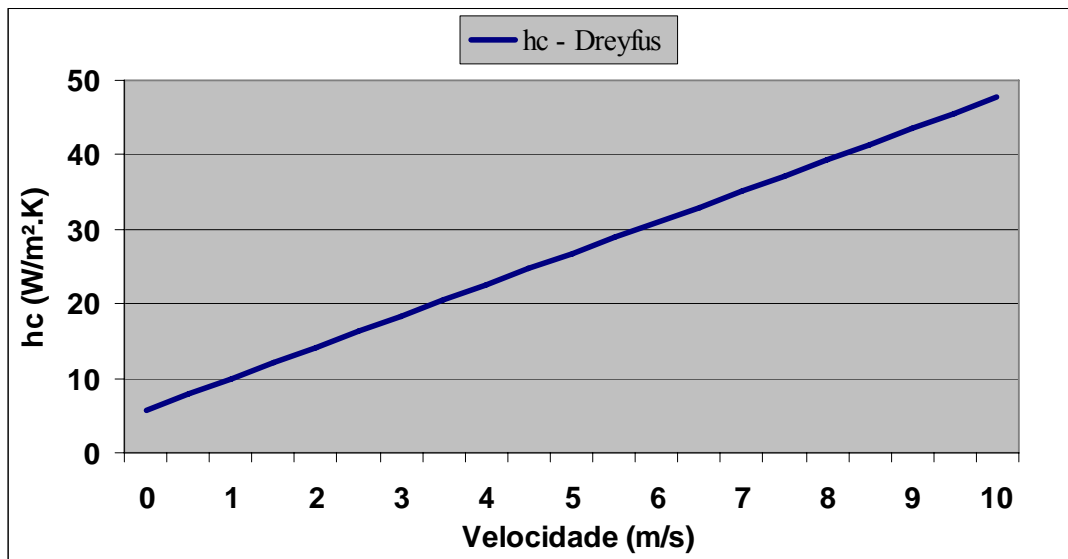
Fonte: CROISET (1970).

Ainda para o mesmo autor, considerando velocidades inferiores a 0,2 m/s, como geralmente ocorre em locais fechados, o valor do coeficiente de convecção para uma superfície vertical é de 4 kcal/m².h.°C, ou seja, 6,49 W/m².°C, ou ainda 6,49 W/m².K.

Dreyfus (1960), referindo-se ao cálculo dos coeficientes de convecção, apresenta a fórmula:

$$h_c = 5 + 3,6V \quad [\text{Eq. 16}]$$

onde  $V$  é a velocidade do ar, em m/s, e o  $hc$  é expresso em W/m².K, para velocidades acima de 1m/s, com fluxo paralelo à parede. Também não menciona a “temperatura de cálculo” utilizada, entretanto, seu trabalho se refere “a problemas de ventilação em países tropicais”.



**Gráfico 7:** Variação do coeficiente de convecção em relação à velocidade do ar, com fluxo paralelo à parede.  
Fonte: DREYFUS (1960).

Para melhor entendimento e visualização, apresenta-se o Gráfico 7, acima, referente à Equação 16, que mostra o coeficiente de convecção  $h_c$  em função da velocidade do ar sugerida por Dreyfus (1960), expresso em watt por metro quadrado por Kelvin.

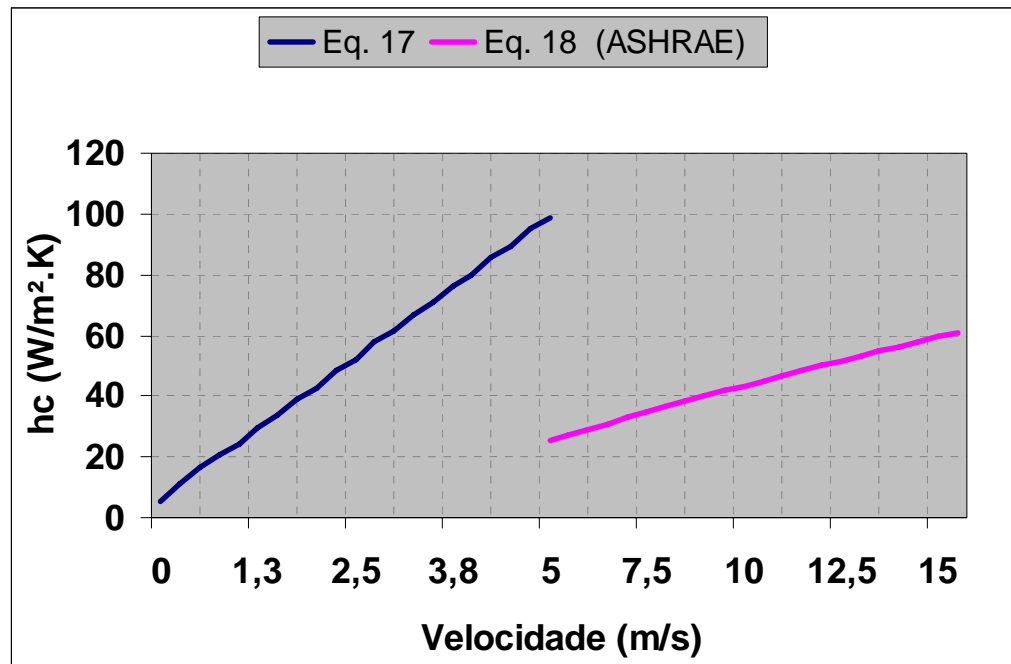
O Manual da ASHRAE que, em seu capítulo 3, fala da transferência de calor, sugere vários tipos de equações para convecção forçada, apresentadas por MacAdams (1954 *apud* ASHRAE, 1985). A Equação 17 se refere a superfícies verticais planas, para velocidades menores que 5 m/s. A Equação 18 também se refere a superfícies verticais planas, no entanto, para velocidades entre 5 m/s e 30 m/s. A fim de melhor visualizar essas equações, apresenta-se o Gráfico 8 que mostra os coeficientes de convecção em função da velocidade do vento.

$$h_c = 5,6 + 18,6V \quad [\text{Eq. 17}]$$

$$h_c = 7,2(V)^{0,78} \quad [\text{Eq. 18}]$$

onde  $V$  é a velocidade do ar, em m/s e o  $h_c$  é expresso em W/m².K.





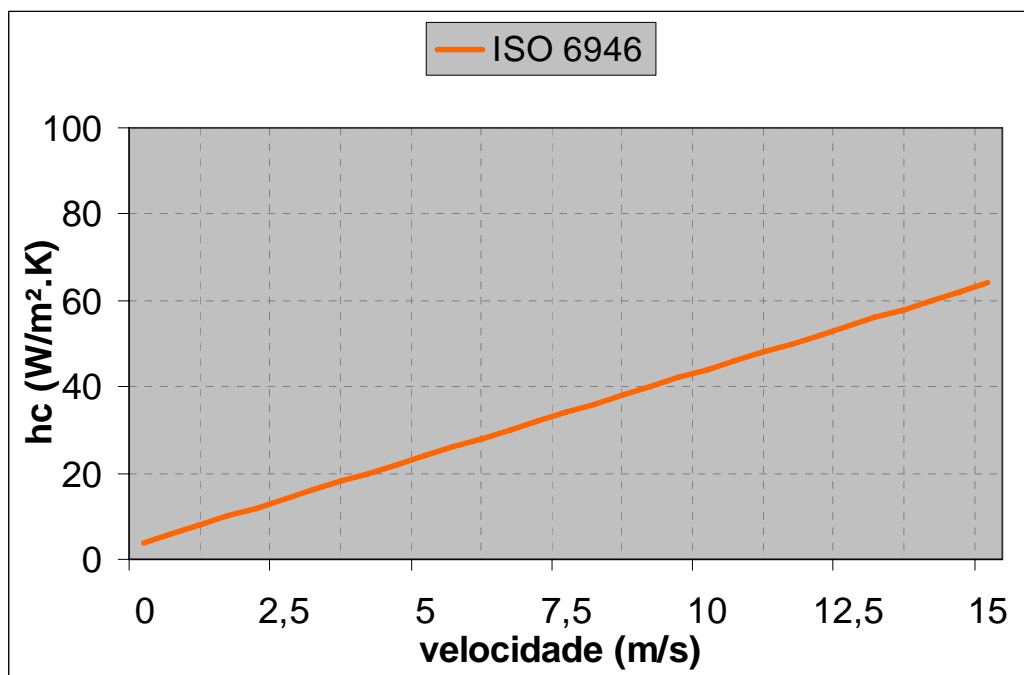
**Gráfico 8:** Variação do coeficiente de convecção em relação à velocidade do ar, para correlação de superfícies planas verticais, equações 17 e 18.  
Fonte: MACADAMS (1954 *apud* ASHRAE, 1985).

A NBR 15220-2:2005 e NBR 15220-3:2005, que tratam do Desempenho Térmico de Edificações, apresentam as resistências térmicas superficiais a serem consideradas e métodos de cálculos da transmitância térmica, entre outros, e têm como referência normativa a ISO<sup>2</sup> 6949:1996 (*Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation methods*), que emprega a Equação 19 para o coeficiente de convecção exterior.

$$h_c = 4 + 4V \quad [\text{Eq. 19}]$$

onde  $V$  é a velocidade do vento próximo à superfície, em m/s, e é representado pelo Gráfico 8a.

<sup>2</sup>ISO - *International Organization for Standardization* é uma entidade não-governamental criada em 1947 e com sede em Genebra - Suíça. O seu objetivo é promover, no mundo, o desenvolvimento da normalização e de atividades relacionadas, com a intenção de facilitar o intercâmbio internacional de bens e serviços e de desenvolver a cooperação nas esferas intelectual, científica, tecnológica e de atividade econômica.



**Gráfico 8a:** Variação do coeficiente de convecção em relação à velocidade do ar sobre superfícies planas, equação 19.  
Fonte: ISO 6946 (1996).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 ETAPAS METODOLÓGICAS

O desenvolvimento deste trabalho encontra-se dividido em cinco etapas ordenadas com a seguinte disposição:

**1ª ETAPA:** Foi feito um levantamento de séries de dados meteorológicos, junto ao 3º DISMET – Distrito de Meteorologia do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, baseado em Recife, Pernambuco. Os dados foram fornecidos já digitalizados, em ordem cronológica e em planilha do programa Excel.

Tais séries de dados se referem às *médias* da temperatura do ar (bulbo seco e bulbo úmido), velocidade e direção dos ventos, nas sete estações meteorológicas do Estado da Paraíba, localizadas em: João Pessoa, Campina Grande, Areia, Monteiro, Patos, Camaratuba e São Gonçalo. Esses dados foram coletados diariamente nos horários de 00h UTC<sup>3</sup>, 12h UTC e 18h UTC, equivalente às 21h, 9h e 15h respectivamente, durante os últimos 30 anos, ou seja, de janeiro de 1974 a dezembro de 2005.

Foram utilizados aproximadamente 32.000 dados referentes à velocidade dos ventos; 32 mil referentes à direção dos ventos; 64.000 referentes à temperatura do ar, sendo 32.000 relativos ao termômetro de bulbo seco e 32.000 ao termômetro de bulbo úmido, por estação meteorológica. Como são sete as estações instaladas no estado, tem-se ao todo, aproximadamente 900.000 dados.

De acordo com informações obtidas com a Sra. Alissandra Mota, funcionária do 3º DISME, os dados meteorológicos colhidos nas estações foram digitados de acordo com normas de qualidade da ISO 9001, adotadas pelo INMET, sendo, portanto, confiáveis.

---

<sup>3</sup> A UTC - *Coordinate Universal Time* ou Tempo Universal Coordenado é uma escala de tempo coordenada, mantida pelo Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), que constitui a base de uma disseminação coordenada de frequências padrão e sinais horários.

**2ª ETAPA:** Foi realizado tratamento dos dados meteorológicos levantados na 1ª ETAPA, a fim de determinar as temperaturas e velocidades médias para os meses de janeiro, junho e anual.

Para o tratamento dos dados (quase 1 milhão), foram realizados cálculos com o objetivo de se obter a média das velocidades e temperaturas, para os meses termicamente mais significativos durante um ano, que são os meses de inverno e verão, respectivamente, junho e janeiro, segundo Köppen (1884 *apud* SILVA, 1999). Com relação às temperaturas médias, foram considerados apenas os dados coletados nos horários de 9h e 15h, por serem mais significativos, ou seja, que têm maiores valores por serem coletados durante o dia.

**3ª ETAPA:** Foi realizada sistematização dos dados referentes aos rumos dos ventos, utilizando-se para isso o aplicativo *Ms-Access*, quando só então foram realizados os cálculos para determinação das frequências dos rumos em relação aos intervalos de ocorrências das velocidades, utilizando-se, para esse fim, de uma planilha do programa Excel. Os intervalos de ocorrências das velocidades utilizados nesse trabalho foram sugeridos por Valentin (1997) e têm uma relação com a escala de *Beaufort* (Tabela 3, p. 54).

**4ª ETAPA:** Foi realizado levantamento físico dos prédios (altura, largura e espessura) inseridos na área objeto de estudo, a fim de determinar as dimensões médias dos mesmos. Para isso, utilizou-se o levantamento realizado por Peregrino (2006). As dimensões médias dos prédios foram utilizadas para definir o tipo de correlação a ser utilizada, e, em seguida, determinar os novos coeficientes de convecção.

**5ª ETAPA:** Foi feita a digitação dos valores obtidos nas 2ª, 3ª e 4ª ETAPAS em uma planilha do programa Excel denominada de *vento\_edificios.xls* desenvolvida por Valentin (1997). Esta planilha está dividida em oito folhas de cálculo distintas, mas, em alguns casos, dependentes entre si, em que cada uma delas tem função específica de extrair resultados ou realizar cálculos de coeficientes de convecção.

A planilha original *vento\_edificios.xls* foi desenvolvida para a determinação dos *hc's* na cidade de Lisboa, utilizando dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Portugal – INMG, entretanto, aqui renomeada de *CALCULOS DOS COEFICIENTES DE*

*CONVECÇÃO.xls*, sofreu adaptações para as condições em estudo, uma vez que forma de organização dos dados fornecidos pelo INMET são diferentes dos fornecidos pelo INMG.

Utilizando esta planilha, realizaram-se cálculos dos coeficientes de convecção em função de intervalos de velocidades do vento, tipo de geometria das superfícies, frequência dos rumos dos ventos, tipo de terreno e dimensões dos edifícios inseridos na área objeto de estudo, levando em consideração as temperaturas médias dos meses de janeiro e junho, além da temperatura média anual, coletados nos horários de 9h e 15h, nos últimos 30 anos.

**6ª ETAPA:** Nesta etapa foram realizadas a compilação, avaliação e discussão dos resultados obtidos nas etapas anteriores, para comparar com resultados e valores usualmente utilizados pela bibliografia específica no cálculo de acondicionamento térmico artificial de edifícios e assim, formular as devidas conclusões.

### 3.2 PROCEDIMENTOS E CÁLCULOS

De acordo com o explicado anteriormente, para se calcular os coeficientes de convecção exterior de edifícios é comum utilizar-se correlações experimentais. Viu-se que é usual empregar o número de Nusselt  $Nu$  para a determinação do  $hc$ , que é prática comum representá-lo através de uma correlação empírica fornecida por Hilpert (1933 *apud* INCROPERA e DEWITT, 1998), onde  $Nu$  é função do número de Prandtl  $Pr$  e do número de Reynolds  $Re$ , e que depende: do tipo de escoamento, da velocidade do vento, do diâmetro característico, da forma dos prédios a serem estudados, e das características do fluido. No caso em questão, o fluido é o ar, e para calcular suas características, à temperatura média, foram utilizados valores das tabelas de Incropera e DeWitt (1998).

#### 3.2.1 INTERVALOS DE VELOCIDADE ADOTADOS

Embora no estado da Paraíba as velocidades médias variem apenas entre 0,0 m/s e 10 m/s, adotou-se o intervalo de 0,0 m/s a 20 m/s, a fim de se ter uma visão mais ampla dos valores dos coeficientes de convecção  $hc$ 's.

Como a amplitude do intervalo adotado é muito grande (20 m/s), e as velocidades do vento fornecidas pelo INMET variam decimalmente, também foi prática neste trabalho, assim como considerou Valentim (1997), utilizar intervalos menores para se verificar os coeficientes de convecção com maior facilidade. Para isso, buscou-se relacionar esses pequenos intervalos com referência à tabela de *Beaufort*.

Em 1805, o contra-almirante britânico *Francis Beaufort* desenvolveu uma tabela numerada descrevendo a escala do vento, baseada em informações utilizadas durante as navegações, por marujos e alguns marinheiros, que relacionavam os diferentes estágios do estado do mar em relação às condições de vento. Posteriormente, no início do século XX, foi adaptada utilizando a fórmula:

$$U = 1.87B^{3/2} \quad [\text{Eq. 20}]$$

onde  $U$  é a velocidade do vento em milhas náuticas por segundo e  $B$  é o *número Beaufort*.

*Algumas organizações como da Comissão da Marinha Meteorológica e a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1970), providenciaram uma tabela com os valores de Beaufort correspondendo com o estado do mar e com a descrição dos valores da velocidade do vento. (Disponível em: <[http://www.lamma.ufrrj.br/spo/aprenda\\_mais/escala\\_beaufort.htm](http://www.lamma.ufrrj.br/spo/aprenda_mais/escala_beaufort.htm)> Acesso em: 27. nov. 2006).*

A tabela relaciona os *números de Beaufort*, ou seja, relaciona a força do vento e seus intervalos de velocidades com os aspectos do mar e sua influência em terra. Cada valor recebe uma designação de acordo com a Tabela 4, apresentando-se sua descrição.

Força	Designação	m/seg	Aspecto do mar	Influência em terra
0	calma	0 - 0,5	Espelhado.	A fumaça sobe verticalmente.
1	aragem	0,6 - 1,7	Mar encrespado com pequenas rugas, com a aparência de escamas.	A direção da aragem é indicada pela fumaça, mas a grimpia ainda não reage.
2	brisa leve	1,8 - 3,3	Ligeiras ondulações de 30 cm (1 pé), com cristas, mas sem arrebentação.	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores e a grimpia começa a funcionar.
3	brisa fraca	3,4 - 5,2	Grandes ondulações de 60 cm com princípio de arrebentação. Alguns "carneiros".	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfaldam.
4	brisa moderada	5,3 - 7,4	Pequenas vagas, mais longas de 1,5 m, com frequentes "carneiros".	Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
5	brisa forte	7,5 - 9,8	Vagas moderadas de forma longa e uns 2,4 m. Muitos "carneiros". Possibilidade de alguns borrifos.	Movem-se as pequenas árvores. Nos a água começa a ondular.
6	vento fresco	9,9 - 12,4	Grandes vagas de até 3,6 m. Muitas cristas brancas. Probabilidade de borrifos.	Assobios na fiação aérea. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.
7	vento forte	12,5 - 15,2	Mar grosso. Vagas de até 4,8 m de altura. Espuma branca de arrebentação; o vento arranca laivos de espuma.	Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
8	ventania	15,3 - 18,2	Vagalhões regulares de 6 a 7,5 m de altura. Faixas com espuma branca e fraca arrebentação.	Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.
9	ventania forte	18,3 - 21,5	Vagalhões de 7,5 m com faixas de espuma densa. O mar rola. O borriço começa afetar a visibilidade.	Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.
10	tempestade	21,6 - 25,1	Grandes vagalhões de 9 a 12 m. O vento arranca as faixas de espuma; a superfície do mar fica toda branca. A visibilidade é afetada.	Arranca árvores e causa danos na estrutura dos prédios.
11	tempestade violenta	26,2 - 29	vagalhões excepcionalmente grandes, de até 13,5 m. a visibilidade é muito afetada. Navios de tamanho médio somem no cavado das ondas.	Muito raramente observado em terra.
12	furacão	30 - ...	Mar todo de espuma. Espuma e respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.	Grandes estragos.

**Tabela 4:** Tabela com os valores de *Beaufort* relacionando força com a velocidade dos ventos, o estado do mar e sua influência em terra. Escala de *Beaufort*.

Fonte: Disponível em: <[http://www.lamma.ufpb.br/spo/aprenda\\_mais/escala\\_beaufort.htm](http://www.lamma.ufpb.br/spo/aprenda_mais/escala_beaufort.htm)> Acesso em: 27. nov. 2006).

Atualmente, extensos estudos vêm sendo desenvolvidos tendo como base a Escala de *Beaufort*, que é largamente utilizada das mais variadas formas. Para se ter um exemplo da diversidade de sua utilização, Silva (1999), tratando essencialmente de forças que atuam sobre um indivíduo, utiliza também a Escala de *Beaufort*, conforme a Tabela 5.

	Beaufort number	Speed (m/s)	Effects
Calm, light air	0, 1	0-1.5	Calm, no noticeable wind
Light breeze	2	1.6-3.3	Wind felt on face
Gentle breeze	3	3.4-5.4	Wind extends light flag / Hair is disturbed / Clothing flaps
Moderate breeze	4	5.5-7.9	Raises dust, dry soil and loose paper / Hair disarranged
Fresh breeze	5	8.0-10.7	Force of wind felt on body / Drifting snow becomes airborne / Limit of agreeable wind on land
Strong breeze	6	10.8-13.8	Umbrellas used with difficulty / Hair blow straight / Difficult to walk steadily / Wind noise on ears unpleasant / Windborne snow above head height (blizzard)
Near gale	7	1.9-17.1	Inconvenience felt when walking
Gale	8	17.2-20.7	Generally impedes progress / Great difficulty with balance in gusts
Strong gale	9	20.8-24.4	People blown over by gusts

**Tabela 5:** Efeitos do vento sobre as pessoas, com base na Escala de *Beaufort*.

Fonte: PENWARDEN (1973 *apud* SILVA, 1999).

Neste trabalho, os intervalos adotados para o cálculo dos coeficientes de convecção estão demonstrados na Tabela 5a e 5b, onde foram relacionados com os números da Escala de *Beaufort*, descrevendo ainda seus efeitos em terra. Considera-se calmaria ventos com velocidade média variando entre 0,0 m/s e 0,40 m/s.

Intervalos em Km/h	Intervalos em m/s
0,0 – 1,0	<b>0,0 – 0,28</b>
2,0 – 5,0	<b>0,56 – 1,4</b>
6,0 – 20,0	<b>1,68 – 5,6</b>
21,0 – 50,0	<b>5,88 – 14</b>

**Tabela 5a:** Intervalos de velocidades utilizados na planilha CALCULOS DOS COEFICIENTES DE CONVECÇÃO.xls convertidos de Km/h para m/s .

Intervalos adotados (m/s)	Número de Beaufort	Designação	Efeitos
<b>0,0 – 0,3</b>	0	Calma	A fumaça sobe verticalmente;
<b>0,4 – 1,4</b>	1	Aragem	A direção da aragem é indicada pela fumaça;
<b>1,5 – 5,6</b>	2 a 3	Brisa leve a brisa fraca	Sente-se o vento no rosto e movem-se as folhas das árvores; As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam;
<b>5,7 – 14</b>	4 a 7	Brisa moderada; Brisa forte; Vento fresco; Vento forte;	Pequenos papéis soltos são levantados e movem-se os galhos das árvores; Movem pequenas árvores; Assobios na fiação aérea e movem-se os maiores galhos das árvores; Movem-se as grandes árvores e é difícil andar contra o vento;

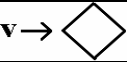
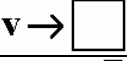
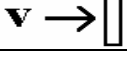
**Tabela 5b:** Relação entre os intervalos de velocidades utilizados e a Escala de *Beaufort*.



Considerou-se também, devido à gama de velocidades do vento, um valor máximo e mínimo para os coeficientes de convecção, coincidindo com os valores limites adotados para os intervalos das velocidades dos ventos.

### 3.2.2 GEOMETRIA DOS PRÉDIOS E AS CORRELAÇÕES UTILIZADAS

Após a análise das dimensões características dos prédios que estão inseridos na área objeto de estudo, verificou-se que a maioria deles tinha a largura maior que 0,66 vezes a dimensão da espessura. Portanto, a correlação a ser utilizada é a de escoamentos em torno de quadrados ou seção reta não-circular [Eq. 14], p. 52, relacionada às constantes da Tabela 2, p. 53, tendo-se considerado a incidência dos ventos quanto ao escoamento perpendicular à aresta do quadrado, ao escoamento incidente sobre o vértice do quadrado e escoamento sobre placa plana vertical, Tabela 6.

INCIDÊNCIA DOS VENTOS	
Ventos perpendiculares à aresta + cobertura	
Ventos incidentes sobre o vértice	
Ventos incidentes sobre placa plana vertical	

**Tabela 6:** Padrão de incidência dos ventos nos prédios da área objeto de estudo.

Para a simulação do cálculo dos coeficientes de convecção para a cobertura, foi considerado que o escoamento se desenvolve em paralelo a uma placa plana, portanto, utilizou-se a Equação 15, p. 53.

GEOMETRIA MÉDIA DOS PRÉDIOS	
Largura	17,47 m
Espessura	9,10 m
Altura	6,32 m

**Tabela 7:** Dimensões médias dos prédios inseridos na área objeto de estudo.

### 3.2.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESCOAMENTOS CONSIDERADOS

As características dos ventos registradas nas diversas estações meteorológicas instaladas no estado da Paraíba diferem das dos escoamentos que ocorrem na área objeto de estudo, devido às condições de rugosidade e topográficas locais. Esse fato motivou um ajustamento dessas características às condições de estudo, de acordo com a Equação 11, p. 49, utilizando-se para isso dados do Gráfico 5, p. 49, que se referem às condições do vento geostrófico e à rugosidade do terreno no sítio estudado.

Ao utilizar a lei de potência, empregou-se a altura de  $2/3$  da altura média total dos edifícios, onde se localiza a zona de estagnação, de acordo com a recomendação de Saraiva (1994) e conforme Figura 7, p. 50.

TIPOS DE TERRENO	
Estação Meteorológica de João Pessoa	Área Objeto de Estudo
Gradiente da altura = 400m	Gradiente da altura adotado = 520m
Índice da Lei de Potência = 0,28	Índice da Lei de Potência adotado = 0,40
Altura do anemômetro = 10,0m	

**Tabela 8:** Relação entre os tipos de terreno da estação meteorológica de João Pessoa e a área objeto de estudo.

Para a determinação das temperaturas e velocidades médias, assim como a frequência da direção dos ventos, utilizados para se calcular os coeficientes de convecção para a área objeto de estudo, foram usados apenas os dados coletados nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, tendo sido excluídas as estações das cidades de Camaratuba e Areia, pois, as mesmas não tinham a série de dados completas referente aos últimos 30 anos.

Após a confirmação da coerência dos dados coletados nas estações meteorológicas utilizadas, optou-se por relacionar a área objeto de estudo com uma estação de cada tipo climático classificado por Köppen (1884 *apud* ATLAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985) que está

destacada em vermelho na Figura 10, p. 71. As estações são as localizadas em João Pessoa, Monteiro e Patos, inseridas nos tipos climáticos  $As'$ ,  $BSh$  e  $Aw'$ , respectivamente.

A fim de ajustar as velocidades dos ventos das estações utilizadas em relação à área objeto de estudo, obteve-se a descrição dos tipos de terreno em que está inserida cada estação meteorológica empregada na determinação dos coeficientes de convecção. Essa descrição consta das Tabelas 8, 9 e 10, onde estão descritos os dados referentes ao gradiente de altura da camada limite CL, o índice da lei de potência e a altura do anemômetro, de cada estação, respectivamente.

TIPOS DE TERRENO	
Estação Meteorológica de Patos	Área Objeto de Estudo
Gradiente da altura = 400m	Gradiente da altura adotado = 520m
Índice da Lei de Potência = 0,28	Índice da Lei de Potência adotado = 0,40
Altura do anemômetro = 10,0m	

**Tabela 9:** Relação entre os tipos de terreno da estação meteorológica de Patos e a área objeto de estudo.

TIPOS DE TERRENO	
Estação Meteorológica de Monteiro	Área Objeto de Estudo
Gradiente da altura = 275m	Gradiente da altura adotado = 520m
Índice da Lei de Potência = 0,16	Índice da Lei de Potência adotado = 0,40
Altura do anemômetro = 10,0m	

**Tabela 10:** Relação entre os tipos de terreno da estação meteorológica de Monteiro e a área objeto de estudo.

### 3.2.4 ÁREA OBJETO DE ESTUDO – JUSTIFICATIVAS

Vários foram os motivos que se levaram em conta para a escolha da área objeto de estudo. O primeiro foi, em grande parte, devido aos estudos antecedentes sobre as condições de ventilação intra-urbana na orla marítima do estado da Paraíba, realizados por vários autores, entre eles pode-se citar: Santos (2007), que determinou o ângulo de céu obstruído com o objetivo de melhorar o desempenho energético de novos edifícios; Carvalho (2006), que elaborou uma metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima; Peregrino (2005), que analisou as interrelações entre os escoamentos de ventos e os padrões de ocupação do solo; e Queiroga (2005), que verificou a eficiência do dimensionamento de aberturas para ventilação natural.

O segundo motivo é que, após a investigação do comportamento dos coeficientes de convecção em relação às condições descritas anteriormente, fez-se uma simulação dos valores desses coeficientes *hc's*, utilizando a mesma área objeto de estudo, porém, empregando dados meteorológicos de três cidades localizadas em zonas climáticas distintas e que compõem e abrangem todo o estado da Paraíba.

Justifica-se a investigação de se utilizar dados climáticos de estações meteorológicas de zonas climáticas diferentes, em relação à mesma área objeto de estudo, devido à necessidade de se avaliar os valores dos coeficientes de convecção verificados, levando-se em consideração: 1) que as características físicas (dos materiais utilizados e das geometrias) dos prédios inseridos na área objeto de estudo, que se localiza na cidade de João Pessoa, poderiam se localizar também, em qualquer das outras cidades do estado; 2) que as características de ocupação do solo são semelhantes nas principais cidades do estado; e 3) que este trabalho visa à verificação dos coeficientes de convecção para todo o estado da Paraíba.

O último motivo, em menor importância, também foi por questões operacionais, já que a área do estudo encontra-se bem caracterizada e representada graficamente. No entanto, mesmo a área estando bem localizada dentro da malha urbana da cidade, já foi, e vem sendo investigada, devido a ter sido também escolhida pelos autores citados como área objeto de estudo, cujos resultados obtidos são, em conjunto, uma análise muito mais apurada devido à multidisciplinaridade dos estudos.

#### 4. UNIVERSO DE ANÁLISE

O estado da Paraíba é um dos menores Estados da Federação Brasileira, com uma área de 53.958 km<sup>2</sup>. Situa-se na região Nordeste do Brasil, limitando-se a Norte com o estado do Rio Grande do Norte, a Sul com o estado de Pernambuco, a Leste como o Oceano Atlântico e a Oeste com o estado do Ceará.



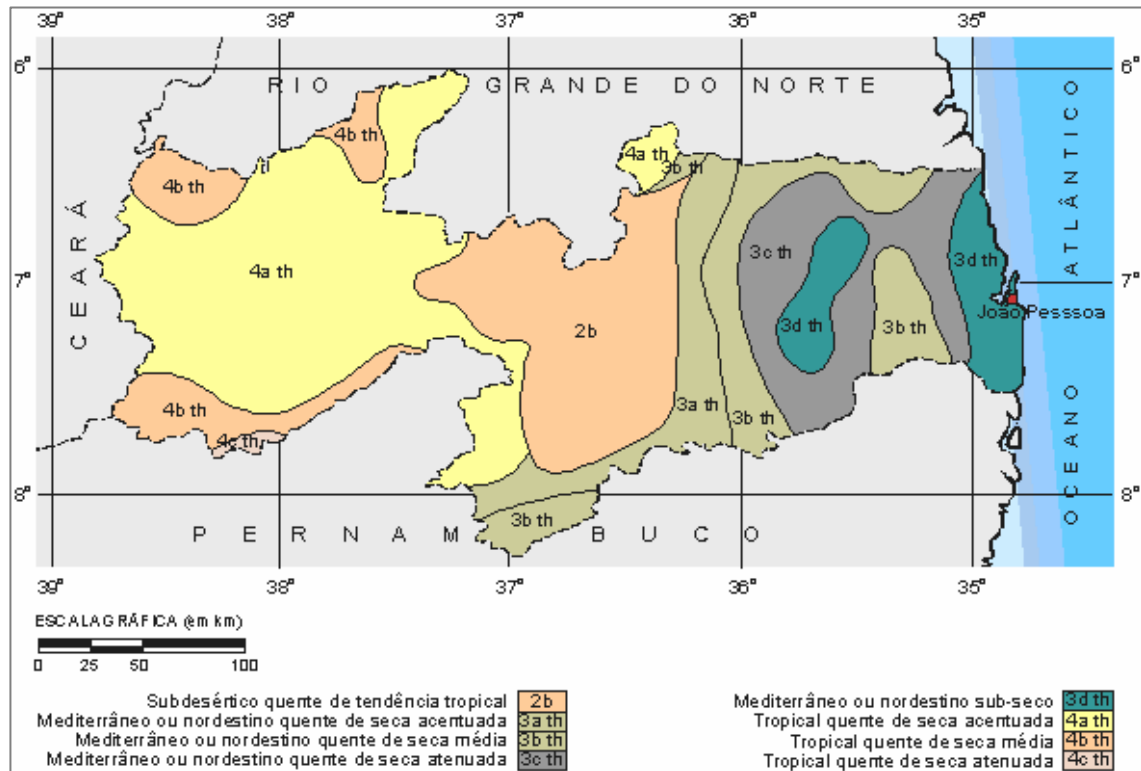
**Figura 8:** Mapa da Paraíba.

Fonte: Disponível em <<http://www.guianet.com.br/pb/mapapb.htm>>

Acesso em: 26. out. 2006.

Situa-se entre os Meridianos de 34° 45' 54" e 38° 45' 54", de Longitude Oeste e entre os Paralelos 6° 02' 12 " e 8° 19' 18", de Latitude Sul. Possui grande diversidade quanto ao relevo, clima e vegetação.

*Em consequência recebe aproximadamente 3.000 horas anuais de insolação, o que determina seu clima caracterizado por temperaturas médias anuais relativamente elevadas, sem estações térmicas, muito embora com estação úmida definida, regime pluviométrico acentuado e concentrado nos meses de maio, junho, julho, umidade relativa do ar elevada, possuindo apenas um a dois meses verdadeiramente secos. Tais condições conferem-lhe um clima que, segundo a Classificação Bioclimática de Köppen (1884), é do tipo 3dth que no Brasil, recebe a denominação de Mediterrâneo ou Nordeste subseco. (SILVA, 1999).*



**Figura 9:** Regiões Bioclimáticas segundo a classificação de Köppen.  
Fonte: SILVA (1999).

Os dados característicos do Bioclima 3dth, segundo a Classificação Bioclimática de Köppen (1884, *apud* SILVA, 1999) estão dispostos no Quadro 1. Esse quadro descreve as características das temperaturas anuais, enumera a pluviometria anual da área do brejo e do litoral, expõe a umidade relativa do ar e, por fim, define a duração do período da estação seca.

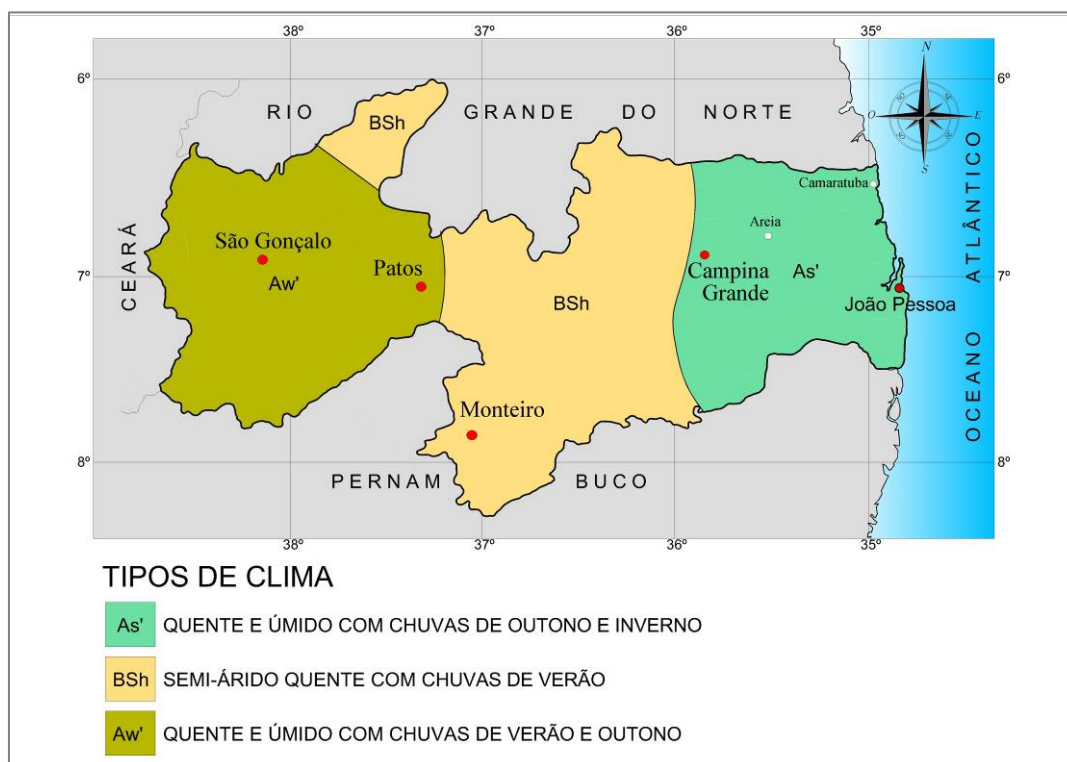
Segundo Köppen (1884 *apud* ATLAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985), a classificação climática do Estado da Paraíba é conforme a Figura 10. Nela, vê-se a localização de todas as estações meteorológicas do Estado, notando-se que estão bem distribuídas em relação à classificação quanto ao tipo de clima.

Bioclima	Características do Bioclima	Denominação no Brasil	TMA	Alt.	Lat.	Long.
3dth	<p>Apresenta médias térmicas anuais em torno de 25°</p> <p>Totais pluviométricos anuais de 1000 a 2000mm na área do brejo e 1500 a 1700mm no litoral</p> <p>Umidade relativa do ar em torno de 80%</p> <p>A estação seca dura de 01 a 03 meses</p>	Mediterrâneo ou Nordeste seco	25°	5m	7° 8' S	34°53' W

**Quadro 1:** Dados característicos do Bioclima 3dth.

Fonte: Atlas do Estado da Paraíba (1985, p. 42).

Visando a verificar os valores dos coeficientes de convecção no estado da Paraíba, relativos ainda a essa classificação, utilizaram-se os dados meteorológicos das estações de João Pessoa, Monteiro e Patos, destacados em vermelho na Figura 10, situadas nas regiões do litoral, cariri e sertão, respectivamente, pois estas cidades representam os tipos climáticos Aw', BSh e As'.

**Figura 10:** Classificação climática da Paraíba, segundo Köppen.

Fonte: SANTOS (2007).

Köppen (1884 *apud* ATLAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985) classifica os tipos de clima conforme o Quadro 2:

<b>Classificação do clima de W. Köppen</b>	
<b>1ª letra – maiúscula, representa a característica geral do clima de uma região:</b>	
A	climas megatérmicos (temperatura média do mês mais frio superior a 18°C)
B	climas secos (chuvas anuais abaixo de 500mm)
C	climas mesotérmicos (temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e superior a -3°C, ao menos um mês com média igual ou superior a 10°C)
D	climas microtérmicos (temperatura média do mês mais frio igual ou inferior a -3°C, ao menos um mês com média igual ou superior a 10°C)
E	climas polares (temperatura média de todos os meses do ano inferior a 10°C)
<b>2ª letra – minúscula, representa as particularidades do regime de chuva (apenas valem para os casos "A", "C" e "D"):</b>	
f	sempre úmido (mês menos chuvoso com precipitação superior a 60mm)
m	monçônico e predominantemente úmido
s	chuvas de inverno (mês menos chuvoso com precipitação inferior a 60mm)
w	chuvas de verão (mês menos chuvoso com precipitação inferior a 60mm)
<b>2ª letra - maiúscula, apenas caso "B":</b>	
S	clima semi-árido (chuvas anuais entre 250 e 500mm)
W	clima árido ou desértico (chuvas anuais menores que 250mm)
<b>2ª letra - maiúscula, apenas caso "E":</b>	
T	clima de tundra (pelo menos um mês com temperaturas médias entre 0°C e 10°C)
F	clima de calota de gelo (todos os meses do ano com médias de temperatura inferiores a 0°C)
<b>3ª letra - minúscula, representa a temperatura característica de uma região (apenas valem para os casos "C" e "D"):</b>	
a	verões quentes (mês mais quente com média igual ou superior a 22°C)
b	verões brandos (mês mais quente com média inferior a 22°C)
c	frio o ano todo (no máximo três meses com médias acima de 10°C)
<b>3ª letra - minúscula, apenas caso "B":</b>	
h	deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média igual ou superior a 18°C)
k	deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média inferior a 18°C)

**Quadro 2:** Tipos de Clima segundo Köppen.

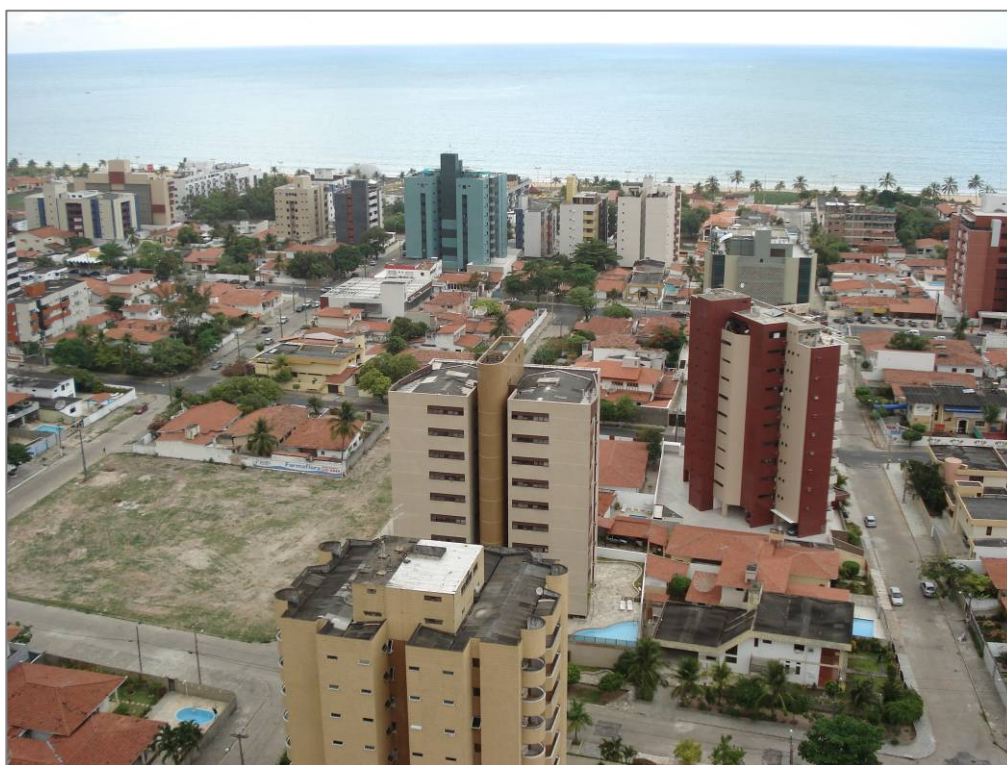
Fonte: Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_clima\\_de\\_K%C3%B6ppen](http://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_do_clima_de_K%C3%B6ppen)> Acesso em: 30. nov. 2006.



#### 4.1 DELIMITAÇÃO DO UNIVERSO DE ANÁLISE

A área objeto de estudo encontra-se na capital paraibana, que se chama João Pessoa, e está localizada no litoral em sua porção mais oriental, precisamente a 7° 08'S e 34° 55'W. A cidade de João Pessoa foi fundada no dia 5 de agosto do ano de 1585, às margens do Rio Sanhauá.

O desenvolvimento urbano de João Pessoa se caracteriza por ser predominantemente horizontal, embora esse tipo de desenvolvimento venha perdendo espaço para o do tipo vertical, principalmente na orla marítima, devido à crescente especulação imobiliária, conforme se pode observar na Figura 11a, que se situa dentro da área objeto de estudo.



**Figura 11a:** Foto obtida a partir da Rua Manuel C. Souza, vendo-se ao fundo a orla marítima da Praia do Cabo Branco – João Pessoa – PB.  
Fonte: Acervo do autor (2007).

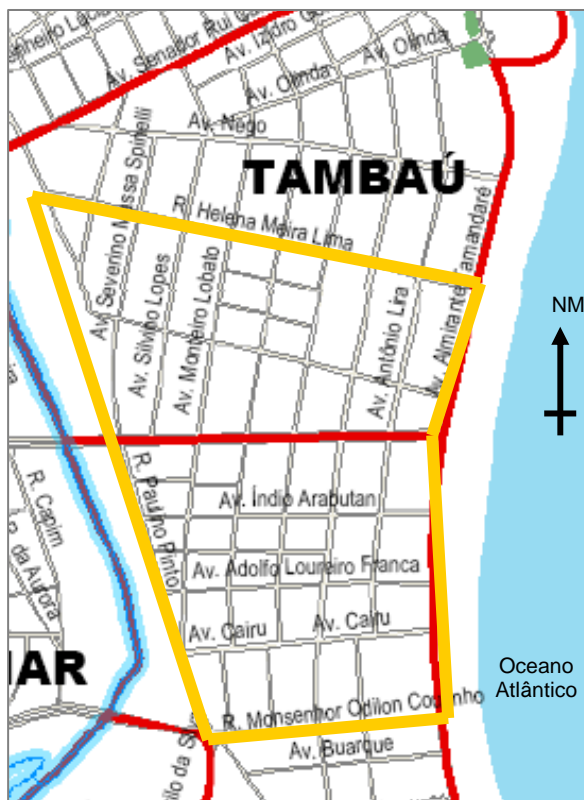
A área estudada encontra-se situada na orla marítima de João Pessoa, próximo ao ponto mais oriental das Américas, mais precisamente nas praias do Cabo Branco e de Tambaú. Limita-se a Norte com a Rua Helena Meira Lima, a Sul com a Rua Monsenhor Odilon Coutinho (final

da Avenida Beira Rio), a Leste pela Avenida Cabo Branco/Avenida Almirante Tamandaré e a Oeste com a Avenida Paulino Pinto, constituindo uma poligonal de 748.318,44 m<sup>2</sup>, onde estão inseridas 49 quadras urbanas com características de uso do solo predominantemente residencial, conforme Figura 11b.

A Constituição do Estado da Paraíba foi promulgada em 5 de outubro de 1989. Dela consta o Artigo 229, que diz que:

*A zona costeira, no território do Estado da Paraíba, é patrimônio ambiental, cultural, paisagístico, histórico e ecológico, na faixa de quinhentos metros de largura, a partir da preamar de sizígia para o interior do continente, cabendo ao órgão estadual de proteção ao meio ambiente sua defesa e preservação, na forma da lei. (Artigo 229).*

Além disso, indica que o Plano Diretor dos Municípios, que se localizam no litoral, disciplinará as construções nessa faixa.



**Figura 11b:** Área objeto de estudo (em amarelo).

Fonte: SEPLAN – Prefeitura Municipal de João Pessoa (2006).

Em 1990, a Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, em seu Artigo 175, determina que o Plano Diretor discipline a ocupação da faixa litorânea e, a partir de 1992, com a sanção das Leis Complementares que institucionalizaram o Plano Diretor ficou definitivamente definido que a porção denominada Orla Marítima corresponde a uma faixa linear de 500 m medidos a partir da preamar de sizígia para o interior do continente, sendo que nesta faixa, o gabarito em altura é escalonado, iniciando-se a 12,90 m na primeira linha de lotes à beira-mar, estendendo-se até aproximadamente 35 m na última linha.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DE ANÁLISE

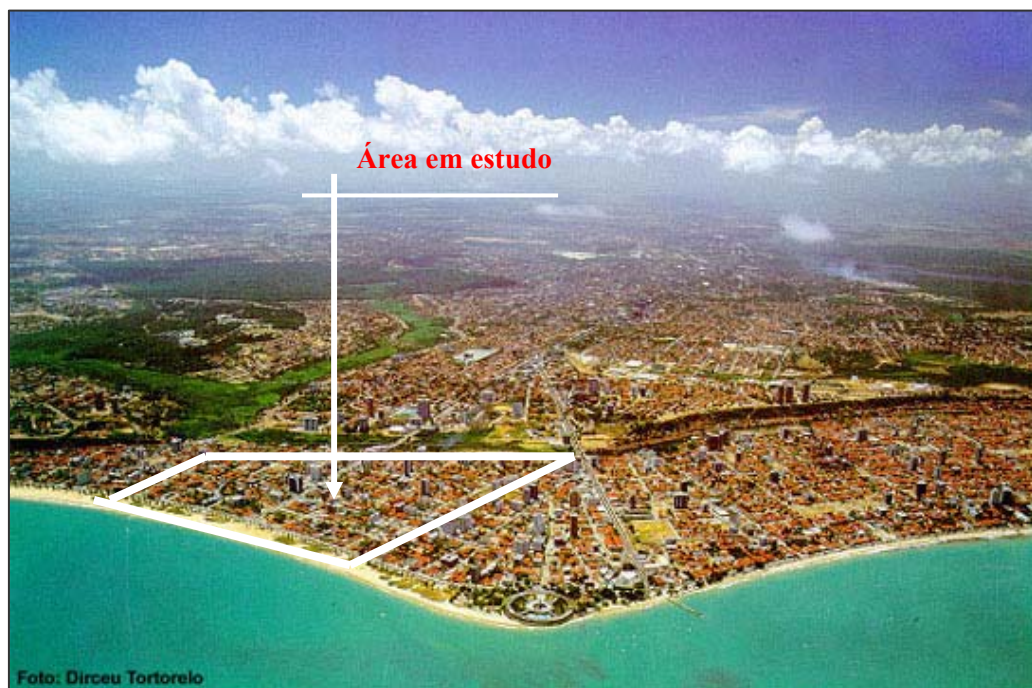
A área objeto de estudo escolhida está situada na Zona Adensável Prioritária 8 (ZAP), dentro de uma parte da *Orla Marítima*, de acordo com o zoneamento determinado pelo Plano Diretor de João Pessoa. É beneficiada por todo tipo de infra-estrutura, tais como: água, energia, telefonia, drenagem, esgotamento sanitário e pavimentação em paralelepípedo e asfalto.

O adensamento populacional previsto para a área em estudo é de até 150 hab/ha e o índice de aproveitamento construtivo máximo é de 4,0, conforme Plano Diretor. Estes índices ainda estão muito longe de serem atingidos, pois, ainda é predominante na região edificações com um ou dois pavimentos. Entretanto, a partir da década de 90, nota-se um significativo processo de verticalização dos edifícios, principalmente os do tipo residencial.

Vê-se que nos últimos anos é crescente o adensamento populacional na área em estudo, devido à substituição das edificações pequenas, de um ou dois pavimentos, por edificações mais altas e com grandes áreas, fora da orla marítima (faixa de 500 m a partir preamar de sizígia), e por edifícios de até quatro pavimentos à beira-mar.

Na maioria dos casos, ocorre o remembramento de lotes a fim de se ter recursos para se construir edifícios mais altos e com maiores áreas construídas, obtendo-se maior número de unidades habitacionais. Esses edifícios são em sua maioria do tipo residencial multifamiliar.

Nota-se também uma expressiva modificação no uso e ocupação do solo, motivada pelos investimentos destinados aos serviços para a indústria do turismo, tais como: hotéis, *flats*, restaurantes e bares, que se situam notadamente nas principais vias e beira-mar.

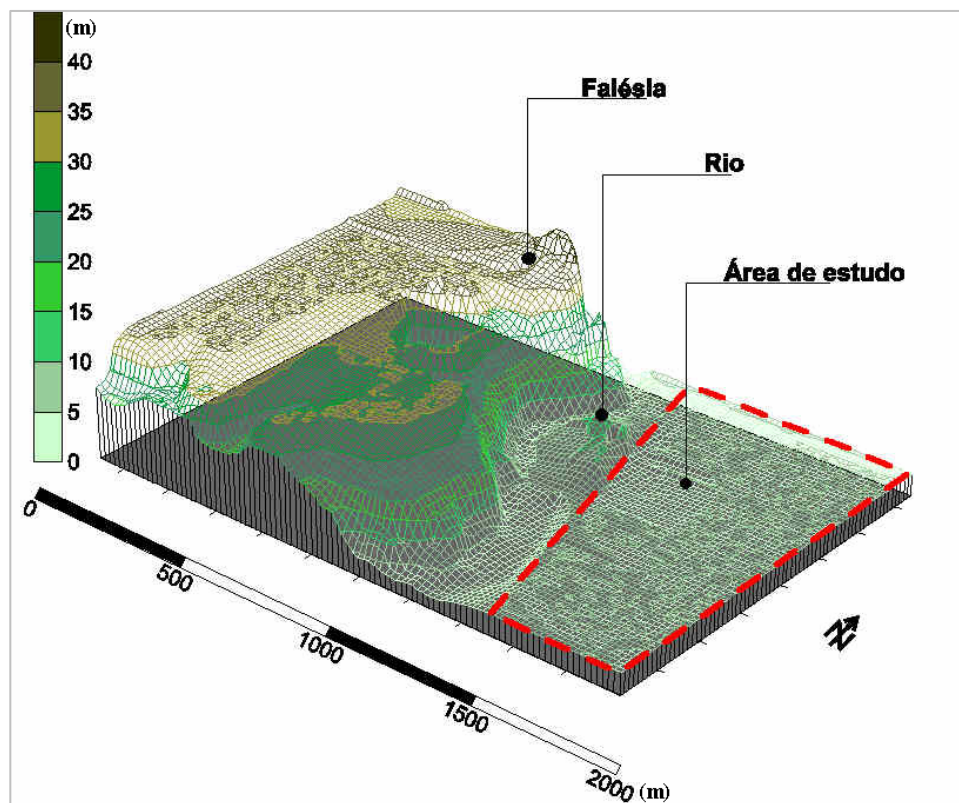


**Figura 12:** Foto da área objeto de estudo (em branco).  
Fonte: Acervo de Dirceu Tortorelo.

A área estudada apresenta topografia com pequenas variações nas suas cotas altimétricas. Praticamente toda ela situa-se à cota de 5 metros em relação ao nível do mar, entretanto, a Oeste, observam-se variações mais significativas, onde, na medida em que se aproximam do Rio Jaguaribe as cotas têm valores mais baixos. A partir de então, ainda na direção Oeste, encontram-se falésias mortas, margeando o rio Jaguaribe, com cotas acima dos 30 metros. A Figura 13a ilustra bem como se apresenta a topografia da área.

O traçado urbano da área objeto de estudo é do tipo regular, com suas ruas orientadas nos sentidos norte-sul e leste-oeste, conforme de vê na Figura 13b. A maioria das ruas é pavimentada em paralelepípedos de pedras graníticas, sendo as ruas de tráfego mais intenso pavimentadas por asfalto. Os horários de maior movimento do trânsito são entre 7h e 8h30min, entre 11h30min e 14h, e entre 17h30min e 19h30min, certamente nos horários em que a população vai de casa ao trabalho, volta do trabalho para casa, a fim de almoçar; no começo da tarde retorna para trabalhar, e por fim, ao término do dia, regressa a sua residência.





**Figura 13a:** Topografia da área em estudo.  
Fonte: PEREGRINO (2005).

As avenidas com tráfego mais intenso devido a essa situação são as vias coletoras, na sua maioria asfaltadas. As principais são: a Avenida Cabo Branco, que margeia a beira-mar da praia de mesmo nome; a Avenida Tamandaré que margeia a beira-mar da praia de Tambaú; e as Avenidas N. Sr<sup>a</sup>. dos Navegantes, Antônio Lira, Maria Sales, José Américo (Beira Rio), Epitácio Pessoa e Rui Carneiro.



**Figura 13b:** Foto obtida a partir da Rua Manuel C. Souza no sentido norte-sul, vendo-se ao fundo a orla marítima da Praia do Cabo Branco – João Pessoa – PB.  
Fonte: Acervo do autor (2007).

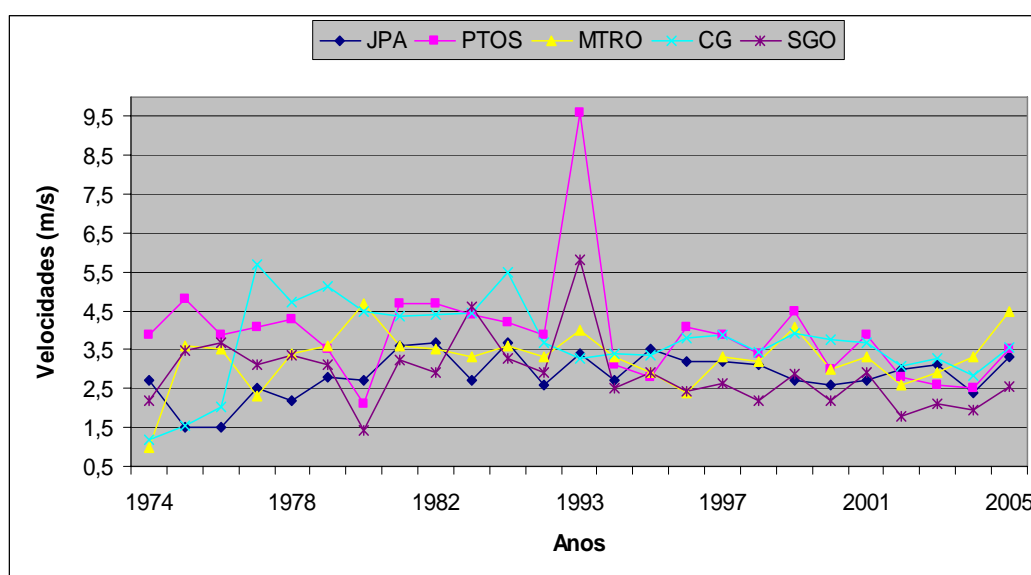
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 PERFIS DAS VELOCIDADES MÉDIAS

As estações meteorológicas utilizadas para a determinação dos perfis das velocidades médias dos ventos foram as das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, com medições realizadas nos horários das 09h e 15h, nos meses de janeiro e junho, além de uma medição das médias anuais, durante o período de 1974 a 2005.

- JANEIRO – 9h:

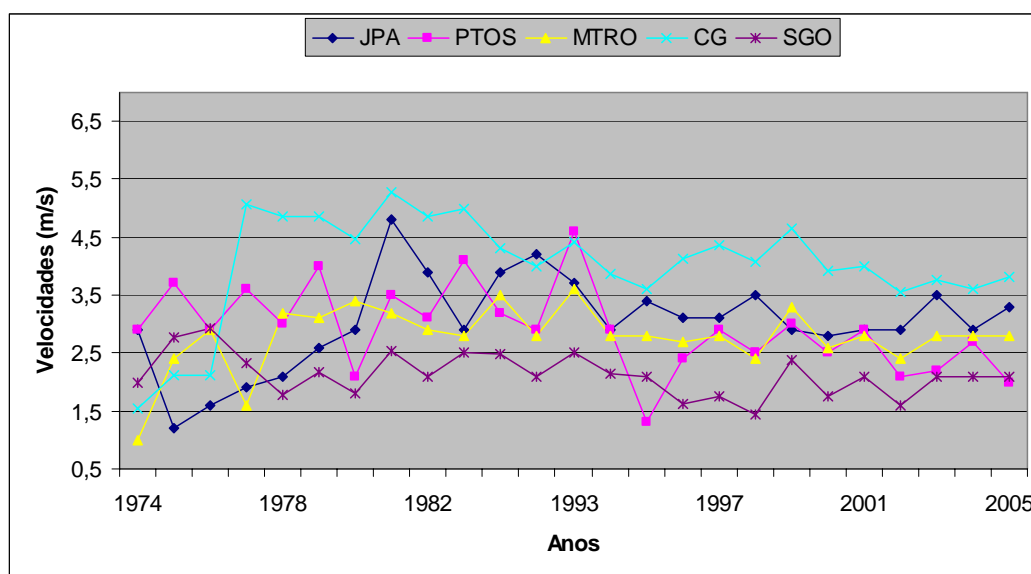
Os perfis das velocidades médias obtidas das estações meteorológicas utilizadas, Gráfico 9, demonstram uma conexão significativa entre eles. Nota-se que a maior coerência está entre estações localizadas dentro dos mesmos tipos climáticos classificados por Köppen (1884 *apud* Atlas do Estado da Paraíba, 1985). É bastante expressiva a semelhança entre os perfis das estações localizadas nas cidades de Patos e São Gonçalo, inseridas na zona climática *Aw'*. Da mesma forma, existe semelhança, embora com menor intensidade, entre as estações localizadas em Campina Grande e João Pessoa, situadas na zona climática *As'*. Nesse período, a velocidade mínima média dos ventos verificada foi 1,0m/s, a velocidade máxima média 9,6m/s e a velocidade média 3,3m/s.



**Gráfico 9:** Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de janeiro, medidas às 9h.

- JANEIRO – 15h:

Os perfis das velocidades médias apresentados no Gráfico 10, mantêm semelhança entre as estações, principalmente entre as da mesma zona climática, reforçando a coerência dos dados e ratificando os perfis do Gráfico 9. No horário das 15h, a velocidade mínima média verificada no período foi 1,0m/s, a velocidade máxima média 5,3m/s e a velocidade média 3,0m/s. Nesse horário, nota-se uma diminuição significativa das velocidades médias na estação meteorológica localizada na cidade de Patos, que durante o turno da manhã (9h) tinha valor médio de 3,9m/s, passando para 2,9m/s no turno da tarde (15h).



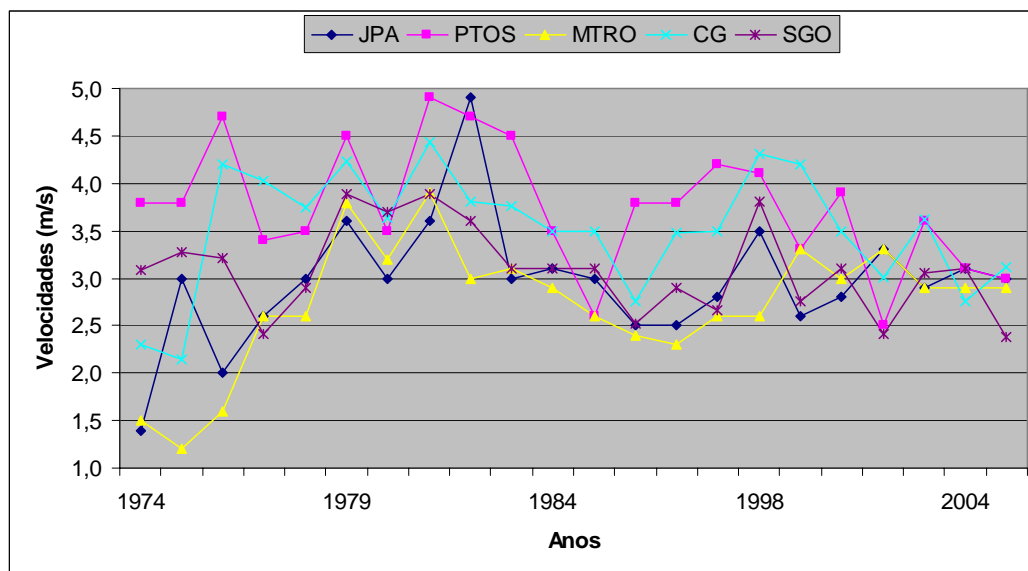
**Gráfico 10:** Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de janeiro, medidas às 15h.

- JUNHO – 9h:

Analisando agora os perfis de velocidades médias obtidos às 9h, Gráfico 11, verificou-se mais uma vez a semelhança entre os perfis. Vê-se que entre os anos de 1980 e 1982 houve significativo aumento das velocidades médias dos ventos em todas as estações meteorológicas, exceto a de São Gonçalo em que foi menos acentuada. Da mesma forma, nota-se uma relativa diminuição das velocidades médias entre os anos de 1982 e 1985, em



todas as estações. Nesse horário, a velocidade mínima média verificada foi 1,2m/s, a velocidade máxima média 4,9m/s e a velocidade média 3,2m/s.

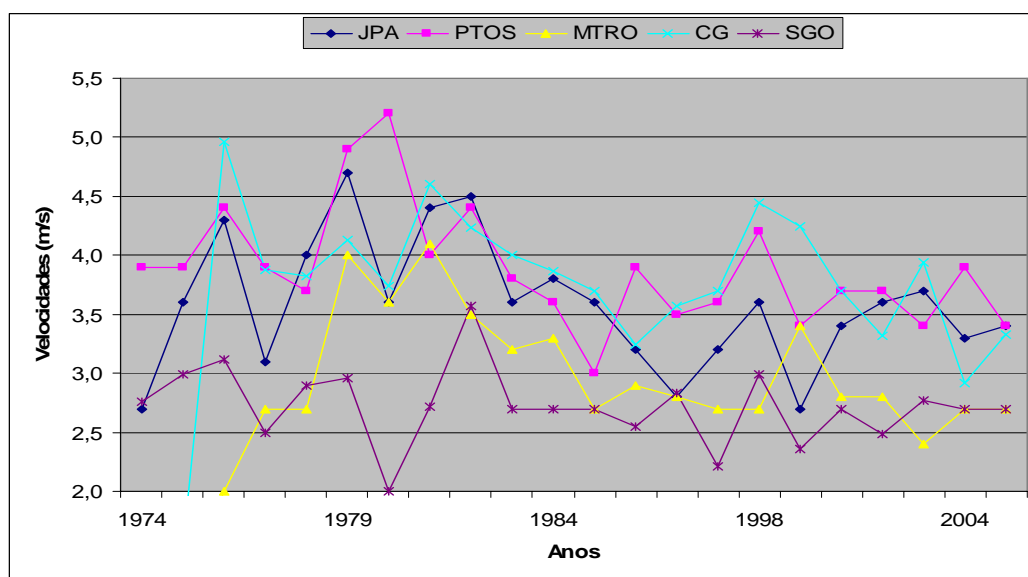


**Gráfico 11:** Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de junho, medida às 9h.

- JUNHO – 15h:

Os perfis das velocidades médias dos ventos, Gráfico 12, continuam demonstrando coerência entre os perfis, mantendo-se a tendência à semelhança entre os de mesma zona climatológica. Nesse horário verificou-se a velocidade mínima média de 1,2m/s, velocidade máxima média 5,2m/s e velocidade média de 3,3m/s.

No Gráfico 9, p. 79, assim como no Gráfico 12, notam-se significativos picos de velocidades médias. No primeiro caso, o pico é detectado no perfil da estação meteorológica da cidade de Patos, no ano de 1993 devido à falta de dados, pois, a coleta só se deu apenas no mês de janeiro daquele ano. No segundo caso, o pico aparece na estação da cidade de Campina Grande, no ano de 1975, não sendo detectado o motivo.

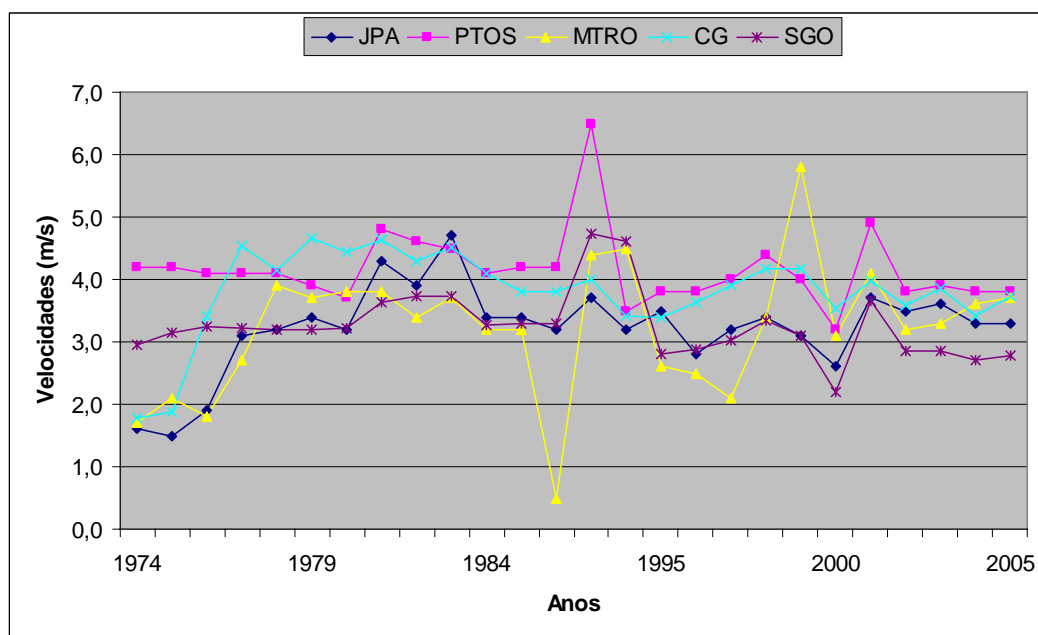


**Gráfico 12:** Perfis das velocidades médias dos ventos verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de junho, medidas às 15h.

- ANUAL – 9h:

Os perfis das velocidades médias dos ventos, Gráfico 13, indicam com mais ênfase a coerência e semelhança entre os perfis das estações localizadas nas mesmas zonas climáticas. No entanto, a estação meteorológica de Monteiro apresenta um perfil com vales e picos significativos nos anos de 1990 e 1999, abaixo e acima da média, respectivamente, mas, mantendo as mesmas características das outras estações, nos outros anos. Nesse horário, a velocidade mínima média verificada foi 0,5m/s e a velocidade máxima média 6,5m/s, coincidentemente medidas na mesma zona climática. A velocidade média verificada foi 3,5m/s.

É importante perceber que, embora a semelhança entre os perfis seja maior entre os de uma mesma zona climática, os valores médios das velocidades dessas mesmas estações não são iguais. Como exemplo, tem-se o caso das estações de Patos e São Gonçalo, que pertencem à zona climática *Aw'*. No Gráfico 13, pode-se ver que os perfis dessas duas estações são muito semelhantes, apesar dos valores de suas velocidades médias serem diferentes. A velocidade média da estação de Patos foi 3,9m/s, enquanto que a da estação de São Gonçalo foi 2,9m/s, ou seja, uma diferença significativa de 34%, no mesmo período medido.

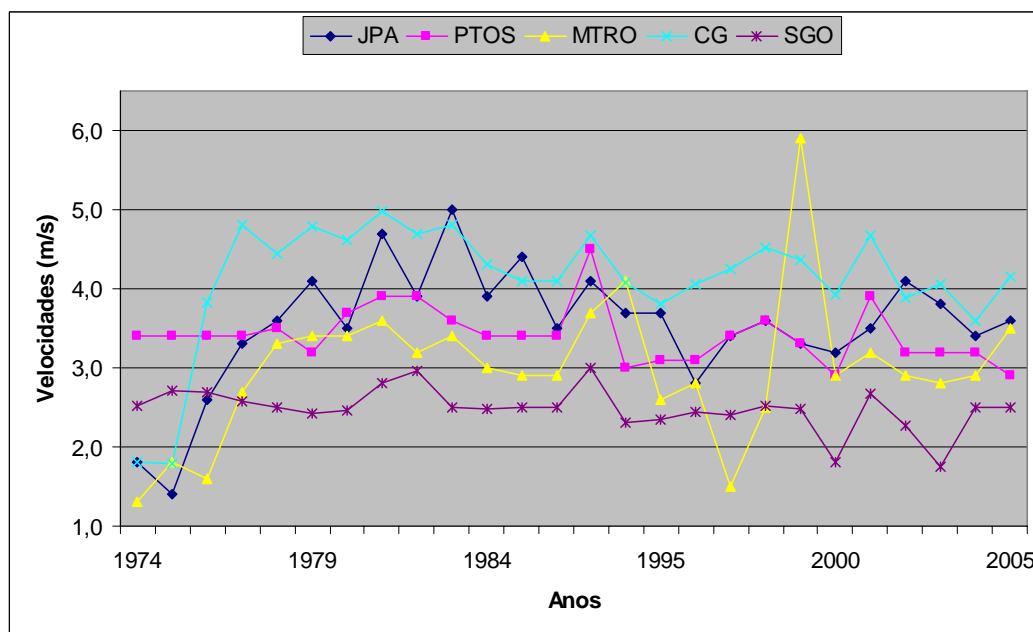


**Gráfico 13:** Perfis das velocidades médias dos ventos anuais verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 9h.

- ANUAL – 15h:

No Gráfico 14, observa-se que a maior semelhança ocorre entre as estações meteorológicas situadas mais próximas do litoral, ou seja, as que pertencem às zonas climáticas **Bsh** e **As'**. Nota-se um quase perfeito sincronismo entre estas estações, pelo período de 1974 até o ano de 1997, quando, a partir daí, e até o ano de 1999, a estação de Monteiro apresenta vales e picos em relação à média, mesmo estando dentro dos limites médios verificados.

Ainda no Gráfico 14, vê-se também a expressiva analogia entre as estações de Campina Grande e João Pessoa, que detêm as maiores velocidades médias anuais, dentre todas as estações meteorológicas utilizadas. Nesse horário, a velocidade mínima média anual determinada no período foi 1,3m/s, registrada na estação de Monteiro e a velocidade máxima média anual 5,9m/s também na estação de Monteiro. A velocidade média anual foi 3,4m/s.



**Gráfico 14:** Perfis das velocidades médias dos ventos anuais verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 15h.

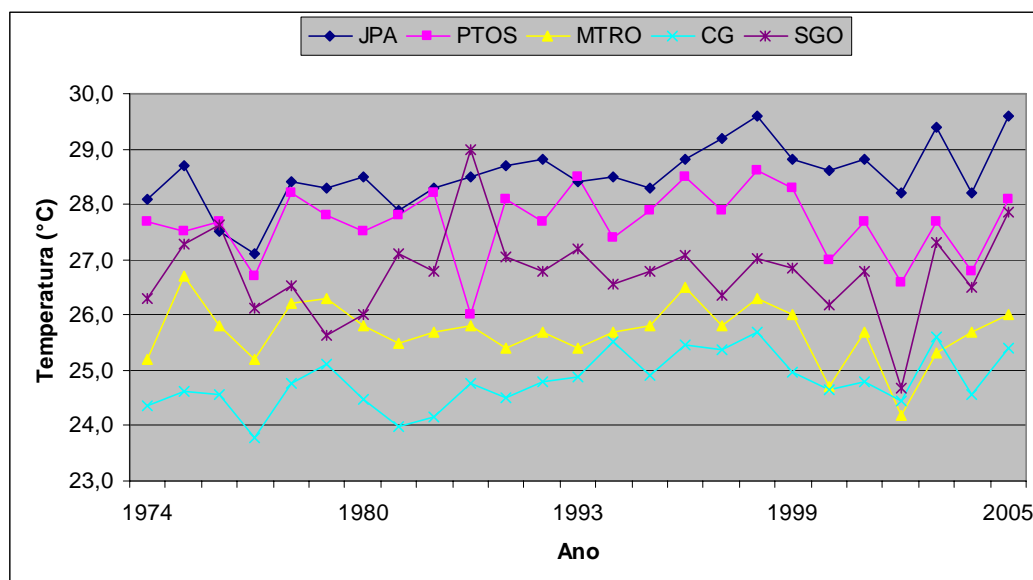
Como conclusão parcial, e após análise da série de dados das estações meteorológicas do estado da Paraíba, pelo período de 1974 a 2005, coletados nos horários de 9h e 15h, pode-se dizer que a velocidade média verificada nos últimos 30 anos foi de **3,4m/s**.

## 5.2 PERFIS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS

- JANEIRO – 9h:

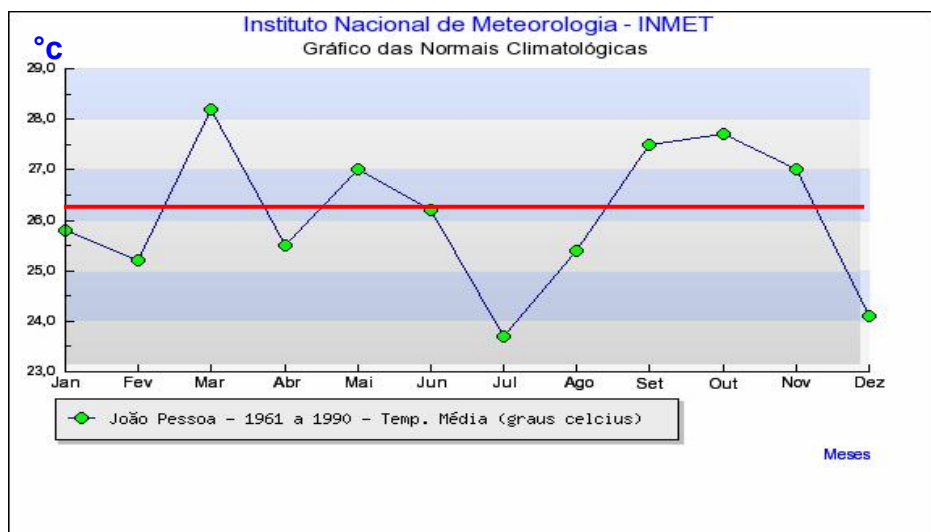
Os perfis das temperaturas médias dos ventos obtidas das estações meteorológicas utilizadas, apresentadas no Gráfico 15, mostram também uma coerência significativa entre eles. Nota-se que a maior coerência é entre estações localizadas dentro do mesmo tipo climático classificado por Köppen (1884 *apud* Atlas do Estado da Paraíba, 1985), assim como os perfis das velocidades médias. É bastante expressiva a semelhança entre os perfis das estações localizadas nas cidades de Patos e São Gonçalo, inseridas na zona climática *Aw'*, inclusive com valores de temperaturas bastante parecidos. Da mesma forma, existe grande semelhança de perfis entre as estações localizadas em Campina Grande e João Pessoa, situadas na zona climática *As'*, com valores bastante distintos. Pode-se observar que nesse período, na estação de Campina Grande, a temperatura mínima média foi 23,8°C, enquanto que a da estação de

João Pessoa 27,1°C, com diferença significativa de 3,3°C. Nesses últimos 30 anos, a temperatura mínima média verificada foi 24,2°C na estação de Monteiro e a temperatura máxima média 29,6°C na estação de João Pessoa. A temperatura média verificada foi 26,7°C.



**Gráfico 15:** Perfis das temperaturas médias do ar verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, durante os meses de janeiro, medidas às 9h.

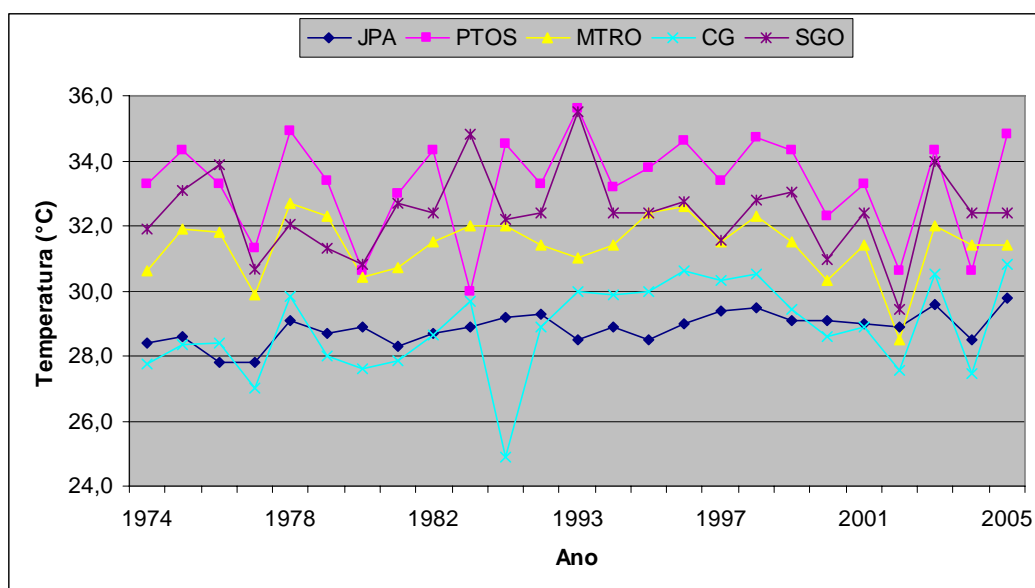
O Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, que forneceu todos os dados das estações meteorológicas do estado da Paraíba, fez um levantamento de dados referentes às temperaturas médias mensais dos ventos durante o período de 1961 a 1990, para a cidade de João Pessoa. Esse levantamento é apresentado em forma de gráfico, que pode ser visto na Figura 16, onde se observa a analogia com os valores verificados neste trabalho, o que vem validar mais ainda a pesquisa realizada.



**Gráfico 16:** Gráfico das normais climatológicas mensais para a cidade de João Pessoa, calculada no período de 1961 a 1990.

Fonte: Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php?lnk=/html/clima/mapas/>> Acesso em: 28. dez. 2006.

- JANEIRO – 15h:

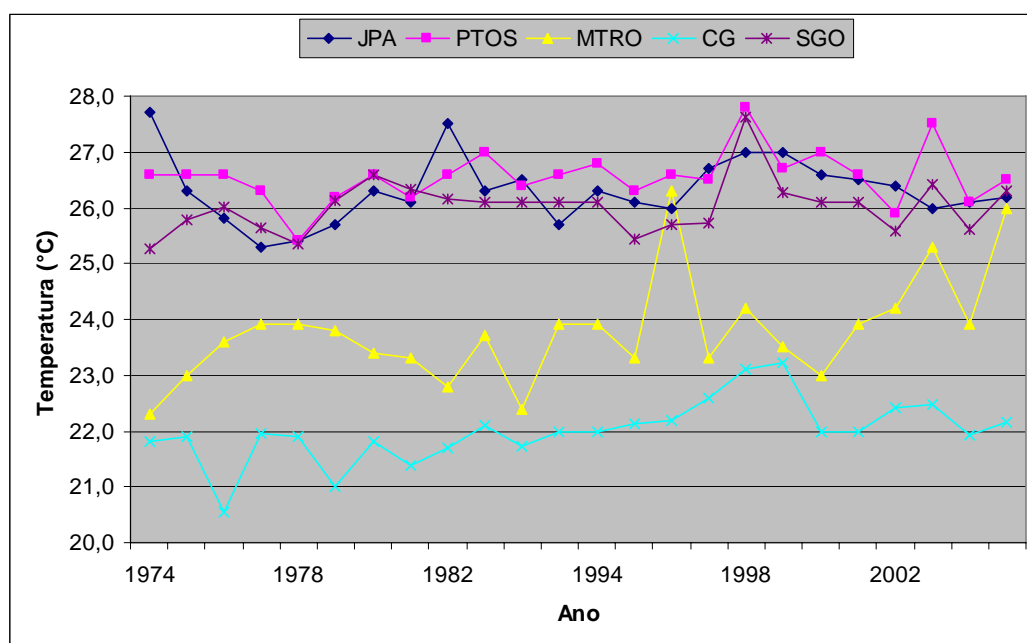


**Gráfico 17:** Perfis das temperaturas médias do ar verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, nos meses de janeiro medidas às 15h.

No Gráfico 17, nota-se uma pequena discrepância no perfil da estação da cidade de Campina Grande ano de 1986, que também é detectada no perfil da estação meteorológica da cidade de Patos, embora que no ano anterior. A temperatura mínima média ocorrida no período foi 24,9°C, na estação da cidade de Campina Grande. A temperatura máxima média foi 35,6°C na

estação de Patos. A temperatura média foi de 31,0°C. Nesse horário, nota-se um aumento médio significativo da ordem de 16%, nas temperaturas médias verificadas em todas as estações meteorológicas do estado da Paraíba, em relação ao turno da manhã (9h), que tinha valores médios em torno de 26,7°C.

- JUNHO – 9h:

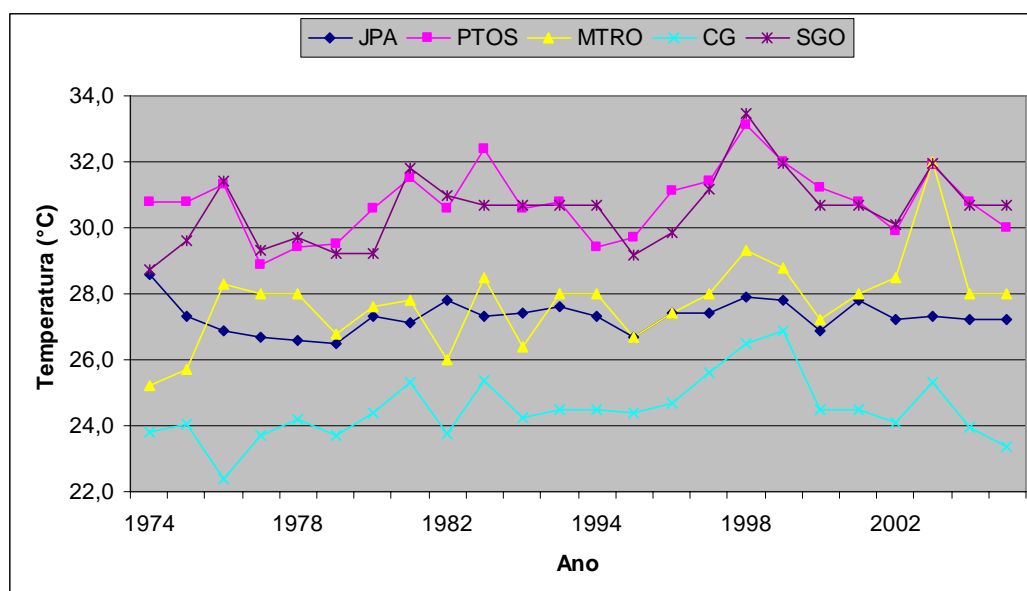


**Gráfico 18:** Perfis das temperaturas médias do ar verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, nos meses de junho, medidas às 9h.

Analisando os perfis de temperaturas médias obtidas nos meses de junho, Gráfico 18, verificou-se mais uma vez a semelhança entre eles, apesar de um descolamento dos perfis das estações meteorológicas das cidades de Campina Grande e Monteiro. A estação da cidade de Monteiro é a única localizada na zona climática **Bsh**, e, portanto, não tem com que se comparar. Já a estação meteorológica de Campina Grande que pertence à mesma zona climática da estação de João Pessoa, apresenta valores médios bem distintos. Para se ter uma idéia, a temperatura média verificada em Campina Grande foi 23,3°C, enquanto que na estação de João Pessoa foi de 26,8°C, ou seja, uma diferença de 3,5°C. Nesse horário, a temperatura mínima média verificada foi 20,6°C na estação de Campina Grande, a temperatura máxima média 27,8°C, na estação de Patos e a temperatura média 25,0°C.

- JUNHO – 15h:

Os perfis das temperaturas médias, Gráfico 19, demonstram coerência entre os perfis. Nota-se uma aproximação dos valores das temperaturas médias das estações meteorológicas das cidades de Campina Grande e João Pessoa. É de se destacar, que a semelhança entre os valores das temperaturas médias entre as estações localizadas nas cidades de João Pessoa, Campina Grande e Monteiro parece ser por causa da proximidade com o litoral e por suas zonas climáticas serem anexas. Verificou-se temperatura mínima média de 22,4°C na estação de Campina Grande, temperatura máxima média de 33,5°C, na estação de São Gonçalo e a temperatura média de 28,3°C.



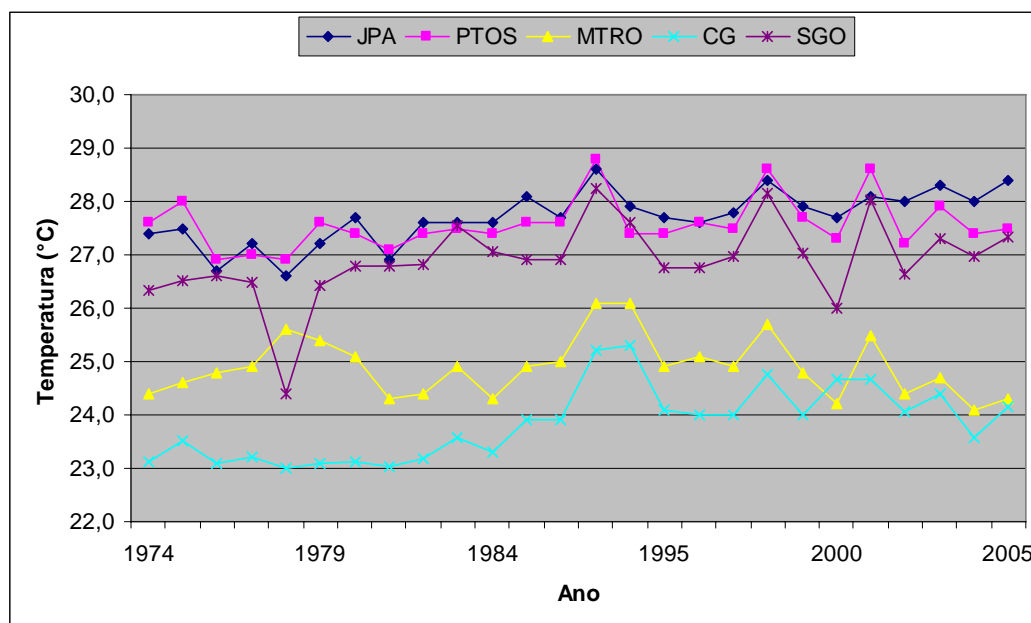
**Gráfico 19:** Perfis das temperaturas médias do ar verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 15h.

- ANUAL – 9h:

O Gráfico 20 demonstra a analogia entre os perfis e a repetição das características anteriores entre as estações meteorológicas de Monteiro e Campina mantendo-se a tendência ao descolamento apenas em relação aos seus valores, pois, a temperatura média verificada na estação de Monteiro foi 24,9°C, bem próxima do valor da temperatura média ocorrida na estação de Campina Grande, 23,9°C. Já as temperaturas médias verificadas nas estações de



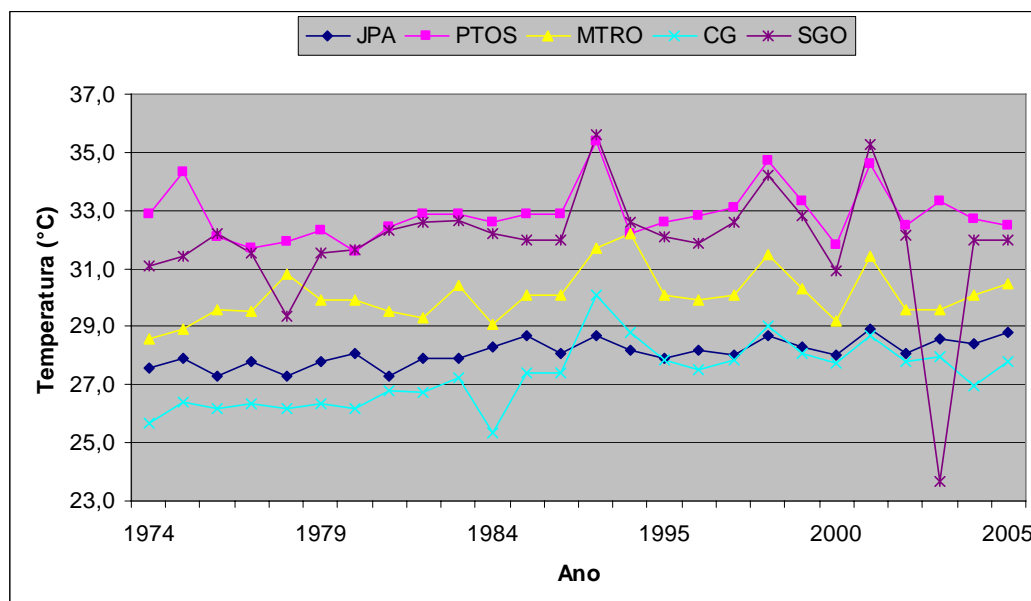
João Pessoa, Patos e São Gonçalo foram, respectivamente de, 27,7°C, 27,6°C e 26,9°C, aproximadamente 17% acima das temperaturas médias anteriores. Nesse horário, a temperatura mínima média ocorrida foi 23,0°C na estação de Campina Grande, a temperatura máxima média 28,8°C na estação de Patos e a temperatura média de 26,2°C.



**Gráfico 20:** Perfis das temperaturas médias do ar anuais verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 9h.

- ANUAL – 15h:

No Gráfico 21, nota-se que as temperaturas médias anuais estão bem definidas e relacionadas com as zonas climáticas classificadas por Köppen (1884 *apud* ATLAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985). Observa-se grande semelhança dos perfis entre todas as estações meteorológicas, exceto na estação de São Gonçalo no ano de 2003, que apresentou uma queda de sua média com valor 23,7°C, bem discrepante dos valores médios das outras estações. No mesmo gráfico, vê-se também analogia entre as estações de Campina Grande e João Pessoa, em que ocorreram as menores temperaturas médias anuais, dentre todas as estações meteorológicas utilizadas. O mesmo ocorre entre as estações das cidades de Patos e São Gonçalo, onde se verificaram as maiores temperaturas médias anuais. A temperatura mínima média verificada foi 23,7°C, a temperatura máxima média 35,6°C, todas registradas na estação da cidade São Gonçalo, e a temperatura média anual verificada foi 30,1°C.



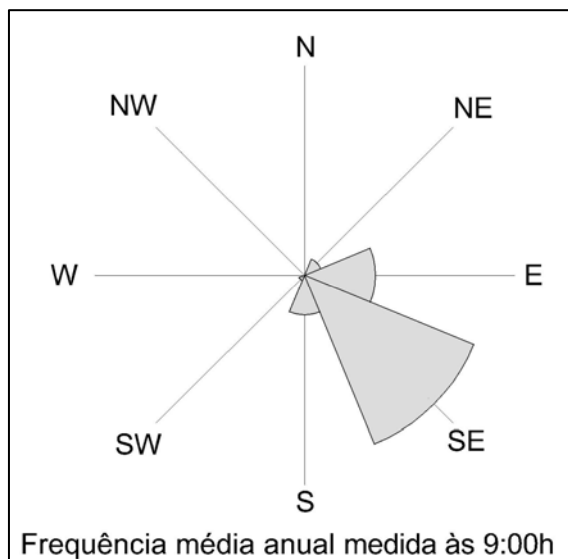
**Gráfico 21:** Perfis das temperaturas médias anuais do ar verificadas no período entre 1974 e 2005, nas estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, medidas às 15h.

Como mais uma conclusão parcial, e após análise da série de dados das estações meteorológicas do estado da Paraíba, coletados nos horários de 9h e 15h, pode-se dizer que a temperatura média dos ventos verificada nos últimos 30 anos foi **28,1°C**.

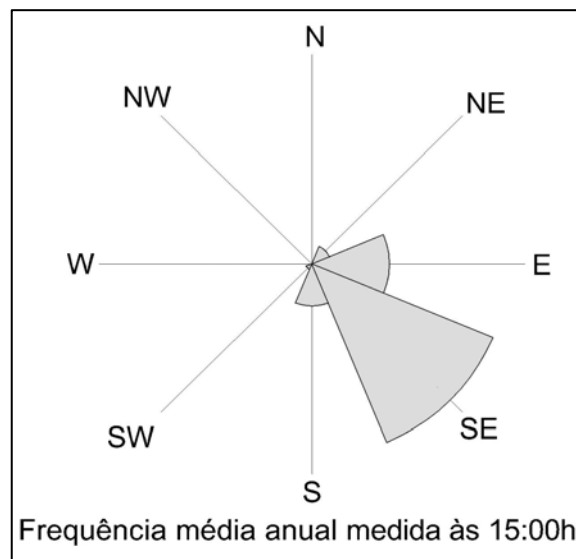
### 5.3 ROSA DOS VENTOS

A elaboração das Rosas dos Ventos das estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Monteiro e Patos que estão representadas nas Figuras 14a a 16b são resultados da aplicação de dois aplicativos Ms-Access e Excel.

Dos valores observados na estação meteorológica de João Pessoa, Figuras 14a e 14b, constata-se que as frequências das ocorrências nos horários de 9h e 15h nas médias anuais, concentram-se no quadrante sudeste, entre os rumos 90° e 180°, com predominância do rumo 135°, verificando-se certa dispersão nas outras direções.

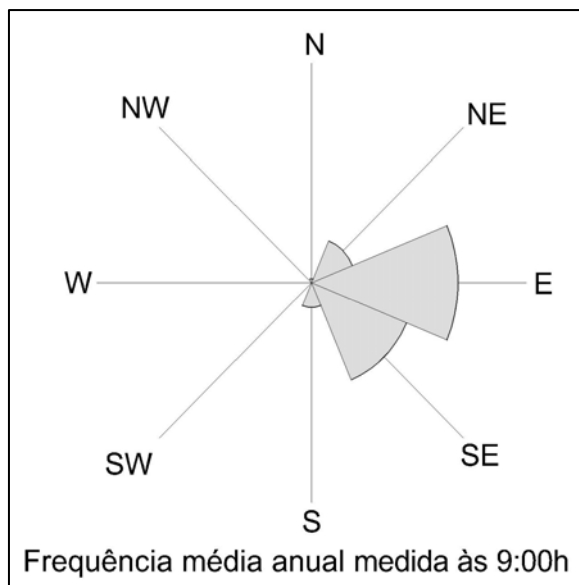


**Figura 14a:** Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 9h, na estação meteorológica de João Pessoa.

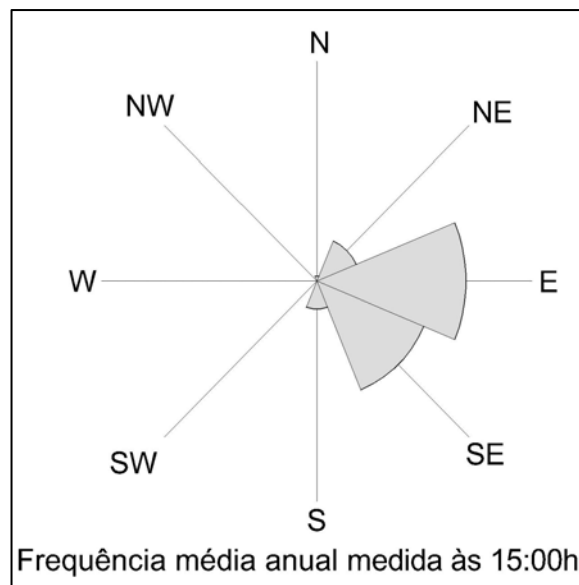


**Figura 14b:** Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005 às 15h, na estação meteorológica de João Pessoa.

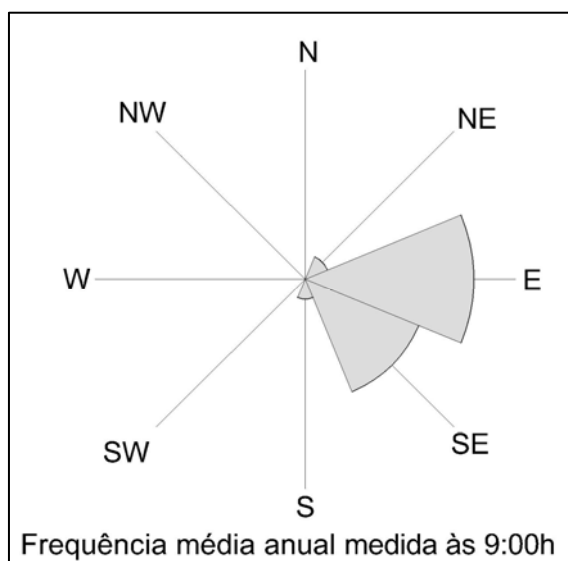
Da observação dos valores das estações meteorológicas de Monteiro e Patos, que se localizam a mais de 250 km do litoral, em linha reta, Figuras 15a, 15b, 16a, e 16b respectivamente, constata-se uma ligeira modificação em relação à estação de João Pessoa, pois, as frequências das ocorrências nas duas estações, nos horários de 9h e 15h das médias anuais que lá ocorrem, concentra-se no quadrante leste, entre os rumos  $45^\circ$  e  $135^\circ$ , com predominância do rumo  $90^\circ$ , verificando-se uma grande dispersão nas outras direções.



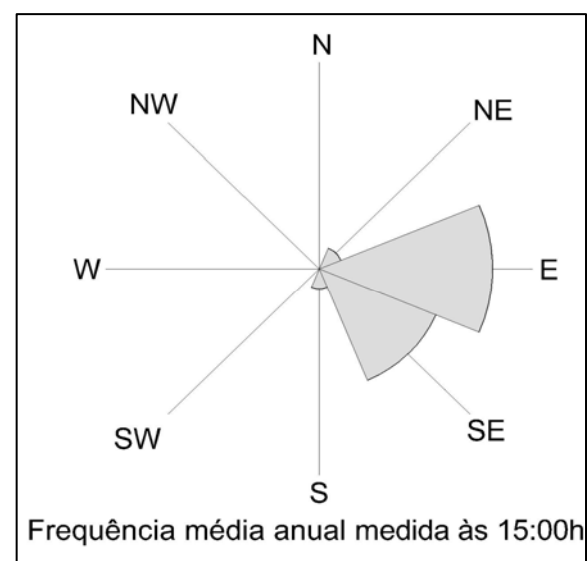
**Figura 15a:** Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 9h, na estação meteorológica de Monteiro.



**Figura 15b:** Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 15h, na estação meteorológica de Monteiro.



**Figura 16a:** Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 9h, na estação meteorológica de Patos.



**Figura 16b:** Rosa dos ventos da frequência média anual dos ventos verificada no período de 1974 a 2005, às 15h, na estação meteorológica de Patos.

#### 5.4 COEFICIENTES DE CONVECÇÃO PARA O ESTADO DA PARAÍBA

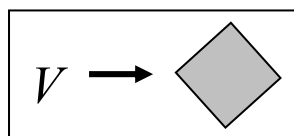
Como se sabe, os coeficientes de convecção dependem, dentre outras variáveis, das velocidades médias, temperaturas médias e dos rumos dos ventos que ocorrem na região aonde se quer calculá-los. Assim, após determinar as velocidades e temperaturas médias dos

ventos, e os rumos predominantes para as estações meteorológicas das cidades de João Pessoa, Campina Grande, Monteiro, Patos e São Gonçalo, procedeu-se ao cálculo dos coeficientes de convecção para a área objeto de estudo.

Deve-se lembrar que mesmo sabendo-se que a velocidade média verificada no período é de 3,4m/s e a temperatura média é de 28,1°C, para os ventos que ocorrem no estado da Paraíba, optou-se por investigar os coeficientes de convecção para um intervalo de velocidades, conforme descrito no Capítulo 3, páginas 59 a 65, ou seja, variando de 0 km/h a 50 km/h, nos dois horários coletados (9h e 15h), para os dois meses mais significativos do ano (janeiro e junho), assim como, para os valores médios anuais de temperatura, determinados no período de 30 anos.

#### 5.4.1 COEFICIENTES DE CONVECÇÃO PARA JOÃO PESSOA

##### 5.4.1.1 VENTOS INCIDINDO NAS ARESTAS DOS EDIFÍCIOS

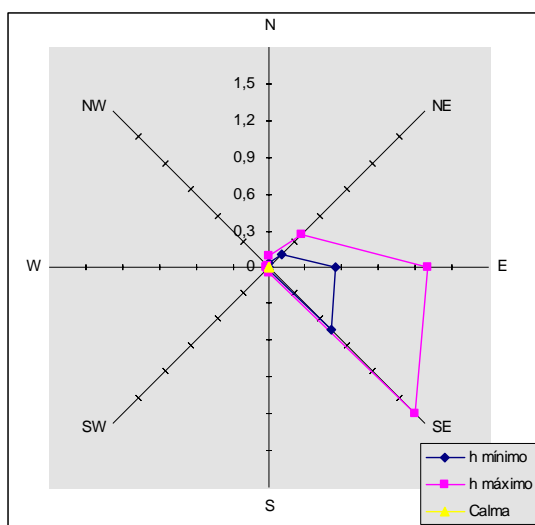


Todas as análises foram realizadas considerando dados coletados no período de 1974 a 2005, nos horários de 9h e 15h, nos meses de janeiro e junho, e uma média anual.

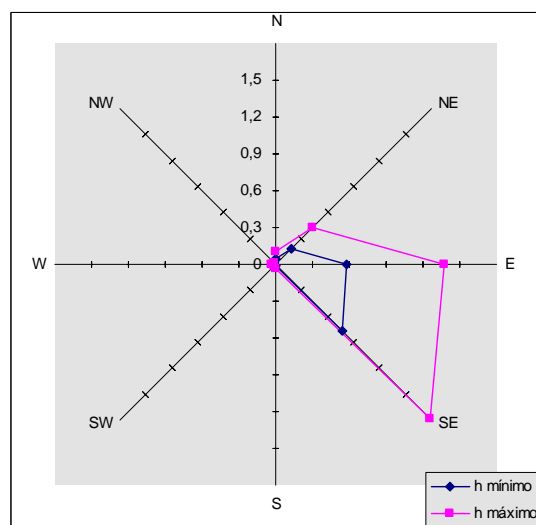
A primeira análise dos coeficientes de convecção para a área objeto de estudo realizou-se levando em consideração os dados da estação meteorológica da cidade de João Pessoa. Essa análise deu-se em relação às frequências dos ventos que ocorrem naquela região, considerando que a incidência dos ventos ocorre nas arestas dos edifícios, conforme a Figura 7a, na página 51.

## • JANEIRO

Após a realização dos cálculos, considerando a medição para o horário das 9h, Gráfico 22a, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $1,67 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , na direção sudeste (SE) que é da ventilação predominante na região e o valor mínimo de  $0,0032 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , na direção noroeste (NW), enquanto que o valor médio verificado atingiu  $0,315 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Ainda no Gráfico 22a, nota-se que os maiores valores verificados, obviamente, coincidem com as maiores freqüências.



**Gráfico 21a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2.\text{K}$ .

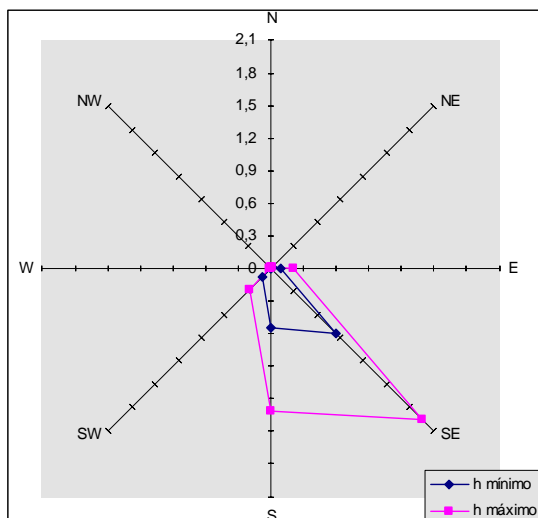


**Gráfico 21b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2.\text{K}$ .

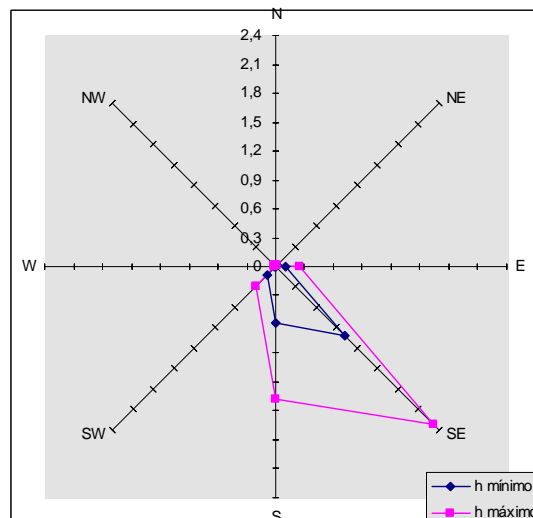
Considerando a medição para o horário das 15h, Gráfico 21b, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi de  $1,78 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , na direção sudeste (SE), rumo predominante na região, o valor mínimo de  $0,007 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , na direção noroeste (NW) e o valor médio verificado de  $0,34 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Os maiores valores verificados coincidem com as maiores freqüências.

O Gráfico 21b apresenta as mesmas características do Gráfico 21a, ratificando assim, os cálculos realizados e confirmando as expectativas dos valores dos  $hc$ 's em relação à velocidade dos ventos. Nesses gráficos (21a e 21b), observa-se que os maiores valores dos  $hc$ 's ocorrem nas direções SE, E e NE, respectivamente.

• JUNHO



**Gráfico 22a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em  $W/m^2.K$ .



**Gráfico 22b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em  $W/m^2.K$ .

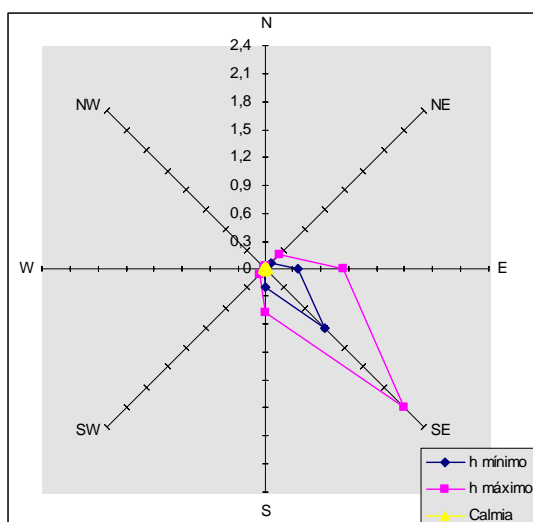
Para a medição no horário das 9h, Gráfico 22a, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $1,96 W/m^2.K$ , na direção sudeste (SE), direção predominante na região, o valor mínimo de  $0,0016 W/m^2.K$ , na direção noroeste (NW), e o valor médio verificado  $0,34 W/m^2.K$ . Ainda no Gráfico 22a, os maiores valores detectados coincidem com as maiores frequências.

O Gráfico 22a apresenta uma diferença entre os Gráficos 21a e 21b, pois, há uma modificação significativa em relação aos rumos dos ventos. Essa modificação foi observada quando da identificação da mudança de direção das frequências registradas. Como se pode observar no Gráfico 22a, foi reduzida a frequência dos ventos nas direções leste (E) e nordeste (NE) e elevada nas direções sul (S) e sudoeste (SW).

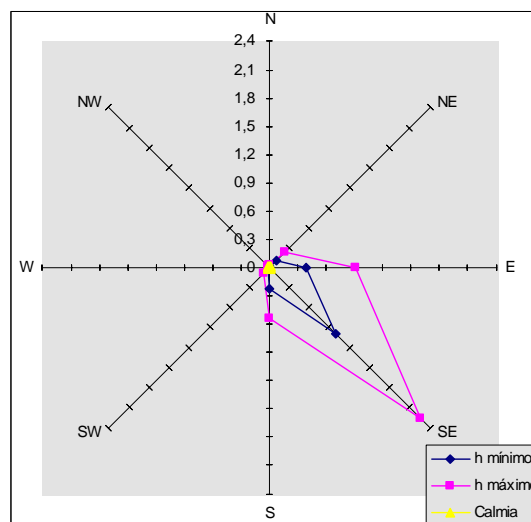
Considerando a medição para o horário das 15h, Gráfico 22b, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $2,31 W/m^2.K$  na direção sudeste (SE), predominante na região, o valor mínimo foi de  $0,0035 W/m^2.K$  nas direções norte (N) e noroeste (NW), e o valor médio verificado foi  $0,38 W/m^2.K$ . O Gráfico 22b apresenta as mesmas características do Gráfico 22a, ratificando assim, os cálculos realizados, confirmando as expectativas dos valores dos  $hc$ 's em relação à velocidade dos ventos. Observou-se que entre as médias verificadas nos

meses analisados, as que obtiveram maiores valores foram as dos meses de junho, medidos nos horários das 15h.

- ANUAL



**Gráfico 23a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em  $W/m^2.K$ .



**Gráfico 23b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta, medidos em  $W/m^2.K$ .

Na medição para o horário das 9h, Gráfico 23a, observou-se que o maior valor encontrado para o  $hc$  foi  $2,10 W/m^2.K$  na direção sudeste (SE) que é predominante, o valor mínimo foi  $0,0033 W/m^2.K$  na direção noroeste (NW) e o valor médio verificado foi  $0,33 W/m^2.K$ . Esse gráfico apresenta as mesmas características dos Gráficos 21a e 22a, em relação à frequência e a velocidade dos ventos.

Ainda no Gráfico 24a, observou-se que os valores médios verificados para os coeficientes de convecção durante as calmarias, foi de  $0,036 W/m^2.K$ .

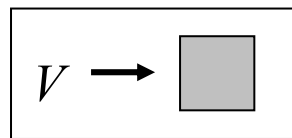
Para a medição no horário das 15h, Gráfico 23b, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $2,27 W/m^2.K$  na direção sudeste (SE), o valor mínimo  $0,0053 W/m^2.K$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,36 W/m^2.K$ . Este gráfico apresenta as mesmas características do Gráfico 23a quanto à frequência e velocidade dos ventos.



Durantes as calmarias, o valor médio verificado foi  $0,0098 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , significativamente menor do que os determinados no horário das 9h.

Como mais uma conclusão parcial, verificou-se que o maior coeficiente de convecção para a incidência dos ventos nas arestas dos edifícios foi  **$2,31 \text{ W/m}^2.\text{K}$** , encontrado nas medições realizadas utilizando-se os dados medidos no horário das 15h, das médias dos meses de junho.

#### 5.4.1.2 VENTOS INCIDINDO NOS VÉRTICES DOS EDIFÍCIOS

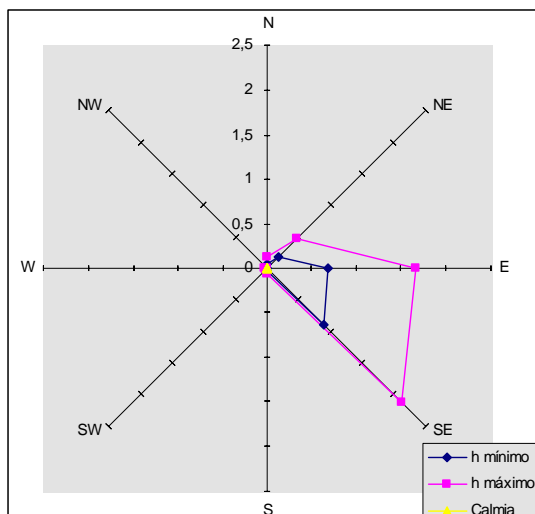


A segunda análise dos coeficientes de convecção para a área objeto de estudo também se realizou levando em conta os dados da estação meteorológica da cidade de João Pessoa, considerando que a incidência dos ventos ocorre nos vértices dos edifícios, ou seja, conforme Figura 7b, p. 51.

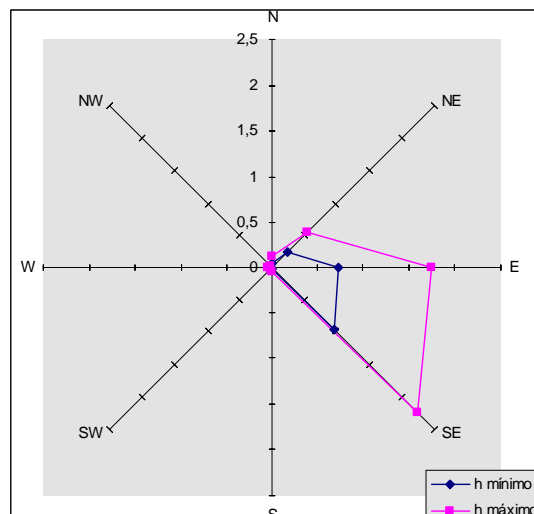
- JANEIRO

Para o horário das 9h, Gráfico 24a, observou-se que o maior valor verificado para o  **$hc$**  foi  $2,13 \text{ W/m}^2.\text{K}$  na direção sudeste (SE), o valor mínimo foi  $0,0039 \text{ W/m}^2.\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,39 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Neste gráfico, observa-se que as características quanto à frequência dos ventos são semelhantes aos anteriores.

Considerando a medição para o horário das 15h, Gráfico 24b, observou-se que o maior valor verificado para o  **$hc$**  foi  $2,26 \text{ W/m}^2.\text{K}$  na direção sudeste (SE), o valor mínimo foi de  $0,008 \text{ W/m}^2.\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,43 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Este Gráfico, assim como os outros, apresenta os maiores valores coincidindo com as maiores frequências. O Gráfico 24b apresenta as mesmas características do Gráfico 24a, entretanto, registra maiores valores para os coeficientes de convecção, em todos os rumos dos ventos.

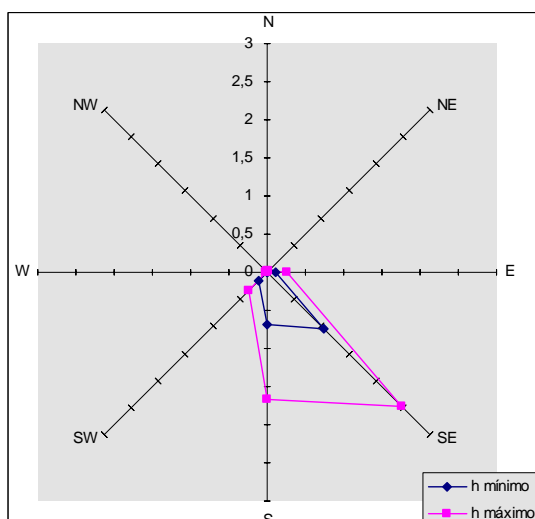


**Gráfico 24a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $W/m^2.K$ .

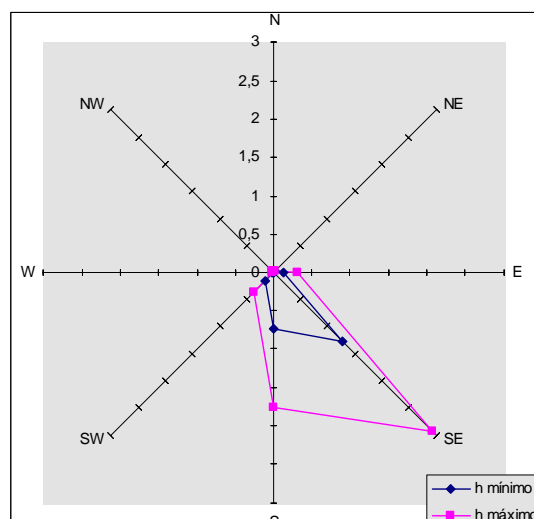


**Gráfico 24b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $W/m^2.K$ .

## • JUNHO



**Gráfico 25a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $W/m^2.K$ .



**Gráfico 25b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $W/m^2.K$ .

Considerando a medição para o horário das 9h, Gráfico 25a, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $2,49 W/m^2.K$  na direção sudeste (SE), o valor mínimo de  $0,0019$

W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW) e o valor médio de 0,43 W/m<sup>2</sup>.K. Neste gráfico, observa-se que se mantêm as características em relação a frequências dos ventos.

Assim como no Gráfico 22a em relação ao Gráfico 21a, p. 94, o Gráfico 25a apresenta uma modificação na frequência dos rumos dos ventos medidos em relação ao Gráfico 24a, pois, nesta época do ano é maior a incidência de ventos no rumo sul (S) do que no rumo leste (E). Como se pode observar, diminuiu a frequência dos ventos nas direções leste (E) e nordeste (NE), e aumentou nas direções sul (S) e sudoeste (SW).

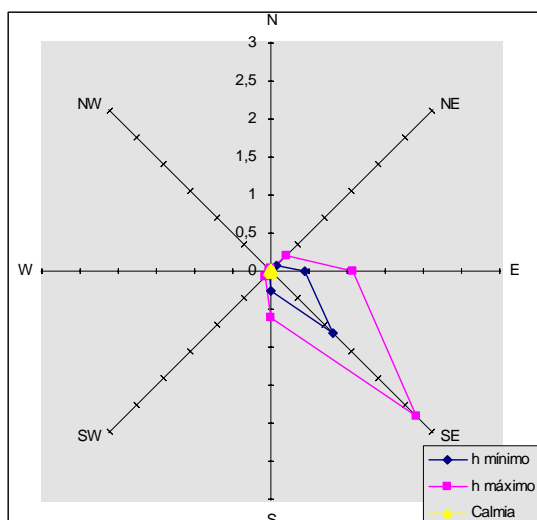
Na medição para o horário das 15h, Gráfico 25b, observou-se que o maior valor verificado para o **hc** foi 2,93 W/m<sup>2</sup>.K na direção sudeste (SE), valor mínimo 0,0044 W/m<sup>2</sup>.K nas direções norte (N) e noroeste (NW) e o valor médio 0,49 W/m<sup>2</sup>.K. Este gráfico apresenta as mesmas características do Gráfico 25a, confirmando as expectativas dos valores dos **hc's** em relação à velocidade dos ventos. Notou-se que entre as médias verificadas nos meses analisados, as que obtiveram maiores valores para os coeficientes de convecção, foram as dos meses de junho, medidos nos horários das 15h.

- ANUAL

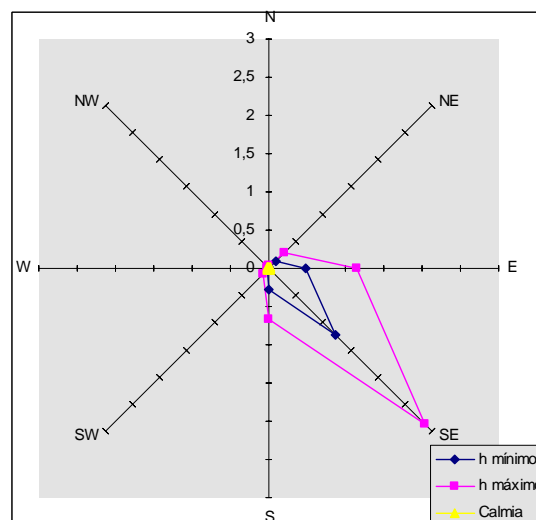
Considerando a medição para o horário das 9h, observou-se que o maior valor verificado para o **hc** foi de 2,67 W/m<sup>2</sup>.K na direção sudeste (SE), o valor mínimo 0,0042 W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW) e o valor médio 0,48 W/m<sup>2</sup>.K. O Gráfico 26a apresenta as mesmas características dos Gráficos 24a e 25a, em relação à frequência e a velocidade dos ventos.

A diferença entre os valores verificados para as medições realizadas às 9h para as médias anuais, com incidência dos ventos na aresta e no vértice dos edifícios, representados pelos Gráficos 23a e 26a, respectivamente, é significativa, pois, é aproximadamente 27% maior para os cálculos realizados para o segundo caso.

Ainda se referindo ao Gráfico 26a, os valores médios verificados durante as calmarias foi de 0,043 W/m<sup>2</sup>.K.



**Gráfico 26a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $W/m^2 K$



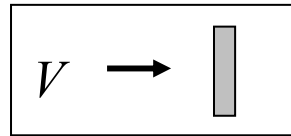
**Gráfico 26b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $W/m^2.K$ .

Com medição para o horário das 15h, pelo Gráfico 26b, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $2,88 W/m^2.K$  na direção sudeste (SE), valor mínimo  $0,0066 W/m^2.K$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,46 W/m^2.K$ . Este gráfico apresenta as mesmas características do Gráfico 26a, porém, com maior valor verificado.

Durante as calmarias, o valor médio verificado foi de  $0,012 W/m^2.K$ , significativamente menor do que os verificados no horário das 9h.

O maior coeficiente de convecção verificado, para a incidência dos ventos nos vértices dos edifícios, foi de  **$2,93 W/m^2.K$** , encontrado nas medições realizadas utilizando-se os dados medidos no horário das 15h, das médias dos meses de junho.

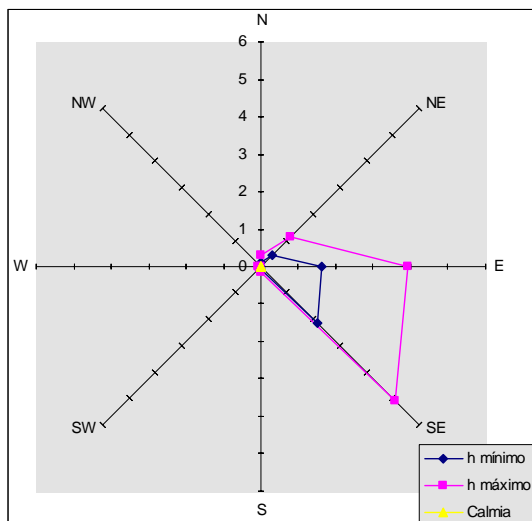
### 5.4.1.3 CORRELAÇÃO DA PLACA PLANA



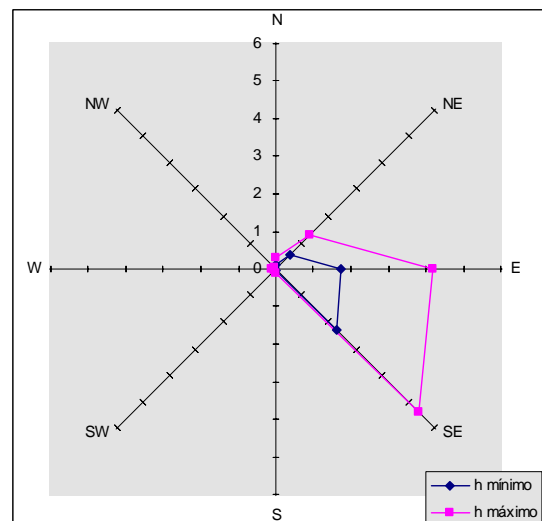
A terceira análise dos coeficientes de convecção para a área objeto de estudo se realizou, levando em consideração os dados da estação meteorológica da cidade de João Pessoa, considerando que a correlação utilizada foi a da placa plana vertical.

#### • JANEIRO

Para o horário das 9h, observou-se que o maior valor verificado para o  $h_c$  foi 5,05 W/m<sup>2</sup>.K na direção sudeste (SE), seguido de perto pela direção leste (E) com o valor de 3,93 W/m<sup>2</sup>.K, (ver Gráfico 27a). O valor mínimo foi 0,009 W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW) e o valor médio 0,94 W/m<sup>2</sup>.K. Neste gráfico, observa-se que se repete a característica dos anteriores, em que os maiores valores coincidem com as maiores frequências.



**Gráfico 27a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em W/m<sup>2</sup>.K.

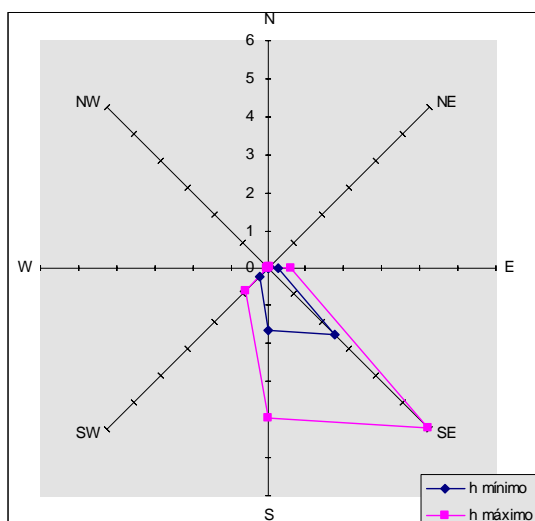


**Gráfico 27b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em W/m<sup>2</sup>.K.

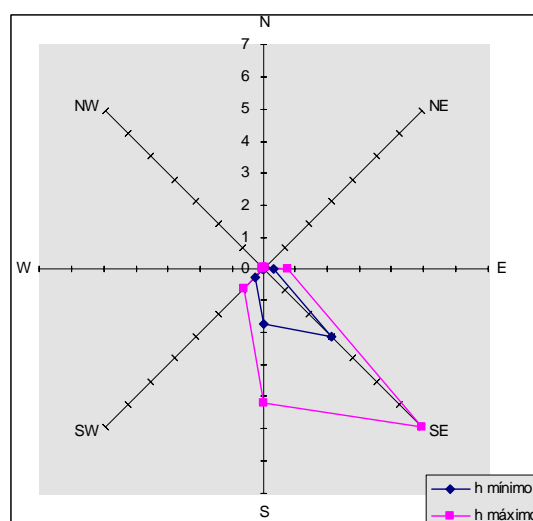
Na medição para o horário das 15h observou-se que o maior valor verificado para o **hc** foi 5,38 W/m<sup>2</sup>.K na direção sudeste (SE), valor mínimo de 0,02 W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW) e o valor médio de 1,019 W/m<sup>2</sup>.K. Os perfis podem ser vistos no Gráfico 27b.

- JUNHO

Ao considerar a medição para o horário das 9h, Gráfico 28a, observou-se que o maior valor verificado para o **hc** foi 5,93 W/m<sup>2</sup>.K na direção sudeste (SE), valor mínimo de 0,0046 W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW), e o valor médio 1,010 W/m<sup>2</sup>.K.



**Gráfico 28a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em W/m<sup>2</sup>.K.



**Gráfico 28b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o mês de junho às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em W/m<sup>2</sup>.K.

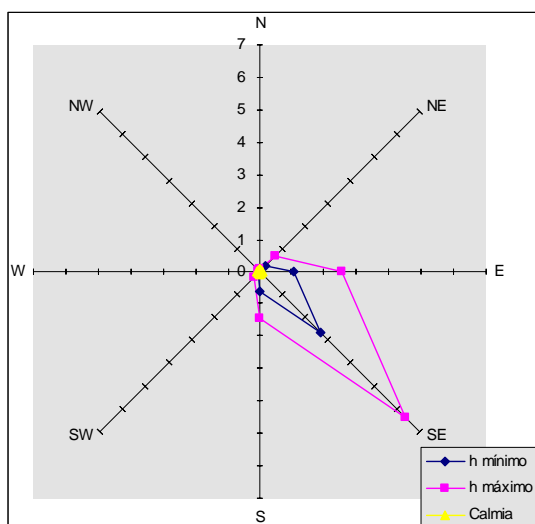
Pelo Gráfico 28b, medição para o horário das 15h, observou-se que o maior valor verificado para o **hc** foi 6,97 W/m<sup>2</sup>.K na direção sudeste (SE), valor mínimo 0,01 W/m<sup>2</sup>.K nas direções norte (N) e noroeste (NW) e o valor médio determinado foi 1,15 W/m<sup>2</sup>.K.

- ANUAL

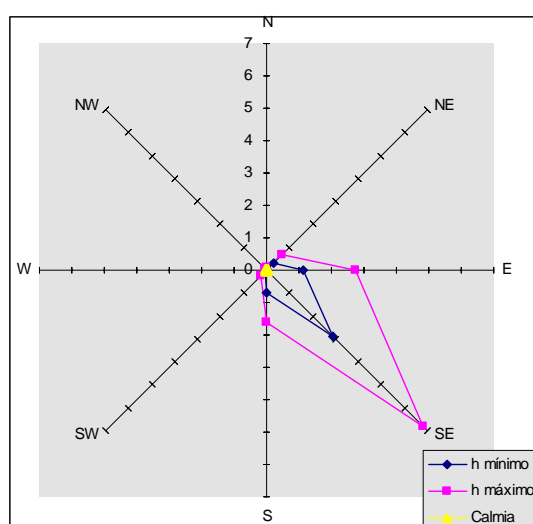
Considerando a medição para o horário das 9h, como se pode ver no Gráfico 29a, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $6,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  na direção sudeste (SE), o valor mínimo  $0,0098 \text{ W/m}^2\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio de  $1,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Este gráfico apresenta as mesmas características dos Gráficos 28a e 27a, em relação à frequência dos ventos predominantes, entretanto, nele, identifica-se claramente uma distribuição dessas frequências nos rumos leste (E) e sul (S), em maior intensidade, e noroeste (NW) e nordeste (NE) em menor intensidade.

A diferença entre os valores verificados para as medições realizadas às 9h para as médias anuais, com incidência dos ventos na aresta e no vértice dos edifícios (representados pelos Gráficos 23a e 26a, respectivamente) com relação às medições para a correlação da placa plana vertical (Gráfico 25a), é bastante expressiva, pois, é de aproximadamente 201% maior do que para a correlação da aresta e 137% maior do que para a correlação do vértice.

Ainda se referindo ao Gráfico 29a, os valores médios verificados para os coeficientes de convecção durante as calmarias, foi de  $0,101 \text{ W/m}^2\text{K}$ , não sendo muito diferente dos valores verificados para as correlações da aresta e vértice, com variação em torno dos 10%.



**Gráfico 29a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em  $\text{W/m}^2\text{K}$ .



**Gráfico 29b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para o ano às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em  $\text{W/m}^2\text{K}$ .

Considerando a medição para o horário das 15h, Gráfico 29b, observou-se que o maior valor verificado para o *hc* foi 6,86 W/m<sup>2</sup>.K na direção sudeste (SE), o valor mínimo foi de 0,015 W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW) e o valor médio 1,09 W/m<sup>2</sup>.K.

A diferença entre os valores verificados para as medições realizadas às 15h para as médias anuais, com incidência dos ventos na aresta e no vértice dos edifícios (Gráficos 23b e 26b, respectivamente) com relação às medições para a correlação da placa plana vertical (Gráfico 29b), é bastante expressiva, pois é de aproximadamente 201% maior do que os valores da correlação da aresta e 137% maior do que a correlação do vértice, com as proporções coincidindo com as medições realizadas às 9h.

Ainda se referindo ao Gráfico 29b, observou-se que o valor médio verificado para os coeficientes de convecção durante as calmarias, foi de 0,027 W/m<sup>2</sup>.K, não sendo muito diferente dos valores verificados para as correlações da aresta e vértice, variando apenas decimalmente.

O maior coeficiente de convecção verificado para a correlação da placa plana vertical foi **6,97 W/m<sup>2</sup>.K**, que foi o maior valor encontrado em todas as correlações utilizadas. Este “*hc máximo*” foi verificado nas medições realizadas utilizando-se os dados medidos no horário das 15h, das médias dos meses de junho.

#### 5.4.1.4 COEFICIENTE DE CONVECÇÃO E A VELOCIDADE DOS VENTOS

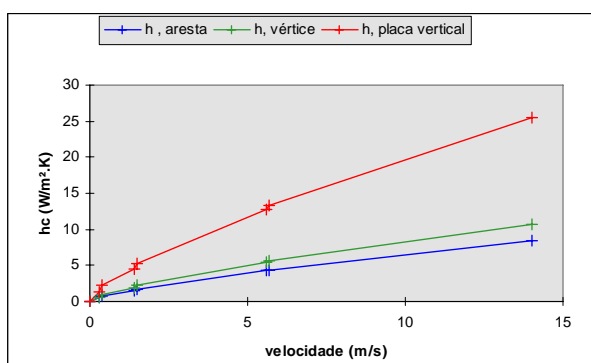
Sabendo que os coeficientes de convecção dependem expressivamente das velocidades e, em menor escala, das temperaturas, verificou-se esta relação, utilizando-se os dados da estação meteorológica de João Pessoa.

Após a investigação, fez-se uma breve análise dos valores dos *hc*'s por horário de coleta, por temperatura média, por mês do ano e anual, a fim de se obter maiores subsídios para uma melhor comparação com os valores comumente utilizados no cálculo de condicionamento térmico de edifícios.

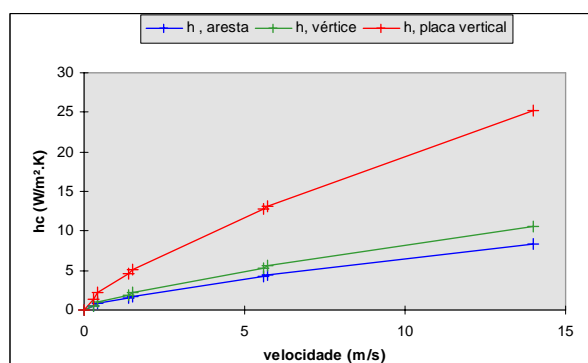


## • JANEIRO

Considerando as medições para os horários das 9h e 15h, com ventos incidindo na aresta dos edifícios, verificou-se que os valores não diferem significativamente. Há que se dizer que a temperatura de cálculo para o primeiro horário foi de 28,5°C e do segundo horário 28,9°C, e por isso, a inexpressiva diferença.



**Gráfico 30a:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de janeiro às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios.



**Gráfico 30b:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de janeiro às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios.

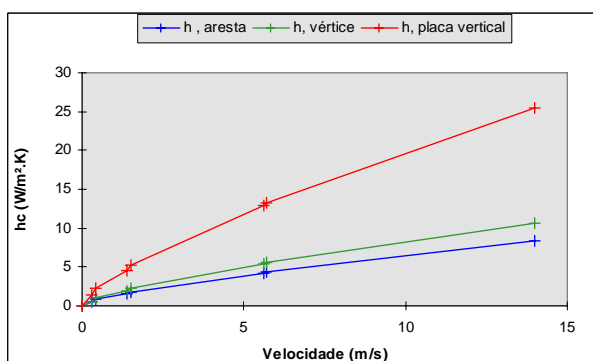
No horário das 9h, o maior valor verificado para o  $hc$  foi 25,34 W/m².K para a máxima velocidade do vento adotada, 50 km/h ou 14 m/s. No horário das 15h, o maior valor foi de 25,33 W/m².K para a mesma velocidade. Como se podem ver, valores muito próximos, variando apenas decimalmente. Os Gráficos 30a e 30b demonstram a variação descrita.

## • JUNHO

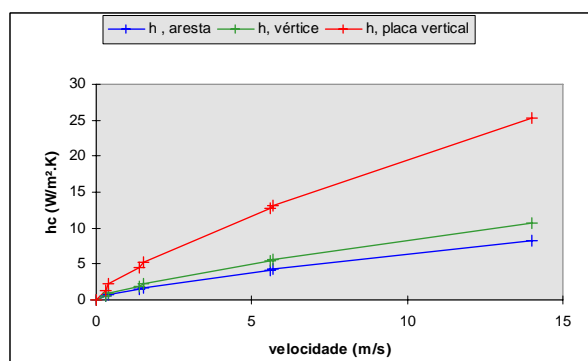
Considerando as medições para os horários das 9h e 15h, com ventos incidindo no vértice dos edifícios, verificou-se que os valores também não diferem significativamente. Há que se dizer que a temperatura de cálculo para o primeiro horário foi de 26,30°C e do segundo horário 27,30°C, diferença de apenas 1°C.

No horário das 9h, o maior valor verificado para o  $hc$  foi 25,41 W/m².K para a máxima velocidade do vento adotada, 50 km/h ou 14 m/s. No horário das 15h, o maior valor foi 25,38

$W/m^2.K$  para a mesma velocidade. Valores muito próximos, variando apenas decimalmente. Os Gráficos 31a e 31b demonstram a variação descrita.



**Gráfico 31a:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de junho às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios.

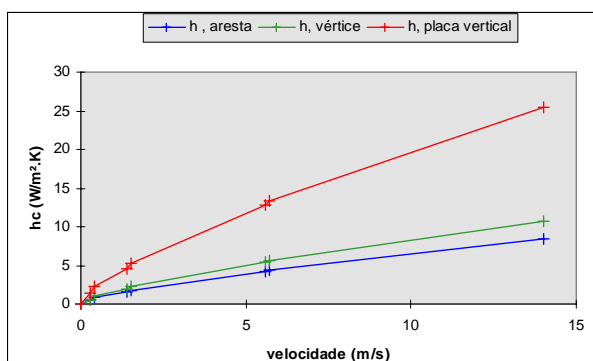


**Gráfico 31b:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas nos meses de junho às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios.

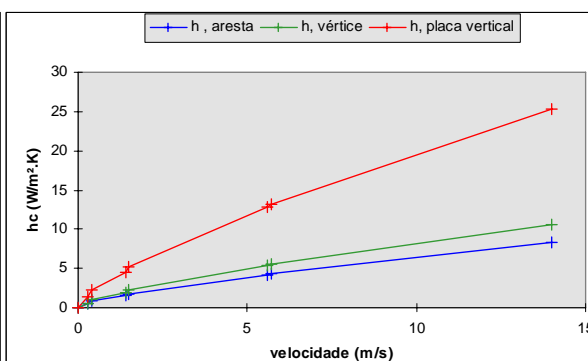
#### • ANUAL

Na medição para os horários das 9h e 15h, para a correlação da placa plana vertical, verificou-se que os valores também não diferem expressivamente. A temperatura de cálculo para o primeiro horário foi de  $26,0^{\circ}C$  e do segundo horário  $27,7^{\circ}C$ , diferença de  $1,60^{\circ}C$ .

No horário das 9h, o maior valor verificado para o  $h_c$  foi  $25,42 W/m^2.K$  para a máxima velocidade do vento adotada, 50 km/h ou 14 m/s. No horário das 15:00h, o valor foi  $25,36 W/m^2.K$  para a mesma velocidade. Os valores continuam muito próximos, variando apenas decimalmente. Os Gráficos 32a e 32b apresentam a variação descrita.



**Gráfico 32a:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.

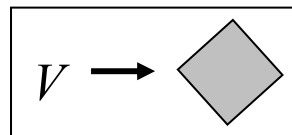


**Gráfico 32b:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.

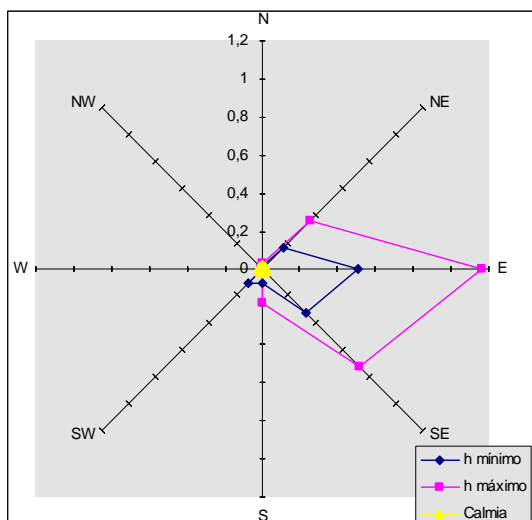
### 5.4.2 COEFICIENTES DE CONVECÇÃO PARA MONTEIRO

Esta análise dos coeficientes de convecção para a área objeto de estudo foi realizada levando-se em consideração os dados da estação meteorológica da cidade de Monteiro. Resultou da investigação das características e frequências dos ventos que ocorrem naquela região, considerando as correlações onde as incidências dos ventos ocorrem nas arestas e vértices dos edifícios, além da correlação da placa plana vertical.

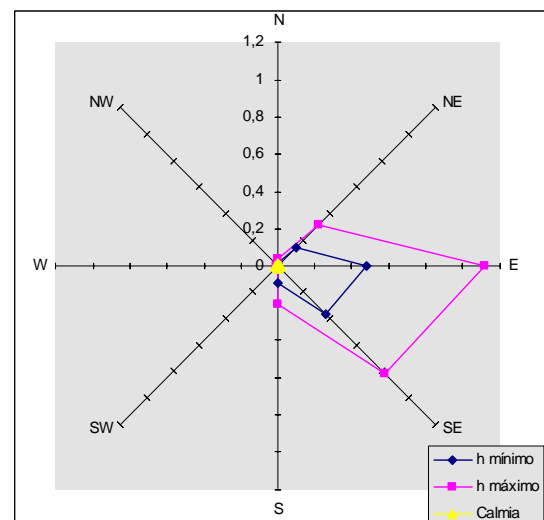
#### 5.4.2.1 VENTOS INCIDINDO NAS ARESTAS DOS EDIFÍCIOS



Considerando a medição para o horário das 9h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $1,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E), valor mínimo de  $0,001 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio verificado  $0,23 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O Gráfico 33a ilustra o comportamento dos coeficientes de convecção.



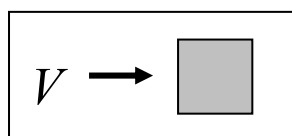
**Gráfico 33a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .



**Gráfico 33b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo na aresta dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .

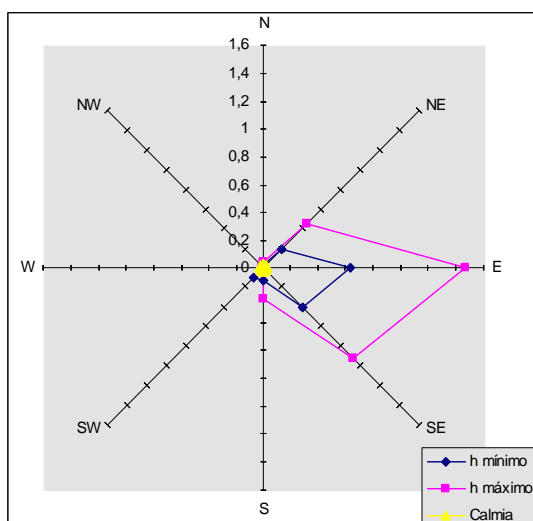
Com a medição para o horário das 15h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $1,11 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E), o valor mínimo  $0,001 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O Gráfico 33b demonstra o comportamento dos coeficientes de convecção.

#### 5.4.2.2 VENTOS INCIDINDO NOS VÉRTICES DOS EDIFÍCIOS

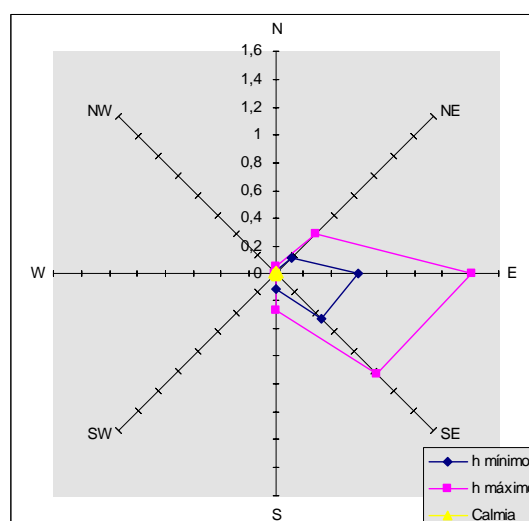


Considerando a medição para o horário das 9h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $1,47 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E), valor mínimo de  $0,01 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio de  $0,28 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O Gráfico 34a explica o comportamento dos coeficientes de convecção.

Com a medição para o horário das 15h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $1,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E), valor mínimo  $0,001 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,28 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O Gráfico 34b demonstra o comportamento dos coeficientes de convecção.

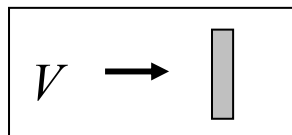


**Gráfico 34a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .



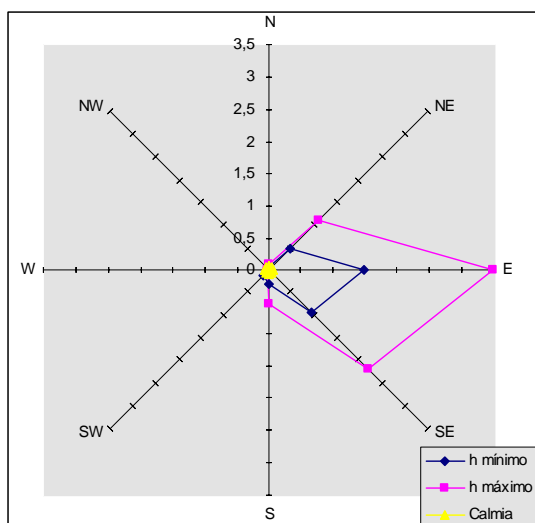
**Gráfico 34b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias medidas às 15h, pelo período de 30 anos, vento incidindo no vértice dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .

### 5.4.2.3 CORRELAÇÃO DA PLACA PLANA

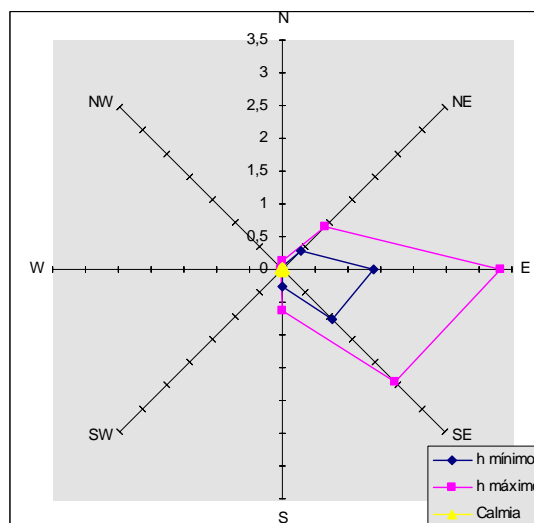


Considerando a medição para o horário das 9h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $3,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E), valor mínimo  $0,03 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,67 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O Gráfico 35a demonstra o comportamento dos coeficientes de convecção.

Com a medição para o horário das 15h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $3,33 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E), valor mínimo  $0,003 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,67 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O Gráfico 35b ilustra o comportamento dos coeficientes de convecção.



**Gráfico 35a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .



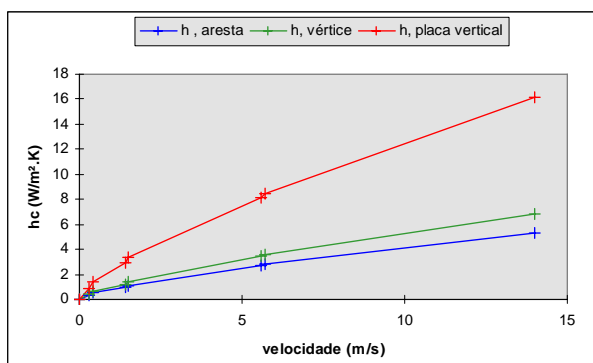
**Gráfico 35b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical, medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .

O maior coeficiente de convecção verificado com dados da estação meteorológica da cidade de Monteiro foi  $4,29 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Este “ $hc$  máximo” foi verificado nas medições realizadas utilizando-se dados medidos no horário das 15h, das médias dos meses de junho, com rumos predominantes no quadrante leste (E), para a correlação da placa plana vertical.

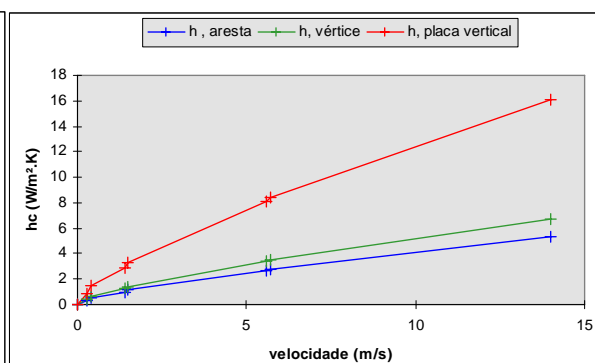
#### 5.4.2.4 COEFICIENTE DE CONVECÇÃO E A VELOCIDADE DOS VENTOS

Sabendo que os coeficientes de convecção dependem expressivamente das velocidades, verificou-se esta relação utilizando-se dados da estação meteorologia de Monteiro para a área objeto de estudo, coletados nos horários de 9h e 15h.

Após a investigação, fez-se uma breve análise dos valores dos **hc's** por horário de coleta, por temperatura média, por mês do ano e anual, a fim de se ter maiores subsídios para uma melhor comparação com os valores comumente utilizados no cálculo de acondicionamento térmico de edifícios.



**Gráfico 36a:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.



**Gráfico 36b:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.

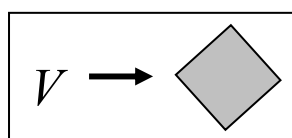
Considerando as medições realizadas, verificou-se que os valores não diferem significativamente. Há que se dizer que a temperatura media anual de cálculo para o primeiro horário foi de 24,90°C e do segundo horário 30,10°C, uma expressiva diferença de 5,2°C.

No horário das 9h o maior valor verificado para o **hc** foi 16,14  $W/m^2.K$  para a máxima velocidade do vento adotada, 50 km/h ou 14 m/s. No horário das 15h o maior valor foi 16,04  $W/m^2.K$  para a mesma velocidade. Valores muito próximos, variando apenas decimalmente, mesmo que as temperaturas tenham variado de forma bastante acentuada. Os Gráficos 36a e 36b ilustram o que foi descrito.

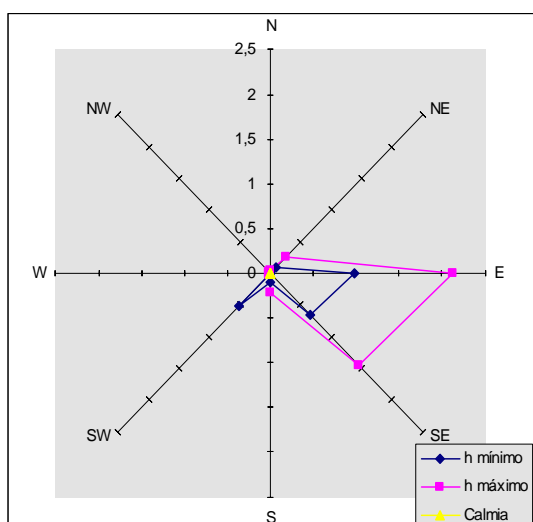
### 5.4.3 COEFICIENTES DE CONVECÇÃO PARA PATOS

Esta análise dos coeficientes de convecção para a área objeto de estudo foi realizada levando-se em consideração os dados da estação meteorológica da cidade de Patos. Foi resultado da investigação das características e frequências dos ventos que ocorrem naquela região, considerando as correlações onde a incidência dos ventos ocorre nas arestas e vértices dos edifícios, assim como, para a correlação da placa plana vertical.

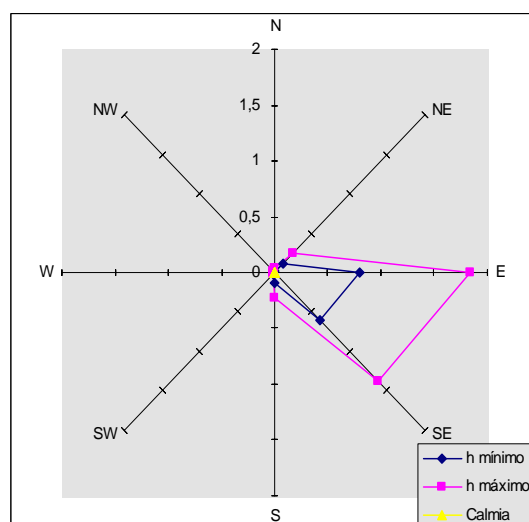
#### 5.4.3.1 VENTOS INCIDINDO NAS ARESTAS DOS EDIFÍCIOS



Considerando a medição para o horário das 9h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $2,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  na direção leste (E), valor mínimo de  $0,005 \text{ W/m}^2\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio  $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ . O Gráfico 37a ilustra o comportamento dos coeficientes de convecção.



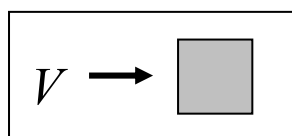
**Gráfico 37a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2\text{K}$ .



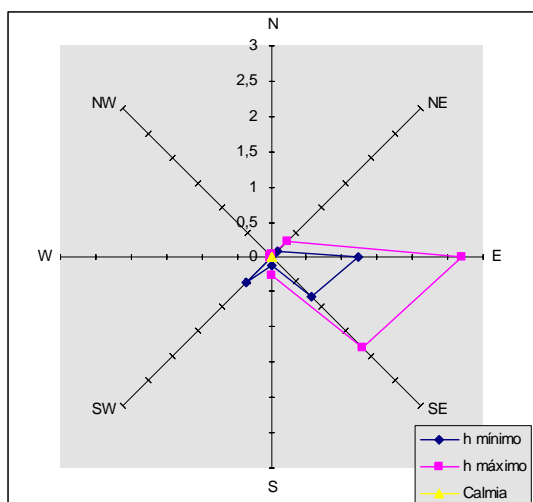
**Gráfico 37b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo na aresta dos edifícios, medidos em  $\text{W/m}^2\text{K}$ .

Considerando a medição para o horário das 15h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi 1,84 W/m<sup>2</sup>.K na direção leste (E), valor mínimo de 0,006 W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW) e valor médio de 0,34 W/m<sup>2</sup>.K. O Gráfico 37b ilustra o comportamento dos coeficientes de convecção.

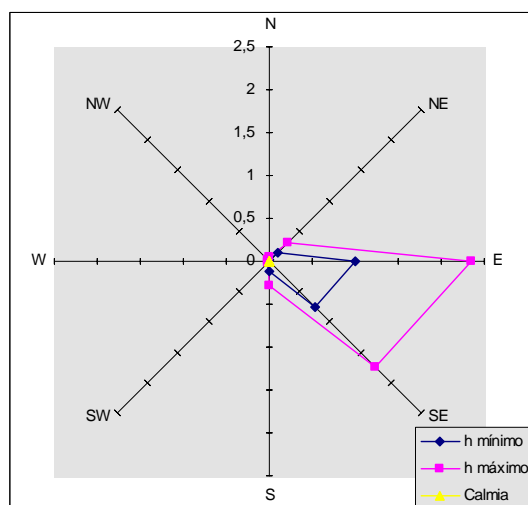
#### 5.4.3.2 VENTOS INCIDINDO NOS VÉRTICES DOS EDIFÍCIOS



Considerando a medição para o horário das 9h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi 2,70 W/m<sup>2</sup>.K na direção leste (E), valor mínimo de 0,006 W/m<sup>2</sup>.K na direção noroeste (NW) e valor médio de 0,5 W/m<sup>2</sup>.K. O Gráfico 38a demonstra o comportamento dos coeficientes de convecção.



**Gráfico 38a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios, medidos em W/m<sup>2</sup>.K.

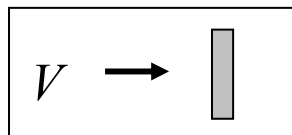


**Gráfico 38b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, com ventos incidindo no vértice dos edifícios, medidos em W/m<sup>2</sup>.K.

Com a medição para o horário das 15h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi 2,34 W/m<sup>2</sup>.K na direção leste (E) e valor mínimo 0,008 W/m<sup>2</sup>.K nas direções noroeste (NW) e oeste (W). O valor médio verificado foi 0,43 W/m<sup>2</sup>.K, demonstrado no Gráfico 38b.

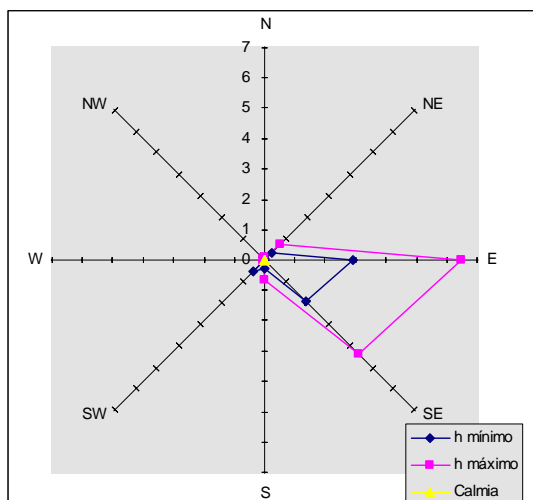


### 5.4.3.3 CORRELAÇÃO DA PLACA PLANA

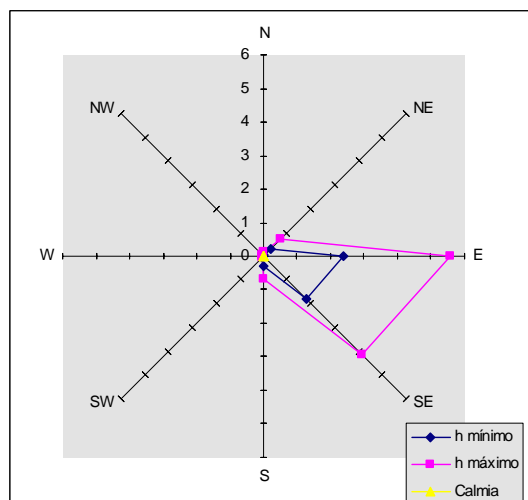


Considerando a medição para o horário das 9h e médias anuais, observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $6,42 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E), valor mínimo  $0,01 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção noroeste (NW) e o valor médio de  $1,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O Gráfico 39a ilustra o comportamento dos coeficientes de convecção em relação as frequências.

Com a medição para o horário das 15h e médias anuais observou-se que o maior valor verificado para o  $hc$  foi  $5,56 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  na direção leste (E) e o valor mínimo  $0,019 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  nas direções noroeste (NW) e oeste (W). O valor médio verificado foi  $1,02 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  demonstrado no Gráfico 39b.



**Gráfico 39a:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical. medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .



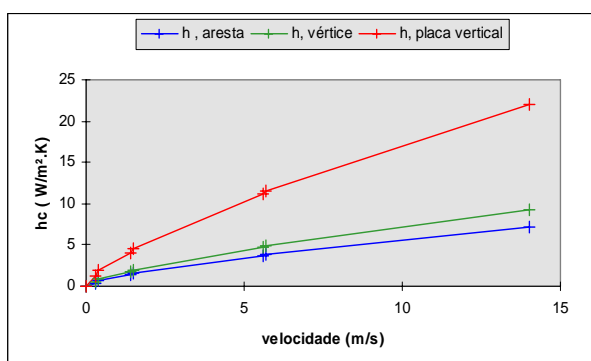
**Gráfico 39b:** Evolução do coeficiente de convecção em função dos eixos cardiais para temperaturas médias anuais medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical. medidos em  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .

O maior coeficiente de convecção verificado usando-se os dados da estação meteorológica da cidade de Patos foi  $6,42 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Este “ $hc$  máximo” foi verificado nas medições realizadas utilizando-se os dados medidos no horário das 9h, com temperaturas médias anuais, com rumos predominantes no quadrante leste (E) e para a correlação da placa plana vertical.

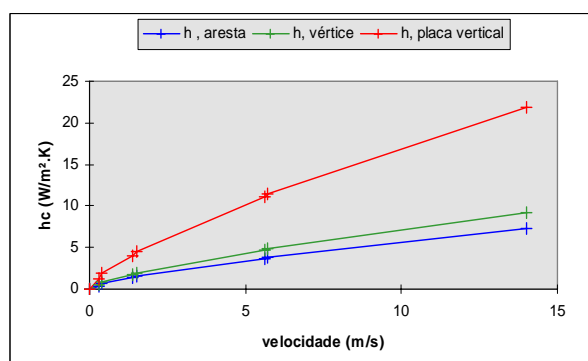
#### 5.4.3.4 COEFICIENTE DE CONVECÇÃO E A VELOCIDADE DOS VENTOS

Sabendo que os coeficientes de convecção dependem expressivamente das velocidades, verificou-se esta relação utilizando-se dados da estação meteorologia de Monteiro para a área objeto de estudo, coletados nos horários de 9h e 15h, nos meses de janeiro de junho.

Após a investigação, fez-se uma breve análise dos valores dos **hc's** por horário de coleta, por temperatura média, por mês do ano e anual, a fim de se ter maiores subsídios para uma melhor comparação com os valores comumente utilizados no cálculo de acondicionamento térmico de edifícios.



**Gráfico 40a:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias anuais medidas às 9h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical



**Gráfico 40b:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento para temperaturas médias medidas às 15h, pelo período de 30 anos, correlação da placa plana vertical.

Considerando as medições para os horários das 9h e 15h, com dados coletados anualmente, verificou-se que os valores não diferem significativamente. Nota-se que a temperatura de cálculo para o primeiro horário foi de 27,60°C e do segundo horário 32,90°C, uma expressiva diferença de 5,3°C.

No horário das 9h o maior valor verificado para o **hc** foi 22,06  $W/m^2.K$  para a máxima velocidade do vento adotada, 50 km/h ou 14 m/s. No horário das 15h o maior valor foi 21,92  $W/m^2.K$  para a mesma velocidade. Valores muito próximos, variando apenas decimalmente, embora as temperaturas variem de forma bastante acentuada. Os Gráficos 40a e 40b ilustram o que foi descrito.

## 5.5 COMPARAÇÕES ENTRE OS COEFICIENTES DE CONVECÇÃO

A fim de obter maiores subsídios para se fazer comparações entre os coeficientes de convecção verificados através de dados das estações meteorológicas do estado da Paraíba, transcreveu-se seus valores para a Tabela 11. Analisaram-se e compararam-se os resultados para interpretá-los, e proporcionar base científica para se esboçarem as conclusões.

Os valores constantes na Tabela 11 são os *hc's máximos* verificados para as correlações de ventos incidindo na aresta dos edifícios e ventos incidindo no vértice dos edifícios. Estes valores foram determinados em função dos eixos cardiais, levando-se em consideração as características dos ventos que ocorrem em suas regiões, sendo ajustadas às características de rugosidade do terreno onde se encontravam as suas estações meteorológicas e a área objeto de estudo. Os *hc's máximos* foram verificados para ventos com velocidade de até 50 km/h, ou 14 m/s, que coincidiram sempre com os rumos predominantes.

Cidade	Aresta (W/m <sup>2</sup> .K)	Vértice (W/m <sup>2</sup> .K)	Placa plana vert. (W/m <sup>2</sup> .K)
João Pessoa	2,31	2,93	6,97
Monteiro	1,43	1,81	4,29
Patos	2,12	2,7	6,42

**Tabela 11:** Valores máximos dos coeficientes de convecção em função dos eixos cardiais, determinados com os dados das estações de João Pessoa, Monteiro e Patos, para a mesma área objeto de estudo.

Os valores constantes da Tabela 12 são os *hc's máximos* verificados para a correlação de ventos incidindo sobre uma placa plana vertical. Estes valores foram determinados em função da velocidade do vento de até 50 km/h, levando-se em consideração as características dos ventos que ocorrem em suas regiões, sendo, portanto, ajustadas às características de rugosidade do terreno onde se encontram as suas estações meteorológicas e a área objeto de estudo, além das temperaturas médias encontradas.

Os valores verificados usando-se dados das estações de João Pessoa e Patos foram muito próximos, enquanto que os valores verificados usando-se dados da estação de Monteiro foram

significativamente menores. Isto se deve ao fato de que a estação de Monteiro se localiza numa região em que a rugosidade e o coeficiente de atrito têm valores para tipos de terreno classificado segundo Saraiva (1983), Gráfico 5, p. 49, como sendo “campo aberto”. Já João Pessoa e Patos têm valores classificados como sendo “floresta ou subúrbios”. Como o tipo de escoamento dos ventos varia com a topografia e a rugosidade do terreno, inclusive devido às atividades antrópicas, os escoamentos tiveram que ser ajustados, pela *lei de potência*, conforme descrito nos Capítulos 2 e 3.

Cidade	Placa Plana vertical (W/m <sup>2</sup> .K)	Temperatura (°C)
João Pessoa	25,42	26,0
Monteiro	16,17	23,3
Patos	22,08	26,6

**Tabela 12:** Valores máximos dos coeficientes de convecção em função da velocidade do vento de até 50 km/h, para a área objeto de estudo.

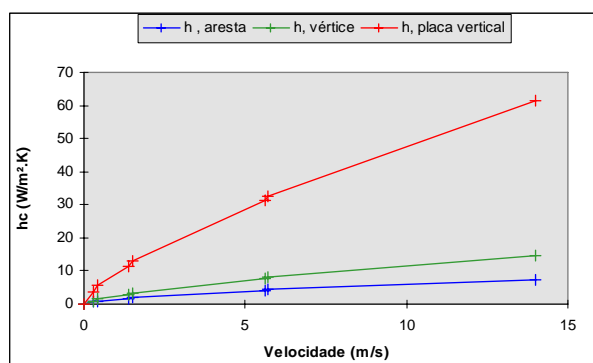
Nota-se que os valores máximos verificados para os dados das estações meteorológicas das cidades de João Pessoa e Patos foram determinados com as temperaturas de cálculo muito parecidas, indicando haver alguma dependência, entretanto, o que se observou, é que mais significativa é a relação dos *hc's* com o tipo de terreno onde se encontra a estação e a área objeto de estudo.

Considerando todas as outras variáveis como se fossem constantes e variando-se apenas a temperatura, observou-se que os *hc's* são inversamente proporcionais aos seus valores, porém, verificou-se que esta variação dos coeficientes de convecção com a temperatura é muito pequena, de ordem decimal, podendo ser até desprezada, principalmente para as amplitudes encontradas no estado da Paraíba, que é de aproximadamente 10°C.

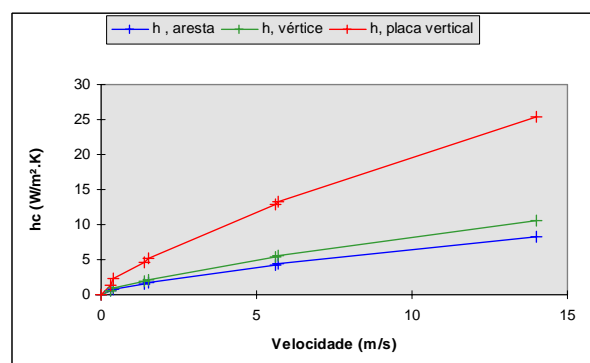
Da Tabela 12, tem-se que os maiores valores verificados para os coeficientes de convecção no estado da Paraíba se encontram em João Pessoa. Portanto, são esses os valores considerados para as comparações e conclusões desse trabalho.

A fim de verificar a influência da altura na evolução dos coeficientes de convecção em função das velocidades, fez-se uma simulação utilizando dados da estação de João Pessoa, onde se adotou, como “altura média”, a altura do maior prédio encontrado na área objeto de estudo e a temperatura média mínima, mantendo-se todas as outras dimensões e variáveis. Os Gráficos 41 e 42 ilustram esta simulação, dando subsídios a uma melhor avaliação dos fatores que mais podem influenciar os *hc*'s.

Foram dois, os prédios com maior altura, encontrados dentro da área objeto de estudo, cada um contendo 30 pavimentos, com alturas de 91,5 m. A Tabela 13 mostra os *hc*'s *máximos* verificados para a velocidade do vento de até 50 km/h, variando-se apenas as alturas.



**Gráfico 41:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, com temperatura de 26,3°C, H = 91,5m e correlação da placa plana vertical.



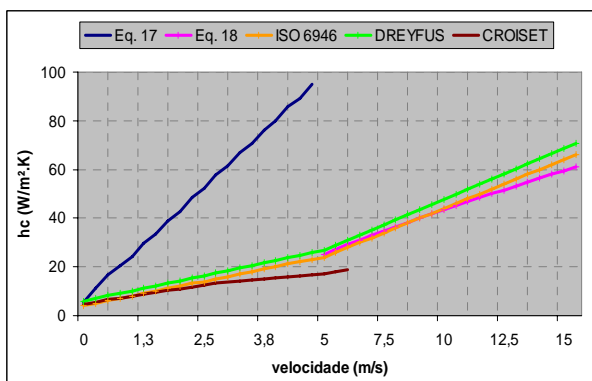
**Gráfico 42:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, com temperatura de 26,3°C, H = 6,32m e correlação da placa plana vertical.

Com se pode observar na Tabela 13, nota-se que a variável *altura* tem forte influência nos valores dos coeficientes de convecção.

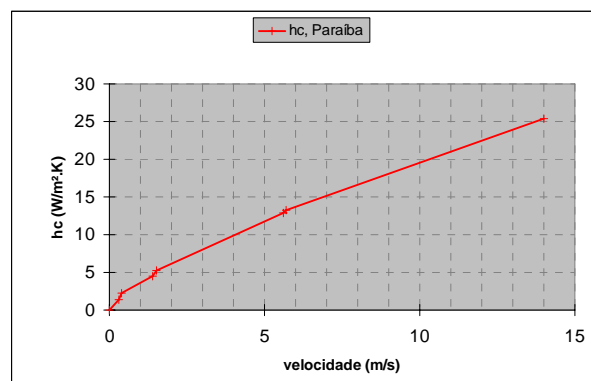
Cidade	Hmédio = 6,32m	Hmáximo= 91,5m
João Pessoa	25,41 W/m².K	61,52 W/m².K

**Tabela 13:** Valores máximos dos coeficientes de convecção em função da altura média e máxima dos edifícios, para a velocidade do vento de até 50km/h, considerando temperatura de 26,3°C e a correlação da placa plana vertical.

Assim, apresenta-se o Gráfico 43 que demonstra o perfil dos coeficientes de convecção atualmente utilizados e recomendados pela bibliografia atual e o Gráfico 44 que ilustra o perfil dos  $hc$ 's verificados para o estado da Paraíba, obtidos em função da velocidade do vento, utilizando a correlação da placa plana vertical.



**Gráfico 43:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, correlação da placa plana vertical, diversos autores.



**Gráfico 44:** Evolução do coeficiente de convecção em função da velocidade do vento, correlação da placa plana vertical, para o estado da Paraíba.

Pelo Gráfico 43, observa-se que o perfil da Equação (17) sugerida por MacAdams (1954 *apud* ASHRAE, 1985), para velocidades de até 5 m/s, tem valores muito acima dos sugeridos por Dreyfus (1960), Croiset (1970), ISO 6946 (1996) e pelos verificados neste trabalho. Já o perfil da Equação (18), também sugerida por MacAdams (1954 *apud* ASHRAE, 1985), aproxima-se bastante dos valores recomendados por Dreyfus (1960) e pela ISO 6946 (1996). O mesmo acontece com os perfis das curvas recomendadas por Croiset (1970) e Dreyfus (1960). Entretanto, nota-se que os valores dos coeficientes de convecção verificados para o estado da Paraíba, ilustrados pelo perfil do Gráfico 44, são expressivamente menores do que os sugeridos pela bibliografia específica, aventando sua revisão.

Velocidades Equações	0,0m/s	1,0m/s	1,5m/s	4,0m/s	5,0m/s	5,5m/s	14,0m/s
Eq. 17	5,6	24,2	33,5	80,	-	-	-
Eq. 18	-	-	-	-	25,26	27,21	56,40
ISO 6946	4,0	8,0	10,0	20,0	24,0	26,0	60,0
Dreufus	5,518	10,00	12,09	22,56	26,75	28,84	64,43
Croiset	4,63	8,08	9,56	15,58	17,21	17,96	-
<b>hc Paraíba</b>	<b>0,0</b>	<b>3,7</b>	<b>5,22</b>	<b>10,0</b>	<b>11,60</b>	<b>12,41</b>	<b>25,42</b>

**Tabela 14:** Comparação entre valores dos coeficientes de convecção, em  $W/m^2.K$ , atualmente utilizados e os verificados para o estado da Paraíba, em função da velocidade do vento e a correlação da placa plana vertical.

Pela Tabela 14, observa-se a diferença entre os valores dos coeficientes de convecção atualmente utilizados para o cálculo do condicionamento térmico de edifícios e os valores verificados para o estado da Paraíba. São expressivamente menores os valores dos *hc*'s verificados na Paraíba, significando dizer que a contribuição dos ventos é pequena frente à estipulada pela literatura específica atual, quando do cálculo da carga térmica.

## 5.6 IMPACTOS NO CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA, DOS CUSTOS E DO MEIO AMBIENTE

Os impactos que um aumento ou uma diminuição no consumo de energia provocam, refletem-se diretamente no âmbito da economia e do meio ambiente. Prova disso é que no mundo todo é crescente a preocupação quanto a esse assunto.

Em palestra realizada em São Paulo, no dia 17 de outubro de 2006, na realização da 24ª edição do Prêmio Eco-tradicional, premiação de sustentabilidade e responsabilidade social, promovido pela Câmara Americana de Comércio (Amcham), o ex-vice-presidente dos EUA, Al Gore, mostrou um panorama sobre os problemas ambientais causados pelas mudanças climáticas provocadas pelo efeito estufa, enfatizando a necessidade urgente de se otimizar o uso da energia.

A cada dia, mais e mais formas de se reduzir o consumo de energia nos prédios são desenvolvidas e postas em prática, com o objetivo de se aumentar o desempenho energético de edificações, provocando aumento na economia de energia e redução de custos, além de diminuir os impactos no meio ambiente.

*Os tetos ecológicos, por exemplo, que surgiram na Alemanha, cresceram em popularidade ao redor do mundo, e especialistas acreditam que devem crescer mais enquanto a prática se espalha até a China. Na América do Norte, o espaço de tetos ecológicos cresceu 70% no ano passado.*

*A Alemanha, que ajudou a lançar a tendência no começo dos anos 50, agora possui 130 quilômetros quadrados de espaço com tetos ecológicos e adiciona mais 13 quilômetros quadrados a cada ano, estima Christian Werthmann, professor de arquitetura na Escola de Design de Harvard.*

*Os tetos ecológicos começaram a se espalhar quando algumas cidades alemãs encorajaram os donos de prédios a substituir os tetos comuns por vegetação. Werthmann estima que 40 municípios germânicos exijam tetos ecológicos para pelo menos alguns tipos de construção. Os Estados Unidos*

*possuem apenas uma fração do espaço coberto por tetos ecológicos na Alemanha - mas um estudo descobriu neste mês que esse espaço cresceu 80% no país no ano passado. A América do Norte tem um total de 200 mil metros quadrados, de acordo com um estudo feito pela organização Tetos Ecológicos para Cidades Saudáveis. (Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2006/abr/26/293.htm>> Acesso em: 16. jan. 2007).*

Para se ter uma idéia do impacto que provoca a otimização do desempenho energético de edificações no consumo de energia elétrica, e consequentemente nos custos e no meio ambiente, quando do cálculo da carga térmica para o condicionamento térmico de edifícios, fez-se uma simulação considerando os seguintes dados<sup>4</sup>:

$k_1 = 0,69 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  – para tijolo comum de 10 cm de espessura;

$k_2 = 0,20 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  – para reboco comum de 2 cm de espessura;

$h_{ci} = 9,26 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  – coeficiente de convecção interno;

$\Delta t = 5,5^\circ\text{C}$  – para parede leste/oeste de cor clara;

$T_m = 28,1^\circ\text{C}$  – temperatura média verificada no estado da Paraíba nos últimos 30 anos;

$T_c = 25^\circ\text{C}$  – temperatura máxima de conforto recomendada pela NBR 6401, para João Pessoa;

$h_{cISO} = 17,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  – para  $V=3,3 \text{ m/s}$ ;

$h_{cPB} = 8,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  – para  $V=3,3 \text{ m/s}$ ;

$h_{cASHRAE} = 22,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  – coeficiente de convecção recomendado pela norma ASHRAE;

$Q_{ISO}$  – carga térmica para  $h_{c1}$ ;

$Q_{PB}$  – carga térmica para  $h_{cPB}$ ;

$Q_{ASHRAE}$  – carga térmica para  $h_{c}$ .

Onde se calcularam cargas térmicas de uma parede de tijolos simples, rebocado em ambos os lados e de cor clara, considerando para efeito de comparação,  $h_{cPB}$  o coeficiente de convecção verificado no estado da Paraíba,  $h_{cISO}$  o coeficiente de convecção sugerido pela ISO 6946 e o  $h_{cASHRAE}$  coeficiente de convecção recomendado pela ASHRAE.

CALCULO DA CARGA TÉRMICA :

1) Considerando  $h_{cPB}$ :

$$Upb = \frac{1}{(1/8,5) + (0,02/0,20) + (0,10/0,69) + (0,20/0,20) + (1/9,6)} = \frac{1}{0,118 + 0,449}$$

<sup>4</sup> Os valores de  $k_1$  a  $\Delta t$  foram retirados de COUTINHO (2005), ÇENGEL (2002) e CREDER (2004), respectivamente.



$$U_{PB} = 1,764 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{PB} = 1,764 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} [ ( 28,1^\circ\text{C} - 25,0^\circ\text{C} ) + 5,5^\circ\text{C} ] =$$

$$\mathbf{Q_{PB} = 15,2 \text{ W/m}^2}$$

2) Considerando  $hc_{ISO}$ :

$$U_{ISO} = \frac{1}{(1/17,2) + 0,449}$$

$$U_{ISO} = 1,972 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{ISO} = 1,972 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} [(28,1^\circ\text{C} - 25,0^\circ\text{C}) + 5,5^\circ\text{C}] =$$

$$\mathbf{Q_{ISO} = 17,0 \text{ W/m}^2}$$

3) Considerando  $hc_{ASHRAE}$

$$U_{ASHRAE} = \frac{1}{(1/22,7) + 0,449}$$

$$U_{ASHRAE} = 2,023 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$Q_{ASHRAE} = 2,023 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} [(28,1^\circ\text{C} - 25,0^\circ\text{C}) + 5,5^\circ\text{C}] =$$

$$\mathbf{Q_{ASHRAE} = 17,4 \text{ W/m}^2}$$

Da simulação acima, pode-se observar que a diferença entre as cargas térmicas calculadas é de **10,6%**, comparando com valores recomendados pela ISO 6946 e de **12,6%** se comparado a valores sugeridos pela norma da ASHRAE. Diante disso, comprova-se a baixa contribuição dos ventos que ocorrem na Paraíba no resfriamento das superfícies construídas, pois os coeficientes de convecção verificados na Paraíba são significativamente menores do que sugerem os adotados pela bibliografia específica comumente utilizada. Este fato leva a crer que os impactos nos custos e no meio ambiente podem ser significativos.

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Como se pôde perceber, a determinação dos coeficientes de convecção não é de fácil resolução, o que conduz à necessidade de estudos mais profundos das questões relacionadas à ocupação do solo com relação aos escoamentos dos ventos, que por sua vez permitam apresentar, de maneira mais simples e mais geral, parâmetros para deliberações que interferem no bem-estar (conforto térmico), no planejamento consciente e na otimização do uso da energia elétrica.

Dos resultados obtidos, pode-se constatar que:

1) O coeficiente de convecção:

- varia pouco com a temperatura do ar;
- é diretamente proporcional à altura dos prédios;
- é diretamente proporcional à velocidade dos ventos;
- dele depende o coeficiente global de transmissão de calor (U);

2) Os valores dos coeficientes de convecção recomendados e utilizados pela bibliografia científica divergem dos valores verificados para o estado da Paraíba;

3) A aplicação dos coeficientes de convecção verificados na Paraíba representa redução da carga térmica e, por conseguinte, redução de custos, com reflexo no meio ambiente.

O que permite concluir que:

- ❖ A observação das normas existentes trará problemas para a sociedade, quanto ao conforto térmico, ao consumo energético e ao aproveitamento dos ventos, por serem, em parte, inadequadas às condições termo-ambientais do estado da Paraíba, em termos de valores de coeficientes de convecção e, por conseguinte, dos valores dos coeficientes globais de transferência de calor;
- ❖ Os valores dos Coeficientes Globais de Transferência de Calor (U) e das Resistências Térmicas de Elementos e Componentes (R), estabelecidos pela NBR 15220:2005, diferem

dos valores verificados na Paraíba, sugerindo uma avaliação desses coeficientes e resistências, o que, sem o mesmo, poderá comprometer o desempenho térmico de edifícios no estado;

- ❖ As condições exigíveis para a determinação do desempenho do condicionador de ar doméstico, assim como, o estabelecimento dos padrões mínimos de sua capacidade, fixado pela NBR 5858:1983, adota coeficientes e fatores que diferem dos verificados no estado da Paraíba, o que, sem o mesmo, poderá comprometer a otimização do uso da energia elétrica.

Para novos e futuros trabalhos, deixam-se como sugestão:

- ❖ Encontrar uma correlação que simule um telhado, para se estudar melhor seu efeito no cálculo do coeficiente de convecção;
- ❖ Relacionar com maior profundidade as características locais de uso e ocupação do solo com os coeficientes de convecção;
- ❖ Estudar mais profundamente sobre o assunto ora analisado, visando ao fornecimento de subsídios para revisão dos valores sugeridos pelas normas atuais;
- ❖ Desenvolver um manual separando dados de João Pessoa, representando o litoral (tipo As'), de Campina Grande (tipo As') e de Monteiro (tipo BSh), representando o cariri, e de Patos e São Gonçalo, representando o sertão (tipo Aw').

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. – ASHRAE. Atlanta, USA, 1985.

ASSIS, Eleonora Sad de. **Impactos da forma urbana na mudança climática**: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) FAU-USP. São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: **Desempenho térmico de edificações**. Partes 1, 2 e 3. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 5858: **Condicionador de ar doméstico**. Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_\_. NBR 6401: **Instalações centrais de ar-condicionado para conforto** – parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro, 1980.

AYNSLEY, A. D., MELBOUNE, W., VICKERY, B. J. **Architectural aerodynamics**. Applied science publishers, London, 1977.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia – MME. Balanço Energético Brasileiro. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em: 05. set. 2006.

CARVALHO, Homero Jorge M. de. **Metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima**: aplicação a uma cidade brasileira de clima litorâneo com baixa latitude. Tese (Doutorado em Urbanismo) FAU-UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

CORBELLA, Oscar. **Em Busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos** - conforto ambiental. Editora Revan, Rio de Janeiro, 2003.

COSTA, Ennio Cruz da. **Física aplicada à construção. Conforto térmico**. 4ª edição, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1974.

COUTINHO, Antônio S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. 2ª edição, Editora EdUEPB, João Pessoa, 2005.

CREDER, Hélio. **Instalação de ar-condicionado**. 6ª edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2004.

CROISSET, Maurice. **Humedad y temperatura em los edificios. Condesacones y confort térmico de verano y de invierno**. Editores Técnicos Asociados, Barcelona, 1970.

ÇENGEL, Y. A. Heat Transfer – A practical approach. Editora MacGraw-Hill, New York, 2002.

DREYFUS, Jacques. **Lê confort dans l'habitat em pays tropical. La protection des constructions contre la chaleur. Problèmes de ventilation**. Éditions Eyrolles, Paris, 1960.

FAVERETTO, José A. **Biologia** – uma abordagem evolutiva e ecológica. Editora Moderna. São Paulo: 1997.

FERREIRA, Enildo Tales. **Estudo Comparativo entre a velocidade básica do vento estabelecida na NBR. 6123 e a obtida de estações meteorológicas na Paraíba** – impactos nos âmbitos do projeto estrutural, do meio ambiente e dos custos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) CT-UFPB. João Pessoa, 2005.

GELLER, H. **O uso eficiente da eletricidade** – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. INEE, ACEEE, Rio de Janeiro, 1994.

GOLDEMBERG, José. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

GOLDEMBERG, José e MOREIRA, José Roberto. **Política energética no Brasil**. Estudos Avançados 19 (55): 215-28, 2005.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa. Grafset, 1985.

HINZ, E., GONZALES, E., OTEIZA, Pilar de, QUIROS, C. **Proyecto, clima y arquitectura**. Informe Final de la Primeira Etapa del trabajo de Investigación, Subvencionado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), de la Universidade del Zulia. México, 1986.

INATOMI, Thais Aya Hassan e UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. Artigo, 2006.

INCROPERA, F. P. e DEWITT, D. P. **Fundamentals of heat and mass transfer**. Tradução: LTC, Rio de Janeiro, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Apresenta informações e dados estatísticos sobre a população brasileira. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 02. out. 2006.

JANEIRO BORGES, A. R. e GIL SARAIVA, J. A. **Na erosion technique for assessing ground level winds. Wind engineering** (Ed. J. E., Cermak) N.Y. Pergamon Press, 1980.

JOÃO PESSOA. Secretaria Municipal de Planejamento – SEPLAN – Prefeitura Municipal de João Pessoa, PB, 2006.

LAMBERTS, Roberto, DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. PW Gráficos e Editores Associados, São Paulo, 1997.

LOMBARDO, M. A. **A ilha de calor na metrópole paulistana**. Tese (Doutorado em Geografia) FFLCH-USP, São Paulo, 1984.

\_\_\_\_\_. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações de método**. Tese (Livre-Docência) FFLCH-USP. São Paulo, 1995.

MACADAMS, W.H. **Heat transmission**. 3 rd edition. MacGraw-Hill Boos Co. Inc., New York, 1954.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Tese (Livre-Docência) FFLCH-USP, São Paulo, 1975.

\_\_\_\_\_. **O Clima e a organização do espaço no estado de São Paulo**. Instituto de Geografia – USP. São Paulo, 1976.

MONTENEGRO, Aline Paiva. Estudo da repercussão das variáveis climáticas e decorrentes da ocupação do solo em Intermares. Dissertação (Mestrado PRODEMA) UFPB, João Pessoa, 2003.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. ISO 6949 : **Composants et parois de bâtiments** – résistance thermique et coefficient de transmission thermique – méthode de calcul. Geneve, 1996.

\_\_\_\_\_. ISO 9251 : **Isolation thermique** – conditions de transfert thermique et propriétés des matériaux – vocabulaire. Geneve, 1987.

ÖZİŞİK, M. N. **Heat transfer. A basic approach**. McCraw-Hill, 1985.

PEREGRINO, Paulo Sérgio Araújo. **Inter-relações existentes entre os escoamentos de ventos e os padrões de ocupação do solo nos bairros do Cabo Branco e Tambaú/João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) CT-UFPB. João Pessoa, 2005.

PEREGRINO, P. S. A., SILVA, F. de A. G. **O vento e os padrões de ocupação do solo em João Pessoa/PB**. Artigo apresentado no ENCAC – ELAC, Maceió, 2005.

QUEIROGA, Silvana C. C. **Verificação da eficiência do dimensionamento de aberturas para a ventilação natural, nos bairros Cabo Branco e Tambaú, na cidade de João Pessoa/PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) CT-UFPB, João Pessoa, 2005;

RIBEIRO, Leonardo da Silva. **O impacto do gás natural nas emissões de gases de efeito estufa: o caso do município do Rio de Janeiro**. Tese – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

SANTOS, Janine Holmes dos. **Determinação e verificação de ângulos de céu decorrentes da ocupação do solo nos bairros de Cabo Branco e Tambaú – João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). PPGEU/UFPB, João Pessoa, 2007.

SARAIVA, Jorge G. **Aerodinâmica dos edifícios altos: característica do escoamento e resposta à turbulência de formas prismáticas**. Tese, LNEC, Lisboa 1983.

\_\_\_\_\_. **Ação do vento e nível de conforto em espaços urbanos**. II Ciclo de Palestras de Conforto Ambiental e Conservação de Energia, 1994.

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

SOARES, Pedro M. Matos. **Parametrização da turbulência e nuvens de camada limite em modelos atmosféricos**. Tese (Doutorado em Física – Meteorologia) Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal, 2004.

VALENTIM, Pedro. **Alteração dos valores do coeficiente de convecção no exterior de edifícios**. Trabalho apresentado à Disciplina de Mecânica dos Fluidos Industriais do Instituto Superior Técnico de Lisboa. Lisboa, 1997.

## ANEXOS 1

- Fotos diversas -





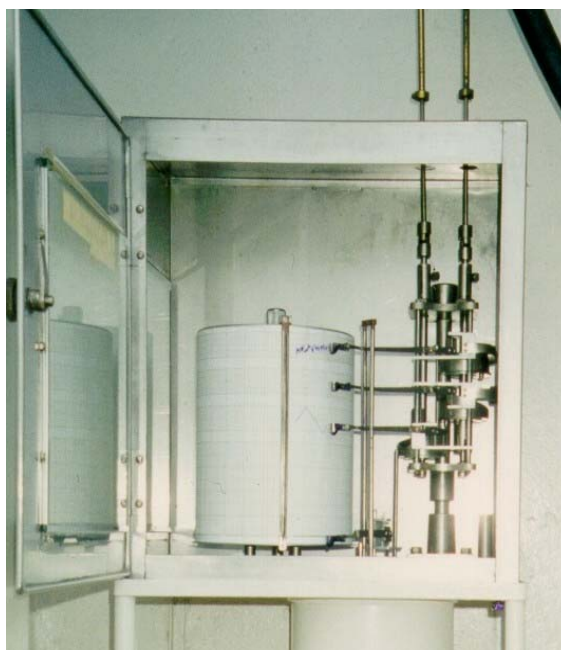
**Foto 1:** Estação climatológica de João Pessoa, situada às margens da BR 230, Km 14, estrada para Cabedelo - PB.

Fonte: Acervo do autor (2007).



**Foto 2:** Anemômetro - Mede a velocidade do vento (em m/s) e, em alguns tipos, também a direção (em graus).

Fonte: Acervo do autor (2007).



**Foto 3:** Anemógrafo - Registra continuamente a direção (em graus) e a velocidade instantânea do vento (em m/s), a distância total (em km) percorrida pelo vento com relação ao instrumento e as rajadas (em m/s).

Fonte: INMET (2007).

## **ANEXOS**

## ANEXOS 2

- Registro de dados meteorológicos fornecidos pelo INMET -

82798 - JOAO PESSOA												
	TEMPERATURA DO AR - BULBO SECO, HORARIA			TEMPERATURA DO AR - BULBO UMIDO, HORARIA			VENTO DIRECAO HORARIA			VENTO VELOCIDADE HORARIA		
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800
01-JAN-1974	27,0	28,8	29,0	23,7	23,8	24,3	0	0	0	0,0	0,0	0,0
02-JAN-1974	27,1	28,8	29,2	23,8	24,0	24,7	14	9	9	1,0	1,0	1,0
03-JAN-1974	27,3	28,8	28,8	24,4	24,2	24,4	9	0	14	1,0	0,0	1,0
04-JAN-1974	27,0	29,4	29,0	23,4	24,6	24,3	14	0	14	1,0	0,0	1,0
05-JAN-1974	27,0	29,2	28,8	23,5	24,4	24,5	14	14	14	1,0	1,0	1,0
06-JAN-1974	26,8	29,6	29,2	24,0	24,2	24,0	14	14	0	1,0	1,0	0,0
07-JAN-1974	26,8	29,8	29,4	24,2	24,0	24,0	14	14	14	1,0	1,0	1,0
08-JAN-1974	27,0	28,8	28,9	23,4	24,0	24,2	14	14	14	1,0	3,0	1,0
09-JAN-1974	26,0	29,0	29,2	22,4	23,8	24,0	14	14	14	3,0	1,0	1,0
10-JAN-1974	26,0	29,6	29,2	22,4	24,0	24,6	14	14	14	1,0	1,0	3,0
11-JAN-1974	26,6	28,2	29,2	23,4	23,7	24,2	0	0	14	0,0	0,0	1,0
12-JAN-1974	27,0	29,8	29,4	23,2	25,2	24,0	14	14	14	1,0	1,0	1,0
13-JAN-1974	27,2	28,8	28,6	24,0	24,1	23,9	14	14	14	1,0	1,0	1,0
14-JAN-1974	27,0	29,7	29,2	23,5	24,4	23,6	14	14	14	1,0	3,0	3,0
15-JAN-1974	27,0	28,8	29,0	24,0	23,9	23,8	14	14	14	1,0	3,0	1,0
16-JAN-1974	26,6	26,6	28,4	23,2	23,4	24,4	14	0	14	3,0	0,0	1,0
17-JAN-1974	26,6	28,6	28,0	23,6	24,0	24,2	14	14	14	1,0	3,0	3,0
18-JAN-1974	26,8	28,2	27,2	23,2	23,8	24,0	14	14	14	1,0	1,0	1,0
19-JAN-1974	23,6	27,6	27,1	22,2	24,6	23,6	0	0	9	0,0	0,0	1,0
20-JAN-1974	24,2	28,6	27,6	23,6	24,4	24,4	14	0	14	1,0	0,0	1,0
21-JAN-1974	23,4	26,6	26,2	23,0	24,4	24,4	0	14	14	0,0	3,0	1,0
22-JAN-1974	26,6	28,8	28,8	24,4	24,8	24,8	14	14	14	1,0	1,0	1,0
23-JAN-1974	26,8	28,7	29,0	23,4	24,6	24,4	0	14	14	0,0	1,0	1,0
24-JAN-1974	26,2	28,5	28,2	23,7	23,9	23,6	14	14	14	1,0	1,0	3,0
25-JAN-1974	26,6	27,2	28,7	23,8	23,6	23,6	14	14	14	3,0	3,0	3,0
26-JAN-1974	25,6	25,4	28,4	23,3	24,4	23,6	0	14	14	0,0	1,0	1,0
27-JAN-1974	26,6	28,6	28,4	23,0	24,6	24,0	14	14	14	1,0	3,0	1,0
28-JAN-1974	26,6	28,2	28,6	24,0	25,2	25,0	14	0	14	1,0	0,0	3,0
29-JAN-1974	27,0	23,6	24,8	24,0	23,0	23,6	14	0	0	1,0	0,0	0,0
30-JAN-1974	23,8	24,0	27,0	22,4	23,2	25,1	0	0	0	0,0	0,0	0,0
31-JAN-1974	25,8	25,9	26,8	23,2	24,8	25,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
01-FEV-1974	26,4	28,4	28,2	23,4	23,9	24,2	14	14	14	10,0	3,0	1,0
02-FEV-1974	26,2	28,9	28,3	22,8	24,2	24,0	14	14	14	3,0	1,0	1,0

Código (direção do vento)

código	legenda	
0	Calmo	C
2	Norte - Nordeste	NNE
5	Nordeste	NE
7	Este - Nordeste	ENE
9	Leste	E
11	Este - Sudeste	ESE
14	Sudeste	SE
16	Sul - Sudeste	SSE
18	Sul	S
20	Sul - Sudoeste	SSW
23	Sudoeste	SW
25	Oeste - Sudoeste	WSW
27	Oeste	W
29	Oeste - Noroeste	WNW
32	Noroeste	NW
34	Norte - Noroeste	NNW
36	Norte	N

ANO	MÉDIA 30 ANOS - JOÃO PESSOA																											
	JANEIRO									JUNHO									ANO									
	TEMPERATURA						VELOCIDADE	TEMPERATURA						VELOCIDADE	TEMPERATURA						VELOCIDADE							
	MÉDIA BS			MÉDIA BU				MÉDIA BS			MÉDIA BU				MÉDIA BS			MÉDIA BU										
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	
1974	26,3	28,1	28,4	23,5	24,2	24,2	0,9	1,1	1,2	27,3	27,7	28,6	24,3	24,6	25,2	1,3	1,4	2,7	25,8	27,4	27,6	23,3	24,0	24,2	1,1	1,6	1,8	
1975	26,6	28,7	28,6	23,7	24,4	24,3	1,4	1,5	1,2	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	25,5	27,5	27,9	22,9	23,7	23,9	0,8	1,5	1,4	
1976	25,7	27,5	27,8	23,2	23,9	24,1	1,0	1,5	1,6	24,5	25,8	26,9	23,0	23,2	23,4	0,8	2,0	4,3	25,1	26,7	27,3	22,9	23,4	23,6	1,0	1,9	2,6	
1977	26,2	27,1	27,8	23,6	24,0	24,1	1,3	2,5	1,9	24,0	25,3	26,7	23,1	23,6	24,0	2,1	2,6	3,1	25,4	27,2	27,8	23,2	23,8	23,9	2,5	3,1	3,3	
1978	26,8	28,4	29,1	23,9	24,1	24,1	2,2	2,2	2,1	23,7	25,4	26,6	22,3	23,0	23,3	2,8	3,0	4,0	25,1	26,6	27,3	23,2	23,9	24,0	2,6	3,2	3,6	
1979	26,6	28,3	28,7	24,1	24,5	24,6	2,2	2,8	2,6	24,1	25,7	26,5	22,4	23,3	23,4	2,4	3,6	4,7	25,5	27,2	27,8	23,3	23,9	24,0	2,8	3,4	4,1	
1980	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1981	26,6	27,9	28,3	23,5	24,2	24,2	3,2	3,6	4,8	24,4	26,1	27,1	22,3	23,0	23,2	2,3	3,6	4,4	25,1	26,9	27,3	22,6	23,3	23,3	3,2	4,3	4,7	
1982	26,8	28,3	28,7	23,8	24,0	24,2	3,7	3,7	3,9	25,7	27,5	27,8	24,5	25,0	25,2	2,8	4,9	4,5	25,7	27,6	27,9	23,4	23,8	23,9	2,7	3,9	3,9	
1983	26,7	NUL	NUL	24,5	NUL	NUL	2,5	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	21,7	22,1	16,8	19,1	18,5	14,1	3,0	3,8	3,0	
1984	27,1	28,7	29,2	23,8	24,2	24,3	3,2	3,7	3,9	25,1	26,5	27,4	23,1	24,0	24,0	1,9	3,1	3,8	26,2	27,6	28,3	23,5	23,9	24,0	2,7	3,4	3,9	
1985	27,0	28,8	29,3	24,1	24,5	24,8	2,8	2,6	4,2	24,6	25,7	27,6	22,7	23,4	23,9	NUL	NUL	NUL	25,9	28,1	28,7	23,2	23,8	23,9	2,7	3,4	4,4	
1986	27,6	NUL	NUL	24,4	NUL	NUL	2,5	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	27,6	NUL	NUL	24,4	NUL	NUL	2,5	NUL	NUL	
1987	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1988	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1989	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1990	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1991	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1992	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1993	26,6	28,4	28,5	23,7	24,1	24,1	3,0	3,4	3,7	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	26,8	22,9	23,0	24,2	19,3	19,4	3,4	3,0	3,3	
1994	27,9	NUL	NUL	26,1	NUL	NUL	3,3	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	26,2	18,6	18,8	24,0	16,0	16,1	3,0	2,2	2,4	
1995	26,2	28,3	28,5	23,5	24,1	24,2	2,9	3,5	3,4	25,0	26,1	26,7	23,2	23,6	23,7	2,5	3,0	3,8	25,6	27,7	27,9	22,9	23,4	23,3	2,2	3,5	3,7	
1996	27,4	28,8	29,0	24,0	24,6	24,8	2,6	3,2	3,1	25,3	26,0	27,4	23,4	23,3	23,8	1,8	2,5	2,8	26,5	27,6	28,2	23,7	24,3	24,4	2,2	2,5	2,5	
1997	27,9	29,2	29,4	24,4	24,6	24,9	2,9	3,2	3,1	25,6	26,7	27,4	23,3	23,7	23,7	2,7	2,8	3,2	26,3	27,8	28,0	23,6	24,0	24,0	2,9	3,2	3,4	
1998	27,8	29,6	29,5	24,9	25,4	25,4	3,2	3,1	3,5	26,0	27,0	27,9	23,5	23,6	23,7	2,6	3,5	3,6	26,8	28,4	28,7	24,2	24,6	24,7	3,1	3,4	3,6	
1999	27,4	28,8	29,1	24,1	24,7	24,7	NUL	NUL	NUL	25,6	27,0	27,8	23,4	23,8	23,7	2,2	2,6	2,7	26,4	27,9	28,3	23,6	24,1	24,1	2,7	3,1	3,3	
2000	27,4	28,6	29,1	24,6	25,0	25,2	2,4	2,6	2,8	24,9	26,6	26,9	23,6	24,5	24,6	1,7	2,8	3,4	26,2	27,7	28,0	24,5	25,2	25,3	2,3	2,6	3,2	
2001	27,0	28,8	29,0	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	24,9	26,5	27,8	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	26,4	28,1	28,9	23,7	25,4	NUL	2,9	3,7	NUL	
2002	27,0	28,2	NUL	NUL	NUL	NUL	2,5	3,0	NUL	24,4	26,4	27,2	NUL	NUL	NUL	2,3	3,3	3,6	26,2	28,0	28,1	23,4	24,2	24,2	2,8	3,5	4,1	
2003	27,4	29,4	29,6	24,9	25,4	25,6	2,7	3,1	3,5	24,8	26,0	27,3	23,3	23,7	24,5	2,1	2,9	3,7	26,4	28,3	28,6	24,0	24,5	24,6	2,6	3,6	3,8	
2004	26,8	28,2	28,5	25,0	25,2	25,3	2,2	2,4	2,9	24,7	26,1	27,2	23,3	24,0	24,3	1,7	3,1	3,3	26,1	28,0	28,4	23,7	24,5	24,5	2,3	3,3	3,4	
2005	27,4	29,6	29,8	24,6	25,1	25,4	2,4	3,3	3,3	24,9	26,2	27,2	23,9	24,5	24,8	2,0	3,0	3,4	26,5	28,4	28,8	24,0	24,7	24,7	2,4	3,3	3,6	
MÉDIA	27,0	28,5	28,9	24,2	24,5	24,6	2,5	2,8	3,0	25,0	26,3	27,3	23,3	23,8	24,0	2,1	3,0	3,6	25,9	26,8	27,0	23,4	23,3	23,1	2,5	3,1	3,4	

82795 - CAMPINA GRANDE															
	TEMPERATURA DO AR - BULBO SECO, HORARIA			TEMPERATURA DO AR - BULBO UMIDO, HORARIA			VENTO DIRECAO HORARIA			VENTO VELOCIDADE HORARIA					
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	Código (direção do vento)		
01-JAN-1974	22,2	25,8	31,1	21,1	20,6	20,6	5	9	5	0,9	4,4	2,4	código	legenda	
02-JAN-1974	23,0	25,2	31,0	19,8	20,8	20,3	5	5	9	0,9	4,4	0,9	0	Calmo	C
03-JAN-1974	22,4	25,4	31,1	20,4	20,7	20,8	18	9	9	2,4	0,9	2,4	2	Norte - Nordeste	NNE
04-JAN-1974	22,0	24,8	30,6	20,4	19,9	20,7	5	18	0	1,4	2,4	0,0	5	Nordeste	NE
05-JAN-1974	22,3	25,4	30,1	20,2	20,6	20,7	9	14	9	0,9	2,4	0,9	7	Este - Nordeste	ENE
06-JAN-1974	22,4	25,4	30,6	20,5	20,8	20,0	0	9	18	0,0	2,4	2,4	9	Leste	E
07-JAN-1974	22,4	25,1	30,4	21,4	20,4	20,8	18	9	9	4,4	2,4	2,4	11	Este - Sudeste	ESE
08-JAN-1974	22,2	24,4	29,8	19,5	20,4	20,6	5	0	18	0,9	0,0	2,4	14	Sudeste	SE
09-JAN-1974	22,0	24,9	30,0	19,2	19,1	19,6	14	14	0	2,4	0,9	0,0	16	Sul - Sudeste	SSE
10-JAN-1974	22,4	25,0	30,8	19,5	20,2	19,6	0	5	0	0,0	0,9	0,0	18	Sul	S
11-JAN-1974	22,4	25,4	30,4	20,2	20,1	19,6	18	5	14	2,4	0,9	0,9	20	Sul - Sudoeste	SSW
12-JAN-1974	22,6	25,0	30,2	20,5	20,4	20,6	9	18	18	2,4	2,4	0,9	23	Sudoeste	SW
13-JAN-1974	22,4	25,2	29,2	20,4	20,0	19,3	9	18	14	2,4	2,4	0,9	25	Oeste - Sudoeste	WSW
14-JAN-1974	22,2	25,6	29,0	19,9	20,8	22,0	9	0	18	0,9	0,0	4,4	27	Oeste	W
15-JAN-1974	23,0	24,8	28,8	20,4	20,7	21,4	9	14	9	0,9	2,4	2,4	29	Oeste - Noroeste	WNW
16-JAN-1974	21,9	23,8	28,4	19,5	20,4	21,4	0	0	18	0,0	0,0	2,4	32	Noroeste	NW
17-JAN-1974	22,6	24,7	27,7	20,3	20,6	20,8	9	18	14	2,4	0,9	0,9	34	Norte - Noroeste	NNW
18-JAN-1974	22,0	24,0	22,2	20,6	20,8	20,8	18	0	14	2,4	0,0	2,4	36	Norte	N
19-JAN-1974	20,4	23,1	24,8	20,2	21,2	21,3	0	0	5	0,0	0,0	2,4			
20-JAN-1974	20,4	22,8	20,0	20,0	21,1	19,8	9	0	0	0,9	0,0	0,0			
21-JAN-1974	21,0	22,4	23,1	20,6	21,0	21,4	0	0	18	0,0	0,0	2,4			
22-JAN-1974	21,6	23,5	26,7	20,4	21,0	21,2	0	18	18	0,0	0,9	0,9			
23-JAN-1974	22,0	22,8	24,4	21,0	21,2	21,8	0	14	9	0,0	0,9	2,4			
24-JAN-1974	21,8	23,8	27,0	20,6	20,8	20,4	18	14	18	0,9	0,9	2,4			
25-JAN-1974	21,6	24,4	28,5	20,3	20,7	20,4	0	9	14	0,0	0,9	0,9			
26-JAN-1974	21,8	24,6	27,0	20,0	21,0	20,8	9	0	9	0,9	0,0	0,9			
27-JAN-1974	22,0	24,0	29,2	21,0	21,3	22,1	18	0	9	2,4	0,0	0,9			
28-JAN-1974	22,2	24,3	22,8	20,4	21,0	20,4	9	18	0	0,9	0,9	0,0			
29-JAN-1974	21,0	23,4	24,9	20,6	21,4	22,5	0	18	9	0,0	0,9	2,4			
30-JAN-1974	21,0	21,4	24,4	20,8	20,2	20,6	9	0	18	0,9	0,0	0,9			
31-JAN-1974	21,5	24,4	25,8	20,4	21,6	22,2	9	9	9	2,4	0,9	2,4			
01-FEV-1974	21,9	23,4	26,2	21,6	20,6	20,9	0	14	9	0,0	0,9	2,4			
02-FEV-1974	20,8	23,6	27,7	19,4	20,4	21,0	0	9	5	0,0	2,4	2,4			

ANO	MÉDIA 30 ANOS - CAMPINA GRANDE																										
	JANEIRO									JUNHO									ANO								
	TEMPERATURA						VELOCIDADE			TEMPERATURA						VELOCIDADE			TEMPERATURA						VELOCIDADE		
	MÉDIA BS			MÉDIA BU						MÉDIA BS			MÉDIA BU						MÉDIA BS			MÉDIA BU					
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800
1974	22,0	24,3	27,7	20,3	20,7	20,8	1,2	1,2	1,5	20,3	21,8	23,8	19,7	20,2	20,8	0,7	2,3	1,7	20,8	23,1	25,7	19,9	20,4	20,9	1,0	1,8	1,8
1975	21,9	24,6	28,4	20,4	20,8	21,0	1,8	1,6	2,1	20,4	21,9	24,0	19,9	20,4	21,2	0,6	2,1	1,5	21,1	23,5	26,4	20,1	20,6	21,0	1,3	1,9	1,8
1976	21,5	24,6	28,4	20,0	20,5	21,0	1,6	2,0	2,1	19,8	20,6	22,4	18,9	19,5	20,1	2,9	4,2	5,0	20,9	23,1	26,2	19,6	20,0	20,5	3,0	3,4	3,8
1977	22,2	23,8	27,0	20,9	21,2	21,4	5,0	5,7	5,1	21,1	21,9	23,7	20,4	20,4	20,9	3,0	4,0	3,9	21,5	23,2	26,3	20,5	20,9	21,7	4,1	4,5	4,8
1978	22,6	24,8	29,8	21,0	21,6	22,9	5,0	4,7	4,8	20,5	21,9	24,2	19,6	20,2	20,4	2,5	3,8	3,8	21,2	23,0	26,2	20,3	20,9	21,5	3,7	4,1	4,4
1979	22,1	25,1	28,0	20,7	22,6	23,1	4,5	5,1	4,9	20,1	21,0	23,7	19,2	19,9	20,5	2,5	4,2	4,1	21,0	23,1	26,3	19,9	20,3	21,0	3,7	4,7	4,8
1980	22,3	24,5	27,6	20,8	21,8	21,0	3,7	4,5	4,5	20,7	21,8	24,4	19,7	20,1	20,8	2,5	3,6	3,7	21,2	23,1	26,2	19,7	20,0	20,3	3,5	4,4	4,6
1981	22,4	24,0	27,9	20,4	20,7	21,1	4,8	4,3	5,3	20,4	21,4	25,3	19,2	19,3	19,8	3,6	4,4	4,6	21,3	23,0	26,8	19,6	19,8	20,4	4,2	4,6	5,0
1982	22,5	24,2	28,6	20,5	20,5	20,8	4,6	4,4	4,9	20,5	21,7	23,8	19,7	20,1	21,2	2,5	3,8	4,2	21,4	23,2	26,7	19,9	20,3	21,1	3,9	4,3	4,7
1983	23,1	24,8	29,7	21,1	21,1	21,8	4,8	4,5	5,0	21,1	22,1	25,4	20,1	20,5	21,7	3,0	3,8	4,0	21,7	23,6	27,3	20,2	20,6	21,6	4,1	4,5	4,8
1984	25,6	24,5	24,9	20,6	21,6	20,9	5,5	5,5	4,3	20,4	21,7	24,2	19,3	19,8	20,4	2,8	3,5	3,9	21,5	23,3	25,3	19,9	20,2	20,7	3,5	4,1	4,3
1985	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1986	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1987	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1988	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1989	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1990	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1991	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1992	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1993	23,0	24,9	30,0	20,3	20,1	21,0	4,3	3,3	4,4	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	22,8	25,2	30,1	20,1	20,4	20,8	4,8	4,0	4,7
1994	23,3	25,5	29,9	21,0	21,1	21,6	4,1	3,4	3,9	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	23,1	25,3	28,8	21,2	21,4	21,7	3,6	3,4	4,1
1995	22,7	24,9	30,0	20,6	20,8	21,3	3,7	3,3	3,6	21,2	22,1	24,4	20,1	20,3	21,2	2,3	2,8	3,2	22,1	24,1	27,9	20,2	20,4	21,0	3,4	3,4	3,8
1996	23,5	25,5	30,6	20,7	20,9	21,1	4,3	3,8	4,1	21,1	22,2	24,7	19,8	20,0	20,7	2,7	3,5	3,6	22,1	24,0	27,5	20,4	20,6	21,1	3,5	3,6	4,1
1997	23,4	25,4	30,3	21,0	21,3	21,4	4,2	3,9	4,4	21,1	22,6	25,6	19,7	19,9	20,5	NUL	NUL	NUL	22,0	24,0	27,8	20,3	20,4	20,8	4,0	3,9	4,2
1998	23,7	25,7	30,5	21,8	21,7	22,0	4,3	3,4	4,1	22,2	23,1	26,5	20,1	20,1	20,5	3,5	4,3	4,4	22,9	24,7	29,0	20,7	20,8	21,3	4,3	4,2	4,5
1999	23,1	25,0	29,4	20,7	20,6	20,9	4,8	3,9	4,7	21,7	23,2	26,9	19,6	19,6	20,0	3,4	4,2	4,3	22,2	24,0	28,1	19,9	20,1	20,4	4,2	4,2	4,4
2000	22,8	24,6	28,6	21,1	20,9	21,4	3,9	3,7	3,9	22,3	NUL	NUL	21,5	NUL	NUL	1,8	NUL	NUL	22,8	24,7	27,8	21,2	21,3	21,7	3,2	3,5	3,9
2001	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	22,2	24,7	28,7	19,8	20,3	20,7	4,0	4,0	4,7
2002	22,9	24,5	27,6	NUL	NUL	NUL	3,2	3,1	3,6	21,1	22,4	24,1	NUL	NUL	NUL	2,4	3,0	3,3	22,2	24,0	27,8	19,8	20,2	20,8	3,5	3,6	3,9
2003	23,6	25,6	30,5	21,3	21,3	21,7	4,3	3,3	3,8	21,3	22,5	25,3	20,0	20,2	21,0	2,5	3,6	3,9	22,2	24,4	28,0	20,5	20,7	21,2	3,5	3,8	4,1
2004	22,7	24,6	27,5	21,3	21,6	22,1	3,2	2,8	3,6	21,0	21,9	24,0	20,2	20,6	21,3	2,1	2,8	2,9	21,9	23,6	27,0	20,7	21,0	21,9	3,1	3,4	3,6
2005	23,8	25,4	30,8	22,2	22,2	24,0	4,0	3,6	3,8	21,2	22,2	23,4	20,5	20,8	21,3	2,1	3,1	3,3	22,4	24,2	27,8	20,8	21,1	21,9	3,3	3,7	4,2
MÉDIA	22,9	24,8	28,9	20,8	21,2	21,5	3,9	3,7	4,0	20,9	22,0	24,5	19,9	20,1	20,7	2,5	3,5	3,7	21,8	23,8	27,3	20,2	20,5	21,1	3,5	3,8	4,1

82792 - MONTEIRO															
	TEMPERATURA DO AR - BULBO SECO, HORARIA			TEMPERATURA DO AR - BULBO UMIDO, HORARIA			VENTO DIRECAO HORARIA			VENTO VELOCIDADE HORARIA					
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	Código (direção do vento)		
													código	legenda	
01-	27,0	27,2	33,6	22,0	19,6	21,0	14	5	0	3,0	3,0	0,0	0	Calmo	C
02-	27,0	27,2	34,0	22,0	19,8	20,0	0	0	5	0,0	0,0	3,0	2	Norte - Nordeste	NNE
03-	27,6	27,0	35,0	20,0	20,3	19,0	5	0	0	3,0	0,0	0,0	5	Nordeste	NE
04-	26,4	26,6	33,4	20,0	19,8	19,2	5	0	9	7,0	0,0	3,0	7	Este - Nordeste	ENE
05-	26,0	27,0	33,0	19,4	21,0	18,6	9	9	5	5,0	5,0	3,0	9	Leste	E
06-	26,8	26,2	33,8	19,8	21,4	20,0	0	14	14	0,0	1,0	1,0	11	Este - Sudeste	ESE
07-	26,2	26,4	33,2	18,2	20,2	20,0	14	0	0	1,0	0,0	0,0	14	Sudeste	SE
08-	26,0	26,0	33,8	19,8	20,0	21,0	14	14	14	1,0	1,0	1,0	16	Sul - Sudeste	SSE
09-	25,0	26,6	32,0	20,4	18,2	20,0	14	14	14	1,0	1,0	1,0	18	Sul	S
10-	26,0	26,4	31,8	20,2	21,2	21,0	14	14	14	1,0	1,0	1,0	20	Sul - Sudoeste	SSW
11-	25,8	26,8	30,0	19,8	20,0	21,8	14	0	0	1,0	0,0	0,0	23	Sudoeste	SW
12-	26,0	27,2	29,8	20,0	20,2	21,8	9	9	18	1,0	1,0	7,0	25	Oeste - Sudoeste	WSW
13-	22,4	24,8	32,0	21,0	20,0	20,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	27	Oeste	W
14-	25,0	27,2	33,4	21,0	20,0	21,0	9	14	14	1,0	1,0	1,0	29	Oeste - Noroeste	WNW
15-	25,0	25,0	31,4	20,6	19,6	22,2	9	14	0	3,0	1,0	0,0	32	Noroeste	NW
16-	24,0	25,8	31,2	21,4	19,6	21,0	0	14	0	0,0	1,0	0,0	34	Norte - Noroeste	NNW
17-	24,6	24,2	28,0	20,4	19,2	20,0	5	0	14	3,0	0,0	5,0	36	Norte	N
18-	23,0	25,0	25,8	20,4	20,4	20,8	5	0	0	3,0	0,0	0,0			
19-	20,0	22,6	22,8	19,4	20,8	22,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0			
20-	20,8	23,8	23,0	20,4	21,0	21,0	0	9	9	0,0	1,0	3,0			
21-	20,0	23,8	22,4	19,6	20,8	21,6	0	0	0	0,0	0,0	0,0			
22-	22,8	24,8	30,4	22,0	21,2	21,4	0	9	0	0,0	3,0	0,0			
23-	27,6	24,0	30,2	19,8	20,8	21,4	0	9	0	0,0	3,0	0,0			
24-	23,4	24,4	31,4	20,8	19,6	19,6	0	9	0	0,0	1,0	0,0			
25-	25,4	26,0	32,4	20,4	20,2	19,4	9	14	9	3,0	3,0	1,0			
26-	26,2	25,2	32,0	20,2	20,0	20,2	5	0	0	3,0	0,0	0,0			
27-	25,8	26,0	28,0	22,4	19,8	21,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0			
28-	28,0	23,8	29,0	19,6	19,0	19,8	0	0	0	0,0	0,0	0,0			
29-	24,8	25,8	31,0	20,2	21,0	20,6	0	5	14	0,0	1,0	1,0			
30-	19,8	22,8	31,0	19,6	21,0	21,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0			
31-	24,6	24,6	30,2	20,4	21,4	22,2	0	5	0	0,0	3,0	0,0			
01-	23,0	25,0	29,0	21,2	20,8	21,4	5	9	14	3,0	3,0	1,0			
02-	24,2	24,6	30,0	20,2	19,2	21,2	5	9	0	5,0	5,0	0,0			



ANO	MÉDIA 30 ANOS - MONTEIRO																										
	JANEIRO									JUNHO									ANO								
	TEMPERATURA						VELOCIDADE			TEMPERATURA						VELOCIDADE			TEMPERATURA						VELOCIDADE		
	MÉDIA BS			MÉDIA BU						MÉDIA BS			MÉDIA BU						MÉDIA BS			MÉDIA BU					
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800
1974	24,8	25,5	30,6	20,4	20,2	20,6	1,3	1,0	1,0	19,7	22,3	25,2	18,8	19,6	21,2	0,7	1,5	1,8	22,1	24,4	28,6	19,7	20,0	21,0	1,2	1,7	1,3
1975	25,0	26,7	31,9	20,3	20,2	20,3	1,5	3,6	2,4	20,6	23,0	25,7	19,7	19,8	21,0	0,8	1,2	1,2	22,4	24,6	28,9	20,0	20,1	21,1	1,2	2,1	1,8
1976	24,9	25,8	31,8	20,0	19,6	20,2	1,6	3,5	2,9	20,7	23,6	28,3	19,1	19,0	19,9	1,4	1,6	2,0	22,5	24,8	29,6	19,9	19,6	20,4	1,1	1,8	1,6
1977	23,7	25,2	29,9	20,4	20,4	20,6	1,8	2,3	1,6	22,0	NUL	NUL	21,0	NUL	NUL	0,0	NUL	NUL	22,6	24,9	29,5	20,3	20,0	20,7	2,1	2,7	2,7
1978	25,2	26,2	32,7	20,8	20,3	20,3	4,6	3,4	3,2	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	22,9	25,6	30,8	20,3	19,8	20,2	3,6	3,9	3,3
1979	24,3	26,3	32,3	20,6	20,9	21,0	4,3	3,6	3,1	21,6	23,8	26,8	19,9	19,1	19,7	1,5	3,8	4,0	22,9	25,4	29,9	20,1	20,2	20,8	3,0	3,7	3,4
1980	25,0	25,8	30,4	21,9	21,9	22,2	3,4	4,7	3,4	20,9	23,4	27,6	18,8	19,4	20,0	1,7	3,2	3,6	23,3	25,1	29,9	20,0	20,4	21,0	2,6	3,8	3,4
1981	24,3	25,5	30,7	20,3	20,3	21,0	3,6	3,6	3,2	20,3	23,3	27,8	17,9	19,1	19,9	2,2	3,9	4,1	22,3	24,3	29,5	19,3	19,5	20,7	3,2	3,8	3,6
1982	25,1	25,7	31,5	19,9	20,3	21,4	4,8	3,5	2,9	20,5	22,8	26,0	18,8	19,4	20,5	1,6	3,0	3,5	22,9	24,4	29,3	19,6	19,8	20,8	3,3	3,4	3,2
1983	26,2	25,8	32,0	21,5	21,1	22,3	NUL	NUL	NUL	21,5	23,7	28,5	19,2	19,9	21,2	2,0	3,1	3,2	23,6	24,9	30,4	20,0	20,3	21,2	3,7	3,7	3,4
1984	25,5	25,4	32,0	19,6	19,9	19,9	3,9	3,6	3,5	19,6	22,4	26,4	18,1	19,5	20,5	1,2	2,9	3,3	22,7	24,3	29,1	19,4	19,9	20,4	2,9	3,2	3,0
1985	25,4	NUL	NUL	21,6	NUL	NUL	5,0	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	25,4	NUL	NUL	21,6	NUL	NUL	5,0	NUL	NUL
1986	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1987	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1988	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1989	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1990	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	25,0	NUL	NUL	20,8	NUL	0,0	0,5	0,0
1991	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1992	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL
1993	24,6	25,4	31,0	20,4	20,2	20,1	4,6	4,0	3,6	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	25,3	26,1	31,7	20,8	21,1	20,7	5,2	4,4	3,7
1994	28,8	NUL	NUL	21,4	NUL	NUL	4,8	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	23,9	26,1	32,2	20,1	21,4	21,2	4,5	4,5	4,1
1995	25,5	25,8	32,4	20,1	20,3	20,3	3,9	2,9	2,8	21,1	23,3	26,7	19,3	20,1	21,2	1,6	2,4	2,9	23,4	24,9	30,1	20,0	20,6	21,8	2,7	2,6	2,6
1996	25,3	26,5	32,6	20,5	20,9	22,1	3,7	2,4	2,7	20,4	26,3	27,4	21,4	21,7	21,8	9,0	9,0	32,0	23,3	25,1	29,9	19,9	20,3	21,0	2,3	2,5	2,8
1997	24,9	25,8	31,5	20,8	21,2	21,2	NUL	NUL	NUL	20,9	23,3	28,0	19,4	20,3	20,9	0,0	0,0	0,0	23,6	24,9	30,1	20,2	20,4	21,1	2,8	2,1	1,5
1998	26,4	26,3	32,3	21,4	21,3	22,1	3,1	3,2	2,4	23,1	24,2	29,3	19,6	19,3	20,1	NUL	NUL	NUL	25,3	25,7	31,5	20,5	20,2	21,0	3,9	3,4	2,5
1999	25,5	26,0	31,5	20,3	20,6	20,7	5,3	4,1	3,3	22,6	23,5	28,8	19,2	19,5	20,5	3,1	3,3	3,4	24,1	24,8	30,3	19,9	20,0	21,0	6,4	5,8	5,9
2000	24,5	24,7	30,3	20,9	21,1	21,5	2,7	3,0	2,6	22,0	23,0	27,2	19,7	19,7	20,9	2,2	3,0	2,8	23,2	24,2	29,2	20,6	20,8	21,5	2,6	3,1	2,9
2001	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	24,2	25,5	31,4	19,9	20,5	22,1	4,1	4,1	3,2
2002	23,1	24,2	28,5	NUL	NUL	NUL	2,2	2,6	2,4	20,9	23,0	26,0	NUL	NUL	NUL	2,1	3,3	2,8	23,5	24,4	29,6	19,9	20,3	22,0	3,0	3,2	2,9
2003	26,7	25,3	32,0	22,8	22,2	24,0	3,9	2,9	2,8	22,7	23,3	28,2	21,5	21,5	24,1	2,3	2,9	2,4	24,5	24,7	29,6	22,3	22,1	24,4	3,3	3,3	2,8
2004	26,4	NUL	NUL	23,4	NUL	NUL	5,0	NUL	NUL	21,5	22,6	NUL	21,0	21,3	NUL	1,9	2,9	NUL	23,9	24,1	NUL	21,5	21,3	NUL	3,3	3,6	NUL
2005	27,2	26,0	NUL	21,8	21,6	NUL	4,9	4,5	NUL	21,5	22,5	NUL	20,4	20,9	NUL	1,8	2,9	NUL	24,1	24,3	30,5	20,6	21,0	22,2	3,5	3,7	3,5
MÉDIA	25,3	25,7	31,4	20,9	20,7	21,2	3,6	3,3	2,8	21,2	23,3	27,3	19,6	20,0	20,8	1,9	3,0	4,6	23,5	24,9	30,1	20,3	20,4	21,2	3,1	3,2	2,9

82791 - PATOS												
	TEMPERATURA DO AR - BULBO SECO, HORARIA			TEMPERATURA DO AR - BULBO UMIDO, HORARIA			VENTO DIRECAO HORARIA			VENTO VELOCIDADE HORARIA		
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800
01-JAN-1975	NULL	27,7	33,9	NULL	21,2	21,4	NULL	9	9	NULL	5,1	4,5
02-JAN-1975	26,5	27,6	33,3	21,2	20,7	21,5	9	9	14	2,5	5,3	3,8
03-JAN-1975	28,0	28,1	34,6	22,0	22,2	22,2	9	9	9	7,1	8,6	6,6
04-JAN-1975	27,5	28,0	34,3	20,8	20,6	21,0	9	14	18	7,5	8,0	5,0
05-JAN-1975	27,3	27,0	34,6	20,3	20,6	20,5	9	14	18	6,6	5,6	4,3
06-JAN-1975	28,4	26,8	35,0	20,9	21,2	21,8	5	14	18	6,3	3,3	3,3
07-JAN-1975	29,5	27,7	34,4	22,4	20,6	20,4	14	9	18	7,8	4,3	2,0
08-JAN-1975	28,7	28,1	35,1	21,6	21,2	21,6	9	9	14	5,5	6,3	5,6
09-JAN-1975	28,3	28,1	34,7	21,8	21,2	22,2	9	14	9	8,3	6,1	4,8
10-JAN-1975	28,7	26,9	36,0	21,4	20,5	20,5	9	9	5	7,1	5,6	1,6
11-JAN-1975	29,6	27,8	34,6	21,8	20,5	22,2	9	9	36	4,6	3,3	0,5
12-JAN-1975	29,2	27,6	35,3	21,0	21,4	22,0	9	14	14	7,5	5,8	5,0
13-JAN-1975	29,7	27,7	35,3	21,4	21,2	22,0	9	14	14	8,3	4,6	3,5
14-JAN-1975	28,2	28,6	34,6	21,7	21,1	20,7	9	18	18	5,8	1,5	0,8
15-JAN-1975	28,5	27,7	35,9	18,5	20,8	20,7	9	14	27	0,5	4,5	2,3
16-JAN-1975	29,6	27,7	34,2	21,7	21,1	22,4	9	14	5	6,0	4,8	1,6
17-JAN-1975	29,1	28,5	36,3	22,3	21,6	22,6	9	14	18	6,8	5,8	3,1
18-JAN-1975	29,5	27,7	35,6	21,6	21,4	22,6	9	9	18	6,3	4,6	3,1
19-JAN-1975	29,1	27,9	34,7	22,2	21,9	22,4	9	9	5	6,3	4,8	3,0
20-JAN-1975	27,2	28,1	34,7	22,1	21,4	23,7	18	9	14	2,1	5,8	5,0
21-JAN-1975	28,3	28,3	33,1	22,2	22,2	23,5	9	14	9	1,0	6,6	5,0
22-JAN-1975	27,9	28,4	35,6	23,1	22,0	21,5	9	9	14	6,6	4,8	4,5
23-JAN-1975	29,5	27,6	35,5	21,1	20,9	21,5	9	14	9	5,6	3,0	5,1
24-JAN-1975	29,9	27,9	35,5	21,4	22,2	23,9	14	14	5	4,0	5,8	2,5
25-JAN-1975	30,3	27,9	35,5	23,5	22,2	23,9	5	14	5	3,3	5,8	2,5
26-JAN-1975	30,3	25,2	30,6	23,5	21,8	22,6	5	14	36	3,3	3,8	3,5
27-JAN-1975	21,7	26,7	33,7	21,1	23,3	23,2	36	9	9	1,0	3,3	2,6
28-JAN-1975	23,7	25,9	33,4	22,6	22,3	22,4	36	9	9	1,6	4,3	4,6
29-JAN-1975	27,7	25,8	32,5	21,8	19,7	20,0	14	9	14	4,6	3,6	4,8
30-JAN-1975	27,8	27,5	30,8	20,6	20,4	22,3	14	18	14	4,5	1,6	9,1
31-JAN-1975	26,9	26,6	31,4	20,7	21,4	21,6	14	14	18	5,3	3,3	1,6
01-FEV-1975	27,3	NULL	NULL	21,8	NULL	NULL	5	NULL	NULL	4,1	NULL	NULL

**Código (direção do vento)**

código	legenda
0	Calmo C
2	Norte - Nordeste NNE
5	Nordeste NE
7	Este - Nordeste ENE
9	Leste E
11	Este - Sudeste ESE
14	Sudeste SE
16	Sul - Sudeste SSE
18	Sul S
20	Sul - Sudoeste SSW
23	Sudoeste SW
25	Oeste - Sudoeste WSW
27	Oeste W
29	Oeste - Noroeste WNW
32	Noroeste NW
34	Norte - Noroeste NNW
36	Norte N

ANO	MÉDIA 30 ANOS - PATOS																											
	JANEIRO									JUNHO									ANO									
	TEMPERATURA						VELOCIDADE	TEMPERATURA						VELOCIDADE	TEMPERATURA						VELOCIDADE							
	MÉDIA BS			MÉDIA BU				MÉDIA BS			MÉDIA BU				MÉDIA BS			MÉDIA BU										
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	
1974	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1975	28,2	27,5	34,3	21,6	21,3	22,0	5,1	4,8	3,7	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	27,9	28,0	34,3	21,2	21,0	21,3	5,0	4,2	3,4	
1976	27,2	NUL	NUL	22,2	NUL	NUL	6,6	NUL	NUL	25,0	26,6	31,3	19,8	20,2	20,6	4,8	4,7	4,4	26,1	26,9	32,1	21,0	21,0	21,6	4,8	4,1	3,4	
1977	26,1	26,7	31,3	21,9	22,1	22,8	4,1	4,1	3,6	24,1	26,3	28,9	21,4	21,6	22,4	2,7	3,4	3,9	25,8	27,0	31,7	21,5	21,6	22,4	4,1	4,1	3,4	
1978	29,4	28,2	34,9	21,8	21,4	21,7	5,2	4,3	3,0	23,8	25,4	29,4	20,7	20,9	22,1	2,8	3,5	3,7	26,0	26,9	31,9	21,3	21,2	21,9	4,4	4,1	3,5	
1979	28,4	27,8	33,4	21,9	22,2	22,1	5,0	3,5	4,0	24,3	26,2	29,5	19,9	20,3	21,6	3,9	4,5	4,9	26,0	27,6	32,3	21,4	21,6	22,3	3,8	3,9	3,2	
1980	24,8	27,5	30,6	22,5	22,8	22,8	3,4	2,1	2,1	25,6	26,6	30,6	20,8	20,6	21,4	3,8	3,5	5,2	25,9	27,4	31,6	21,6	21,5	22,2	4,0	3,7	3,7	
1981	27,3	27,8	33,0	21,7	21,5	21,7	4,6	4,7	3,5	25,9	26,2	31,5	19,9	20,1	20,7	4,8	4,9	4,0	26,8	27,1	32,4	20,7	20,7	21,4	5,2	4,8	3,9	
1982	29,6	28,2	34,3	22,1	21,8	22,7	6,0	4,7	3,1	25,0	26,6	30,6	20,5	20,8	21,9	4,0	4,7	4,4	26,9	27,4	32,9	21,3	21,2	22,0	5,4	4,6	3,9	
1983	25,4	26,0	30,0	21,3	21,9	22,5	3,3	4,4	4,1	26,7	27,0	32,4	20,9	20,9	22,0	4,7	4,5	3,8	27,2	27,5	32,9	21,3	21,3	22,1	5,1	4,5	3,6	
1984	29,1	28,1	34,5	21,3	21,4	21,7	5,4	4,2	3,2	24,9	26,4	30,6	20,7	20,8	21,8	3,2	3,5	3,6	26,7	27,4	32,6	21,5	21,3	22,0	4,5	4,1	3,4	
1985	23,6	NUL	NUL	21,9	NUL	NUL	3,8	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	23,6	NUL	NUL	21,9	NUL	NUL	3,8	NUL	NUL	
1986	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1987	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1988	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1989	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1990	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1991	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1992	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	
1993	29,7	28,5	35,6	20,4	21,8	22,3	6,0	9,6	4,6	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	29,6	28,8	35,4	21,1	21,6	22,1	6,6	6,5	4,5	
1994	28,8	27,4	33,2	22,6	22,2	22,6	3,5	3,1	2,9	24,5	26,8	29,4	21,8	22,2	22,9	2,2	2,6	3,0	26,2	27,4	32,2	21,7	21,9	22,6	3,6	3,5	3,0	
1995	28,7	27,9	33,8	22,0	22,1	22,6	2,3	2,8	1,3	24,7	26,3	29,7	21,0	21,6	22,5	NUL	NUL	NUL	26,7	27,4	32,6	21,5	21,6	22,2	4,6	3,8	3,1	
1996	28,8	28,5	34,6	22,3	22,0	22,5	3,9	4,1	2,4	25,4	26,6	31,1	20,4	20,9	21,5	3,1	3,8	3,5	26,7	27,6	32,8	21,4	21,6	22,1	4,0	3,8	3,1	
1997	28,0	27,9	33,4	21,9	22,1	22,4	4,8	3,9	2,9	25,7	26,5	31,4	20,4	20,7	21,1	3,9	4,2	3,6	27,2	27,5	33,1	21,3	21,3	21,8	4,4	4,0	3,4	
1998	28,7	28,6	34,7	22,9	23,0	23,8	3,7	3,4	2,5	27,8	27,8	33,1	20,6	20,5	20,9	5,1	4,1	4,2	28,8	28,6	34,7	21,7	21,7	22,2	5,4	4,4	3,6	
1999	29,1	28,3	34,3	21,7	21,6	21,6	5,0	4,5	3,0	26,5	26,7	32,0	20,5	21,0	21,2	3,9	3,3	3,4	27,6	27,7	33,3	21,0	21,0	21,5	4,7	4,0	3,3	
2000	26,9	27,0	32,3	21,9	22,2	22,5	2,5	3,0	2,5	25,6	27,0	31,2	21,0	20,9	21,5	3,9	3,9	3,7	26,0	27,3	31,8	21,8	22,0	22,5	3,3	3,2	2,9	
2001	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	NUL	28,3	28,6	34,6	20,8	20,8	21,0	7,4	4,9	3,9	
2002	25,5	26,6	30,6	NUL	NUL	NUL	2,2	2,8	2,1	24,5	25,9	29,9	NUL	NUL	NUL	2,8	2,5	3,7	26,6	27,2	32,5	22,8	21,3	22,3	4,0	3,8	3,2	
2003	29,1	27,7	34,3	22,8	22,5	23,4	3,8	2,6	2,2	26,1	27,5	31,9	20,8	21,0	21,4	4,5	3,6	3,4	27,3	27,9	33,3	21,5	21,5	22,0	4,4	3,9	3,2	
2004	26,2	26,8	30,6	22,6	22,6	23,0	3,4	2,5	2,7	24,7	26,1	NUL	21,0	20,8	NUL	3,1	3,1	NUL	26,8	27,4	32,7	21,7	21,7	22,4	4,2	3,8	3,2	
2005	29,9	28,1	34,8	23,7	23,3	22,6	4,8	3,5	2,0	25,0	26,5	30,0	22,1	22,2	23,6	2,9	3,0	3,4	27,4	27,5	32,5	22,1	22,3	24,1	4,2	3,8	2,9	
MÉDIA	27,8	27,7	33,3	22,1	22,1	22,5	4,3	3,9	2,9	25,3	26,6	30,8	20,7	20,9	21,7	3,7	3,7	3,9	26,8	27,6	32,9	21,5	21,4	22,1	4,6	4,1	3,4	

82689 - SÃO GONÇALO															
	TEMPERATURA DO AR - BULBO SECO, HORARIA			TEMPERATURA DO AR - BULBO UMIDO, HORARIA			VENTO DIRECAO HORARIA			VENTO VELOCIDADE HORARIA					
	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	Código (direção do vento)		
01-JAN-1974	28,8	28,0	35,3	19,2	20,6	19,7	5	5	5	4,8	3,5	1,1	código	legenda	
02-JAN-1974	29,4	28,8	35,2	20,2	20,3	19,5	5	5	5	4,8	1,8	1,1	0	Calmo	C
03-JAN-1974	29,6	28,4	35,9	20,0	19,8	19,6	5	5	14	5,5	2,1	3,3	2	Norte - Nordeste	NNE
04-JAN-1974	29,4	27,8	36,1	20,6	20,1	19,6	5	14	9	6,3	2,6	2,8	5	Nordeste	NE
05-JAN-1974	29,2	28,4	35,1	19,0	19,9	18,6	5	5	14	3,3	2,6	1,3	7	Este - Nordeste	ENE
06-JAN-1974	26,9	28,8	35,9	20,5	21,4	19,6	0	5	5	0,0	1,6	2,8	9	Leste	E
07-JAN-1974	28,6	28,2	35,3	24,0	21,4	20,7	5	5	14	5,1	4,6	2,8	11	Este - Sudeste	ESE
08-JAN-1974	28,4	28,5	34,4	20,4	22,2	21,8	5	5	5	3,1	3,6	2,0	14	Sudeste	SE
09-JAN-1974	29,8	28,2	35,5	21,4	22,4	21,3	36	5	14	5,0	4,6	3,3	16	Sul - Sudeste	SSE
10-JAN-1974	29,2	28,7	34,4	19,6	21,0	19,4	14	14	23	2,0	1,3	1,5	18	Sul	S
11-JAN-1974	27,8	29,0	35,2	21,6	23,5	21,9	23	5	14	1,6	1,5	3,1	20	Sul - Sudoeste	SSW
12-JAN-1974	29,4	27,0	31,6	23,8	23,3	22,8	5	5	5	5,3	3,6	1,1	23	Sudoeste	SW
13-JAN-1974	26,6	24,5	31,0	24,0	22,6	19,9	23	23	5	2,3	1,1	2,0	25	Oeste - Sudoeste	WSW
14-JAN-1974	26,2	27,1	33,0	22,0	19,9	21,2	5	5	14	2,3	3,0	3,1	27	Oeste	W
15-JAN-1974	25,8	24,6	31,2	22,8	21,3	20,7	5	0	14	3,6	0,0	3,1	29	Oeste - Noroeste	WNW
16-JAN-1974	27,4	24,1	28,5	22,8	21,5	23,0	5	32	27	5,5	0,7	1,5	32	Noroeste	NW
17-JAN-1974	25,2	21,9	25,2	23,6	21,2	21,2	27	5	23	1,6	2,0	1,3	34	Norte - Noroeste	NNW
18-JAN-1974	24,8	24,2	27,4	23,6	22,0	21,2	0	23	27	0,0	1,1	2,6	36	Norte	N
19-JAN-1974	22,1	25,0	27,0	20,8	21,0	21,0	5	5	32	1,5	2,5	3,1			
20-JAN-1974	21,7	23,2	29,6	20,4	20,6	20,9	0	5	23	0,0	2,5	2,1			
21-JAN-1974	22,6	23,1	30,6	21,0	19,7	21,4	5	5	23	0,8	1,6	2,1			
22-JAN-1974	20,6	25,0	29,4	19,5	21,1	19,4	5	5	5	3,3	3,3	2,1			
23-JAN-1974	25,2	26,2	31,2	22,2	20,6	21,4	5	14	23	1,6	3,0	1,5			
24-JAN-1974	27,2	25,8	31,1	21,2	20,8	21,9	14	5	0	8,3	2,0	0,0			
25-JAN-1974	26,2	26,6	31,2	23,8	20,6	21,0	5	14	5	1,5	1,8	1,8			
26-JAN-1974	27,0	26,6	31,8	23,6	19,6	20,5	36	14	14	1,6	1,8	0,7			
27-JAN-1974	27,6	26,5	31,5	24,4	21,8	21,8	0	5	23	0,0	1,1	2,3			
28-JAN-1974	24,8	24,2	28,3	21,6	20,9	20,0	5	23	23	1,5	1,1	0,7			
29-JAN-1974	25,0	26,2	30,8	22,6	20,8	22,3	5	5	23	0,5	2,3	0,7			
30-JAN-1974	21,7	24,5	29,8	20,8	20,7	21,1	5	14	14	4,3	0,5	1,0			
31-JAN-1974	26,0	26,1	30,2	24,2	22,2	22,9	0	5	14	0,0	2,5	3,8			
01-FEV-1974	25,8	26,0	29,7	22,6	20,9	21,3	5	5	5	2,0	4,1	3,3			
02-FEV-1974	26,2	25,2	30,2	24,6	20,2	21,4	0	5	32	0,0	3,3	1,0			

ANO	MÉDIA 30 ANOS - SÃO GONÇALO																											
	JANEIRO									JUNHO									ANO									
	TEMPERATURA						VELOCIDADE	TEMPERATURA						VELOCIDADE	TEMPERATURA						VELOCIDADE							
	MÉDIA BS			MÉDIA BU				MÉDIA BS			MÉDIA BU				MÉDIA BS			MÉDIA BU										
0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800	0000	1200	1800		
1974	26,5	26,3	31,9	21,8	21,1	20,9	2,8	2,2	2,0	23,5	25,3	28,7	21,5	21,2	22,0	1,3	3,1	2,8	25,4	26,3	31,1	21,6	21,4	21,8	2,1	2,9	2,7	
1975	27,8	27,3	33,1	21,8	22,3	22,0	3,0	3,5	2,8	24,1	25,8	29,6	21,6	20,9	21,5	2,2	3,3	3,0	25,8	26,5	31,4	21,5	21,4	21,6	2,4	3,1	2,8	
1976	27,4	27,6	33,9	21,0	21,2	21,2	2,3	3,7	2,9	25,6	26,0	31,4	20,6	20,6	21,1	3,1	3,2	3,1	26,1	26,6	32,2	21,1	21,2	21,3	2,2	3,2	2,8	
1977	26,2	26,1	30,7	22,2	22,0	22,3	2,6	3,1	2,3	23,8	25,6	29,3	21,5	20,9	21,4	1,5	2,4	2,5	25,9	26,5	31,6	21,6	21,4	21,7	2,1	3,2	2,8	
1978	26,8	26,5	32,0	23,5	22,0	22,1	1,4	3,3	1,8	23,8	25,3	29,7	21,3	20,5	21,1	1,6	2,9	2,9	26,1	24,4	29,3	21,8	19,7	19,9	2,1	3,2	2,8	
1979	24,8	25,6	31,3	22,2	23,0	23,3	3,2	3,1	2,2	23,2	26,1	29,2	21,9	20,2	21,6	1,2	3,9	3,0	21,9	26,4	31,5	19,5	21,4	22,0	1,7	3,2	2,8	
1980	25,2	26,0	30,8	22,0	21,6	21,8	0,8	1,4	1,8	22,7	26,6	29,2	22,0	20,9	21,6	3,1	3,7	2,0	25,2	26,8	31,6	21,7	21,5	22,1	1,8	3,2	2,8	
1981	27,2	27,1	32,7	21,9	21,8	21,7	1,6	3,2	2,5	26,3	26,3	31,8	20,4	21,0	21,3	2,2	3,9	2,7	26,9	26,8	32,3	21,4	21,6	21,9	2,3	3,6	2,8	
1982	29,8	NULL	NULL	19,9	NULL	NULL	5,0	NULL	NULL	25,5	26,2	31,0	20,2	20,1	20,5	2,7	3,6	3,6	26,9	26,8	32,6	20,4	20,9	21,3	2,8	3,7	3,0	
1983	28,9	29,0	34,8	21,9	22,8	21,8	1,7	4,6	2,5	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	26,8	27,5	32,6	22,3	22,4	22,1	1,4	3,7	2,8	
1984	26,4	27,0	32,2	21,8	21,9	21,8	1,6	3,3	2,5	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	26,4	27,0	32,2	21,8	21,9	21,8	1,6	3,3	2,8	
1985	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1986	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1987	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1988	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1989	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1990	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1991	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1992	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
1993	26,8	27,2	35,5	19,2	18,8	17,8	1,0	5,8	2,5	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	28,5	28,3	35,6	21,5	20,6	20,3	2,4	4,7	3,0	
1994	26,6	26,5	32,4	23,0	22,3	23,2	1,4	2,5	2,1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	26,8	27,6	32,6	20,4	19,6	19,0	3,3	4,6	2,8	
1995	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	23,1	25,4	29,2	20,5	20,0	21,4	1,5	2,5	2,6	25,6	26,8	32,1	21,1	21,2	21,7	1,8	2,8	2,8	
1996	26,2	27,1	32,7	22,3	21,8	21,9	1,5	2,4	1,6	23,7	25,7	29,9	20,4	20,2	21,0	2,0	2,9	2,8	26,0	26,8	31,9	21,2	21,2	21,7	2,0	2,9	2,8	
1997	26,0	26,3	31,5	22,0	21,9	22,3	1,6	2,6	1,8	24,0	25,7	31,2	20,4	20,2	20,5	1,8	2,7	2,2	26,1	27,0	32,6	21,2	21,3	21,6	2,2	3,0	2,8	
1998	26,5	27,0	32,8	22,9	22,8	23,1	1,3	2,2	1,4	27,8	27,6	33,5	20,3	20,7	20,8	2,7	3,8	3,0	27,6	28,2	34,2	21,5	21,7	21,9	2,0	3,4	2,8	
1999	26,9	26,9	33,0	21,9	21,5	21,7	1,7	2,9	2,4	23,8	26,3	32,0	19,5	19,5	19,5	1,5	2,8	2,4	26,1	27,0	32,8	21,0	21,1	21,4	1,9	3,1	2,8	
2000	24,7	26,2	31,0	22,9	22,3	22,6	1,1	2,2	1,8	25,2	NULL	NULL	22,2	NULL	NULL	3,0	NULL	NULL	24,6	26,0	30,9	22,5	22,0	22,5	1,6	2,2	2,8	
2001	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	28,2	28,0	35,3	19,6	21,7	22,2	3,0	3,6	2,8	
2002	24,0	24,7	29,4	NULL	NULL	NULL	1,2	1,8	1,6	24,5	25,6	30,1	NULL	NULL	NULL	1,8	2,4	2,5	25,5	26,6	32,1	21,0	21,3	21,6	1,8	2,8	2,8	
2003	26,9	27,3	34,0	22,9	23,1	23,5	1,6	2,1	2,1	25,4	26,4	32,0	21,2	20,4	21,1	1,2	3,1	2,8	26,0	27,3	23,7	22,1	20,1	19,8	1,6	2,9	2,8	
2004	25,4	26,5	NULL	22,7	22,8	NULL	1,3	1,9	NULL	23,5	25,6	NULL	21,4	20,1	NULL	NULL	NULL	NULL	25,2	27,0	NULL	21,8	21,9	NULL	1,5	2,7	2,8	
2005	26,2	27,9	NULL	21,6	21,8	NULL	0,7	2,5	NULL	25,2	26,3	NULL	20,4	20,3	NULL	1,8	2,4	NULL	26,5	27,3	NULL	21,1	21,5	NULL	1,9	2,8	2,8	
MÉDIA	26,5	26,8	32,4	22,0	21,9	22,0	1,8	2,9	2,1	24,5	26,0	30,5	21,0	20,5	21,1	2,0	3,1	2,7	26,1	26,9	31,9	21,3	21,3	21,4	2,1	3,3	2,8	



## ANEXOS 3

- Correspondências diversas -

----- Original Message -----

**From:** Roberto Lamberts  
**To:** [eduardo@portoengenharia.com.br](mailto:eduardo@portoengenharia.com.br)  
**Cc:** Rose de Lima - ABNT-CB-02  
**Sent:** Wednesday, November 08, 2006 10:00 AM  
**Subject:** Re: PEDIDO DE INFORMAÇÕES

Prezado Eduardo

Com relação a suas duvidas:

- 1- quais coeficientes?
- 2 e 3-

ISO 6946:1996: Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation methods.

abraços

roberto lamberts

-----Mensagem original-----

**De:** Rose de Lima - ABNT-CB-02 [<mailto:cobracon.cb02@uol.com.br>]  
**Enviada em:** quinta-feira, 26 de outubro de 2006 11:09  
**Para:** Roberto Lamberts  
**Assunto:** ENC: PEDIDO DE INFORMAÇÕES

Caro Lamberts,

Você pode por gentileza orientar a consulta do Prof. Eduardo Porto da Universidade de Pernambuco, sobre a norma de Conforto térmico ?

Grata,  
Rose

-----Mensagem original-----

**De:** Eduardo Porto (PORTO ENG e CONST) [<mailto:eduardo@portoengenharia.com.br>]  
**Enviada em:** quinta-feira, 26 de outubro de 2006 11:58  
**Para:** [cobracon.cb02@uol.com.br](mailto:cobracon.cb02@uol.com.br)  
**Assunto:** Fw: PEDIDO DE INFORMAÇÕES

----- Original Message -----

**From:** Eduardo Porto (PORTO ENG e CONST)  
**To:** [rose.lima@cobracon.org.br](mailto:rose.lima@cobracon.org.br)  
**Sent:** Thursday, October 26, 2006 10:52 AM  
**Subject:** PEDIDO DE INFORMAÇÕES

Cara Rose,

Conforme conversa por telefone, solicito informações a respeito dos assuntos abaixo descritos, referentes a NBR 15220-2 e 3:

- 1) Para se calcular a transmitância térmica, capacidade térmica ou atraso térmico de elementos e componentes de edificações, foi levado em consideração os coeficientes de transmissão de calor?
- 2) Quanto ao coeficiente de transmissão de calor por convecção, quais valores e parâmetros foram considerados?
- 3) Qual a fonte bibliográfica utilizada para os coeficientes de convecção?

Na certeza de seu pronto atendimento, agradeço desde já a atenção dispensada.

Atenciosamente,

Eduardo Porto



----- Original Message -----

**From:** Anna Lúcia

**To:** [eduardoporto@pontoweb.com.br](mailto:eduardoporto@pontoweb.com.br) ; [eduardo@portoengenharia.com.br](mailto:eduardo@portoengenharia.com.br)

**Sent:** Tuesday, October 17, 2006 6:10 PM

**Subject:** INMET JOÃO PESSOA

----- Original Message -----

**From:** Getulio Pernambuco

**To:** Anna Lúcia

**Sent:** Tuesday, October 17, 2006 4:23 PM

**Subject:** RES: INMET JOÃO PESSOA

Dr. Torres,

O Dr. Alaor Moacyr D'all Antonia Júnior do INMET se comprometeu a atender o pedido desde que o professor orientador passe uma fax (61) 33449955 solicitando as séries e se comprometendo que as séries não terão outro destino a não ser utilizadas na tese, não podendo comercializa-las, e se comprometendo após a conclusão do trabalho encaminhar uma cópia para a biblioteca técnica no Inmet em Brasília.

Atenciosamente,

Getúlio Pernambuco

---

**De:** Anna Lúcia [<mailto:anna@faec.org.br>]

**Enviada em:** terça-feira, 17 de outubro de 2006 12:00

**Para:** Getulio Pernambuco

**Assunto:** INMET JOÃO PESSOA

**Subject:** INMET JOÃO PESSOA

Prezado Getúlio,

Conforme entendimentos telefônicos estamos enviando documentos anexos.

Torres de Melo/Presidente FAEC.