

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL -**  
**PPGEC**

**A INFLUÊNCIA DO PADRÃO DE ADENSAMENTO NAS**  
**CARACTERÍSTICAS DE UM ESCOAMENTO URBANO: UMA**  
**APLICAÇÃO À REGIÃO DO ALTIPLANO CABO BRANCO**  
**EM JOÃO PESSOA - PB**

**Paulo Sérgio Araújo Peregrino**

**Porto Alegre**  
**Novembro de 2014**

**Paulo Sérgio Araújo Peregrino**

**A INFLUÊNCIA DO PADRÃO DE ADENSAMENTO NAS  
CARACTERÍSTICAS DE UM ESCOAMENTO URBANO: UMA  
APLICAÇÃO À REGIÃO DO ALTIPLANO CABO BRANCO  
EM  
JOÃO PESSOA - PB**

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR  
EM ENGENHARIA. ORIENTAÇÃO: PROF. PhD ACIR  
MÉRCIO LOREDO-SOUZA

Porto Alegre

Novembro de 2014

**PAULO SÉRGIO ARAÚJO PEREGRINO**

**A INFLUÊNCIA DO PADRÃO DE ADENSAMENTO NAS  
CARACTERÍSTICAS DE UM ESCOAMENTO URBANO: UMA  
APLICAÇÃO À REGIÃO DO ALTIPLANO CABO BRANCO  
EM  
JOÃO PESSOA - PB**

Esta tese de doutorado foi julgada adequada como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA e aprovada pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre  
Novembro de 2014

**Prof. Acir Mércio Loredou-Souza**

Ph. D. , University of Western Ontario, Canadá  
Orientador

**Prof. Armando Miguel Awruch**

Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Francisco de Assis Gonçalves da Silva (UFPB)**

Dr. Sc., pela Universidade de São Paulo, Brasil

**Prof. Adrián Roberto Wittwer (UNNE - Argentina)**

Dr. Eng., pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Prof.<sup>a</sup> Ângela Borges Masuero (UFRGS)**

Dr. Eng., pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Mario Gustavo Klaus Oliveira (Vento-S)**

Dr. Eng., pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Dedico este trabalho ao meu pai, Célio Peregrino, que mesmo não estando mais entre nós, me fez entender que o conhecimento é a essência da vida.



## **AGRADECIMENTOS**

Embora nada na minha vida tenha sido conquistado de forma fácil, jamais poderia me queixar de qualquer coisa, pois afinal de contas, cheguei até aqui. Contudo, tenho a certeza que nenhuma destas conquistas foi alcançada sem ajuda.

Em especial, nesta longa caminhada até a consecução deste objetivo, contei com a colaboração de diversas pessoas e instituições as quais agradeço agora, e afirmo, sem qualquer receio de equivocarme, que sem elas eu não teria conseguido.

Deixo os meus agradecimentos ao Professor Acir Mércio Loredo-Souza, que sem conhecer a minha vida acadêmica ou pessoal, confiou na minha capacidade e me aceitou como orientando, dedicando o seu precioso tempo para orientar-me de forma sempre competente e respeitosa, estimulando-me nos momentos difíceis. Sua orientação foi essencial e imprescindível, e espero ter feito jus à sua confiança.

Aos que fazem o Laboratório de Aerodinâmica das Construções, pela acolhida e auxílio na execução dos experimentos, e de forma mais próxima ao amigo Roges Leopoldo, pela paciência e disponibilidade demonstradas conosco durante a realização dos ensaios no Túnel de Vento.

Ao Professor Adrián Roberto Wittwer, pelas suas considerações no decorrer do trabalho e pela grande ajuda para a sedimentação dos conceitos nele empregados, nos atendendo de forma extremamente gentil em todos os momentos.

À CAPES pelo apoio oferecido ao nosso trabalho.

Aos que integram o corpo docente e de funcionários do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelos quais fomos tratados de maneira exemplar.

Em especial aos professores Washington Peres Núñez, Miguel Aloysio Sattler e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho. Guardarei as boas lembranças e a amizade conquistada.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, por criar as condições operacionais necessárias ao desenvolvimento do nosso trabalho.

Aos meus queridos Rejane, Yasmin, Bárbara e Lucca, por toda a paciência e compreensão nos meus momentos de ausência, que não foram poucos.

Ao meu eterno mentor, Chico Gonçalves, por tudo que me ensinou e continua a ensinar, e entre erros e acertos que cometi, me tornaram o homem que hoje sou. Eternamente grato por isso.

Aos amigos do DINTER deixo a minha gratidão, por todos os momentos compartilhados. De maneira especial agradeço ao amigo José Nivaldo Ribeiro Filho e às amigas/irmãs, Silvana Chaves e Raphaela Claudino, que estiveram ao meu lado nos momentos de dificuldade, me incentivando e me mostrando a direção a ser seguida. Um carinho imenso.

Ao amigo de sempre, Dr. Ajibola Isau Badiru, pelo apoio e pela ajuda nas traduções.

Aos amigos do IFPB, Aarão, Batista, Gilberto, Ana Laura, Nelma, Neilor e todos os outros dessa lista de colegas tão queridos, que não caberia aqui de tão longa.

À amiga e companheira de trabalho de tantos anos, Janine Holmes, por todo apoio, compreensão e incentivo, a minha sincera gratidão.

E finalmente aos que de alguma forma tentaram dificultar o nosso caminho ao longo dessa jornada, pois assim nos tornamos mais fortes na busca pelo êxito.

“The answer my friend is blowing in the wind  
The answer is blowing in the wind.”

*Bob Dylan – Blowing in the wind*

## RESUMO

PEREGRINO, P. S. A. – **A influência do padrão de adensamento nas características de um escoamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB.** Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

Faz-se notória a ideia de que o crescimento das cidades e o conseqüente aumento no adensamento das mesmas é, nos dias atuais, um fato inevitável; e que o homem, ao modificar o meio natural, o faz quase sempre de forma danosa. Formação de ilhas de calor, aumento do consumo de energia, dificuldade na dispersão de poluentes, diminuição do ângulo de visão do céu, diminuição da taxa de permeabilidade do solo entre outros, são problemas frequentemente relacionados com a densificação e verticalização das cidades. A utilização de modelos reduzidos para simulações experimentais em túneis de vento das condições naturais de ventilação se mostram eficazes, além de reduzir custos em pesquisas nesta área. Embasando-se em tais pressupostos, o presente trabalho pretende verificar as alterações das características dos escoamentos de vento provocadas por distintos padrões de ocupação do solo urbano no bairro do Altiplano Cabo Branco, na cidade de João Pessoa-PB. A área em estudo atravessa um processo acelerado de modificação nas suas características de ocupação urbana, conduzido pelas alterações dos indicadores urbanísticos locais, antes mais restritivos, possibilitando agora edificações com gabaritos em altura significativamente maiores do que os anteriormente observados no local. Parte-se então da hipótese de que o processo de verticalização resultante deste crescimento é capaz de alterar os escoamentos de ventos não apenas nas áreas onde este ocorre, mas também em áreas contíguas. No desenvolvimento deste trabalho, de caráter experimental, foram avaliados dois modelos de adensamentos urbanos para a área de estudo. O primeiro deles reproduz a ocupação da área conforme se encontrava antes de mudanças ocorridas nos indicadores urbanísticos para o local. O segundo apresenta a configuração atual de ocupação da área, delineada pela legislação em vigor. Para viabilizar esta avaliação serão realizados ensaios no Túnel de Vento de retorno fechado, *Professor Joaquim Blessmann*, do Laboratório de Aerodinâmica das Construções da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizando maquetes (modelos) em escala reduzida e observando os requerimentos necessários estabelecidos para este padrão de estudo experimental. Foram utilizados nos ensaios para cada uma das duas configurações de vizinhança dois ângulos de ataque de vento, 150 e 90 graus, tomando como referência o atlas de vento do local de estudo. A partir da análise dos resultados obtidos é possível concluir que a verticalização, da maneira como propõe legislação atual para a área, não apresenta perdas significativas no que se refere aos escoamentos (ventos) quando comparada com o padrão de ocupação anterior sem os edifícios altos. As áreas adjacentes também não sofrem maiores prejuízos no que se refere aos escoamentos quando comparados os dois modelos.

**Palavras-chave:** padrões de adensamento; escoamentos de vento urbanos; túnel de vento.

## ABSTRACT

PEREGRINO, P. S. A. – The influence of the pattern and process of densification in the characteristics of an urban runoff: an application of the region of **Altiplano Cabo Branco in João Pessoa-PB**. Doctoral Thesis - Graduate Program in Civil Engineering, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

What is worth elucidating is the idea about city expansion and consequent increasing effects of the densification is, now are days, an unavoidable fact; and that human, by modifying the natural environment, does so always in a destructive way. Formation of heat island, increase of the energy consumption, difficulty in the dispersion of pollutants, reduction in the sky view angle, diminution of the level of soil permeability among others, are problem frequently related to densification and verticalization of cities. The use of reduced models for experimental simulation in wind tunnel considering natural conditions of ventilation prove to be effective, apart from low down cost of experiments in this area of research. Based on such assumption, the aim of this research was to verify the alterations of wind flow characteristics provoked on distinct occupation pattern of urban soil in the district of Altiplano Cabo Branco, in the city of João Pessoa-PB. The studied site passed through a fast process of physical modification in its urban occupation characteristics, conducted by local urban indicators, which was earlier more restrictive, presently permitting building with considerable standard that are higher than those, which were formerly observed on site. Based on the assumption that the process of verticalization as a product of growth may alter the wind flow not only in the areas where it occurs but also in adjacent areas. In developing this work, experimentally, two models of urban concentrations were examined on the study area. The first was reproduced on the occupation of the area as it was founded before the changes in the local urban indicators. The second shows the current configuration of occupation of the area outlined by the current legislation. To make this assessment tests were carried out in the Boundary layer wind tunnel, *Professor Joaquim Blessmann*, of Federal University of Rio Grande do Sul, by use of model building of reduced scale and observing the necessary requirements established for this standard experimental study. Two angles of attack of wind were utilized in the two experiments, 150 and 90 degrees, with reference to the wind atlas of site of study. From the result of this analysis we conclude that virtualization of the occupation proposed by the current proposed legislation for the site does not present significant losses when compared with the previous standard of occupation lacking the tall buildings. Adjacent areas do not affected by losses in relation to the wind flow of the two models that was compared.

**Keywords:** urban densification settings; urban wind flow; wind tunnel.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>24</b>
1.1 JUSTIFICATIVA	26
1.2 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	27
1.3 MÉTODO DE PESQUISA	28
1.3.1 Questão da pesquisa	28
1.3.2 Hipótese	28
1.3.3 Pressuposto	28
1.3.4 Delimitações	28
1.3.5 Objetivo	28
1.4 ESTRUTURA DA TESE	29
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>30</b>
<b>3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS</b>	<b>45</b>
3.1 CLIMA	45
3.2 ATMOSFERA	52
3.3 CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA	54
3.3.1 Massas de ar	55
3.3.2 Camada limite	58
3.3.3 Camada limite atmosférica	60
3.3.4 Ventos e suas escalas de estudo	65
3.3.4.1 Escala nacional	67
3.3.4.2 Escala regional	68
3.3.4.3 Escala urbana	68
3.4 OS PERFIS DO VENTO NAS FORMAÇÕES URBANAS	69
3.4.1 Classes de rugosidade	70
3.4.2 Efeitos aerodinâmicos	73
3.4.3 Simulação em túneis de vento	80
<b>4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA CIDADE DE JOÃO PESSOA</b>	<b>83</b>

4.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO BAIRRO DO ALTIPLANO	88
4.1.1	A área de estudo	92
4.1.2	Disciplinamento do uso e ocupação do solo	94
4.1.3	Diretrizes urbanísticas do Altiplano Cabo Branco	96
4.1.3.1	Zoneamento do Altiplano em 1975	98
4.1.3.2	Zoneamento do Altiplano em 2007	101
4.1.3.3	Zoneamento do Altiplano em 2010	102
4.1.3.4	Evolução da ocupação do bairro	103
<b>5</b>	<b>PROGRAMA EXPERIMENTAL</b>	<b>107</b>
5.1	CONDIÇÕES DE SEMELHANÇA	107
5.2	INSTALAÇÕES	108
5.2.1	Túnel de vento Professor Joaquim Blessmann	108
5.2.1.1	Características do túnel	109
5.2.1.2	Mesas para fixação do modelo	109
5.3	DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE VENTO NO TÚNEL	111
5.4	SIMULAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL	112
5.5	DESCRIÇÃO DOS MODELOS	116
5.5.1	Configurações dos adensamentos	118
5.5.1.1	Adensamento 1 (modelo M1)	119
5.5.1.2	Adensamento 2 (modelo M2)	121
5.6	EXPERIMENTOS	123
5.6.1	Ensaio no túnel de vento	126
5.6.2	Instrumentação	128
5.6.2.1	Velocidade de referência	128
5.6.2.2	Anemometria de fio quente	128
<b>6</b>	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>131</b>
6.1	COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS TRANSVERSAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 90°	132
6.1.1	Comparativo M1/M2.90-LI	132
6.1.2	Comparativo M1/M2.90-LII	133
6.1.3	Comparativo M1/M2.90-LIII	134
6.1.4	Comparativo M1/M2.90-LIV	135
6.1.5	Comparativo M1/M2.90-LV	136
6.1.6	Comparativo M1/M2.90-LVI	137
6.1.7	Comparativo M1/M2.90-LVII	138

6.2	COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS TRANSVERSAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 150°	139
6.2.1	Comparativo M1/M2.150-LI	139
6.2.2	Comparativo M1/M2.150-LII	140
6.2.3	Comparativo M1/M2.150-LIII	141
6.2.4	Comparativo M1/M2.150-LIV	142
6.2.5	Comparativo M1/M2.150-LV	143
6.2.6	Comparativo M1/M2.150-LVI	144
6.2.7	Comparativo M1/M2.150-LVII	145
6.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS LONGITUDINAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 90°	146
6.3.1	Comparativo M1/M2-P1.90	146
6.3.2	Comparativo M1/M2-P2.90	147
6.3.3	Comparativo M1/M2-P3.90	148
6.3.4	Comparativo M1/M2-P4.90	149
6.3.5	Comparativo M1/M2-P5.90	150
6.3.6	Comparativo M1/M2-P6.90	151
6.3.7	Comparativo M1/M2-P7.90	152
6.3.8	Comparativo M1/M2-P8.90	153
6.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS LONGITUDINAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 150°	154
6.4.1	Comparativo M1/M2-P1.150	154
6.4.2	Comparativo M1/M2-P2.150	155
6.4.3	Comparativo M1/M2-P3.150	156
6.4.4	Comparativo M1/M2-P4.150	157
6.4.5	Comparativo M1/M2-P5.150	158
6.4.6	Comparativo M1/M2-P6.150	159
6.4.7	Comparativo M1/M2-P7.150	160
6.4.8	Comparativo M1/M2-P8.150	161
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>162</b>
7.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	165
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>166</b>
	<b>ANEXO A – A EQUAÇÃO DE BERNOULLI</b>	<b>172</b>
	<b>ANEXO B – HIERARQUIA DAS LEIS RELATIVAS AO URBANISMO</b>	<b>174</b>

---



<b>ANEXO C – DECRETO MUNICIPAL 5363/05</b>	<b>177</b>
<b>ANEXO D – DECRETO MUNICIPAL 5844/07</b>	<b>181</b>
<b>ANEXO E – DECRETO MUNICIPAL 7073/2010</b>	<b>185</b>
<b>APÊNDICE A – EXEMPLOS TABELAS DE DADOS</b>	<b>188</b>
<b>APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DOS ENSAIOS</b>	<b>192</b>
<b>APÊNDICE D – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>195</b>

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: perfil da ilha de calor urbana (Baseado em Barbirato, 2007).	35
Figura 2: Planejamento relativo aos efeitos do vento sobre o meio urbano. (a) Casas em Kahun, Egito-2000 a.C. e (b) Plano para Buenos Aires nos tempos coloniais. (Baseado em Silva, 1999)	38
Figura 3: Planos das cidades de Letchworth (a) e New Jersey (b) (Baseado em Aynsley, Melbourne e Vickery, 1977)	39
Figura 4: Critério de Conforto Térmico (Baseado em Blanpain, 1995)	42
Figura 5: A atmosfera sob a influência do meio urbano e sua divisão vertical (baseado em Andrade, 2005)	50
Figura 6: Subdivisão da atmosfera em função da temperatura	53
Figura 7: Modelo tricelular (Silva, 1999)	54
Figura 8: Modelo conceitual da circulação global (Baseado em Lutgens e Tarbuck, 1995).	55
Figura 9: Subcamadas laminar, turbulenta e zona de ajuste entre os perfis de velocidade (Shames, 1973)	60
Figura 10: Camada limite (Blessmann, 2011)	60
Figura 11: Camada limite atmosférica (Gandemer, 1976)	61
Figura 12: Representação esquemática da atmosfera urbana (Baseado em Oke, 1978)	64
Figura 13: Distribuição dos ventos na superfície terrestre (Melaragno, 1982)	65
Figura 14: perfis típicos de vento sobre diferentes superfícies (Oke, 1978)	70
Figura 15: Rugosidade e coeficiente de atrito para diversos tipos de terreno (Saraiva, 1983)	73
Figura 16: Perfis de velocidade de camada limite atmosférica (Gandemer, 1976)	73
Figura 17: Representação gráfica de um escoamento em torno de um obstáculo (Leonardo da Vinci apud Aynsley, Melbourne e Vickery, 1977)	74
Figura 18: Escoamento em torno de uma forma prismática ( Baseado em Blevins, 1984)	75
Figura 19: Efeito pilotis (Baseado em Mascaró, 1991)	75
Figura 20: Efeito de canto (Baseado em Mascaró, 1991)	76
Figura 21: Efeito esteira (Baseado em Mascaró, 1991)	76
Figura 22: Efeito turbilhão (Baseado em Mascaró, 1991)	77

Figura 23: Efeito Venturi (Baseado em Mascaró, 1991)	77
Figura 24: Efeito de barra (Baseado em Mascaró, 1991)	78
Figura 25: Efeito de canalização (Baseado em Mascaró, 1991)	78
Figura 26: Efeito de malha (Baseado em Mascaró, 1991)	79
Figura 27: Efeito pirâmide (Baseado em Mascaró, 1991)	79
Figura 28: Vista do Túnel de vento da Universidad Nacional del Nordeste.	81
Figura 29: Túnel de vento do LNEC. (a) vista geral do túnel. (b) vista exterior do edifício onde se localiza o túnel.	82
Figura 30: Mapas das localizações (A) da região Nordeste (B) da Paraíba (C) da Cidade de João Pessoa.	83
Figura 31: Limites e confrontações da cidade de João Pessoa	84
Figura 32: Regiões Bioclimáticas segundo a classificação de Köppen(Atlas do Estado da Paraíba apud Moraes, 1999)	86
Figura 33: Mapa hipsométrico da cidade de João Pessoa (Baseado em Souza 2010)	87
Figura 34: Rosa dos ventos da cidade de João Pessoa (baseado em Silva 1999)	88
Figura 35: Inserção do Altiplano na cidade de João Pessoa	89
Figura 36: Altiplano - limites entre bairros.	90
Figura 37: Vias limítrofes do bairro Altiplano.	91
Figura 38: topografia do Altiplano cabo Branco (Baseado em Fernandes, 2013).	92
Figura 39: Área de estudo para os ângulos de ataque do vento 90° e 150°	93
Figura 40: Recorte do mapa de macrozoneamento de João Pessoa (Baseado em Fernandes, 2013).	97
Figura 41: Mapa atual de zoneamento do Altiplano (Baseado em Fernandes, 2013).	98
Figura 42: Zoneamento do Altiplano 1975 (Baseado em Fernandes, 2013).	99
Figura 43: Zoneamento do Altiplano 2005 (Baseado em Fernandes, 2013).	100
Figura 44: Zoneamento do Altiplano 2007(Baseado em Fernandes, 2013).	101
Figura 45: Zoneamento do Altiplano 2010(Baseado em Fernandes, 2013).	103
Figura 46: Evolução cronológica do zoneamento do Altiplano (Baseado em Fernandes, 2013).	104

Figura 47: Verticalização da zona adensável prioritária (Baseado em Fernandes, 2013).	105
Figura 48: Semelhanças geométrica, cinemática e dinâmica (Blessmann, 2011)	107
Figura 49: vista geral do túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (Loredo-Souza, 2007a)	109
Figura 50: vista em planta do túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (Loredo-Souza 2007a).	110
Figura 51: ManoAir e mangueiras de conexão aos anéis piezométricos.	111
Figura 52: Dispositivos geradores de camada limite do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann (Baseado em Loredo-Souza et al., 2004).	113
Figura 53: Perfil de velocidade média para o túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (Baseado em Loredo-Souza et al., 2004)	114
Figura 54: Mesas base para apoio do modelo no túnel de vento	117
Figura 55: Mesa M-II e Mesa Auxiliar na câmara de testes do túnel de vento	117
Figura 56: vista parcial dos prismas das edificações	118
Figura 57: Vista superior Adensamento 1 (modelo M1).	119
Figura 58: Elevação Sul do Adensamento 1 (modelo M1)	120
Figura 59: Perspectiva geral e detalhe da área do Adensamento 1 (modelo M1)	120
Figura 60: Vista superior Adensamento 2 (modelo M2).	121
Figura 61: Elevação Sul Adensamento 2 (modelo M2)	122
Figura 62: Perspectiva geral e detalhe da área do Adensamento 2 (modelo M2)	122
Figura 63: Perspectiva esquemática do grid de pontos.	123
Figura 64: Rotação dos modelos.	124
Figura 65: Vista superior e elevação - novo posicionamento para apresentação do modelo.	124
Figura 66: Detalhe esquemático da elevação - alturas dos pontos de aquisição.	125
Figura 67: Representação de um perfil esquemático sobre o modelo.	126
Figura 68: representação esquemática do programa de execução dos ensaios	126
Figura 69: tubo de Pitot no interior do túnel de vento	128
Figura 70: sistema de anemometria. (a) anemômetro, (b) suportes, (c) sonda e (d) conjunto montado no túnel de vento.	129

Figura 71: (a) detalhe do conjunto suporte/sonda e (b) modelo na câmara de ensaios do túnel	130
Figura 72: sentido de leitura utilizado para a apresentação dos resultados	131
Figura 73: comparação em LI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	132
Figura 74: comparação em LII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	133
Figura 75: comparação em LIII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	134
Figura 76: comparação em LIV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	135
Figura 77: comparação em LV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	136
Figura 78: comparação em VI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	137
Figura 79: comparação em LVII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	138
Figura 80: comparação em LI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	139
Figura 81: comparação em LII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	140
Figura 82: comparação em LIII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	141
Figura 83: comparação em LIV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	142
Figura 84: comparação em LV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	143
Figura 85: comparação em LVI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	144
Figura 86: comparação em LVII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	145
Figura 87: comparação em P1 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	146
Figura 88: comparação em P2 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	147

Figura 89: comparação em P3 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	148
Figura 90: comparação em P4 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	149
Figura 91: comparação em P5 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	150
Figura 92: comparação em P6 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	151
Figura 93: comparação em P7 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	152
Figura 94: comparação em P8 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°	153
Figura 95: comparação em P1 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	154
Figura 96: comparação em P2 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	155
Figura 97: comparação em P3 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	156
Figura 98: comparação em P4 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	157
Figura 99: comparação em P5 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	158
Figura 100: comparação em P6 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	159
Figura 101: comparação em P7 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	160
Figura 102: comparação em P8 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°	161
Figura 103: Vista de um modelo na câmara de ensaios	193
Figura 104: Vista de um modelo com as sondas posicionadas na câmara de ensaios	193
Figura 105: Detalhe das sondas posicionadas sobre o modelo	194
Figura 106: Vista do conjunto de edifícios da área de estudo	196
Figura 107: Vista do interior do conjunto de edifícios na área de estudo	196
Figura 108: Vista do interior do conjunto de edifícios na área de estudo	197

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação entre clima e urbanização _____	48
Quadro 2: Tipos e características das massas de ar _____	58
Quadro 3: Dados característicos do Bioclima 3dth _____	85
Quadro 4: Indicadores para a área conforme Decreto nº 5844/2007 _____	102
Quadro 5: Quadro resumo dos ensaios _____	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação dos balanços energéticos e modificações dos elementos do clima entre o meio urbano e o meio rural _____	31
Tabela 2: Mudanças provocadas pela urbanização sobre as características climáticas _____	32
Tabela 3: Comparação de características meteorológicas dos meios urbano e rural _____	33
Tabela 4: Critério de conforto _____	41
Tabela 5: Tentativa de critério de conforto para ventilação _____	41
Tabela 6: Relação entre o número de <i>Beaufort</i> e a velocidade do vento (m/s) _____	42
Tabela 7: Parâmetros de avaliação velocidade do vento x fenômenos observados _____	66
Tabela 8: Valores de $k$ e $Z_0$ para as classes de rugosidade _____	72



## LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHRAE: *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*

BCB: Subzona B do Cabo Branco

CLA: Camada Limite Atmosférica

CCB: Subzona C do Cabo Branco

CDU: Conselho de Desenvolvimento Urbano

CFD: *Computational Fluid Dynamics*

CMF: Centro de Metrologia dos Fluidos

CTA: *Constant Temperature Anemometer*

EUA: Estados Unidos da América

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEME: Instituto de Desenvolvimento Estadual e Municipal da Paraíba

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

L: Leste

LAC: Laboratório de Aerodinâmica das Construções

LNEC: Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MDF: *Medium Density Fiberboard*

N: Norte

NBR: Norma Brasileira

NE: Nordeste

NO: Noroeste

ONU: Organização das Nações Unidas

PB: Paraíba

PMV: *Predicted Mean Vote*

PPD: *Predicted Percentage of Dissatisfied*

S: Sul

SAA: Setor de Amenização Ambiental

SE: Sudeste

SER: Setor Residencial Especial

UA: Umidade Absoluta

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UR: Umidade Relativa

US: Umidade de Saturação

USP: Universidade de São Paulo

ZA3: Zona Axial 3

ZAP: Zona Adensável Prioritária

ZEP2: Zona Especial de Preservação dos grandes verdes

ZNA: Zona Não Adensável

ZPA: Zona de Preservação Ambiental

ZR3: Zona Residencial 3

ZRA: Zona de Restrições Adicionais

## 1 INTRODUÇÃO

As exaustivas modificações que são impostas pelo homem ao meio ambiente desafiam dia a dia o poder de autorregeneração dos sistemas naturais, submetendo-os a condições limítrofes e extenuantes desta sua capacidade de recuperação. Naturalmente, animais inseridos neste contexto provocam modificações em tais sistemas ao buscarem alimentos e posteriormente excretá-los, ao construírem abrigo entre outras formas de alterações da natureza. O ser humano, entretanto, sobretudo no meio urbano, tem promovido ações modificadoras tão rápidas e tão expressivas sobre a natureza, que esta, na grande maioria das vezes, é incapaz de absorvê-las nos seus ciclos autorregenerativos, gerando sérias consequências para o meio ambiente e por decorrência para o próprio homem.

Entre o princípio da Revolução Industrial e o ano de 1930, a população mundial cresceu de 1 bilhão para 3 bilhões de habitantes. Nos dias atuais, segundo estimativa das Organizações das Nações Unidas (ONU), essa população já ultrapassa a marca dos 7 bilhões de habitantes, devendo chegar segundo Rogers (2001), a aproximadamente 8,5 bilhões em 2025, e a 10 bilhões em 2050. Tal crescimento e a procura por melhores condições de saúde, educação e trabalho levaram o homem a buscar as cidades; provocando o inchamento dos centros urbanos e um crescimento demográfico exacerbado. Entre os anos de 1900 e 2000, a população mundial urbana subiu de 10% para 50%. Algumas estimativas apontam para algo em torno de 75% da população mundial vivendo nos centros urbanos por volta do ano 2050. Com relação ao Brasil estes números também são muito expressivos, tendo uma população urbana por volta dos 80%, e uma previsão de que esta chegue próximo dos 90% em 2025. De acordo com Gonçalves (2007), a região metropolitana de São Paulo tem a maior participação nestes números, tendo em vista que a sua população chegou quase a duplicar dentro dos últimos 45 anos.

A urbanização pura e simplesmente, não deve ser entendida como um processo danoso na sua totalidade. Desenvolver adensamentos urbanos de forma planejada e racional, este sim, é um problema a ser muito bem pensado. Dessa forma, afirma Duarte (2000), que as alterações mal implementadas sobre o meio ambiente por parte dos homens, e os seus anseios sociais, são as causas dos grandes problemas ambientais que ocorrem no meio urbano.

Ao tratar a cidade como uma “ilha”, ou ainda, como um corpo estranho à natureza que a circunda e da qual passa a fazer parte, o homem ao agir sobre ela de forma agressiva, inequivocamente sofrerá com as suas reações que certamente serão percebidas sob a forma de alterações nos diversos componentes urbanos que influenciam e/ou são afetados pelos processos de urbanização, e muito frequentemente são estudadas e avaliadas equivocadamente sem se levar em conta suas inter-relações (PEREGRINO 2005). A forma desordenada como o homem modifica o meio, na grande maioria das vezes, não traz resultados satisfatórios.

O ambiente urbano, segundo Mota (1999), é composto por dois sistemas intimamente ligados: o sistema natural, composto do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, água etc.) e o sistema antrópico, consistindo do homem e de suas atividades.

É fato que o microclima de áreas urbanas, mesmo vinculado às variáveis mesoclimáticas, possui características diferenciadas daquelas inerentes às áreas que circundam as cidades. Fatores climáticos como a radiação solar, temperatura, velocidade e direção dos ventos, camadas atmosféricas, precipitação e umidade entre outros, estão diretamente relacionados com a urbanização. Diversos fenômenos consequentes da concentração urbana contribuem para as variações climáticas.

Sob esta ótica, comentários feitos por Oke (1982) citam os estudos de Luke Howard datados de 1833, para a cidade de Londres, onde já se mostra clara a capacidade das cidades de alterar o clima local.

Fenômenos como as “ilhas de calor”, demonstram um claro aumento nas temperaturas à medida que se deixa o meio rural circundante das cidades e se aproxima do centro dos adensamentos. De acordo com Lombardo (1985), a associação dos condicionantes derivados das ações antrópicas sobre o meio ambiente urbano, em termos de uso do solo e os condicionantes do meio físico e seus atributos geológicos são responsáveis diretos pela formação da ilha de calor. Sobre o mesmo ponto, estudos desenvolvidos por Oke (1973), já estabeleciam correlação entre o aumento de temperatura e a população da cidade.

Notadamente, a urbanização, de forma muito frequente é capaz de provocar entre outros, o já citado aumento da temperatura, aumento no índice de pluviosidade, diminuição da umidade, diminuição nas taxas de permeabilidade do solo, alteração nas características dos ventos (direção e velocidade); trazendo consigo consequências quase sempre catastróficas.

Admitida a inter-relação entre a forma urbana e o clima, e as respectivas influências de um sobre o outro; e ainda entendendo que embora possuam algumas características semelhantes, os diversos tipos de clima conhecidos possuem padrões de desempenho térmico distintos, sendo possível afirmar que não se deve generalizar qualquer solução urbanística.

O empirismo em ações como a determinação de índices urbanísticos, gabaritos em altura das edificações e seus afastamentos, desprezo dos acidentes geográficos, são capazes de gerar diversos problemas para o ambiente urbano, tornando-o muitas vezes incompatível com as exigências humanas, comprometendo necessidades básicas inerentes ao ser humano, sobretudo as de caráter olfativo, respiratório, higrotérmico e de segurança entre outras.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

As pesquisas relacionadas ao comportamento dos escoamentos de vento em meio urbano no Brasil, e principalmente na região Nordeste, são ainda em número bastante limitado. A quantidade de pesquisadores a se aventurar nesta área é ainda muito pequena se comparada a outros países, e o interesse das administrações públicas no que toca à importância de tais estudos para o planejamento e crescimento das nossas cidades é ainda muitíssimo discreto.

Entendendo que a concentração de edificações na malha urbana não pode prescindir de respaldo científico, visto que esta é capaz de alterar as características microclimáticas, através de modificações de elementos do clima local, sobretudo o vento, a temperatura e a umidade relativa do ar, afetando diretamente as condições de conforto, segurança e salubridade do ambiente ocupado pelo homem no desempenho das suas atividades, quer seja no espaço urbano quer no interior dos edifícios, e ainda que estas alterações são advindas entre outras, das modificações de albedo e da alta taxa de impermeabilização do solo, ocasionando discrepâncias nos índices de evapotranspiração, e causando ainda acréscimos ou decréscimos significativos nas velocidades dos ventos principalmente às cotas mais baixas, torna-se evidente a necessidade de estudos que enveredem por esta área, no intuito de contribuir para a elaboração de uma legislação eficaz e dinâmica, que evolua de forma condizente com as expectativas da cidade e do cidadão.

O ponto focal do presente trabalho é o estudo do comportamento da ventilação natural frente aos adensamentos urbanos através de ensaios em túnel de vento de modelos em escala

reduzida; obviamente, sem desconsiderar a importância de outras disciplinas, que não devem ser prescindidas e devem se interrelacionar e complementar umas às outras no processo complexo do planejamento urbano.

## 1.2 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

A utilização de bases científicas no planejamento da ocupação do solo urbano é um instrumento capaz de contribuir, entre outros, para a racionalização do uso da energia elétrica, minimização do surgimento de fenômenos como o das ilhas de calor, poluição do ar e alguns efeitos mecânicos indesejáveis do vento, pressupondo que a análise de dados concretos referentes aos principais fatores envolvidos na possível modificação do clima urbano permitiria a adoção de ações de cunho corretivo em ocupações já iniciadas e/ou preventivo, quando de ocupação de novas áreas urbanas. A busca de tal embasamento científico parece indubitavelmente a melhor maneira de participar de forma mais responsável e consciente no processo complexo do desenvolvimento do *habitat* urbano.

Desta forma, os resultados desta pesquisa poderão contribuir despertando o interesse da população e das autoridades para a necessidade da utilização de bases científicas, e não empíricas, quando da elaboração ou alterações propostas para os instrumentos regulamentadores e legislações relativas ao ordenamento do crescimento das cidades, de forma mais específica no presente estudo da cidade de João Pessoa-PB, posto que a mesma, dinâmica que é, possui hoje características notadamente divergentes daquelas por ela apresentadas à época da elaboração dos referidos instrumentos de ordenamento do espaço urbano, fato comum a diversas cidades brasileiras.

Os resultados deste trabalho poderão também ser utilizados como subsídio quando da revisão do plano diretor da cidade de João Pessoa, no tocante à legislação que trata e estabelece as condições para a ocupação e adensamento de novas áreas urbanas e/ou reordenamento de outras já adensadas. Tal revisão tomaria então como base primordialmente parâmetros de cunho científico, como os abordados por esta pesquisa relacionada particularmente com a variável vento, utilizando o procedimento aqui adotado para outras áreas, permitindo uma avaliação, preditiva inclusive, sobre as interferências dos padrões de ocupação a serem adotados nestas, sobre os escoamentos em tais adensamentos urbanos.

## 1.3 MÉTODO DE PESQUISA

Visando o desenvolvimento deste trabalho foram postas as diretrizes seguintes que balizam o seu desenvolvimento.

### 1.3.1 Questão da pesquisa

A principal questão desta pesquisa é observar de que maneira os escoamentos são influenciados pelos padrões de ocupação do solo nas cidades e suas modificações ante a dinâmica do crescimento urbano. Para isso foram estudadas duas configurações de adensamentos diferenciadas no bairro do Altiplano Cabo Branco, em João Pessoa – PB.

### 1.3.2 Hipótese

Tem-se como hipótese neste trabalho, que as modificações dos padrões de ocupação do solo urbano são capazes de alterar substancialmente os escoamentos em determinadas áreas da cidade e seus arredores.

### 1.3.3 Pressuposto

Pressupõe-se então que os estudos em túnel de vento são capazes de reproduzir condições semelhantes àquelas encontradas no espaço real, possibilitando assim a avaliação de tais modificações.

### 1.3.4 Delimitações

O presente trabalho se limita a estudar a relação entre espaço urbano edificado e as modificações por ele impostas aos escoamentos, para isso considerando apenas a variável vento, não levando em conta qualquer outra relacionada ao crescimento, desenvolvimento urbano e padrão de ocupação do solo das cidades, abordando um estudo de caso relativo à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB.

### 1.3.5 Objetivo

Verificar, de que forma a ocupação do solo urbano do bairro do Altiplano Cabo Branco, em recortes temporais distintos, é capaz de afetar os escoamentos de ventos na região.



## 1.4 ESTRUTURA DA TESE

O trabalho foi organizado em nove capítulos, sequenciados e com os seus conteúdos descritos a seguir.

O **capítulo 1** do trabalho apresenta uma abordagem introdutória sobre o tema da pesquisa, possibilitando uma visão geral sobre os seus aspectos relevantes, o que impulsionou o desenvolvimento da tese e quais as suas possíveis contribuições. Apresenta a estrutura do trabalho em linhas gerais, situando o leitor a respeito do seu conteúdo.

No **capítulo 2**, é apresentada uma revisão bibliográfica trazendo estudos relacionados ao tema da pesquisa desenvolvidos por diversos autores.

Os conceitos e definições fundamentais necessários à compreensão do trabalho são expostos no **capítulo 3**.

O conteúdo do **capítulo 4** é sobre a descrição do universo de análise da tese, trazendo sua delimitação e a descrição detalhada deste. Caracteriza em uma visão do geral ao específico a cidade, o bairro, e a área objeto dos estudos. Apresenta ainda as bases utilizadas anterior e atualmente para o disciplinamento do uso e ocupação do solo local e suas diretrizes urbanísticas.

No **capítulo 5** são descritos os experimentos em túnel de vento. Estão descritas as instalações utilizadas nos ensaios, bem como a instrumentação utilizada na sua realização e a forma de simulação do vento natural. São descritos ainda de maneira detalhada os modelos ensaiados e as duas configurações de adensamento adotadas.

Os resultados experimentais são apresentados e discutidos no **capítulo 6**

Por fim, o **capítulo 7** traz as conclusões a respeito da pesquisa, fechando assim o trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil, e de forma mais específica na região Nordeste, as pesquisas sobre as questões relativas ao vento e sua ligação com o planejamento de estruturas urbanas podem ser ditas relativamente recentes, ainda que os efeitos da ausência de tal embasamento científico quando das tomadas de decisões por parte das administrações públicas se façam notar de maneira direta sobre os adensamentos urbanos e seus habitantes. A abordagem da importância e interferência de elementos naturais e/ou construídos sobre a possível modificação do microclima nos espaços exteriores urbanos e também como partícipes no processo de auxílio ao controle climático ambiental, foram tema, entre outros, dos trabalhos de pesquisadores brasileiros como Monteiro (1976), Lombardo (1985), Assis (1990) e Silva (1999).

De maneira específica sobre a variável climática vento, devido à complexidade dos fenômenos meteorológicos relativos aos escoamentos atmosféricos, Silva (1999) afirma que embora devendo considerar a existência dos valores médios determinados pelas Normas Técnicas para o cálculo de ventilação, se faz necessário um estudo local detalhado, que conjuntamente com conhecimentos mais abrangentes concorrerem para minimizar a adoção de parâmetros excessivamente específicos ou demasiadamente genéricos.

As atenções concedidas pelos poderes públicos comumente são apontadas não às causas, mas sim aos efeitos do desequilíbrio promovido pelas ações humanas de forma desordenada ou quase sempre mal planejada sobre o ambiente natural. Sobre este fato, Monteiro (1975), reforça a importância da compreensão da relação entre clima e sociedade, destacando que o comportamento atmosférico em conjunto com outras esferas e processos da natureza organizam espaços climáticos no sentido das escalas superiores para as inferiores, enquanto o homem e suas ações o fazem na direção oposta. Deste modo, afirma Monteiro (1976), surge um clima específico, denominado então clima urbano, advindo das alterações significativas nos balanços hídrico e energético da cidade, decorrentes por sua vez, da gama de fatores que acontecem conjuntamente no meio urbano.

As modificações promovidas sobre o clima em escala local potencializam os seus efeitos e se fazem notar, sobretudo, pela ocorrência de manifestações relacionadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e ainda através de outros efeitos indesejáveis capazes de intervir de forma danosa no funcionamento da cidade, bem como prejudicar substancialmente a qualidade de vida dos seus usuários.

Desta forma, é primordial atribuir ao clima a importância que lhe cabe frente aos diversos componentes que influenciam e determinam os níveis de qualidade do meio urbano, assegurando respostas cada vez mais satisfatórias às ações implementadas pelo homem sobre o seu habitat, através de pesquisas relacionadas às modificações climáticas, qualidade do ar, níveis de conforto térmico, nos impactos pluviais e ainda no uso racional das mais distintas fontes energéticas.

A abordagem dada por pesquisadores como Chandler (1976) e Landsberg (1981), trata em seus estudos de uma vasta gama de fatores e fenômenos capazes de influenciar de forma direta no clima urbano, tais como, cobertura vegetal, permeabilidade do solo, regime de ventos e de chuvas, insolação, rugosidade e orografia entre outros. De forma mais específica, relacionados à ação da variável climática vento e à forma urbana ante o conforto do ambiente, Saraiva (1995) e Silva (1999) são nomes que se destacam através da determinação de parâmetros e métodos de análise também relacionados ao controle das temperaturas e poluição.

Em suas pesquisas, Landsberg (1981) atribui ao processo de urbanização as alterações no balanço energético, relacionadas diretamente às características da superfície urbana tais como as térmicas, as radiativas, as de umidade e as aerodinâmicas.

Estudos como o de Schmaltz (1984), apresentam dados comparativos atestando as variações entre os balanços energéticos de áreas rurais e áreas urbanas, que comprova diferenças bastante relevantes, mesmo consideradas as discrepâncias naturais existentes entre algumas variáveis e sua ocorrência ou intensidade nas respectivas áreas.

Tabela 1: Comparação dos balanços energéticos e modificações dos elementos do clima entre o meio urbano e o meio rural

Parâmetros	Dimensão característica	Comparação com o campo
Poluição do ar	Condensação	10 x mais
	Impurezas em forma de gás	5 - 25 x mais
Radiação	Radiação Global	15 - 20 % menos
	UV (Inverno)	30 % menos
	UV (Verão)	5 % menos
	Duração da Insolação	5 - 15 % menos
Temperatura	Média anual	0,5 - 1,5 °C + alta

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

		2 - 6 °C + alta
Velocidade do Vento	Média anual	10 -20 %. reduzida
	Calma	5 - 20 % mais
	Turbulência	elevada
Umidade Relativa	Inverno	2 % menos
	Verão	8 - 10 % menos
Nuvens	Cobertura	5 - 10 % mais
	Névoa (inverno)	100 % mais
	(verão)	30 % mais
Precipitações	Total pluviométrico	5 - 10 % mais
	Chuva	10 % mais
	Neve	5 % menos

Fonte: Adaptado de Schamaltz (1984).

Ainda sobre os comparativos entre áreas rurais e urbanas, Mota (1999), comenta que as atividades desenvolvidas no meio urbano ao gerarem maior quantidade de núcleos de condensação, são responsáveis por maiores precipitações pluviais neste do que no meio rural. Entretanto, mesmo com maior incidência de chuvas, as áreas urbanas apresentam menores taxas de umidade relativa do que o campo.

Outras características climáticas são ainda afetadas pelo fenômeno da urbanização, tais como radiação, temperatura, velocidade do vento e nebulosidade entre outras. (Tabela 2).

Tabela 2: Mudanças provocadas pela urbanização sobre as características climáticas

CARACTERÍSTICAS		COMPARAÇÃO COM O MEIO RURAL
Radiação	Global	15 a 20% menor
	Ultravioleta (no inverno)	30% menor
	Ultravioleta (no verão)	5% menor
	Duração de exposição ao sol	5 a 15% menor
Temperatura	Média anual	0,5 a 1,0 °C maior
	Médias das mínimas no inverno	1 a 2°C maior

Contaminantes	Núcleos e partículas de condensação	10 vezes maior
	Misturas gasosas	5 a 25 vezes maior
Velocidade do vento	Média anual	20 a 30% menor
	Rajadas extremas	10 a 20% menor
	Calmarias	5 a 20% maior
Precipitação	Total	5 a 10% maior
	Dias com menos de 5mm	100% maior
	Neve	5% menor
Nebulosidade	Cobertura	5 a 10% maior
	Nevoeiro (no inverno)	100% maior
	Nevoeiro (no verão)	30% maior
Umidade relativa	No inverno	2% menor
	No verão	8% menor

Fonte: Baseado em Mota (1999).

A Tabela 3 apresenta valores percentuais relativos às características meteorológicas comparativas entre os meios rural e urbano.

Tabela 3: Comparação de características meteorológicas dos meios urbano e rural

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR NO MEIO URBANO EM RELAÇÃO AO MEIO RURAL (EM MÉDIA)</b>
Temperatura mínima diária	2,5°C mais alta
Umidade relativa no verão	8% menor
Movimento total do ar	25% menor
Radiação solar	15% menor
Precipitação total	10% maior
Cobertura de nuvens (todos os tipos)	10% maior
Frequência de nevoeiro (inverno)	100% maior

Fonte: Baseado em Mota (1999).

O ciclo hidrológico também é afetado pelos impactos advindos do processo de densificação urbana. Mota (1999), também comenta sobre estes aspectos e suas consequências

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

sobre o ciclo hidrológico, este compreendendo os seguintes processos: Precipitação, Infiltração, Escoamento Superficial (“*runoff*”), Escoamento Subterrâneo, Evaporação e Evapotranspiração, afirmando que alterações mal planejadas nesta cadeia natural, têm como consequência o surgimento de situações que resultam em condições bastante prejudiciais para os habitantes de áreas urbanas.

Lombardo (1985) admite que a interação existente entre a estrutura urbana e a atmosfera é influenciada de forma significativa pelo aspecto tridimensional da área edificada do aglomerado urbano, resultando em diferenças de temperatura, de velocidade do vento, de umidade e de pureza do ar, entre outros, visto que as condições climáticas de uma área urbana com grandes extensões se diferenciam expressivamente daquelas ocorrentes nos espaços abertos que a circundam, repercutindo assim nos aspectos físicos urbanos, quer seja no âmbito dos edifícios ou ainda, nas áreas metropolitanas, sobre as condições climáticas locais.

Comparações entre as condições de conforto em zonas urbanas e suburbanas através de medições sobre superfícies com diferentes coberturas (pavimentos e gramados), foram efetuadas por Clark e Bach (1971). Os resultados de tais estudos, dependendo da hora do dia, chegaram a apresentar variações de temperatura da ordem de 2 graus a 7 graus, de um local para o outro na cidade de Cincinnati, nos Estados Unidos da América (EUA).

Em estudos específicos voltados para a cidade de Salvador, Sampaio (1981), estabelece a correlação entre o uso do solo e a elevação das temperaturas no meio urbano, fazendo uso de tais correlações para o estudo da variável temperatura, dos indicadores do solo e dos fatores do meio físico. Desta maneira, dados obtidos na estação meteorológica de Ondina e outros obtidos através de levantamentos no meio urbano e em áreas livres, apresentam diferenças expressivas e afirmam a relação de intensificação da presença do fenômeno da ilha de calor como decorrência da urbanização.

Tarifa (1977) encontrou valores bastante divergentes entre campo e cidade em análise feita em São José dos Campos, detectando umidades relativas com valores reduzidos na média diária (de 2 a 12%) para a área urbana em relação à área rural. Quanto à temperatura, esta se mostrou mais elevada na zona urbana (de 1 grau a 3,4 graus) do que na área rural.

Katzschner et al. (1995) observaram uma ilha de calor em Portugal (no centro da cidade de Bragança), em um dia de verão, nos locais com altitudes mais elevadas, onde é mais alta a radiação global.

De acordo com Souza (2010) as “ilhas de calor” apresentam-se como resultado do processo de urbanização, sendo um fenômeno climático característico do clima urbano e largamente estudado através de pesquisas relativas ao ambiente construído. Estas “ilhas de calor” têm um maior registro de ocorrências à noite, quando as temperaturas na cidade se apresentam menores do que as encontradas nas áreas menos urbanizadas que a circundam, e, sobretudo nos centros urbanos por serem estes mais adensados que outras áreas da cidade. Barbirato (2007) ilustra o perfil da ilha de calor urbana de acordo com a Figura 1.

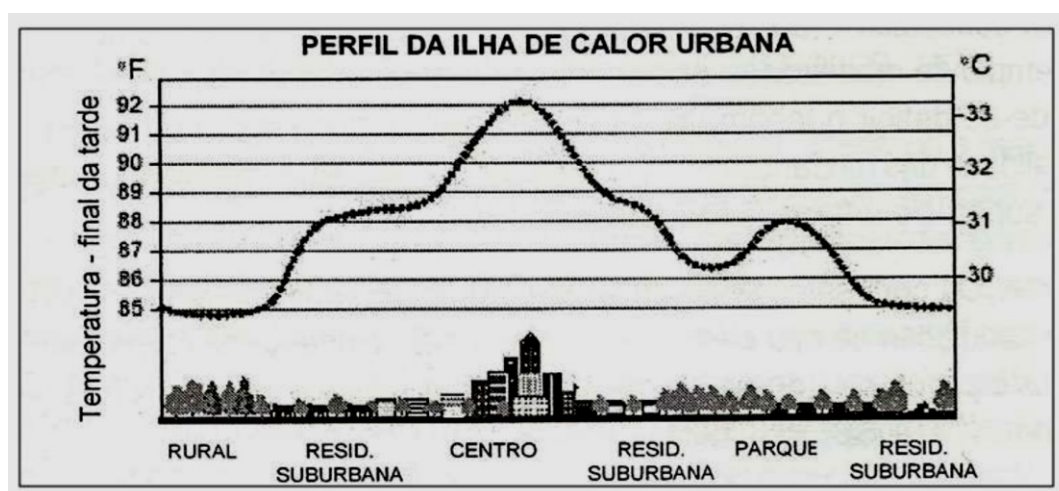


Figura 1: perfil da ilha de calor urbana (Baseado em Barbirato, 2007).

Lombardo (1985) faz uso de imagens termiais de satélite meteorológico combinadas com dados terrestres para a verificação da ocorrência de ilha de calor na cidade de São Paulo. Este estudo relata diferenças de temperatura acima dos 10°C entre a área rural e o centro desta metrópole, relacionando ainda a ilha de calor à concentração de poluentes, sobretudo nos locais onde se apresentaram temperaturas mais altas.

Ribeiro (1993) cita a relevância da correlação e evidencia os efeitos advindos das características morfológicas urbanas sobre os padrões de vento locais no que concerne ao controle de poluentes.

Quanto ao conforto térmico, esta definição se mostra envolta em subjetividades, tanto que diversos autores buscam formas de explicitá-lo e são unânimes em afirmar que a grande dificuldade em consegui-lo reside no fato de que as sensações humanas não são passíveis de quantificação direta, simples e sem discordâncias. Assim sendo, a sua sistematização não deve considerar aspectos generalistas que desprezem fatores de influência

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

como adaptação ao meio ambiente, tipo de atividade desenvolvida e nível de vida, por exemplo.

Os irmãos Olgyay, nos EUA, já no ano de 1950 iniciam a sua busca para determinar a relação entre as condições climáticas e o conforto térmico nos edifícios que culmina com a criação da primeira carta bioclimática. Esta sob a forma de um diagrama termo-higrotérmico que apresentava as necessidades de conforto para habitantes dos EUA, com vestuário caseiro e atividades ligeiramente sedentárias (OLGYAY, 1973).

Visto que a carta de Olgyay refere-se a locais com altitudes menores que 300 m e latitudes de 40°, Patrício et. al. (1997) advertem para a necessidade de correção dos valores da temperatura, na medida em que ocorre a diminuição da latitude, na relação de 0,5°C para cada 4° de latitude.

Segundo Araújo (1996), a carta de Olgyay indica ainda a necessidade de ventilação, sombreamento e radiação solar para o alcance do conforto térmico.

Percebendo que o comportamento térmico no interior das edificações acompanhava de forma muito próxima as variações ocorridas no exterior, Olgyay estendeu a carta, antes utilizada apenas para os espaços exteriores para a aplicação na avaliação do conforto térmico nos espaços internos.

Evidentemente diversos outros estudos se seguiram, na busca de subsídios para a determinação do conforto. De maneira marcante, Givoni (1976) aperfeiçoou a carta de Olgyay, por perceber que em decorrência da inércia térmica da envolvente da edificação, poderiam ocorrer diferenças consideráveis entre as temperaturas exteriores e interiores, ocasionando modificações nas temperaturas dos ambientes internos.

Fanger (1972) relaciona além da temperatura do ar, outros cinco parâmetros como fatores de interferência para o conforto, desenvolvendo então uma equação de conforto que, segundo o seu modelo, estabelece que quando qualquer combinação dessas seis variáveis (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar, umidade relativa, nível de atividade e resistência térmica do vestuário) atender às condições de conforto térmico, a maior parte das pessoas se encontrará em neutralidade térmica e, portanto, termicamente confortáveis.



Amostras superiores a 1300 pessoas foram expostas a diferentes condições de temperatura, umidade e velocidade do ar, desenvolvendo uma atividade sedentária e com vestimentas leves, em câmaras climáticas, objetivando a quantificação do conforto necessária para o estabelecimento dos índices representados nas cartas bioclimáticas (Fanger, 1972). Efetivamente, esta quantificação se deu através do *Predicted Mean Vote* (PMV). Este voto médio estimado representa a sensação térmica média declarada pelas pessoas em determinado ambiente e caso não ocorram diferenças significativas, pode ser considerada representativa para o grupo. Obtido o PMV, este é utilizado para determinar a *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD), ou seja, a percentagem de pessoas insatisfeitas.

As pesquisas realizadas em câmaras climatizadas não englobam fatores como hábitos e cultura dos indivíduos, direcionando-se apenas ao estudo dos efeitos do ambiente físico sobre o conforto do homem. As câmaras climáticas não incluem a variável tempo, enquanto os estudos de campo (questionários) usualmente se restringem ao instante de medição (PATRÍCIO et. al., 1997).

Ainda sobre esta lacuna existente nas pesquisas realizadas em câmaras climatizadas é de suma importância destacar que:

A lacuna fundamental desta teoria assenta no fato de se basear apenas em investigações laboratoriais, quando existem estudos de campo que comprovam claramente a capacidade de adaptação dos indivíduos ao meio em que estão inseridos. Esta tendência adaptativa inerente aos seres vivos dota-os de uma capacidade de aceitação de situações térmicas, as quais aparentemente poderiam ser tomadas como extrapolando os limites de áreas consideradas de conforto (SILVA, 1999, p.12).

Esta capacidade de aclimatização do ser humano às condições climáticas se torna evidente, por exemplo, quando ocupantes de edificações ventiladas naturalmente nos climas mais quentes, aceitam de forma mais apropriada as maiores amplitudes térmicas diárias.

Givoni, apud. Patrício (1997) também observa que indivíduos de climas extremamente quentes, vivendo em edifícios não climatizados, são capazes de tolerar altos níveis de temperatura e umidade, ainda que estes sejam qualificados pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE) como desconfortáveis.

Araújo (1996) definiu índices de conforto térmico para usuários de edificações escolares (na cidade de Natal-RN) e após compará-los com diversos dos índices A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

frequentemente utilizados no País, verificou que, com exceção do índice de temperatura efetiva, todos os outros índices comparados (zonas de conforto de Olgay e Givoni, modelo de Fanger e índice da temperatura efetiva padrão) se mostraram inadequados para o caso estudado.

Silva (1999) considera que os princípios construídos por Olgay (1973), Fanger (1972) e Givoni (1976), visto que o desempenho térmico dos edifícios está diretamente associado ao tipo de configuração do solo relativamente às dimensões, orientação e distribuição dos edifícios, à cobertura do solo e à orografia, entre outros mais, podem ser aplicados também aos espaços urbanos.

Apesar de parecerem recentes, as preocupações relacionadas especificamente com a variável climática vento e os seus efeitos diretos sobre o meio urbano, já se faziam notar desde as antigas civilizações quando do planejamento das suas cidades, estas demonstrando significativos cuidados quanto à sua orientação em relação aos ventos dominantes. Ora protegendo dos ventos indesejáveis, ora permitindo que os ventos favoráveis ao conforto do ambiente construído permeasse o conjunto edificado. Não foram poucos os casos ao longo da história a demonstrar estas preocupações relativas aos ventos no planejamento das cidades. Claros exemplos destas considerações podem ser percebidos nos desenhos, embora ainda desprovidos de maiores informações técnicas, das cidades de Kahun (2000 a. C.), no Egito antigo e Buenos Aires (1745), na Argentina do período colonial (Figura 2).

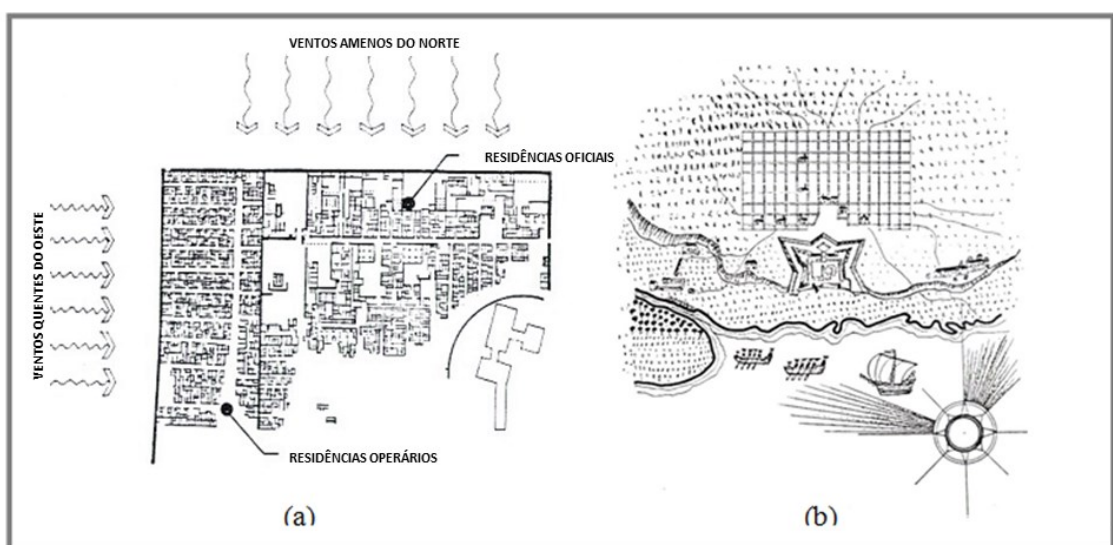


Figura 2: Planejamento relativo aos efeitos do vento sobre o meio urbano. (a) Casas em Kahun, Egito-2000 a.C. e (b) Plano para Buenos Aires nos tempos coloniais. (Baseado em Silva, 1999)

O esboço da distribuição do uso do solo da cidade de *Kahun* mostra o setor destinado às habitações das autoridades orientado para receber os ventos satisfatórios, sendo protegidas dos ventos quentes do deserto pelo setor determinado à implantação das habitações dos trabalhadores. (Figura 2a). Quanto ao exemplo de *Buenos Aires*, percebe-se no plano a clara preocupação de preservar a cidade através da orientação das suas ruas, dos ventos dominantes, minimizando assim a sua incursão no sentido longitudinal através da área urbana. (Figura 2b).

Diversos outros artificios semelhantes aos citados anteriormente se fazem presentes no planejamento de inúmeras cidades em todos os continentes. Exemplos de áreas urbanas que se utilizam da topografia acidentada, erigindo-se sob a proteção de montanhas com o intuito de evitar ou minimizar a ação de ventos indesejáveis, bem como o uso de verdadeiros cinturões verdes, a funcionar como barreira aos ventos frios e mesmo assim, permitindo a sua exposição aos ventos de verão, são comentados por Silva (1999). Entre elas encontram-se *Letchworth* e *New Jersey*, que têm o seu planejamento mostrado na Figura 3.

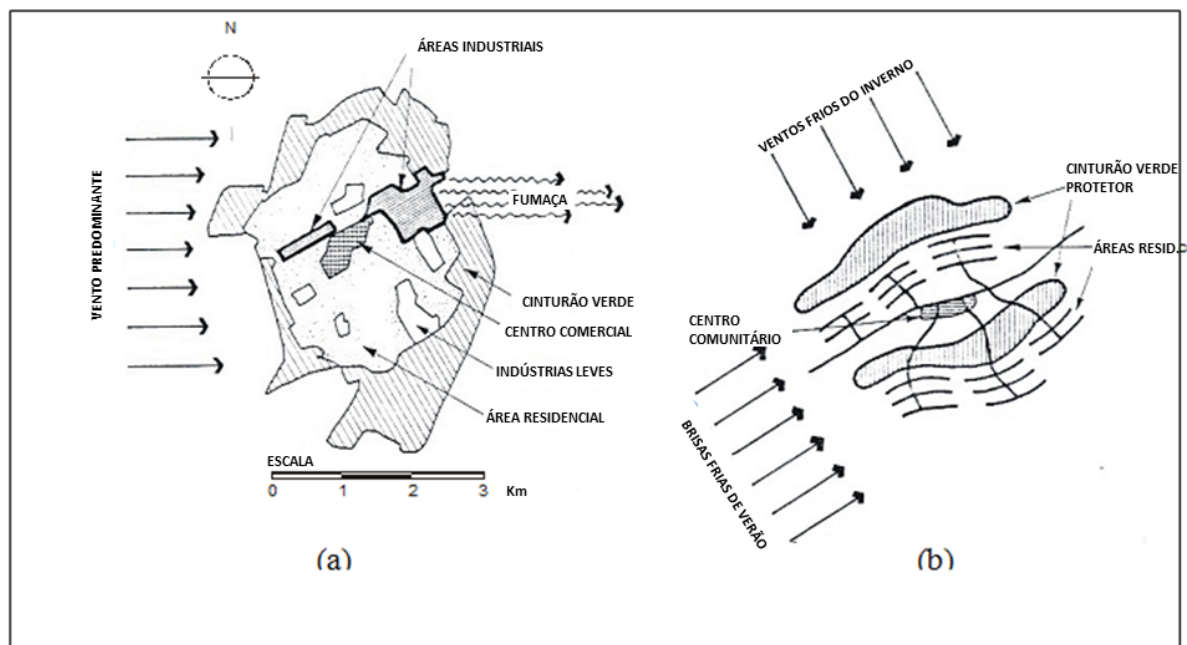


Figura 3: Planos das cidades de Letchworth (a) e New Jersey (b)  
(Baseado em Aynsley, Melbourne e Vickery, 1977)

As interferências imputadas ao vento sobre as estruturas urbanas, o edifício isolado ou ainda ao homem são diversas, bem como o são os estudos ao seu respeito. Vastos também são os estudos sobre a ação recíproca das cidades sobre o meio ambiente, sobretudo o ar, o clima e os fatores que o compõem.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

As análises a respeito do campo de pressões do vento em torno de edifícios, sendo estes agrupados ou não, vem há décadas tomando vulto e reforçando a sua importância como subsídio para os planejadores, visando o entendimento para avaliações, entre outras, das modificações por eles provocadas sobre o clima urbano e os padrões de vento locais, estes diretamente relacionados com o controle da propagação de poluentes nas áreas urbanas.

De Evans (1957) até Silva (1999), longo caminho foi e continua sendo trilhado. Na busca destes conhecimentos diversas técnicas foram criadas, utilizadas e aprimoradas. Dentre as técnicas hoje conhecidas e utilizadas, destaca-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.

Como demonstrado anteriormente através dos estudos citados, vastos são e foram desde a antiguidade até os dias atuais os aspectos levados a cabo nas pesquisas relativas à ação do vento sobre o homem e o seu *habitat*. Quanto ao conforto do indivíduo principalmente, as abordagens são exaustivas; entretanto só com o aprimoramento das tecnologias construtivas que permitiram o surgimento dos arranha-céus se fizeram necessárias novas considerações relacionadas desta feita com o efeito do vento sobre as estruturas dos edifícios de grandes alturas. Ainda a esta época surgem as primeiras preocupações com a segurança do indivíduo ante a ação do vento, principalmente no tocante à segurança dos trabalhadores ligados à construção civil, que se envolviam em constantes acidentes de trabalho quando atingidos por determinadas rajadas de vento.

A inserção frequente de edifícios de grandes alturas nas cidades despertou em alguns pesquisadores, nas últimas quatro décadas, o interesse quanto à segurança de pedestres que se deslocam nos espaços exteriores adjacentes a estas edificações. A exemplo disto Saraiva (1994), através de observações realizadas em campo, constatou que enquanto pedestres que transitavam em áreas antigas de pequenas cidades, submetidos a condições de vento equivalentes a velocidades de rajada máxima em torno de 16 m/s (verificadas a 2 m do solo), mesmo sofrendo certo grau de desconforto não se expunham à problemas de integridade física, o mesmo não ocorrendo nas grandes cidades, onde nas proximidades de grandes edifícios, à mesma altura em relação ao solo as velocidades de rajada registradas excediam os 20 m/s projetando ao solo alguns pedestres, que quando surpreendidos eram incapazes de resistir aos seus efeitos.

O exposto no parágrafo anterior se refere ao critério da velocidade efetiva, que alia o efeito da velocidade média do vento e das rajadas, sendo a ação instantânea destas, o que com frequência ocasiona o tombo dos pedestres, visto que não lhes permite que se preparem para enfrentá-las.

Silva (1999) apresenta nas suas pesquisas sobre o tema, o critério de conforto para pedestres mostrado na Tabela 4, como sendo o mais correntemente referido pela bibliografia específica:

Tabela 4: Critério de conforto

$U_e$ (vel.Ref)	Critério de conforto
6m/s	Limite de conforto
9m/s	Desempenho afetado
15m/s	Controle do caminhar afetado
20m/s	Perigoso para pessoas frágeis

Fonte: (Baseado em Silva, 1999).

Outros critérios de conforto são ainda utilizados com a finalidade de parametrizar a influência do vento sobre os riscos à integridade física e o conforto do ser humano rezando a respeito de uma aproximação da sensação de conforto onde são consideradas as atividades a serem desenvolvidas pelo homem, o local, a frequência dos ventos mais fortes e as cotas de altimetria tomadas para os cálculos ou ainda as medições. É importante destacar que os critérios apresentados na Tabela 5 e na Tabela 6, respectivamente, exprimem a tentativa de critério de conforto e a analogia entre o número de Beaufort e a velocidade de vento respectiva em m/s e consideram resultados levantados para o Canadá. A utilização desses critérios, afirma Silva (1999), consiste em tomar a frequência de uma determinada velocidade de vento e deduzir, considerados o local e a atividade desenvolvida, se as condições de conforto relativas ao vento são, perceptíveis, toleráveis, desagradáveis ou mesmo perigosas.

Tabela 5: Tentativa de critério de conforto para ventilação

Atividade	Áreas aplicáveis	Conforto Relativo			
		Perceptível	Tolerável	Desagradável	Perigoso
1. Andando rápido	Calçadas	5	6	7	8
2. Passeando, patinando	Parques, pista de patinação	4	5	6	8
3. Parado, sentado	Parques e praças	3	4	5	8

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

4. Parado, sentado	Restaurantes ao ar livre, teatros	2	3	4	8
Critérios representativos de aceitabilidade			<1	<1	<1

Fonte: (Baseado em Blanpain, 1995. Unidades: número de Beaufort; temperaturas 10oC)

Tabela 6: Relação entre o número de *Beaufort* e a velocidade do vento (m/s)

Número de Beaufort	1	2	3	4	5	6	7	8
Velocidade média do vento na faixa de 10m de altura em campo aberto	0.9	2.4	4.4	6.7	9.3	12.4	15.5	18.9
Velocidade de rajada a 2m de altura $\bar{v}_2 = \bar{v}_{10} \cdot 1.5 \times 0.8$	1	3	5	8	11	15	19	23
Velocidade média do vento na faixa de 2m de altura na cidade $\bar{v}_2 = 0.5 \times \bar{v}_2$	0.5	1.5	2.5	4	5.5	7.5	9.5	11.5

Fonte: (Baseado em Blanpain, 1995)

O terceiro dos critérios de conforto, denominado critério térmico, tem como suporte o conhecimento de uma temperatura correspondente do ar, advinda da combinação entre a temperatura sem vento e a velocidade do vento como demonstra a Figura 4.

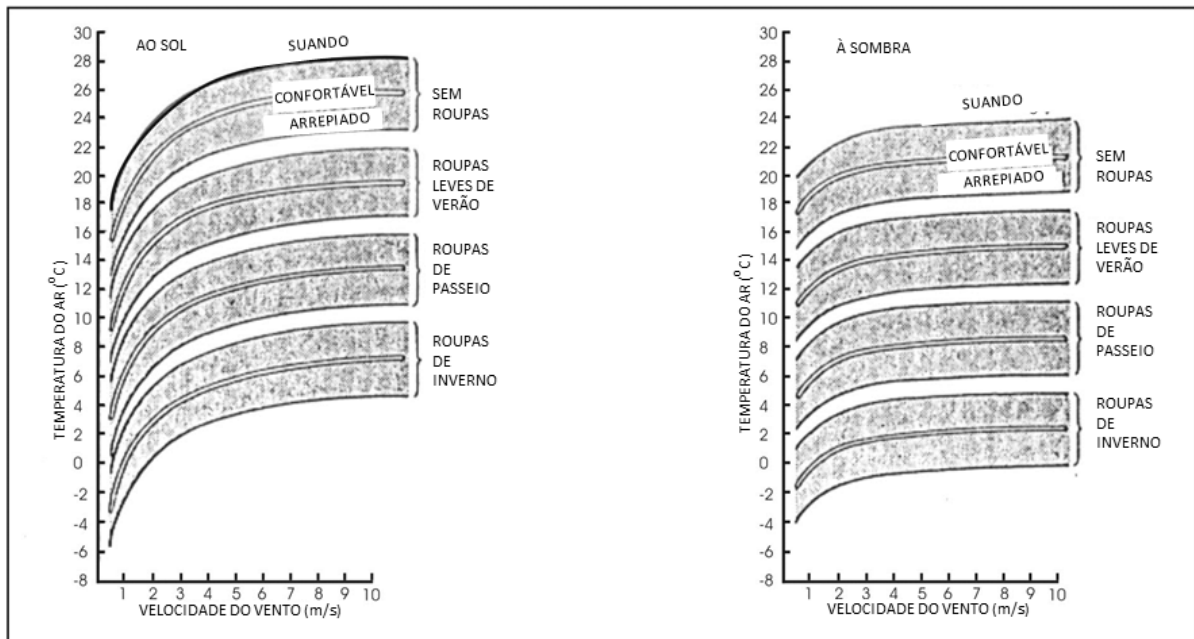


Figura 4: Critério de Conforto Térmico (Baseado em Blanpain, 1995)

Historicamente, as pesquisas com a utilização de túneis aerodinâmicos marcam de forma significativa os estudos sobre o fenômeno da ventilação natural por efeito do vento.

A este respeito, Oliveira (2009) afirma que apenas após 1940, com o colapso da primeira ponte suspensa de Tacoma Narrows, os pesquisadores retomam o interesse pelos estudos dos efeitos da ação do vento sobre as estruturas. Ainda sobre estes estudos, a *American Society of Civil Engineers* (1980) apud Oliveira (2009), cita que os túneis de vento projetados para produzir escoamentos de baixa turbulência eram utilizados para investigar a resposta induzida pelo vento em estruturas, entretanto, não era dada a devida importância à modelagem das condições do vento natural, acarretando resultados divergentes entre os dados medidos em túnel de vento e os dados medidos em campo.

Pesquisas como a de Bailay e Vincent (1943), objetivando a determinação dos coeficientes de pressão, foram feitas através de modelos de edifícios ensaiados em túnel de vento na cidade de Londres. Ainda se utilizando de modelos e ensaios em túnel de vento, Irminger e Nokkentved (1936), Van Straaten (1967), Givoni (1976) e Baturin (1976) determinaram coeficientes de pressão de vento e suas alterações quando da presença de anteparos.

A simulação física das características do vento atmosférico tem início efetivamente quando da construção e funcionamento dos chamados túneis de camada limite, a partir de onde principia a simulação prévia dos ventos da camada limite atmosférica (CLA), utilizada como base para todos os estudos de problemas que ocorrem neste espaço. Sobre esta questão segue o comentário:

Só a partir de 1958, quando Jensen apresentou seu trabalho *Model Law for Phenomena in Natural Wind*, a necessidade de modelar o perfil turbulento de vento natural se tornou amplamente reconhecida. Então, desde a década de 1960, com o surgimento de um grande número de túneis de vento projetados especificamente para produzir modelos de camada limite atmosférica, as técnicas de modelagem do efeito do vento têm melhorado sensivelmente (OLIVEIRA, 2009, p. 29).

No desenvolvimento de técnicas de simulação voltadas para a reprodução de camadas limites de estabilidade neutra, Counihan (1969) e Standen (1972) utilizaram os métodos de rugosidade, barreiras e dispositivos de mescla. Estas técnicas possibilitam a obtenção de representações das camadas limites que ocorrem sobre terrenos tanto rurais quanto urbanos, e mais especificamente as desenvolvidas por Standen, permite a mudança das escalas de modelos para os ensaios através da simulação das camadas limites de espessura total e parcial.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

De acordo com Wittwer (2006), tais modelos físicos de vento em condições de estabilidade neutra demonstram bom comportamento nas velocidades máximas comumente utilizadas para estudos em túnel de vento das cargas aerodinâmicas.

Alguns estudos estabeleceram novas pautas para simular a camada superficial incluindo novos elementos de acondicionamento do escoamento, o que tornou possível reproduzir mais fielmente os fenômenos que ocorrem na região inferior da CLA, denominada camada limite superficial. Trabalhos como os de Cermak e Cochran (1992), Cermak (1995), e Cermak et al. (1995), são alguns exemplos destes estudos.



### 3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Objetivando facilitar o entendimento do desenvolvimento do conteúdo deste trabalho, ainda que o mesmo tenha as suas ações voltadas de forma específica ao estudo da variável climática vento, serão abordados neste capítulo determinados parâmetros relativos ao clima, suas associações e conceitos, tratados aqui então sem maiores pretensões quanto ao seu grau de aprofundamento, numa abordagem de caráter puramente didático. Serão abordados também, de forma conceitual, aspectos relativos à mecânica dos fluidos, visto que este trabalho não tem a pretensão de discuti-los, mas apenas aplica-los, pois que estes são conceitos consolidados e amplamente utilizados por pesquisadores nos experimentos realizados em túneis de vento.

#### 3.1 CLIMA

O clima, diferentemente de outros temas de pesquisas científicas, não apresenta grandes divergências relativas aos seus conceitos e definições, considerando-se a vastidão da bibliografia existente referente ao tema.

Para que se faça qualquer afirmação a respeito de clima, afirma Moreira (2001), se faz necessário um extenso período de observações, não inferior a 30 anos. No decorrer deste intervalo de tempo, as observações feitas pelos climatologistas devem verificar a constância de determinados índices durante a maior parte do período de estudo.

Sob a ótica de Koenigsberger (1977), o clima é uma integração no tempo dos estados físicos do ambiente atmosférico, que caracterizam determinado local geográfico.

Segundo Sorre (1934), as definições clássicas enfatizam de forma exagerada a noção de temperatura média e considera que de forma mais objetiva, o clima em um local determinado é tido como a série de estados da atmosfera em sua sucessão habitual. Ainda sobre esta definição, o autor acredita que seja capaz de sintetizar a noção de clima, realçando o seu aspecto local e ainda evidenciando o seu caráter dinâmico, introduzindo, segundo ele, ideias de variação e de diferenças incluídas nas de sucessão.

O clima é formado por vários elementos que se inter-relacionam de forma dinâmica e são capazes de interferir ou até condicionar as atividades de um complexo vivo (fauna, flora e A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

seres humanos) de um determinado local. Os principais elementos de composição do clima são assim apresentados e descritos:

**Radiação Solar-** Diversos são os fatores capazes de influenciar no comportamento da radiação solar e conseqüentemente afetar o seu efeito térmico. No seu longo percurso até atingir qualquer superfície próxima do solo, a radiação solar sofre modificações diversas. Entre outros elementos capazes de alterá-la estão a quantidade de água presente na atmosfera, o nível de concentração de gases poluentes no ar, partículas de poeira em suspensão presentes nas camadas mais baixas da atmosfera, e ainda a concentração de dióxido de carbono e ozônio, entre outros. A maior ou menor absorção/reflexão da radiação por parte das superfícies está relacionada, além das propriedades específicas dos próprios materiais, com a orientação das mesmas, e ainda com aspectos como a latitude do lugar, dia do ano, horário e a nebulosidade, esta diretamente relacionada com os períodos de sol.

**Temperatura -** A superfície terrestre e outras superfícies de contato transformam em calor parte da energia solar incidente. A quantidade de calor que estas superfícies ganham ou perdem afetam diretamente a temperatura do ar, variando os seus valores conforme os períodos diurno e noturno, nebulosidade, latitude do local e estações do ano. Em condições normais, a temperatura atmosférica diminui com a altura, sendo assim, as camadas mais frias de ar posicionam-se acima das camadas de maior temperatura, desta forma, o ar ascende a partir da superfície terrestre em direção as camadas superiores (de menor temperatura). Os fenômenos de inversão térmica ocorrem quando uma camada de ar quente se posiciona sobre uma de ar frio, neste caso, com a redução da capacidade de dispersão, agravam-se sensivelmente os problemas de poluição do ar.

**Vento -** O movimento do ar será tratado de forma isolada ao longo deste trabalho em seus pormenores.

**Umidade (absoluta e relativa) -** Diretamente associada à temperatura do ar, a umidade expressa a quantidade de água presente neste, podendo ser apresentada de forma absoluta (UA) ou relativa (UR). Diz-se que a umidade é absoluta quando esta é expressa pela quantidade de água presente na unidade

de massa ou no volume de ar seco. Quando esta é indicada pelo resultado da relação entre a quantidade de água real existente e a maior quantidade de água que o ar poderia receber à mesma temperatura, diz-se relativa, e pode-se expressá-la através da fórmula a seguir:  $UR = UA/US \times 100\%$  Onde:

UR = Umidade Relativa

UA = Umidade Absoluta

US = Umidade de Saturação

Precipitação - A quantidade de água precipitada sobre as superfícies, bem como o tempo de escoamento e a sua absorção, são capazes de interferir de forma satisfatória ou não sobre os outros fatores anteriormente descritos. Alguns efeitos da urbanização, entre eles a rugosidade dos edifícios, o ar quente ascendente e o aumento dos núcleos de concentração de aerossóis, que segundo Lombardo (1985), são capazes de elevar a quantidade de precipitação à taxa de 5 a 10 %.

Com base na quantificação destes parâmetros, o globo terrestre pôde ser dividido em zonas climáticas, que dentro de uma mesma sucessão de tempo demonstram características semelhantes e servem de orientação sobre os aspectos gerais do clima.

A intrínseca inter-relação entre estes elementos de composição do clima anteriormente citados, pressupõe a necessidade de uma análise simultânea e detalhada dos mesmos para a execução de estudos climáticos com graus de fidedignidade consideráveis.

É verdade também que a adoção pura e simples de qualquer classificação climática exige determinados cuidados, já que é sabido que além das possíveis imprecisões, os fatores climáticos locais são capazes de interferir de forma bastante significativa sobre o comportamento dos parâmetros do clima de uma unidade. Vistas sob esta ótica, as classificações climáticas enquadram sim, de forma estática, definições dinâmicas do clima, e devem ser adotadas de forma bastante criteriosa.

Enveredando do âmbito geral para o específico, ou seja, partindo dos climas zonais, passando pelos regionais e sub-regionais, chega-se ao clima local (unidade básica de observação meteorológica). Este clima, mantém segundo Monteiro (1976), uma estreita

relação com os graus de urbanização observados no local. (Quadro 1: Relação entre clima e urbanização).

Quadro 1: Relação entre clima e urbanização

Espaços Climáticos	Espaços Urbanos
Zonal	xxxxxxxxxxxxxx
Regional	Megalópole-Grande área metropolitana
Sub-regional	Megalópole-Grande área metropolitana
Local	Área metropolitana-Metrópole
Mesoclima	Cidade grande - Bairro ou subúrbio de metrópole
Topoclima	Pequena cidade – bairro / subúrbio de cidade
Microclima	Grande edificação-habitação-setor de habitação

Fonte: (Baseado em Monteiro, 1976)

Visando auxiliar a compreensão do quadro anteriormente apresentado, é importante a elucidação de alguns dos termos neste utilizados, sendo assim, seguem de maneira sucinta algumas definições:

Mesoclima – Pode ser entendido como o clima que mesmo presente em pequenas áreas da superfície do planeta, não retrata o clima geral de uma região. Monteiro (1976) descreve-o como sendo uma subdivisão, parte ou fração do clima local (unidade básica). No entendimento de Marino et al. (1980), reproduz uma escala intermediária entre o macro e o microclima. As áreas mesoclimáticas apresentam extremos de temperatura, por vezes diferenciando-se das áreas que as circundam em vários graus.

Topoclima – Advém da modificação pela topografia acidentada, do clima regional. Associado diretamente à forma pode facilmente ser detectado em várzeas, vales, serras e outras formações similares. Em locais de topografia mais regular, os próprios volumes tridimensionais dos edifícios inseridos e as suas variações dimensionais, podem funcionar como se ali existissem nuances topográficas capazes de interferir no seu clima.

Microclima – Considera-se neste, apenas a camada mais próxima da superfície terrestre. Entretanto, existem divergências entre alguns autores sobre os limites

verticais da camada a ser considerada. Alguns estabelecem os seus limites como sendo de dois metros acima do solo, entretanto Monteiro (1976) acredita que este limite, muito embora esteja próximo da altura de dois metros, pode ser menos rigoroso, alcançando em algumas situações algumas dezenas de metros. Já Marino et al.(1980) consideram a estrutura fina climática do espaço aéreo que se estende da superfície da terra até uma altura onde os efeitos característicos da superfície não mais se distinguem do clima geral local (meso ou macroclima).

No mesmo trabalho, de forma similar ao que afirma Monteiro (op. cit.), Marino (op. cit.) registra que a espessura da camada considerada acima do nível do solo para estudos de microclimas deve se ajustar ao objeto de interesse, e ainda comenta que esta corresponde geralmente à ordem de quatro vezes a altura das superfícies estudadas, visto que neste limite desaparecem as condições microclimáticas.

Relativamente às condições microclimáticas, Souza (2010) acredita que sob uma visão ainda mais acurada é possível perceber que, os microclimas sofrem modificações advindas das ações antropogênicas relacionadas às atividades desenvolvidas nas cidades, sobretudo nas grandes metrópoles, que crescem intensa e desordenadamente, prescindindo na grande maioria das vezes de um planejamento eficaz. Desta maneira, fatalmente as áreas urbanas apresentarão um clima diferenciado daquele encontrado no campo que a circunda.

Quatro categorias climáticas estão classificadas segundo a ordem de grandeza nos espaços urbanos:

Em primeiro lugar, o clima regional que determina as condições climáticas gerais. Em segundo lugar, o mesoclima, composto pelos diferentes topoclimas. Em terceiro lugar, os topoclimas que são determinados, principalmente pela predominância de utilização das áreas, e influenciados pelo mesoclima. Por último, a menor escala, os diferentes microclimas que refletem a influência dos elementos urbanos individuais e compõem o topoclima (SOUZA, 2010, p. 47).

Souza (2010) inclui entre estas categorias o clima regional, além do mesoclima, topoclima e microclima. Tal divisão vertical da atmosfera se encontra ilustrada na Figura 5.

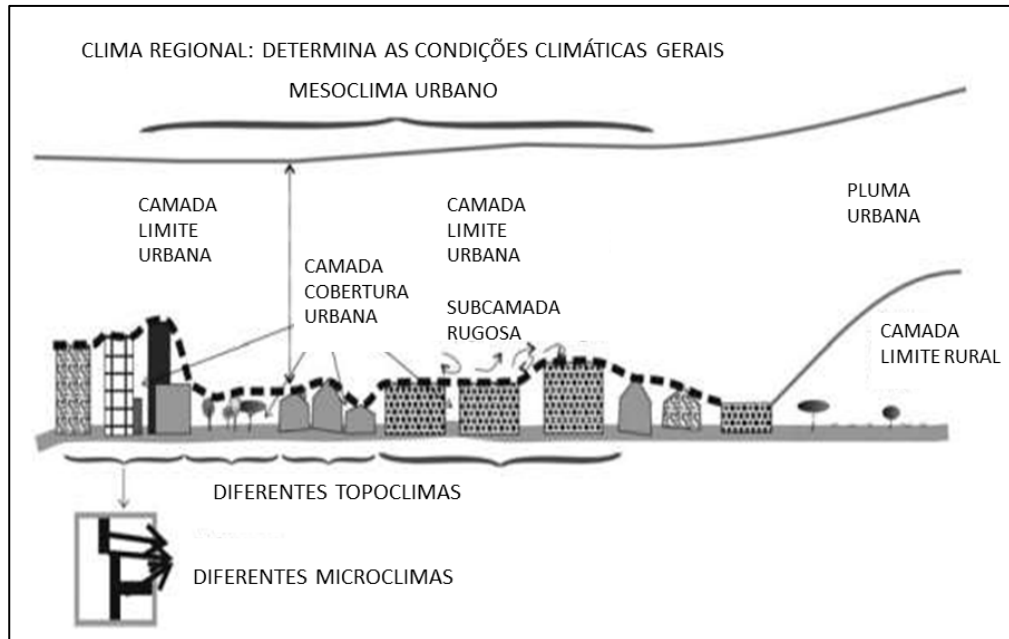


Figura 5: A atmosfera sob a influência do meio urbano e sua divisão vertical (baseado em Andrade, 2005)

Sobre topoclimas, Alcoforado (2006) comenta que em se tratando de superfície e morfologia urbana estes se apresentam como áreas que possuem características físicas e climáticas homogêneas, sendo assim, cada topoclima possui um clima bem específico necessitando de planejamento e ações diferenciados no intuito de minimizar impactos negativos e/ou acentuar as características positivas do clima urbano.

Segundo Andrade (2005), não raro podemos encontrar na literatura relativa ao tema os termos Topoclíma e Clima local sendo empregada de forma sinônima.

Segundo Monteiro (1976), a esse sistema que engloba o clima de um determinado espaço terrestre e a ação modificadora do homem (urbanização) sobre este se dá o nome de Clima urbano.

Alterações atribuídas ao homem tais como a modificação das propriedades físicas e químicas, processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos e de troca de massa que ocorrem na camada limite atmosférica, acredita Chandler (1976), têm como inferência o surgimento de um tipo climático local e distinto, com propriedades meteorológicas do ar peculiares acima das áreas urbanas por ele também denominado Clima urbano.

Segundo Carvalho (2006), o clima urbano resulta do processo de transformação, decorrente da urbanização, do ambiente natural, que, deste modo, é capaz de produzir alterações nas características originais do clima de um determinado lugar.

Embora o clima seja extremamente dependente de recursos naturais, um clima diferente é produzido pelo ambiente construído em zonas urbanas, chamado de Clima urbano. O Clima urbano também inclui a mudança na composição natural do ar através das influências antrópicas (poluição do ar e aerossóis).

Cada aspecto da estrutura urbana tem uma influência no comportamento dos elementos climáticos e, neste sentido, o clima urbano é considerado por muitos pesquisadores como um sistema complexo. De uma maneira geral, o clima urbano é decorrente do tamanho da cidade, da topografia, da forma urbana e da proporção entre espaços abertos e assentamentos urbanos.

Postos os conceitos relativos ao clima e suas categorias, bem como a sua influência no meio urbano, o presente trabalho delimita o sua abrangência ao topoclima, especificamente da cidade de João Pessoa-PB, que apresenta os seguintes topoclimas segundo Souza (2010):

Topoclíma de corpos d'água – Este tipo de topoclíma apresenta alta umidade do ar e desobstrução do vento. Com dias e anos pouco típicos, atua exercendo sobre o entorno uma influência térmica equilibrada;

Topoclíma de campo aberto – Caracterizado por vastos pastos e campos de cultivo, assim como áreas livres e bosques esparsos, apresenta extremos anuais e diários de temperatura e umidade e uma produção noturna significativa de ar quente e frio;

Topoclíma de florestas – Caracteristicamente possui dias e anos abafados pela temperatura e umidade. No período diurno ocorrem temperaturas relativamente baixas, com teor de umidade elevado. À noite, apresenta temperatura relativamente amena;

Topoclíma de áreas verdes – Geralmente configurado por áreas verdes de parques, promovem o equilíbrio da temperatura e umidade diárias além da produção de ar frio e seco no entorno da área urbana, que normalmente, se encontra mais aquecida;

Topoclíma de cidade jardim – Ocorre em áreas adensadas com edificações espaçadas, com altura de dois a três pavimentos e áreas verdes de proporções razoáveis. Tem os elementos climáticos sutilmente modificados e corre um arrefecimento expressivo durante a noite, e a redução dos ventos regionais quase não acontece.

Topoclíma de cidade – Configura-se pela presença de edificações mais altas, fechadas, e porções mínimas de áreas verdes e/ou edifícios livres. Apresenta aquecimento considerável durante o dia e pouco resfriamento noturno. Apresenta normalmente trocas de ar limitadas e conseqüentemente uma carga de poluentes mais elevada, pois a densidade construtiva é capaz de influenciar o sistema de ventos regionais;

Topoclíma de núcleo de cidade – Com a presença ainda mais acentuada de edifícios altos e concentrados e áreas verdes praticamente inexistentes, é comum apresentar formações de ilhas de calor. Observam-se nas calhas de ruas, turbilhões do tipo rajada, concentrações altas de poluentes e poluição sonora;

Topoclíma de comércio – Corresponde, sobretudo, a um topoclíma característico de construções adensadas, onde ocorrem normalmente ilhas de calor, perturbações eólicas, umidade baixa e alta emissão de poluentes. Durante a noite é bem comum as calhas de ruas permanecerem fortemente aquecidas enquanto os tetos das edificações apresentam resfriamento mais significativo;

Topoclíma de indústria – Áreas de tráfego e emissões muito mais expressivas, sofre um forte aquecimento diurno, apresentando à noite uma clara ilha de calor. Os grandes maciços construtivos e o forte aquecimento junto ao solo são capazes de alterar fortemente o campo de vento.

## 3.2 ATMOSFERA

Por definição, esta é uma camada composta por gases que funciona como uma membrana de proteção em torno da terra, evitando a incidência direta dos raios solares sobre o planeta. O nitrogênio é o gás mais presente em termos percentuais na sua constituição, entretanto outros como o oxigênio, o argônio e o dióxido de carbono se fazem também significativamente presentes.



Em função da temperatura, a atmosfera encontra-se subdividida em cinco camadas assim descritas:

**Troposfera** – É a camada mais próxima a terra, com altura média de 10 a 12 Km. Nos trópicos esta camada chega aos 16 Km de espessura, diminuindo a menos de 9 Km nas regiões próximas aos polos. Dentro desta camada, acontecem a grande maioria dos fenômenos climáticos.

**Estratosfera** – É a camada subsequente à troposfera. Possui temperatura quase constante até os 20 km, a partir de onde se eleva à medida que se aproxima o seu limite de aproximadamente 45 a 50 km. Nesta altura concentra-se o ozônio, responsável pela absorção da radiação ultravioleta proveniente do sol, assegurando as condições de sobrevivência na superfície do planeta.

**Mesosfera** – Segue-se à estratosfera, o seu limite superior encontra-se situado entre 80 e 85 km, onde as temperaturas são mais baixas.

**Termosfera** – Logo acima da mesosfera, esta camada, onde a temperatura mais uma vez se eleva, funde-se de maneira gradual com o *espaço* no decorrer de milhares de quilômetros. Esta camada não apresenta o seu limite superior de forma muito exata, entretanto, quando acima dos 500 km é por vezes denominada exosfera.

Esta subdivisão pode ser visualizada de maneira mais clara na Figura 6:

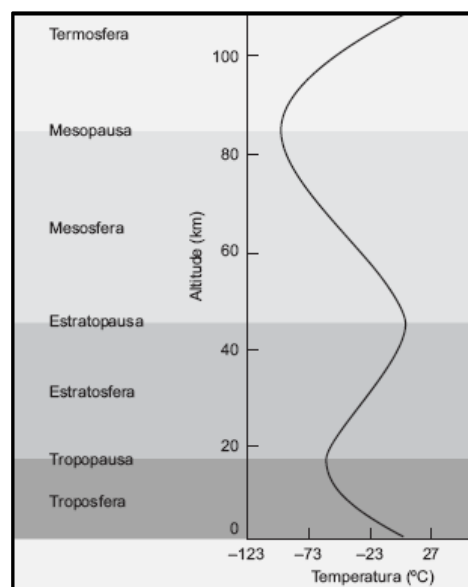


Figura 6: Subdivisão da atmosfera em função da temperatura

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

### 3.3 CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA

A circulação geral da atmosfera é responsável pela existência das grandes zonas climáticas. O complexo mecanismo desta circulação desenvolve-se através de circuitos ou módulos circunscritos a cada uma das zonas climáticas.

Em cada um dos hemisférios (Norte e Sul), estão presentes três módulos, onde dentro dos seus limites, o mecanismo da circulação atmosférica tende a se repetir ano após ano, atribuindo a cada uma das zonas climáticas as suas características peculiares. Esta circulação primária ocorre em nível de zonas latitudinais e determinam o padrão geral dos climas.

A presença dos módulos em cada um dos hemisférios anteriormente citados é proveniente do aquecimento diferenciado das zonas equatoriais e polares, devido à inclinação do eixo da terra em relação ao seu plano de órbita conjuntamente com os seus movimentos de rotação e translação, que expõem alternadamente os hemisférios aos raios solares durante o ano. Deste modo, as calotas polares estão sujeitas ao ar mais frio, enquanto que a faixa do equador a temperaturas do ar mais altas, configurando um padrão de circulação global assegurado pelos diferentes valores assumidos pelo ar em termos de massa específica, e pela tendência de equilíbrio de pressões entre as diferentes latitudes à superfície, como pode ser observado na Figura 7.

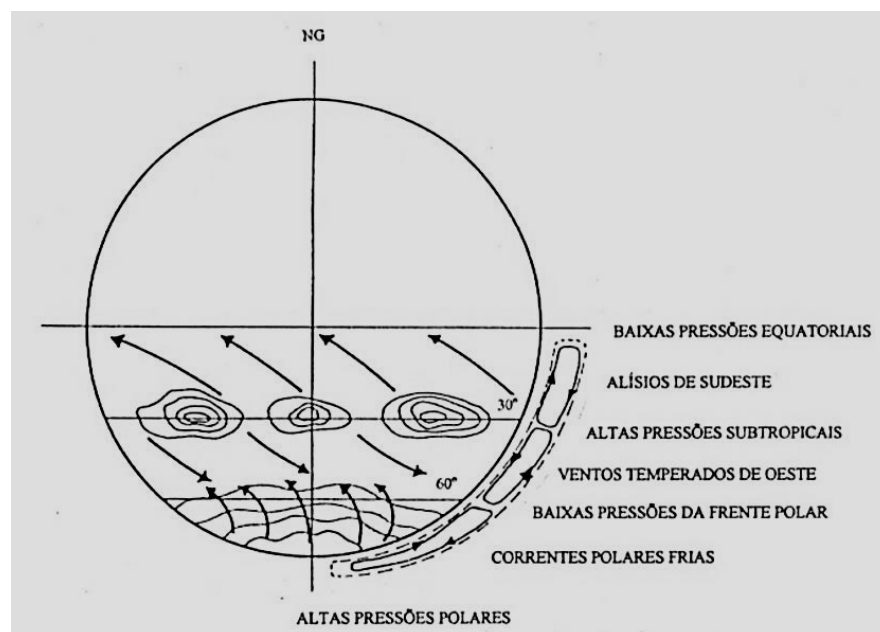


Figura 7: Modelo tricelular (Silva, 1999)

Obviamente esta representação simplifica um processo bastante complexo que envolve outros não menos abrangentes relacionados às trocas térmicas entre o sol e a terra (por radiação), da atmosfera e a sua própria radiação, das transferências de calor (por condução e convecção) e ainda das ações compressivas e expansivas das massas de ar.

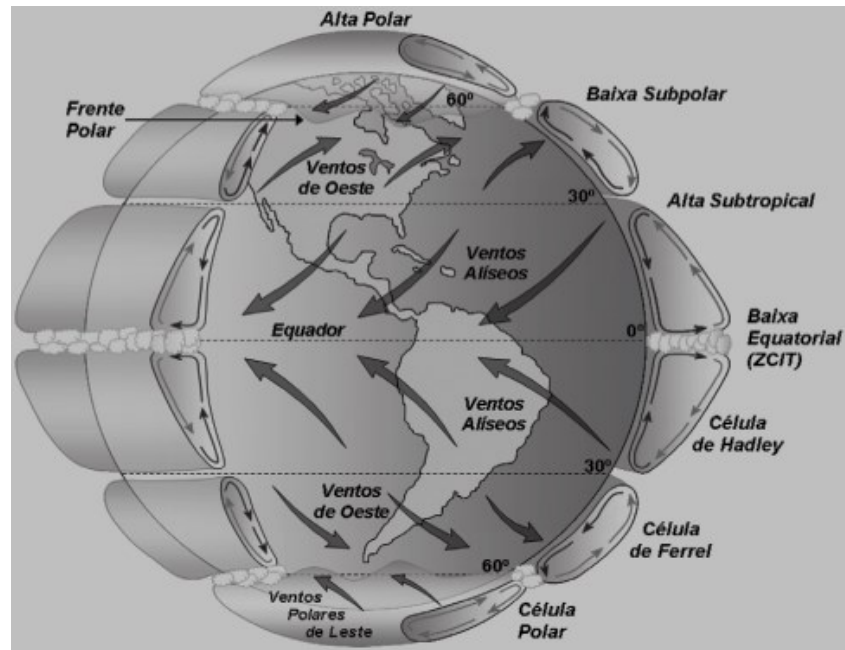


Figura 8: Modelo conceitual da circulação global (Baseado em Lutgens e Tarbuck, 1995).

Existem ainda outras circulações menos abrangentes (secundárias e terciárias) em relação às grandes zonas climáticas. Como exemplo de circulações secundárias estão os anticlones e os ventos *monçônicos*, que compreendem áreas menores e em uma escala ainda mais restrita. Representando as circulações terciárias, observam-se os ventos locais a exemplo do vento *minuano*, presente no Sul do Brasil.

Desta forma, é possível concluir que a circulação atmosférica geral estabelece os tipos de clima globais (polares, tropicais, temperados), ao passo que a secundária, agregada a nuances como relevo, vegetação e correntes marítimas, explicam, segundo Moreira (1998), as variações regionais ou os subtipos climáticos.

### 3.3.1 Massas de ar

Sene (1999) considera as massas de ar como sendo bolsões de ar de dimensões grandiosas, ventos de escala planetária, que devido às diferenças de pressão, se movimentam. A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

pela superfície terrestre guardando aspectos característicos de temperatura e umidade da sua região originária.

Davis & Cornwell (1998) partem do conceito de motor atmosférico, atribuindo-o ao processo que ocorre na atmosfera, de expansão e compressão contínua dos gases e a troca de calor entre eles, enfatizando que a energia que alimenta o referido processo é originária do sol. A maior parte da energia solar incidente sobre a terra (ondas eletromagnéticas) não é calorífica, transformando-se em calor apenas depois da sua absorção pela superfície terrestre, que tendo a sua crosta aquecida, devolve este calor em comprimento de ondas expressivamente maiores que os da radiação proveniente do sol.

Blair (1964) destaca que os complexos e variáveis processos de transportes das grandes massas de ar, que possibilitam a distribuição regional do vento sobre a terra no que respeita a sua direção, velocidade, constância e variabilidade interagem com outros fenômenos meteorológicos, centrando-se, sobretudo, na existente relação entre as diferenças de pressão e o próprio vento.

O deslocamento das massas de ar entre pontos distintos da terra ocorre devido às variações de temperatura do ar atmosférico que ocasionam diferenças de pressão, movimentando-as entre zonas de baixas e de altas temperaturas do globo terrestre.

De maneira simplificada, a circulação geral atmosférica se dá pelas diferenças de ingresso de calor entre o equador e os polos, enquanto o clima resulta da rotação terrestre aliada às diferentes conduções de calor da terra e dos oceanos.

Ratificando o exposto, Blessmann (1995) salienta que o desequilíbrio entre as pressões geram forças que promovem o deslocamento de porções do ar atmosférico de zonas de maior pressão até as zonas de menor pressão, e que, as variações locais na temperatura do ar, aquecido de forma diferenciada, tendem a ocasionar um deslocamento que ocorre perpendicularmente às linhas isobáricas.

Blessmann (1995) afirma ainda que ao serem afetados pela rotação da terra, estes deslocamentos das massas de ar resultam em dois efeitos principais. O primeiro, que se faz presente ainda que as massas de ar não possuam movimento, e tem relação com a aceleração centrífuga, podem ser desprezados. O outro, que deve ser considerado, se fará presente sempre que as massas de ar apresentarem movimento em relação à superfície terrestre e é

ocasionado pela aceleração de Coriolis, que gera a força de mesmo nome; esta, atuando de forma perpendicular à direção do movimento da partícula de ar, desvia o seu movimento para um observador posicionado na terra.

Sob este ponto de vista, temos que:

O vento circula desde as zonas de alta pressão rumo às de baixa pressão e a direção deveria ser normal às isóbaras. Contudo, a rotação terrestre modifica essa direção pela aparição das forças de Coriolis. O movimento resultante define os sistemas ciclônicos, em torno dos centros de baixa pressão, e os sistemas anticiclônicos, em torno dos centros de alta pressão. A direção de giro que adquire o vento nestes sistemas no hemisfério Norte é oposta à que adquire no hemisfério Sul, e enquanto que, em termos meteorológicos, os anticiclones estão associados ao bom tempo, os ciclones estão associados ao mau tempo (WITWER, 2006, p. 11).

Nas regiões de altas temperaturas (tropicais), o ar apresenta uma menor concentração de moléculas, conseqüentemente, menores peso e pressão por metro cúbico, sendo assim, estas são consideradas zonas de baixa pressão, capazes de atrair massas de ar (ciclônicas). Por sua vez, de maneira oposta, nas regiões de baixas temperaturas onde o ar concentra uma maior quantidade de moléculas a pressão do ar é maior, constituindo assim regiões de dispersão de massas de ar (anticiclônicas), ou zonas de alta pressão, a exemplo das regiões polares e subtropicais.

Blüthgen (1980), referindo-se ao vento afirma que o mesmo é tridimensionalmente estruturado, à semelhança do ambiente construído, portanto com componentes horizontais e verticais, o vento tem suas trajetórias diferenciadas tanto pelas dimensões e significado, quanto pelas suas causas e efeitos no que se refere à sua geração e ao seu fluxo. Entendido, não só aqui, mas amplamente como sendo massas de ar que escoam (velocidades) orientadas (direções) dos centros de altas (anticiclones) para os de baixas pressões (ciclones).

Os tipos existentes de massas de ar, bem como os seus subtipos, áreas de origem e características encontram-se agrupados no Quadro 2, de acordo com Monteiro (1976).

Quadro 2: Tipos e características das massas de ar

Tipo	Subtipo	Área de origem	Características originais
Polar (P)	Polar marítima (PM)	Oceanos (acima de 50° de latitude)	Fria, úmida e instável.
	Polar continental (PC)	Antártida e áreas continentais mais próximas do pólo norte	Fria, seca e estável.
Tropical (T)	Tropical marítima (TM)	Oceanos (proximidade dos trópicos)	Quente e úmida, estável na parte leste e instável a oeste do oceano.
	Tropical continental (TC)	Desertos tropicais	Quente, seca e estável.
Equatorial (E)	Equatorial marítima (EM)	Oceanos (próximo do equador)	Quente e úmida
	Equatorial continental (EC)	Continentes (idem)	Quente e geralmente úmida

Fonte: (Baseado em Monteiro, 1976)

### 3.3.2 Camada limite

Segundo afirma Moreira (2007), os estudos relacionados ao conceito de Camada Limite datam do século 19, onde Prandtl e Froude, nas suas pesquisas a respeito dos escoamentos hidrodinâmicos reconheceram a transição de escoamentos em situações de não deslizamento na parede, ou seja, junto à superfície.

De acordo com Fox et al. (1998), atribui-se a Froude o conceito de camada limite, quando o mesmo relacionou através de um parâmetro adimensional (dado pela velocidade do fluxo, gravidade e comprimento característico) as forças de inércia com as forças gravíticas terrestres.

Ainda relativamente aos estudos a respeito da Camada Limite temos:

Prandtl, em 1904, mostrou que para fluidos de pequena viscosidade, tais como água e ar, a viscosidade tem efeitos sensíveis apenas em uma camada muito fina sobre a superfície do corpo. Fora desta camada, a influência da viscosidade é pequena e perfeitamente desprezável, podendo o escoamento ser estudado como se o fluido fosse ideal, obtendo-se mesmo assim um alto grau de exatidão nos resultados (BLESSMANN, 2011, p. 69).

Esta fina camada próxima à superfície do corpo, que é influenciada pela viscosidade, foi denominada por Prandtl como Camada Limite.

Enveredando pelos conceitos básicos da física, é possível afirmar que a camada de fluido contígua a uma placa imersa em um escoamento permanente e uniforme de um fluido é influenciada pelo grau de viscosidade deste, e pelo acabamento da superfície da placa em questão.

Seguindo a mesma linha de raciocínio a respeito da camada limite, Blessmann (2011) comenta sobre os estudos considerando uma placa lisa e fina, biselada na borda de ataque, e ainda plana e paralela em relação ao fluxo, afirmando que a pressão ao longo de tal placa pode ser considerada constante. Distingue ainda três zonas características, descritas e denominadas a seguir, sendo possível visualizá-las na Figura 9 e na Figura 10:

Camada limite laminar – As linhas de corrente inclinam-se um pouco em relação à placa e mesmo que a superfície seja áspera e o fluxo a barlavento desta seja turbulento (aspereza e turbulência não exageradamente grandes), dentro desta camada o fluxo é laminar. É possível de qualquer maneira tornar esta camada turbulenta aplicando um fluxo fortemente perturbado a barlavento ou que a borda de ataque seja suficientemente áspera;

Zona de transição – A velocidade varia com o tempo em cada ponto. Esta variação, que se acentua para sotavento, transforma-se em turbulência e a espessura da camada limite aumenta vertiginosamente nesta região, que é expressivamente menor que as outras duas;

Camada limite turbulenta – As linhas de corrente apresentam menor inclinação em relação ao contorno da camada limite. O escoamento é turbulento e a espessura da camada aumenta mais. A camada é capaz de se prolongar de forma indefinida caso a pressão estática continue constante, e a superfície da placa não sofra qualquer alteração.

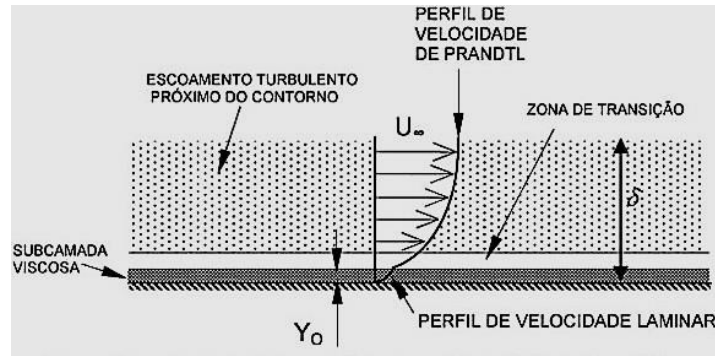


Figura 9: Subcamadas laminar, turbulenta e zona de ajuste entre os perfis de velocidade (Shames, 1973)

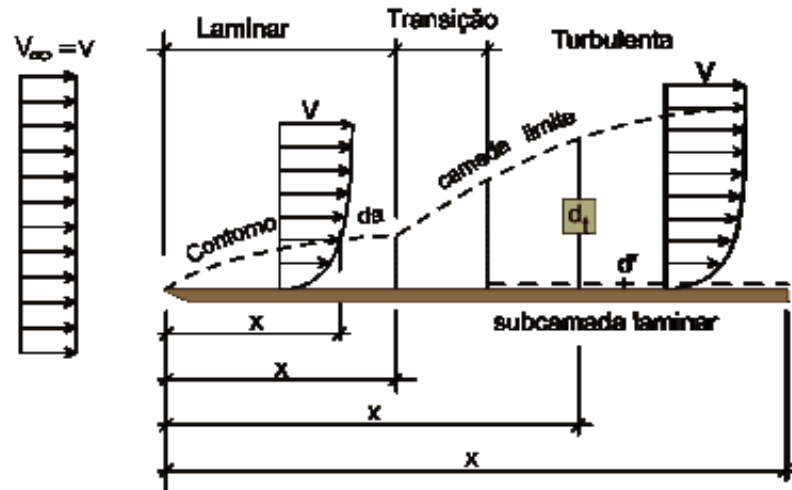


Figura 10: Camada limite (Blessmann, 2011)

### 3.3.3 Camada limite atmosférica

Como já foi dito anteriormente a terra encontra-se submetida à ação do sol, que ocasiona um aquecimento não uniforme da sua superfície. Este aquecimento por sua vez, provoca coeficientes diferenciados de pressão entre pontos à mesma cota de altura, resultando na formação dos ventos.

O vento apresenta comportamento diferenciado nos seus escoamentos. Fluxos e velocidades se modificam condicionados por uma fronteira conhecida como camada limite, gerada pelo efeito de uma força horizontal de retardo sobre o escoamento, exercida pela



superfície da terra. Esta camada limite atmosférica possui características inerentemente tridimensionais e turbulentas (escoamento perturbado), que se encontram condicionadas à rugosidade do terreno, condições atmosféricas e intensidade do vento, fazendo com que a mesma varie desde algumas poucas centenas de metros até, em certos casos, a alguns quilômetros de altura.

De acordo com Stull (1998), a camada limite atmosférica é a porção da troposfera que se encontra diretamente influenciada pela superfície da terra, respondendo aos forçantes superficiais, térmicos e ainda os mecânicos, com escalas de tempo de uma hora ou menos. Descreve ainda os forçantes presentes, sendo eles, arrasto por fricção, evaporação, transferência de calor, emissão de contaminantes e modificações ocorridas no escoamento, provenientes do próprio terreno. Sobre esta definição Wittwer (2006) observa que a sua exatidão pode ser questionada, pois em determinadas condições, a exemplo de quando a estratificação térmica apresenta grande estabilidade (intercâmbio turbulento muito fraco), a camada limite atmosférica define-se como camada de inversão superficial.

Socket (1994) define como Camada Limite Atmosférica (CLA), a camada da atmosfera onde o efeito do atrito deve ser considerado.

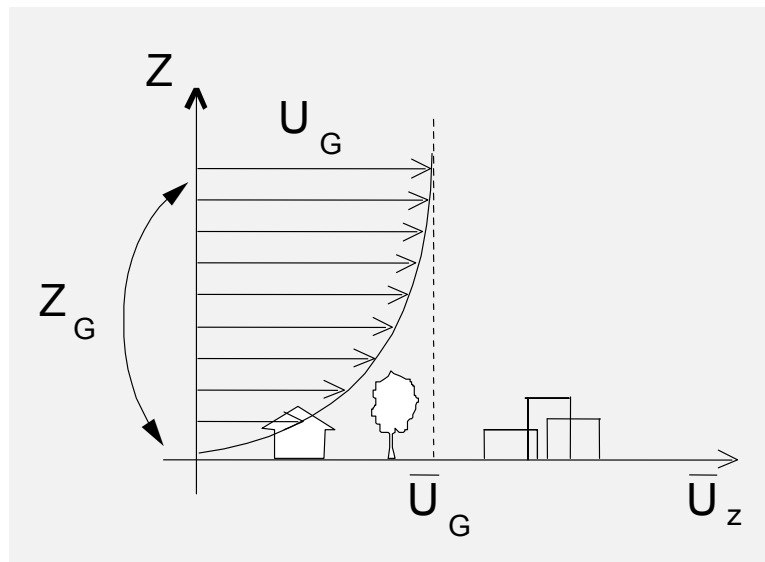


Figura 11: Camada limite atmosférica (Gandemer, 1976)

Outra definição, que não difere obviamente das anteriores a respeito da camada limite atmosférica é a seguinte:

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

A camada limite atmosférica (CLA) é a região da troposfera diretamente afetada pela presença da superfície da terra e responde a forçantes superficiais com escalas de tempo em torno de uma hora ou menos. Os forçantes incluem arrasto, evaporação, evapotranspiração, transferência de calor, emissão de poluentes e modificações do escoamento induzidas pela topografia. A espessura da CLA corresponde à chamada altura gradiente ( $Z_g$ ). Para ventos fortes, um valor típico de  $Z_g$  é 2.500 m, dependendo da rugosidade do terreno e do *fetch*, que é a distância a barlavento que o vento tem para “correr” sobre o terreno (LOREDO-SOUZA, SCHETINI e PALUCH, 2004).

No topo da camada limite atmosférica, desenvolve-se um tipo de escoamento não perturbado que independe das condições locais, também chamado vento geostrófico, cuja intensidade é proporcional ao gradiente de pressão local e a direção é tangente às isóbaras, apresentando características de uniformidade, regularidade e pouca turbulência.

A faixa conhecida como Camada Limite Atmosférica (CLA) estende-se desde a superfície terrestre ao nível do escoamento não perturbado, e é influenciada pela viscosidade do ar que impõe a condição de não escorregamento junto a quaisquer fronteiras sólidas onde a velocidade relativa do escoamento é nula, bem como um retardamento da camada de ar contígua à de velocidade nula. Tal retardamento propaga-se na direção perpendicular e em sentido contrário à fronteira sólida, num processo de troca de movimento entre as partículas do ar com velocidades diferentes até o escoamento assumir a velocidade do vento gradiente acima da CLA, onde o efeito das forças de atrito torna-se desprezível.

A altura da camada limite não é definida com exatidão na literatura consultada, entretanto a sua variação, descrita por diversos autores, permanece em uma faixa razoavelmente coerente.

A este respeito Isnard (2004) comenta que por sofrer a influência de fatores já descritos anteriormente, como a aceleração de Coriolis, os processos de troca de calor, a velocidade do vento e a rugosidade da superfície, a altura da camada limite atmosférica não é constante, variando relativamente ao tempo e à localização geográfica. Segundo o autor, esta camada pode variar desde 100 metros de altura à noite, até 1000 a 2000 metros de altura durante o dia, mas pode ainda ter as suas características modificadas por sistemas climáticos de larga escala, pois estes possuem padrões de ventos e nuvens que não se encontram associados ao ciclo diário de aquecimento ou às características locais de superfície.

Wittwer (2006) concorda que a camada limite atmosférica é variável, entretanto, prefere afirmar que esta geralmente é menor que 1000 metros de altura. Complementando assim esta afirmação:

Em geral, a camada limite é mais fina nas zonas de alta pressão. Em regiões de baixa pressão, os deslocamentos de ar desde a superfície para cima chegam a grandes altitudes, o que dificulta a determinação do ponto superior da camada limite [...] em condições de atmosfera instável e convectiva, normalmente a camada limite estende-se até a base da inversão mais baixa, que pode ser detectada facilmente através da medição de perfis de temperatura e umidade (WITTEWER, 2006, pg. 12).

De acordo com Incropera e Dewitt (2003), é possível definir a espessura da camada limite atmosférica como a altura imediatamente acima da superfície da terra onde a velocidade alcança 99% da velocidade do escoamento não perturbado.

De acordo com Garrat (1994), a camada limite atmosférica, quando em condições de estratificação neutra apresenta duas camadas, denominada respectivamente como camada de superfície, ou interna; e a camada de Ekman, ou externa. Desta maneira, estas seriam as divisões e subdivisões da camada limite atmosférica:

Camada de superfície – Nesta o fluxo de ar depende das características da superfície. Entre esta camada e a externa existe uma transição onde as características se misturam. Existe ainda uma subdivisão desta camada em subcamada rugosa e subcamada de inércia;

Subcamada rugosa – é a camada logo acima da superfície onde se localizam os elementos de rugosidade. Estes elementos originam vórtices e turbilhões à sua volta, cuja formação depende da forma, densidade e flexibilidade dos elementos;

Subcamada de inércia – em condições de estabilidade neutra apresenta um perfil de vento logarítmico, sendo esta a sua principal característica segundo Garrat (1994).

Camada externa ou de Ekman – esta é diretamente influenciada pelo ciclo diário de aquecimento e resfriamento da superfície, da rugosidade e das nuvens encontradas na atmosfera.

Complementando as informações sobre a camada superficial e as suas subcamadas, que alguns autores denominam e quantificam diferentemente temos:

Dentro desta camada, pode-se identificar uma fina subcamada, chamada subcamada interfacial ou microcamada, onde o transporte molecular domina frente ao transporte turbulento. A espessura desta subcamada é chamada de “deslocamento do plano-zero” e notado por  $Z_d$  (LOREDO-SOUZA, SCHETINI e PALUCH, 2004).

A transferência da quantidade de movimento na camada limite atmosférica provém, principalmente, das tensões aparentes de Reynolds e é o comportamento destas tensões que definem as duas camadas (de superfície e externa). Na camada superficial os escoamentos e as tensões variam menos que 10% do seu valor médio, e externa, as tensões de Reynolds diminuem com a altitude até quase se anularem na região da altura gradiente.

Segundo Wittwer (2006) grande parte dos estudos referentes à camada superficial não considera a camada rugosa (ou subcamada rugosa), onde o escoamento médio não é homogêneo, pois se encontra afetado pelos elementos individuais de rugosidade.

Em se tratando de áreas urbanas, a camada limite atmosférica não demonstra qualquer divergência conceitual, entretanto, o fluxo de ar que chega à cidade vindo do campo ou do mar, vai encontrar condições de fronteira diferentes em decorrência da presença de elementos complexos que causarão modificações aerodinâmicas, radiativas e termo higrométricas.

Sendo assim, nos aglomerados urbanos distingue-se uma primeira camada denominada atmosfera urbana superior (*Urban Boundary Layer*), na qual os fenômenos atmosféricos ocorrentes são de natureza local/regional, sendo caracterizada pela superfície; e outra, chamada atmosfera urbana inferior (*Urban Canopy Layer*) onde os processos atmosféricos se relacionam numa escala menor, ao nível das ruas e dos espaços entre as edificações, localizando-se então abaixo da altura do topo dos edifícios como pode ser observado na Figura 12.

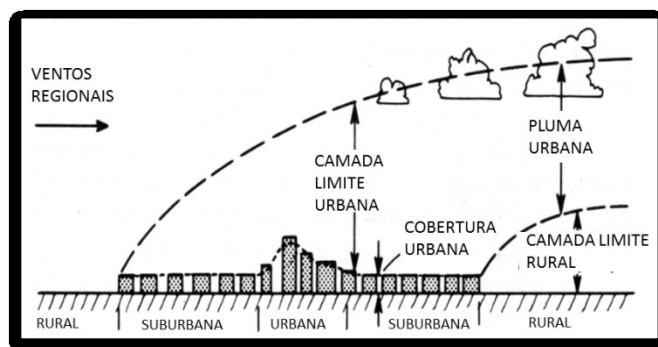


Figura 12: Representação esquemática da atmosfera urbana (Baseado em Oke, 1978)

### 3.3.4 Ventos e suas escalas de estudo

Moreira (1998) considera que, os ventos sempre sopram das áreas de alta pressão (baixas temperaturas) para as de baixa pressão (altas temperaturas). Vale ressaltar que o movimento de rotação da terra ocasiona uma força desviadora (força de Coriolis), que em seu efeito defletor provoca uma deriva na direção do vento. Na inexistência desta força, os ventos ocorreriam sempre na direção da trajetória Norte – Equador ou Sul – Equador, como pressupõe a lei da gravidade, contudo a ação da força de Coriolis provoca nos ventos redirecionamentos para a direita e para a esquerda nos hemisférios Norte e Sul respectivamente.

Genericamente admite-se a existência de três tipos de correntes atmosféricas (ventos). São elas:

Ventos Alísios – mais fracos, ocorrem entre as latitudes  $30^{\circ}\text{N}$  e  $30^{\circ}\text{S}$ ;

Ventos Oestes – mais rápidos, ocorrem entre  $30^{\circ}$  e  $60^{\circ}$  tanto para as latitudes Norte quanto para Sul;

Ventos Polares – estes são ventos tempestuosos, e ocorrem das latitudes de  $60^{\circ}$  até os polos.

No Brasil ocorrem predominantemente os ventos Alísios provenientes de sudeste, como é possível verificar na Figura 13, que traz uma representação da distribuição dos ventos predominantes na superfície terrestre.



Figura 13: Distribuição dos ventos na superfície terrestre (Melaragno, 1982)

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

Os ventos, além de estudados em escala global na atmosfera, também o são em escalas de menores dimensões, tendo os seus próprios domínios. Três destas escalas de estudo são objeto de proposta no trabalho de Gandemer e Guyot (1976), e são descritas da seguinte forma:

Escala nacional: Mapeamento nacional com o módulo e direção dos ventos;

Escala regional: Mapeamento da região que pode ser estabelecido com base em dados de estações meteorológicas distintas;

Escala urbana: Identificação dos efeitos aerodinâmicos; modificações dos parâmetros de direção e velocidade do vento coletado em estações meteorológicas mais próximas, observando-se para tanto características da forma de densificação do solo e sua altura média, bem como dos efeitos produzidos pela paisagem natural; detecção de correntes e turbulências entre outras características específicas do local.

A distância entre as estações meteorológicas e as áreas urbanas específicas geram algumas dificuldades para os pesquisadores, mesmo consideradas as possibilidades de tratamento dos dados meteorológicos de estações mais próximas. Em alguns casos, a escala de força dos ventos desenvolvida por Beaufort em 1806, a partir de observações visuais, pode ser utilizada como parâmetro de avaliação de um dado vento quando da inexistência de dados meteorológicos do local, através de levantamentos em campo, como visto na Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros de avaliação velocidade do vento x fenômenos observados

Escala de Beaufort	Velocidade dos ventos		Fenômenos observados
	m/s	Km/h	
0	0/0,2	0/0,7	A fumaça sobe de forma vertical;
1	0,3/1,5	1,1/5,4	O vento faz a fumaça se inclinar, mas ainda não consegue girar o cata-vento;
2	1,6/3,3	5,7/11,9	O ser humano percebe o vento no rosto, as folhas das árvores e o cata-vento começam a mexer;
3	3,4/5,4	12,2/19,4	As folhas e os pequenos ramos das árvores se mexem de forma contínua e o vento faz as bandeiras se mexerem;
4	5,5/7,9	19,8/28,4	O vento tira a poeira do chão e levanta as folhas de papel;

5	8,0/10,7	28,8/38,5	As pequenas árvores começam a se mexer e começa a formar espuma nas ondinhas dos lagos;
6	10,8/13,8	38,8/49,7	Os fios elétricos começam a se mexer e fica muito difícil usar um guarda-chuva;
7	13,9/17,1	50,0/61,5	As árvores ficam completamente agitadas e fica muito difícil andar de frente para o vento;
8	17,2/20,7	61,9/74,5	Os pequenos ramos das árvores se quebram e não se pode andar normalmente sem um esforço terrível, de frente para o vento;
9	20,8/24,4	74,8/87,8	As telhas dos telhados começam a ser arrancadas, bem como outros pequenos danos em relação à casa;
10	24,5/28,4	88,2/102,2	Normalmente só acontece no mar. Quando ocorre na terra, pode arrancar árvores pela raiz.

Fonte: (Gandemer e Guyot, 1976)

#### 3.3.4.1 Escala nacional

A circulação atmosférica no Brasil está integrada a uma dinâmica típica das áreas tropicais, predominando o clima quente e úmido. Moreira (2001) afirma que os climas no Brasil, são controlados, sobretudo pelo sistema dos alísios, que dão origem as massas de ar equatoriais e tropicais, devido ao fato do país se encontrar na zona intertropical.

Do centro de altas pressões do Atlântico Norte, sediado nos Açores, diverge os alísios de nordeste, que tomam a direção leste na altura do Equador. Os ventos deste redemoinho boreal atingem a costa setentrional brasileira durante todo o ano, embora a isóbara mantenha-se sempre ao largo. Os alísios boreais fazem percurso mais longo até o Brasil do que os austrais e, aqui chegando, resolvem-se em zonas de calmaria ou definem setores de descontinuidade.

No Brasil há incidência dos ventos SE-L-NE-NO no litoral. No inverno a região sul está no anticiclone e os alísios austrais varrem todo o país ao sul do vale do Amazonas. A costa oriental dos estados meridionais está sob a corrente de perturbações da frente polar austral, enquanto no vale Amazônico há a influência dos *doldrums* (calmarias) da massa equatorial continental.

Com a isóbara central de 1008 mb e temperaturas de 26 a 30 ° C (em janeiro), ocorre a monção chuvosa de verão-outono que conduz até o Paraguai os alísios boreais, sob a forma de uma longa massa de ar dorsal do anticiclone dos Açores. Além da relativa penetração dos alísios de NE-L na bacia, há uma corrente NO aspirada desde a Hileia do alto Amazonas.

#### 3.3.4.2 Escala regional

Na região nordeste do Brasil, de acordo com Moreira (2001), as encostas do planalto da Borborema induzem a ocorrência no litoral de chuvas típicas de áreas de maior altitude e por consequência de temperaturas mais baixas (chuvas orográficas).

No Sertão por sua vez, pela sua localização geográfica, dá-se o encontro de quatro sistemas atmosféricos provenientes das massas de ar equatorial continental, tropical atlântica, equatorial atlântica e polar atlântica. A influência da massa equatorial continental no verão leva às pequenas quantidades de chuvas que ocorrem no local, visto que a massa equatorial continental vai se tornando menos úmida que em seu centro de origem, a Amazônia ocidental. No inverno ocorre a influência da massa tropical atlântica, dos alísios oriundos desta e, por vezes, a penetração da frente fria. Contudo estas correntes de ar já chegam secas nesta região, pois perderam sua umidade com as chuvas que ocasionaram nas áreas litorâneas e nas chapadas.

#### 3.3.4.3 Escala urbana

Diversos fatores relativos à formação dos ventos foram anteriormente comentados neste trabalho; é certo que todos eles influenciam a formação e comportamento das massas de ar, entretanto, no estudo dos ventos na escala urbana existem condições específicas capazes de modificar o comportamento dos escoamentos, que obedecem aos princípios que regem o movimento dos ventos, quais sejam:

A rugosidade das superfícies, que através da fricção, modificam a velocidade do fluido (ar);

A tendência do ar em continuar a se mover na sua direção inicial (antes de encontrar o obstáculo);

O ar tende a se deslocar das zonas de maior pressão para as de menor pressão;

Apesar do movimento do ar ser do tipo laminar, os prismas das edificações ocasionarão fluxos turbilhonares.



De acordo com Matsumoto (2008) o principal aspecto da análise da ventilação natural em escala urbana é a observação dos efeitos aerodinâmicos decorrentes do contato entre os escoamentos e a rugosidade superficial, já que só após a identificação destes efeitos se faz possível estudar as alterações que ocorrem no entorno do edifício estudado.

Ainda sobre este aspecto Lawson (1980) considera que é primordial a observação dos efeitos ocasionados por mudanças efetivas processadas no entorno que serão capazes de atuar sobre o edifício já construído ou ainda em projeto.

### 3.4 OS PERFIS DO VENTO NAS FORMAÇÕES URBANAS

As superfícies a serem ultrapassadas pelo escoamento geram diferenças nos perfis típicos para as condições de neutralidade atmosférica. Como é sabido, o vento incidente na superfície passa a ser influenciado pelo relevo, as massas de água, massas de vegetação mais densa, características tipológicas do terreno e ainda da rugosidade atribuída aos aglomerados de edifícios.

De acordo com Prata (2005) é possível perceber diferenças para o topo da camada limite (altura acima da qual a velocidade média do vento se mantém constante) entre áreas abertas e planas, e as das zonas rurais. Sendo a altura da primeira inferior devido à rugosidade um pouco maior da segunda.

O fato de existir uma relação entre a rugosidade das superfícies e a espessura da camada limite nos leva a compreender que nos aglomerados urbanos, pela existência de uma rugosidade bem mais acentuada do que nos campos abertos ou nas áreas rurais, as forças de atrito decorrentes destes adensamentos construtivos só passarão a ser desprezíveis à uma altura bem mais elevada, à exemplo do que apresenta a Figura 14.

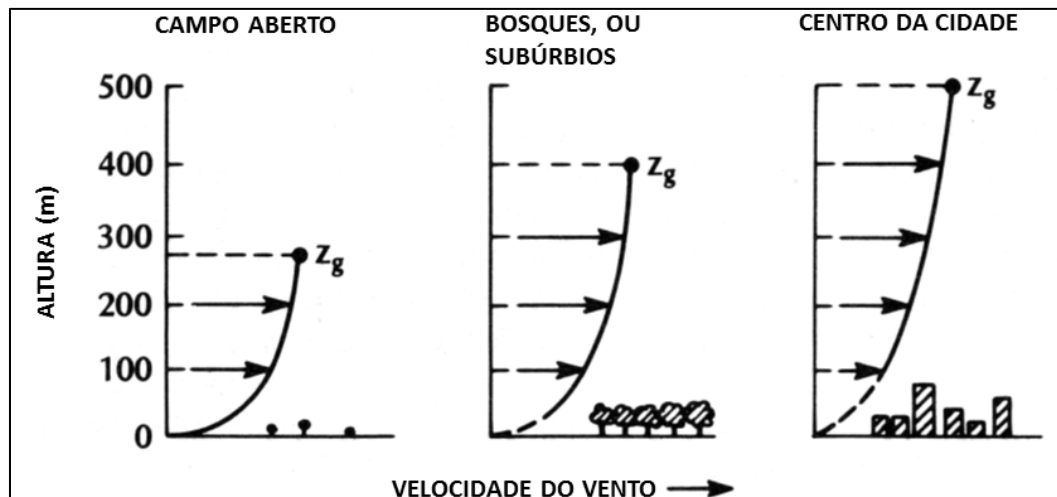


Figura 14: perfis típicos de vento sobre diferentes superfícies (Oke, 1978)

O exposto baseia-se nos conceitos anteriormente mencionados, a respeito de camada limite e camada limite atmosférica, onde se considera a altura gradiente como sendo a altura onde o vento atinge a velocidade gradiente, ou seja, a partir desta altura o atrito com a superfície terrestre já não interfere na velocidade do vento. Para Blessmann (1995) a altura na qual a velocidade do vento alcança a velocidade gradiente está situada comumente entre 250 e 600 metros de altura em relação à superfície terrestre. A esta de medida de altura, ele chama altura gradiente, e considera que em alguns casos esta possa variar, chegando a alturas bem maiores.

### 3.4.1 Classes de rugosidade

A presença de uma quantidade considerável de obstáculos sejam eles naturais ou artificiais, que se interpõem aos escoamentos, causando um processo de frenagem devido às forças de arrasto é denominada rugosidade superficial (rugosidade da superfície terrestre).

As forças de arrasto (forças na direção do vento) além de provenientes do atrito direto contra a superfície são também e, sobretudo, afetadas pelas forças que decorrem da troca de quantidade de movimento devido à turbulência, entre as camadas de ar horizontais, e têm os seus efeitos percebidos numa altura bem superior à dos obstáculos que as ocasionam. Sobre esta troca que ocorrem da quantidade de movimento, seguem as seguintes observações:

Matematicamente, as tensões correspondentes a este intercâmbio de quantidade de movimento são designadas por tensões (aparentes ou virtuais) de Reynolds, [...] Quanto mais rugosa a superfície terrestre, maiores a intensidade da turbulência, as

tensões de Reynolds, a altura da camada limite atmosférica (altura gradiente) e a frenagem do vento próximo à superfície terrestre (BLESSMANN, 1995).

Um dos atributos aerodinâmicos representativos da rugosidade é o dito comprimento característico da rugosidade  $Z_0$ ; este equivale à altura em relação ao solo onde a velocidade do vento se iguala a zero, caso o seu perfil vertical apresente uma variação logarítmica com a altitude. O parâmetro  $Z_0$  se relaciona de maneira direta com a altura dos obstáculos (rugosidade superficial), correspondendo a uma pequena fração desta altura e constitui-se em uma referência para o grau de rugosidade superficial.

Nas áreas urbanas a determinação dos parâmetros de rugosidade não constitui tarefa das mais fáceis, já que os tecidos urbanos normalmente apresentam um alto grau de heterogeneidade, dificultando de maneira significativa a determinação de valores para  $Z_0$ .

De acordo com Prata (2005), a diversidade complexa das volumetrias e padrões de adensamento urbanos induz ao uso de valores preestabelecidos e testados de rugosidades, verificados em vários padrões urbanos estudados por diversos pesquisadores, verificados os parâmetros aerodinâmicos que descrevem a rugosidade.

As rugosidades, assim como os coeficientes de atrito, são específicas para cada tipo de terreno. Nos terrenos de relevos reduzidos, o atrito impõe a ocorrência de velocidades médias reduzidas próximas ao solo, entretanto, esta cresce até a cota  $Z_g$  (fronteira da CLA), a partir de onde passa a ser constante (velocidade gradiente), e igual à  $U_g$ , independente do local. apresentam a rugosidade em cinco classes.

Gandemer e Guyot (1981) coadunam com o que diz a ABNT, na sua NBR-6123/88, classificando a rugosidade da superfície terrestre em cinco categorias assim detalhadas:

CATEGORIA I – Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente (a barlavento);

CAEGORIA II – Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0 m;

CATEGORIA III – Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0 m;

CATEGORIA IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m. Esta também inclui zonas com obstáculos maiores e que ainda não possam ser consideradas na categoria V;

CATEGORIA V – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25 m.

Os valores numéricos correspondentes a estas classes propostas por Gandemer e Guyot estão apresentados na Tabela 8. Saliente-se que tais valores não são consensuais, e outros pesquisadores apresentam valores e classificações relativamente divergentes.

Tabela 8: Valores de  $k$  e  $Z_0$  para as classes de rugosidade

Classe de rugosidade	I	II	III	IV	V
$Z_0$ (parâmetro de rugosidade em m)	0,005	0,07	0,03	1	2,5
$k$ (coeficiente em função da rugosidade)	0,166	0,202	0,234	0,266	0,292

Fonte: (Baseado em Gandemer e Guyot, 1981)

Primando pelos aspectos da segurança, na engenharia estrutural utilizam-se valores mais baixos de  $Z_0$ , que de forma usual é determinado pelo ajuste do perfil de velocidades médias ao perfil teórico logarítmico proveniente da lei de Prandtl.

Admite-se que a lei de Prandtl, até uma altura de aproximadamente 100 m, pode ser aplicada com acurácia, e mesmo para altura superiores (poucas centenas de metros) tem a sua validade comprovada por medições realizadas em situações de ventos fortes em estabilidade neutra. Tal lei tem como base tensões deslizantes constantes e comprimento de mistura proporcional à altura sobre o terreno.

A Figura 15 apresenta valores de rugosidade e coeficiente de atrito característico para alguns tipos de superfícies.

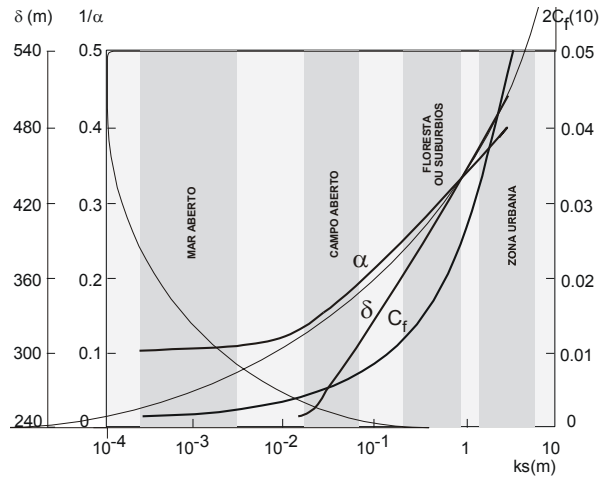


Figura 15: Rugosidade e coeficiente de atrito para diversos tipos de terreno (Saraiva, 1983)

### 3.4.2 Efeitos aerodinâmicos

É possível afirmar que quase todas as estruturas erigidas pelo homem para o seu usufruto encontram-se dentro da CLA, cujos valores típicos para a sua espessura atingem, aproximadamente 350 m, no caso de superfícies lisas, e em torno dos 1000 metros em áreas significativamente adensadas com gabaritos altos. Esta configuração tridimensional (rugosidade) influencia não apenas o desenvolvimento dos perfis de velocidade da CLA, mas também a sua espessura, que varia de maneira bastante expressiva conforme o tipo de adensamento superficial encontrado como obstáculo aos escoamentos Figura 16.

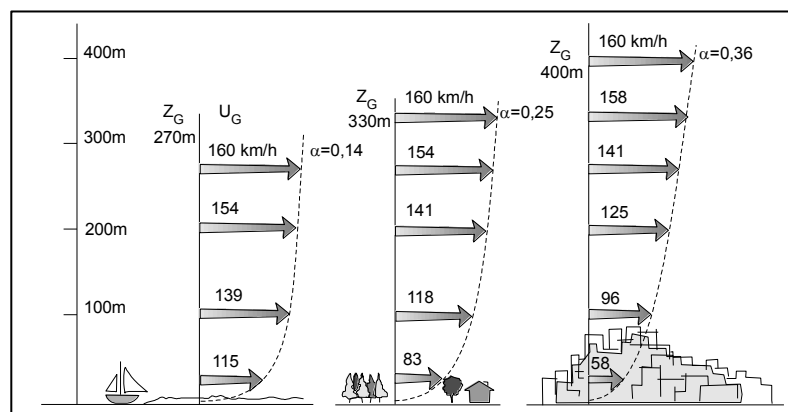


Figura 16: Perfis de velocidade de camada limite atmosférica (Gandemer, 1976)

O campo do escoamento do vento atmosférico em torno de um edifício é determinado pelas características do vento imediatamente a barlavento, pela direção que se apresenta e A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

pelas características geométricas do próprio edifício (PRATA, 2005). Os estudos a este respeito vêm se desenvolvendo ao longo dos anos, e os escoamentos em torno de um obstáculo e a sua representação já eram observados desde os tempos de Leonardo da Vinci que assim os representou, como visto na Figura 17.

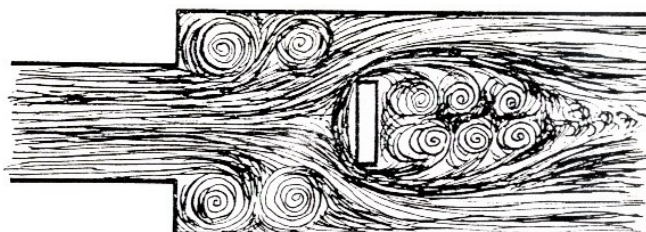


Figura 17: Representação gráfica de um escoamento em torno de um obstáculo (Leonardo da Vinci apud Aynsley, Melbourne e Vickery, 1977)

Os efeitos aerodinâmicos decorrentes dos corpos prismáticos das edificações inseridas no espaço urbano impõem condições aos deslocamentos do vento no seu interior. Certamente este trabalho não tem a pretensão de pormenorizar os complexos efeitos físicos estudados pela mecânica dos fluidos sobre o escoamento em torno de corpos prismáticos, exaustivamente discutidos por diversos autores em bibliografia específica, a exemplo de Blevins (1984), Evans (1957) e Saraiva (1983), que observam que ao nível do solo as formas, dimensões e arranjo dos edifícios definem zonas de pressões (positiva e negativa) em volta e sobre suas superfícies, que resultam em acelerações quando da sua interseção.

Ao nível do solo, os escoamentos são estabelecidos pela complexa interação entre vento e meio construído, cujas formas, dimensões e justaposições definem as zonas de pressões positiva e negativa, em torno e sobre as superfícies dos obstáculos, na interseção das quais surgem acelerações. Assim, e de modo simplificado, o campo de escoamento do vento em torno de uma edificação com volumetria prismática em que o vento incidente é, aproximadamente, perpendicular à sua fachada maior, pode ser esquematizado, como se observa na Figura 18.

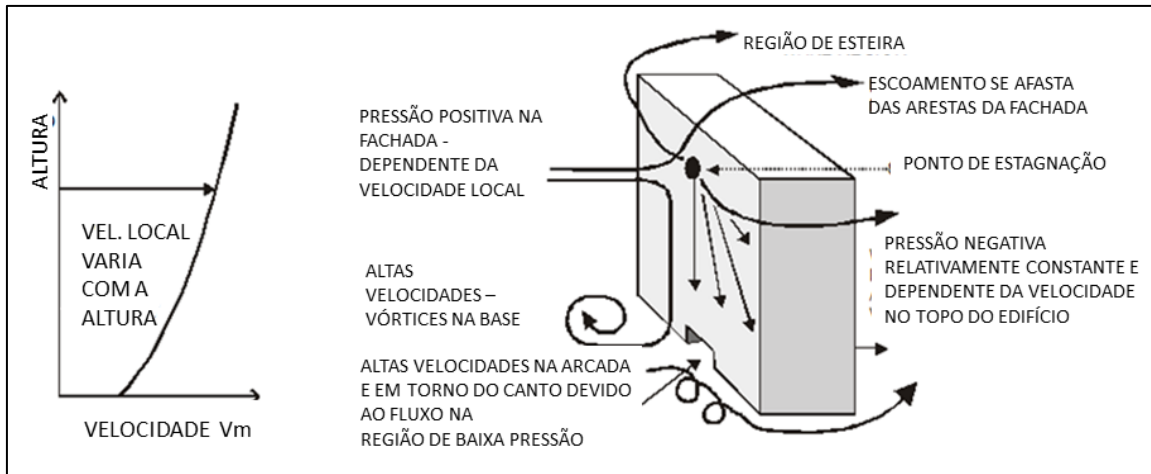


Figura 18: Escoamento em torno de uma forma prismática ( Baseado em Blevins, 1984)

Em estudos baseados em ensaios de simulação das características estáticas e dinâmicas do vento natural, considerando distintos modelos urbanísticos realizados na França, por Gandemer e Guyot (1976), é possível observar o comportamento dos escoamentos frente a alguns tipos de obstáculos, particularizando certos efeitos relacionados aos parâmetros tridimensionais de determinados edifícios. Seguem as ilustrações apresentadas por Mascaró (1991), dos principais dos escoamentos sobre os tipos de edifícios, que têm como propósito possibilitar a sua identificação e complexidade.

Efeito pilotis: acontece sob o edifício, através das aberturas (passagens) que interligam zonas de pressão positiva às de pressão negativa. O efeito só acontece quando a altura do edifício é maior que 15 metros (Figura 19);

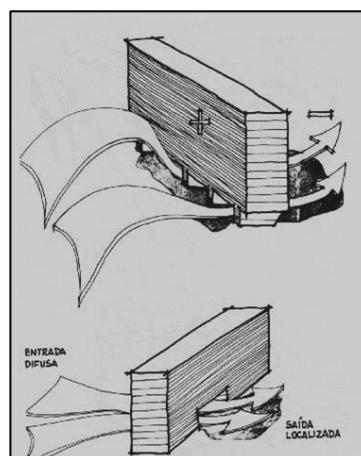


Figura 19: Efeito pilotis (Baseado em Mascaró, 1991)

Efeito de canto: caracteriza-se pelo escoamento nos ângulos das edificações. Ocorre quando em edifícios isolados a altura  $h > 15$  metros e quando a altura  $h > 30$  metros para os edifícios agrupados (Figura 20);

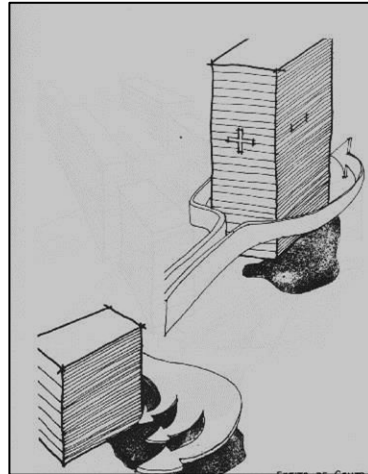


Figura 20: Efeito de canto (Baseado em Mascaró, 1991)

Efeito esteira: o escoamento acontece de forma turbilhonar na parte posterior da edificação. Para que o efeito ocorra, a altura do edifício deve estar no intervalo entre 15 e 30 metros (Figura 21);

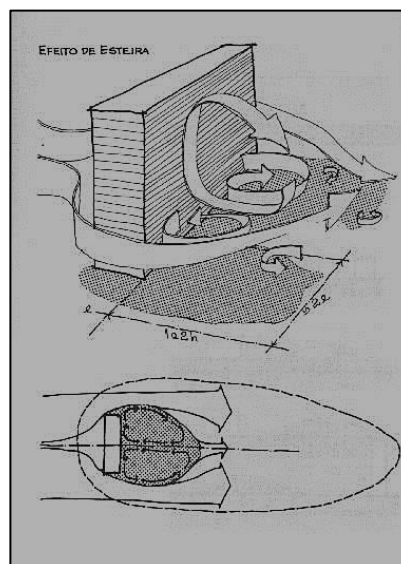


Figura 21: Efeito esteira (Baseado em Mascaró, 1991)



Efeito de turbilhão na base: ocorre uma circulação de forma turbulenta na base do edifício localizada a barlavento quando a sua altura for maior que 15 metros (Figura 22);

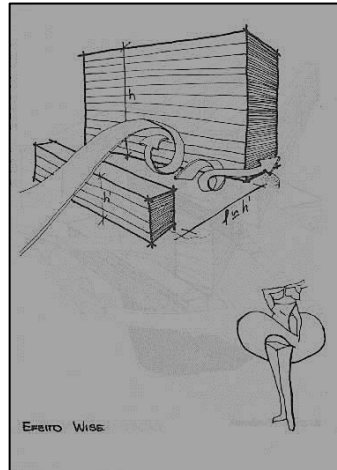


Figura 22: Efeito turbilhão (Baseado em Mascaró, 1991)

Efeito Venturi: ocorre quando os edifícios se posicionam formando um ângulo aberto para barlavento, afunilando-se em direção oposta, ocasionando um estrangulamento onde se estabelece uma zona crítica. Só ocorre quando a altura dos edifícios é superior a 15 metros, a proporção entre os braços coletores do funil e a sua largura de saída obedece a condições específicas, e ainda se não houverem outras construções à montante e à jusante do conjunto coletor (Figura 23);

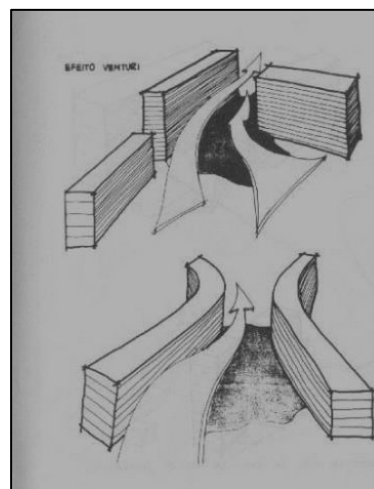


Figura 23: Efeito Venturi (Baseado em Mascaró, 1991)

Efeito de barra: mudança de direção em espiral do escoamento quando da passagem deste por uma barreira a uma incidência próxima a  $45^\circ$ . Para que ocorra, algumas condições específicas dos edifícios devem existir. São elas:  $h < 25$  metros ( $h$  = altura),  $c \geq 8h$  ( $c$  = comprimento da barreira) e ainda  $d \leq h$  ( $d$  = distância entre blocos consecutivos e alinhados) como visto na Figura 24;

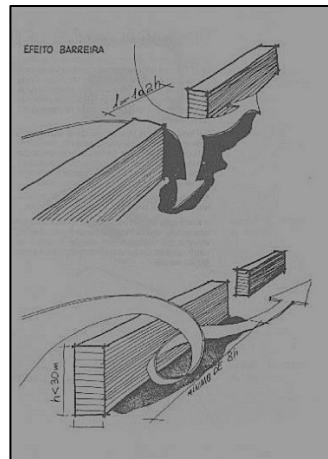


Figura 24: Efeito de barra (Baseado em Mascaró, 1991)

Efeito de canalização: O escoamento acontece através de um corredor a céu aberto formado por edifícios em sequência, formando uma calha que obedece a condições tais que  $d \leq e$  (onde  $d$  = distância entre blocos e  $e$  = dimensão da base a barlavento),  $d' < 2h$  (onde  $d'$  = dimensão da entrada da calha e  $h$  = altura média da calha) e  $h \geq 6$  metros (Figura 25).

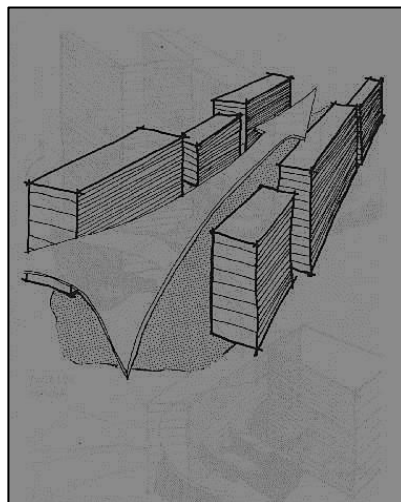


Figura 25: Efeito de canalização (Baseado em Mascaró, 1991)

Efeito de malha: Ocorre quando os edifícios se agrupam formando um pátio central. Para que o efeito ocorra,  $h > e$  (onde  $h$  = altura e  $e$  = dimensão da base a barlavento) e  $b \leq p$  (sendo  $b$  = abertura de entrada e  $p$  = perímetro do pátio), como na Figura 26.

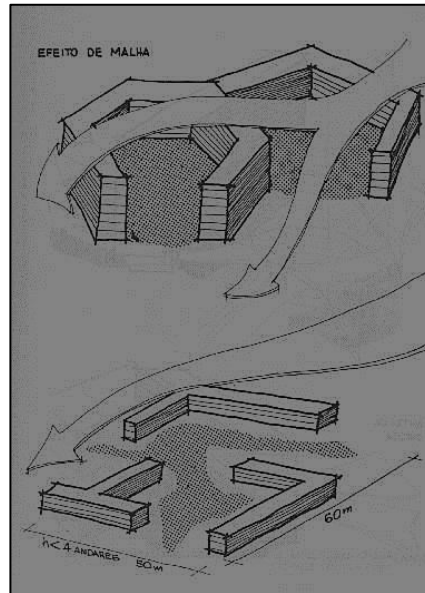


Figura 26: Efeito de malha (Baseado em Mascaró, 1991)

Efeito pirâmide: Escoamentos em torno de um conjunto de edifícios agrupados em forma piramidal (Figura 27).

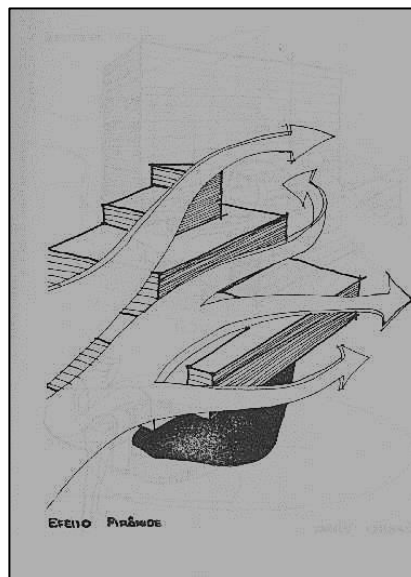


Figura 27: Efeito pirâmide (Baseado em Mascaró, 1991)

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

### 3.4.3 Simulação em túneis de vento

A condição principal para a utilização de túneis de vento em aplicações relacionadas à construção civil é que estes sejam capazes de simular corretamente a camada limite atmosférica, para que os resultados obtidos se aproximem o máximo possível da realidade. Sobre esta particularidade, Blessmann (1990) comenta que nos túneis aerodinâmicos utilizados inicialmente para ensaios com modelos reduzidos relacionados às obras civis eram capazes de reproduzir apenas atmosfera sem turbulência, o que conduzia a resultados pouco fidedignos, que não retratavam fenômeno real.

Destacam-se assim dois tipos distintos de túnel, os chamados túneis aerodinâmicos propriamente ditos, que são destinados aos estudos aeronáuticos e similares, e que produzem ventos uniformes, de baixa turbulência e velocidades mais altas, de acordo com os fins a que se destinam e guardam uma relação comprimento/altura da câmara de ensaios por volta de dois. Já o segundo tipo, normalmente conhecido por túnel de vento, possui a relação anteriormente citada da câmara de ensaios da ordem de dois. São capazes de simular de maneira fiel as características do vento natural e por este motivo são aplicados nas pesquisas relacionadas à construção civil.

Relativamente à sua geometria existem dois tipos de túneis de vento, os de circuito aberto e os de circuito fechado; podendo estes apresentar várias configurações de *layout*.

Os de circuito aberto possuem um custo de produção comumente mais baixo, pois têm um layout mais simples e apresentam uma menor quantidade de componentes. Este tipo de túnel retira o ar de um ambiente, geralmente uma grande sala ou galpão, e o devolve para este mesmo espaço.

Estes túneis têm como pontos positivos a sua facilidade de construção em relação aos de circuito fechado, bem como o acesso simplificado à seção de testes. Entretanto, deve-se considerar que este tipo de túnel não aproveita a energia cinética gerada e produz um nível de ruído muito alto.

A Figura 28 mostra o túnel de vento de circuito aberto da Universidad Nacional del Nordeste, Resistência, Argentina.



Figura 28: Vista do Túnel de vento da Universidad Nacional del Nordeste.

Os túneis de vento de circuito fechado por sua vez, fazem com que o ar de saída retorne e seja reutilizado, permitindo assim um melhor controle sobre a qualidade do ar e do escoamento em seu interior. A possibilidade de aproveitamento da energia cinética gerada permite a redução dos custos operacionais do equipamento, elevando a sua eficiência energética. Os níveis de ruídos neste tipo de túnel também são menores se comparados aos de circuito aberto.

A Figura 29 (a) apresenta uma vista do túnel de vento de circuito fechado do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) na cidade de Lisboa, em Portugal. Em (b) podemos observar uma vista do exterior das instalações do túnel.

O túnel do LNEC tem uma câmara de ensaios de 3,00m de comprimento e seção de 1,00m de altura por 1,25m de largura.

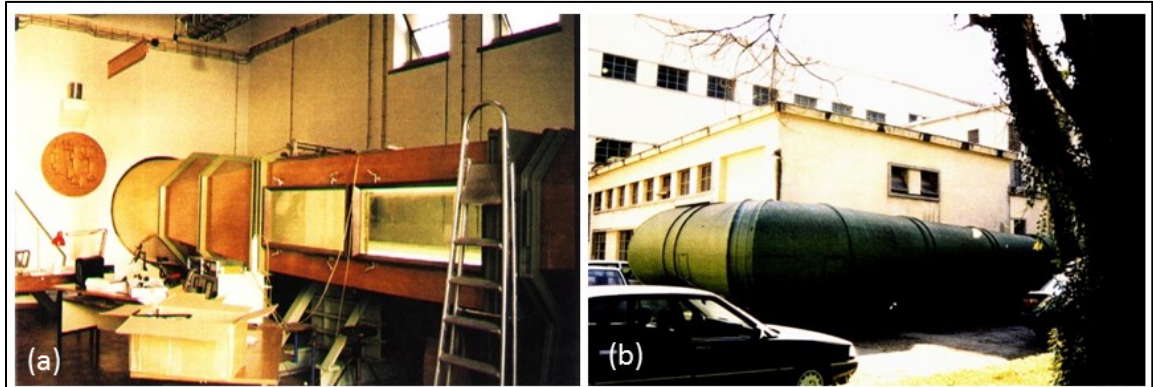


Figura 29: Túnel de vento do LNEC. (a) vista geral do túnel. (b) vista exterior do edifício onde se localiza o túnel.

Através de experiências em túneis aerodinâmicos com modelos em escala reduzida, fazendo uso da *técnica das figuras de erosão* Janeiro e Saraiva (1980) e Saraiva (1991), demonstram a possibilidade de uma representação bidimensional do campo de vento ao nível do solo do local, identificando pontos expressivos no que concerne aos perfis de velocidades da área, permitindo a determinação das regiões críticas onde as velocidades do vento se apresentam de forma muito elevada ou reduzida, possibilitando uma visão global do aspecto qualitativo do local e a determinação das velocidades do vento, sejam elas bastante reduzidas ou elevadas ao nível do solo, em seus diferentes pontos.

Segundo Rockle (1990), para que os resultados de experimentos realizados em túneis aerodinâmicos de camada limite com modelos reduzidos possam ser adotados em escala natural, é essencial que estes atendam determinados parâmetros específicos de segurança. Os dois principais norteadores para a garantia da validação dos resultados obtidos são: a semelhança geométrica entre o modelo ensaiado e o objeto real da pesquisa e a perfeita reprodução no túnel das condições de correntes encontradas no local estudado.

Como alternativa aos ensaios em túnel de vento, existe a possibilidade de se trabalhar com simulações fazendo uso de softwares computacionais como o *Computational Fluid Dynamics* (CFD), mais comumente utilizados para o estudo em edifícios isolados ou em pequenos agrupamentos de edificações.

Certamente a possibilidade de efetuar planejamentos futuros através da criação de modelos e cenários adequados para as áreas de estudo tornam os ensaios em túnel de vento e as simulações computacionais muito mais vantajosos se comparados às medições *in loco*.

#### 4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA CIDADE DE JOÃO PESSOA

Fazendo parte do grupo de 09 Estados que compõe a região Nordeste do Brasil, a Paraíba, embora possuindo dimensões territoriais reduzidas, tal que toda a sua área poderia ser inscrita em um retângulo de 443 km por 263 km de lados, apresenta características bastante diversificadas de relevo, clima e vegetação.

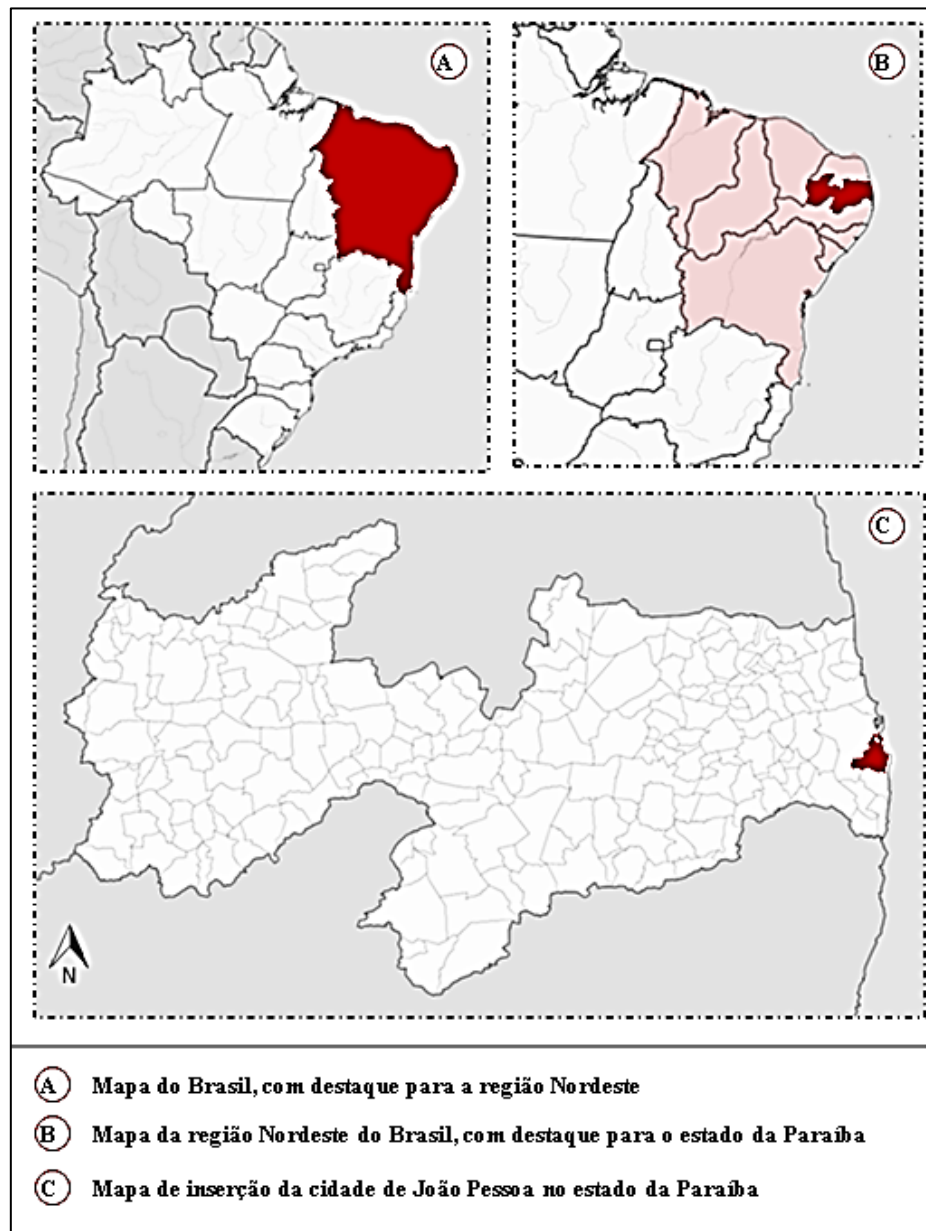


Figura 30: Mapas das localizações (A) da região Nordeste (B) da Paraíba (C) da Cidade de João Pessoa.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

Geograficamente situada entre os meridianos de 34° 45' 54'' e 38° 45' 54'' de longitude oeste e entre os paralelos de 6° 02' 12'' e 8° 19' 18'' de latitude sul, a Paraíba localiza-se na porção oriental do Nordeste e tem o seu espaço físico definido segundo o Instituto de Desenvolvimento Estadual e Municipal da Paraíba (IDEME) pelos seguintes limites estaduais: Ao Norte com o Estado do Rio Grande do Norte; Pernambuco, ao Sul; Ceará, a Oeste; e a Leste com o Oceano Atlântico, onde está situado o ponto mais oriental das Américas (Ponta do Seixas).

João Pessoa, sua capital, está situada na porção oriental do Estado a 7° 08' de latitude sul e 34° 53' de longitude oeste, aparece entre as mais antigas cidades do País. Tem como limite ao norte o município de Cabedelo; ao sul o município do Conde; a leste tem como limite o Oceano Atlântico e a oeste limita-se com os municípios de Bayeux e Santa Rita (Figura 31). O município de João Pessoa conta hoje com uma área total de 210,45 Km<sup>2</sup>, distribuídos entre os seus 64 bairros e suas áreas de preservação ambiental.



Figura 31: Limites e confrontações da cidade de João Pessoa



A localização geográfica da cidade, aliada a fatores como os baixos índices de nebulosidade fazem com que a quantidade de horas anuais de insolação por ela recebidas seja bastante elevada, sobretudo entre os meses de setembro e janeiro. No mês de novembro, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) o índice de insolação pode chegar a 275 horas de exposição à luz solar.

Somam-se a isto particularidades como o seu alto índice pluviométrico, e a elevada umidade relativa do ar, cuja média anual é de 80%; chegando a alcançar entre os meses de maio a julho o pico de 87%, caracterizando o “período das chuvas”.

Ainda conforme dados do INMET, registra temperaturas médias anuais de 26° C, sendo que no litoral esta média é de 28° C.

São duas as estações do ano com ocorrência de chuvas, outono e inverno. Desta forma, segundo a classificação de Köppen (1884), o seu clima pode ser considerado como do tipo 3dth (Quadro 3), sendo denominado no Brasil como Mediterrâneo ou Nordeste seco.

Quadro 3: Dados característicos do Bioclima 3dth

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 2000 mm na área do brejo e 1500 a 1700 mm 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

Fonte: (Atlas do Estado da Paraíba, 1985)

A Figura 32, ilustra a distribuição das Regiões Bioclimáticas no Estado da Paraíba e identifica a cidade de João Pessoa na porção Leste, junto ao Oceano Atlântico.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

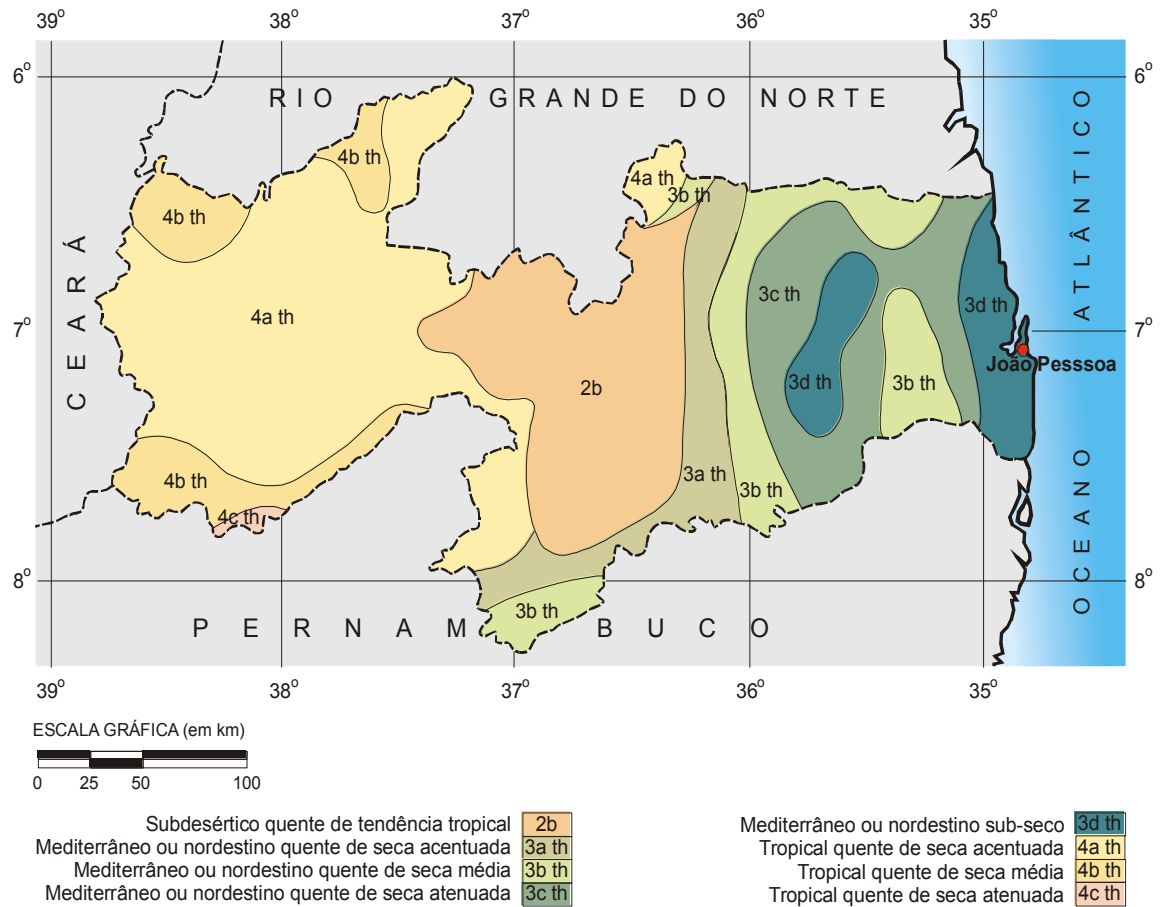


Figura 32: Regiões Bioclimáticas segundo a classificação de Köppen (Atlas do Estado da Paraíba apud Moraes, 1999)

De acordo com Souza (2010) na cidade de João Pessoa foram identificados 09 topoclimas formados pela interação existente entre a atmosfera e os diversos elementos componentes da superfície urbana que fazem estes topoclimas assumir características climáticas variadas.

Ainda segundo Souza (2010), a cidade de João Pessoa é formada por três grandes unidades geomorfológicas: a planície litorânea (terras baixas costeiras), as planícies aluviais embutidas nos tabuleiros (várzeas) e os baixos planaltos sedimentares (tabuleiros), que predominam na área urbana com uma altura média de 40m (Figura 33).

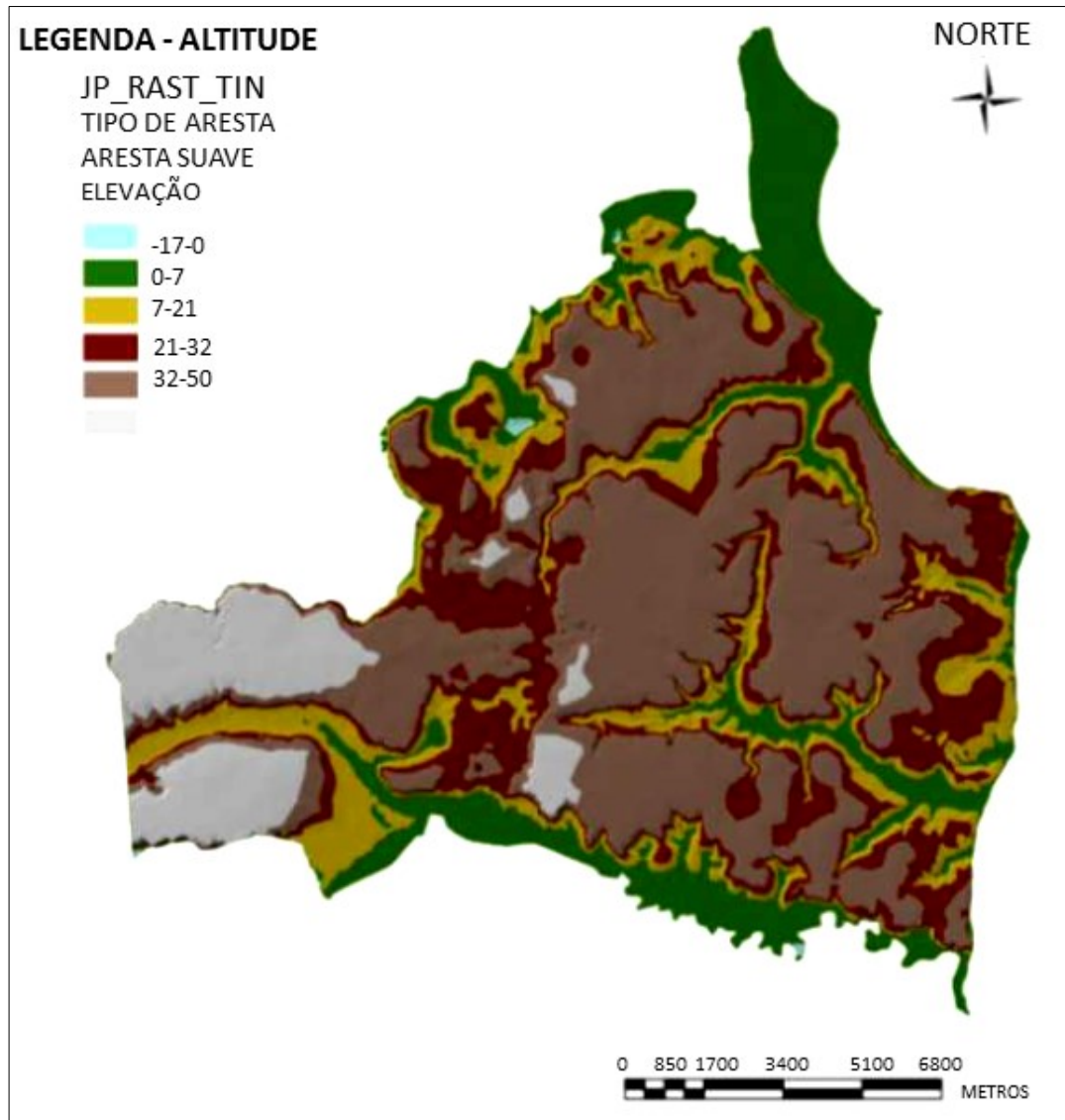


Figura 33: Mapa hipsométrico da cidade de João Pessoa (Baseado em Souza 2010)

Próximo ao oceano, a sudeste, se fazem presentes as “falésias vivas”, que decorrem da erosão marinha. Mais ao norte, entre os bairros de Tambaú e Jardim Luna, verificamos a presença das “falésias mortas”, que se encontram estabilizadas pela sua cobertura vegetal.

O relevo da cidade caracteriza-se por apresentar terrenos de forma predominantemente plana, com altitudes médias de 37 metros, atingindo nas cercanias do rio Mumbaba a sua cota máxima de 74 metros de altitude em relação ao nível do mar.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

Quanto ao regime de ventos da cidade de João Pessoa, estes estão descritos no atlas de vento da cidade, estabelecido por Silva (1999). A frequência e direção dos ventos estão representadas na rosa dos ventos da Figura 34, onde é possível observar a maior frequência a 150° e a menor a 90°, com os percentuais de 25,7% e 6,3% respectivamente.

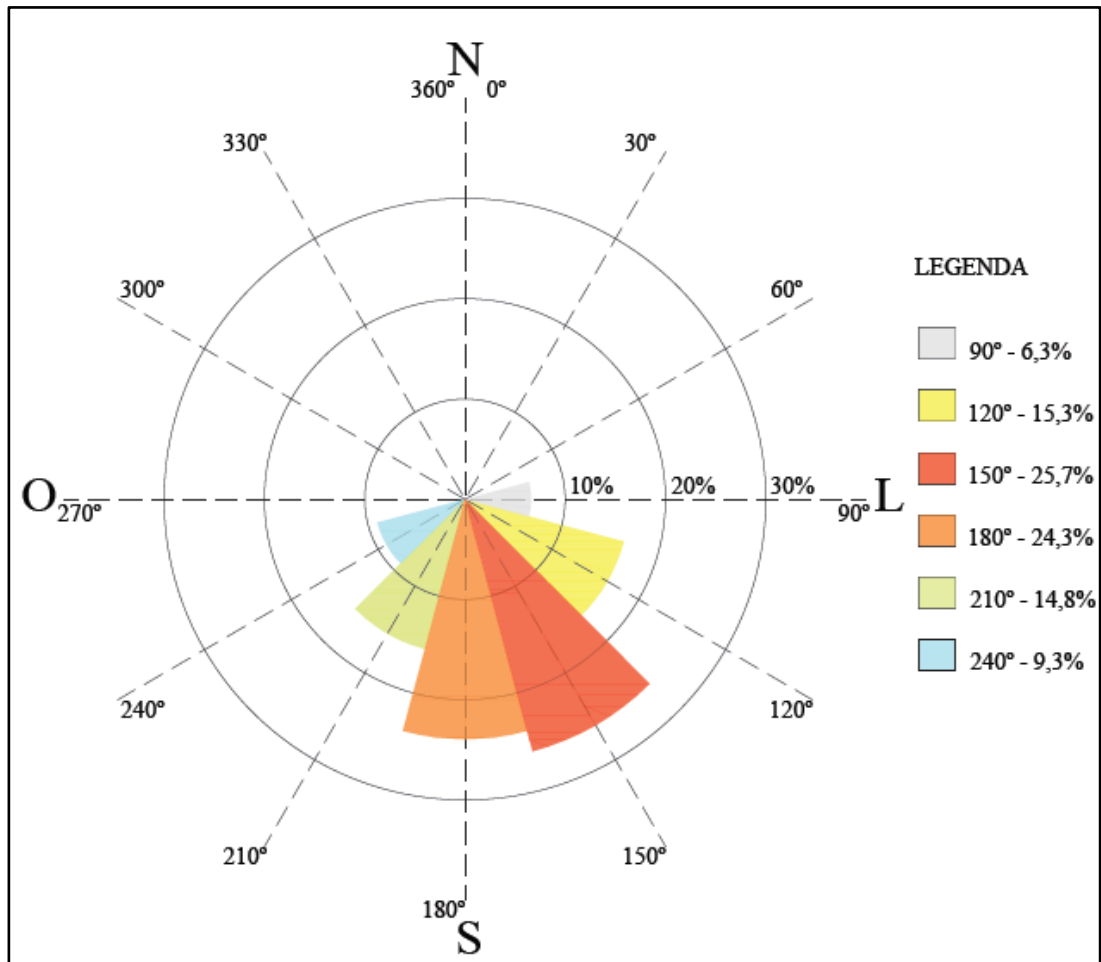


Figura 34: Rosa dos ventos da cidade de João Pessoa (baseado em Silva 1999)

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO BAIRRO DO ALTIPLANO

Para uma melhor compreensão e delimitação do objeto de análise desta pesquisa faz-se necessária a descrição inicialmente do bairro em questão, e em seguida a delimitação da porção deste que será utilizada nos ensaios no túnel de vento.

O bairro do Altiplano Cabo Branco

Inserido na zona leste da cidade de João Pessoa (Figura 35), o bairro do Altiplano Cabo Branco foi criado pela Lei nº 1574, de 04 de setembro de 1998. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é o 47º (quadragésimo sétimo) maior bairro de João Pessoa em população e o 28º (vigésimo oitavo) em área territorial.



Figura 35: Inserção do Altiplano na cidade de João Pessoa

O bairro do Altiplano limita-se ao norte com o bairro de Miramar; ao sul com os bairros Portal do Sol e Bancários; a leste com o Cabo Branco e a oeste com o Castelo Branco (Figura 36). Possui uma população de 5.233 habitantes que ocupam uma área territorial de 225,60 hectares, das quais 66 hectares destinados à área verde e 130 quadras urbanas com características de uso do solo predominantemente residencial.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

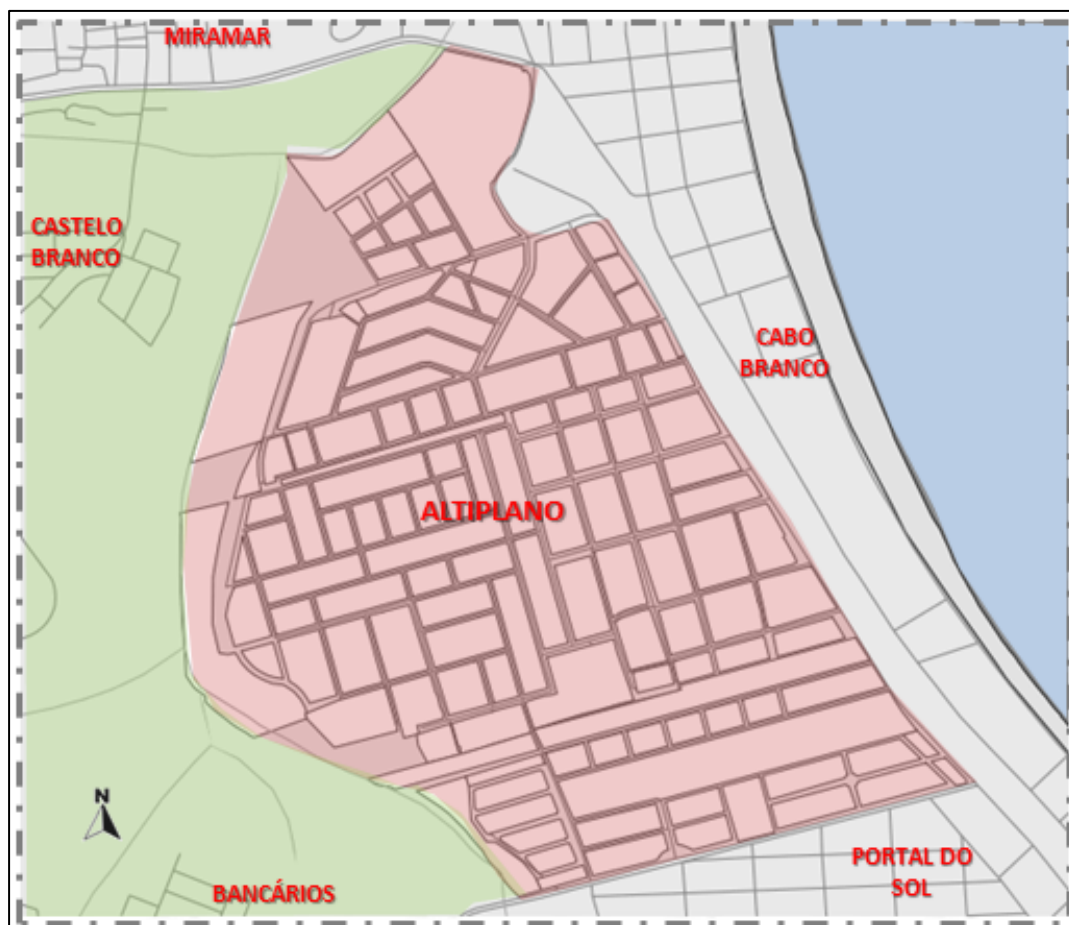


Figura 36: Altiplano - limites entre bairros.

O Altiplano está localizado próximo a importantes vias expressas da cidade, como a Av. Beira Rio, a Av. Epitácio Pessoa e a Av. Cabo Branco, que percorre uma parte da área litorânea próximo ao bairro, além da Av. João Cirilo de Almeida que teve seu fluxo de veículos aumentado devido ao acesso feito entre os bairros Altiplano e Bancários, pela Rua Médico Industrial Doutor José Crisóstomo Ribeiro Coutinho, ligando assim a orla da capital à sua zona sul.

O bairro está delimitado ao norte pela Avenida Ministro José Américo de Almeida, mais conhecida como Beira-Rio, com um trecho do rio Timbó e da Av. João Cirilo de Almeida; ao sul com a Rua José Crisóstomo Ribeiro Coutinho; a leste pela Rua João Cirilo da Silva; a oeste pelo rio Timbó (Figura 37).

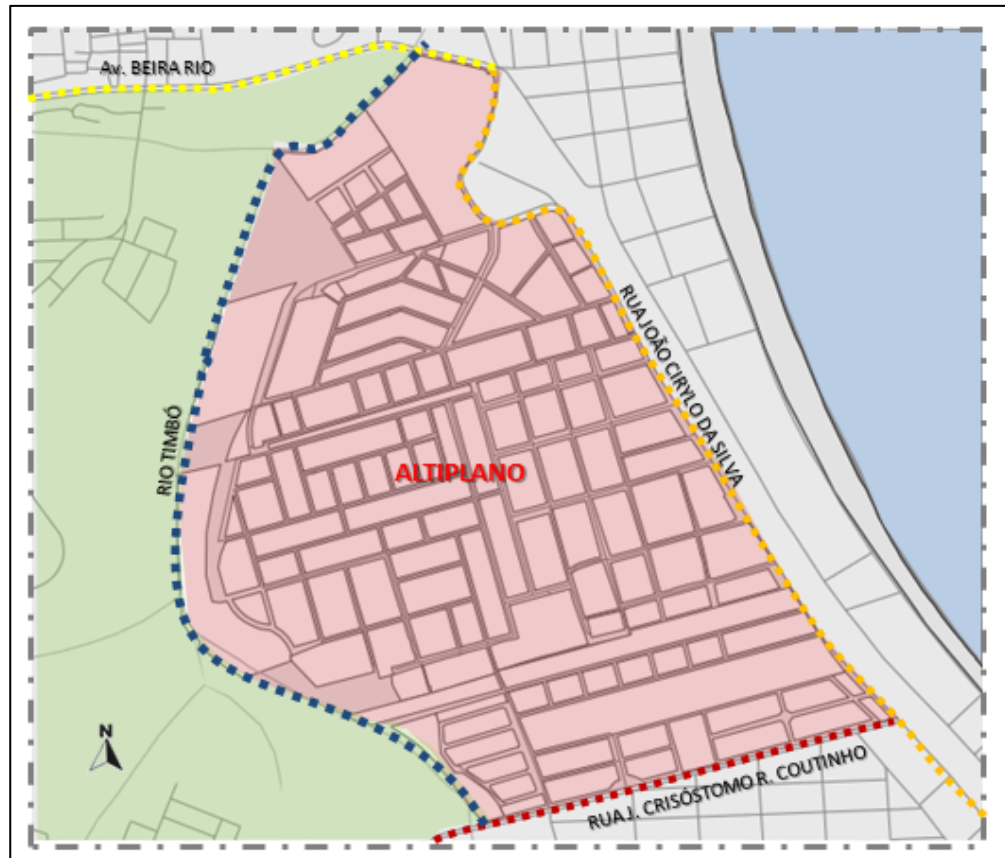


Figura 37: Vias limítrofes do bairro Altiplano.

Segundo Fernandes (2013), o bairro do Altiplano está situado na área compreendida entre o rio Timbó e a falésia do Cabo Branco, abrangendo um pedaço de terra situado na parte alta da cidade, próximo ao mar, configurando a forma de relevo denominada tabuleiro. A área planejada situa-se sobre uma elevação, formada pela falésia que se inicia na Ponta do Seixas e se expande pela cidade, distanciando-se do mar, tornando a faixa de baixo planalto cada vez mais larga, o que favoreceu a formação do bairro neste local.

O bairro apresenta cotas de nível que variam entre 0 e 39m de altura. As cotas mais baixas encontram-se à oeste, nas proximidades do rio Timbó, compondo o vale deste rio que se encontra em uma Zona Especial de Preservação e apresenta uma cobertura vegetal expressiva e característica. As cotas se elevam em direção ao leste de forma gradativa, sendo que a maior parte do bairro se encontra num intervalo de cotas que variam entre 25 e 39m, formando um tabuleiro praticamente plano que se desenvolve até o limite da Falésia do Cabo Branco, esta em uma também inserida em uma Zona de Preservação Especial, e ainda coberta por vegetação de mata atlântica (Figura 38).

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB



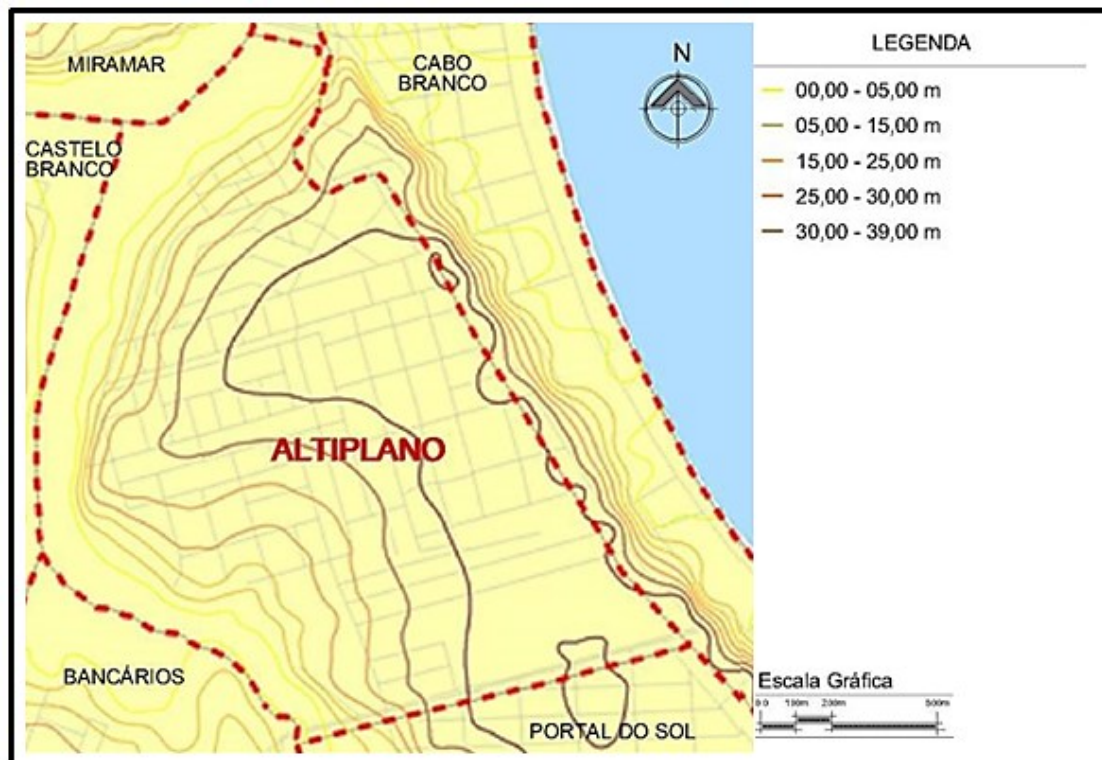


Figura 38: topografia do Altiplano cabo Branco (Baseado em Fernandes, 2013).

#### 4.1.1 A área de estudo

A escolha de tal sítio urbano consolidou-se pelo fato do mesmo se apresentar em fase inicial de um processo de verticalização das novas edificações ali implantadas, possibilitando uma avaliação comparativa do comportamento dos ventos entre a situação de ocupação anterior, com característica notadamente mais horizontal e a ocupação atual permitida pela legislação vigente, que se mostra em estágio bastante acelerado de verticalização por ter sido transformada em uma Macrozona Adensável. Outro fator preponderante na escolha é que a legislação urbanística da cidade de João Pessoa vem sendo modificada ao longo das duas últimas décadas, apresentando diversas alterações nos parâmetros adotados para o local, favorecendo e de certa forma induzindo a implantação de edificações com gabarito em altura bem maiores, sem bases técnicas para a sua implementação.

A área objeto do estudo encontra-se inscrita em retângulo de aproximadamente 418.522,03 m<sup>2</sup>, permitindo assim cobrir a maior superfície possível do bairro onde hoje a



legislação é mais permissiva em relação à verticalização e seu entorno imediato, abrangendo a maior parte da Macrozona Adensável, onde ocorre a maior concentração de edifícios altos. De forma a compatibilizar a escala do modelo com a mesa de ensaio M-II do túnel de vento Professor Joaquim Blessmann, a área do modelo composta pela mesa M-II e uma mesa auxiliar (a sotavento do adensamento), é um pouco menor, com aproximadamente 380.243,82 m<sup>2</sup>.

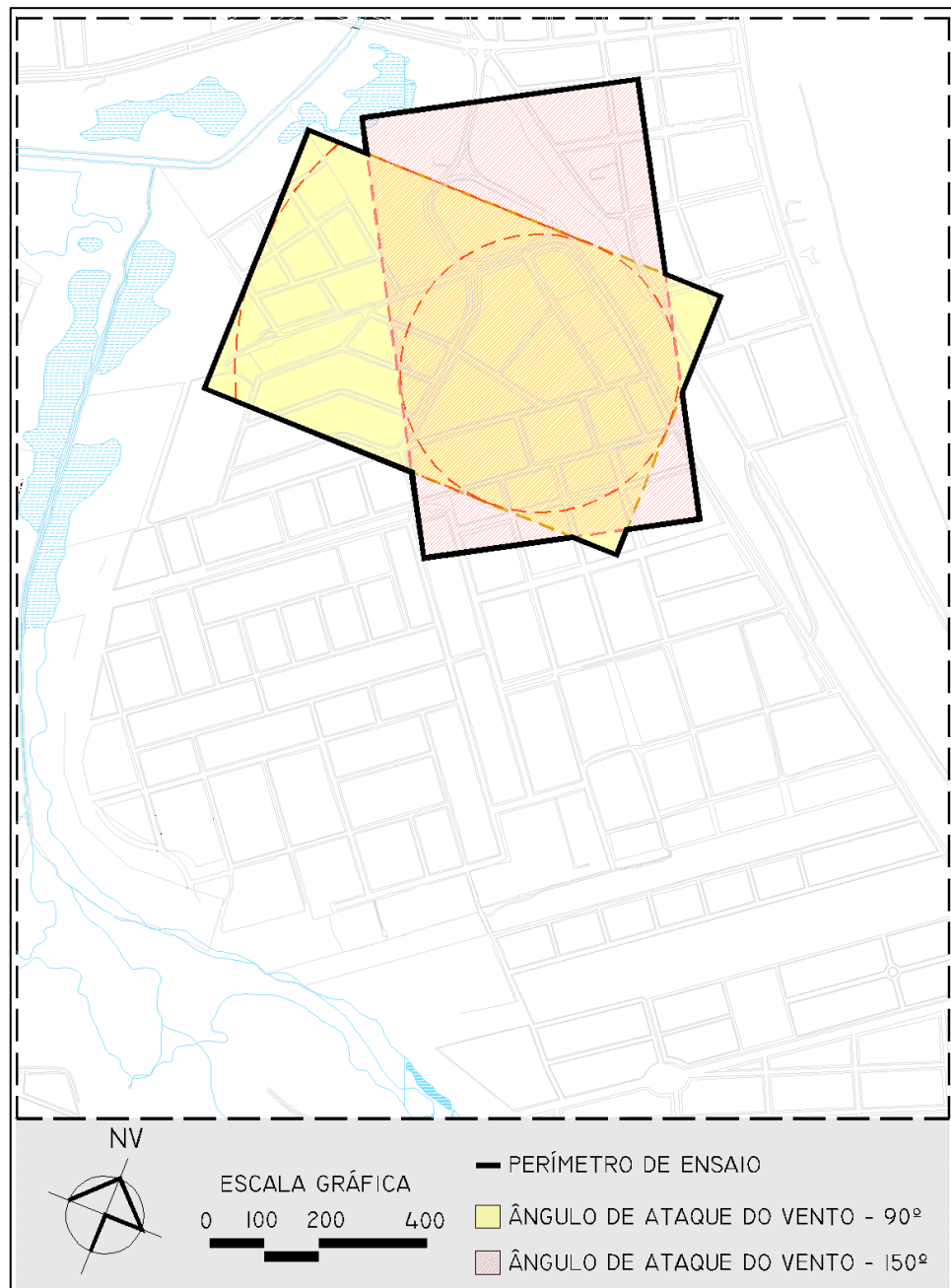


Figura 39: Área de estudo para os ângulos de ataque do vento 90° e 150°

A topografia da área não apresenta variações significativas nos valores das suas cotas altimétricas, estando quase toda ela a cotas médias de 35 m em relação ao nível do mar, chegando até 39m próximo à Falésia do Cabo Branco, a partir de onde essa cota cai abruptamente para 5m no bairro do Cabo Branco, este situado à Leste da área de estudo. Diferenças mais significativas no relevo local são notadas mais a Oeste, com valores mais baixos para as cotas à medida que se aproxima o vale do rio Timbó. A partir deste, em direção a oeste, o relevo passa a apresentar cotas mais elevadas, estabelecidas por falésias mortas com alturas que superam os 30 m.

#### 4.1.2 Disciplinamento do uso e ocupação do solo

O disciplinamento do uso e ocupação do solo compete, de forma geral, aos três níveis de governo (federal, estadual e municipal) e em conformidade com a Constituição Federal, no seu art. 30, é da competência dos municípios suplementar a legislação federal e a estadual no que couber; promover adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano e ainda promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observada a legislação e a ação fiscalizadora das esferas federal e estadual.

Um grande marco da participação de entidades civis e de movimentos sociais visando a busca de uma vida urbana digna para todos os cidadãos que habitam as cidades brasileiras, garantindo às pessoas o direito à cidade, à habitação e a serviços públicos de qualidade, foi a inclusão na Constituição Federal dos artigos 162 e 163 que compõem o capítulo da Política Urbana.

Onze longos anos de discussões e tramitação legislativa foram necessários para a construção do Estatuto da cidade (Lei nº 10.257/2001), durante os quais se evidenciaram diversos conflitos de interesses sobre o destino das cidades brasileiras. Este estatuto congrega diversos instrumentos legais (urbanísticos, tributários e jurídicos) que objetivam assegurar a efetividade do Plano Diretor, este instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana que é obrigatório para as cidades com população superior a vinte mil habitantes.

Para um melhor entendimento, a Lei nº. 10.257 de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade – vêm regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, que conformam o capítulo referido anteriormente, relativo à Política Urbana.

Certamente, o Poder público municipal se encontra em uma situação de proximidade ao cidadão e aos problemas por ele vividos, bem maiores do que as outras esferas de governo (estadual e federal), facilitando a articulação entre os segmentos formadores da sociedade local, o que justifica a sua ampla competência quanto ao disciplinamento do uso e ocupação do solo urbano através de instrumentos como a definição de zoneamentos, o próprio controle do parcelamento do solo e ainda a fixação de parâmetros urbanísticos, entre eles: afastamentos, taxas de ocupação, índices de aproveitamento, dimensões mínimas para os lotes e taxas de permeabilidade do solo, entre outros.

As particularidades de cada cidade, com seus aspectos intrínsecos e sua dinâmica peculiar, exigem dos seus dirigentes uma constante preocupação com o processo de planejamento, ensejando revisões frequentes dos seus Planos Diretores visando a sua adequação às mudanças ocorridas na realidade local, obviamente após avaliação consequente e responsável. A Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, constante em um documento aprovado pelo Poder Legislativo municipal, deverá ser revista, no mínimo a cada dez anos. Ainda outras Leis são consideradas primordiais, segundo Mota (1999), e se congregam ao Plano Diretor na tarefa de fazer cumprir a Constituição Federal. São elas:

- Lei Orgânica: Define as competências do Município, sua estrutura administrativa, constituição e atribuições da administração municipal.
- Lei de Uso e Ocupação do Solo: Através do zoneamento, esta Lei ordena o uso e a ocupação do solo do Município.
- Lei do Parcelamento do Solo: Define as diretrizes para os projetos de loteamentos.
- Lei do Sistema Viário: Estabelece a hierarquia das vias, determina o sistema viário do Município ordenando a circulação no seu espaço interior.
- Código de Obras: Cuida do disciplinamento dos edifícios com o intuito de garantir as condições de saúde, conforto, higiene e segurança da população da cidade.
- Código de Posturas: Visa garantir condições de segurança, ordem pública e higiene para os espaços de uso público ou da coletividade.

### 4.1.3 Diretrizes urbanísticas do Altiplano Cabo Branco

As diretrizes constantes no Plano Diretor da cidade de João Pessoa servem de referência ao conjunto de Leis (Códigos de Urbanismo, de Obras e Edificações, de Posturas e de Defesa do Meio Ambiente) relativas às condições para o uso e ocupação do solo da área de estudo objeto desta pesquisa, e serão aqui expostas de forma sintética, visando esclarecer os parâmetros presentes em cada um dos adensamentos utilizados nos ensaios levados a cabo no túnel vento, detalhadamente descritos no Capítulo 5.

A área do Altiplano foi inserida na Zona de Restrição Adicional<sup>1</sup> em 1992, no ato da publicação do Plano Diretor de João Pessoa, que condicionou um coeficiente de aproveitamento máximo de 1.5, pertencendo este bairro à Macrozona Adensável Não Prioritária. Há um semanário oficial, datado de dezembro de 2008, que traz considerações sobre a Zona Especial de Preservação e o Setor de Amenização Ambiental, sem, contudo, representar alterações para as restrições já conhecidas.

O Plano Diretor de 1992 em seu Título II – Do Uso e Ocupação do Solo, Capítulo I – Do Macrozoneamento, artigo 8º, identifica e denomina assim a divisão da área urbana da cidade: I - zonas adensáveis prioritárias; II - zonas adensáveis não prioritárias; III - zonas não adensáveis; IV - zonas de restrição adicional; V- zonas especiais.

O Decreto nº 6499/2009, que atualiza e altera a redação de alguns trechos do Plano Diretor de 1992, determina que:

Art. 11. Zona Adensável Prioritária é aquela onde a disponibilidade de infraestrutura básica, a rede viária e o meio ambiente permitem a intensificação do uso e ocupação do solo e na qual o índice de aproveitamento básico poderá ser ultrapassado até o limite de 4,0, e nos termos desta lei. (NR).

Art. 12. Zona Adensável Não Prioritária é aquela onde a disponibilidade ou a falta de um dos sistemas da infraestrutura básica permite uma intensificação moderada do uso e ocupação do solo e na qual o índice de aproveitamento básico poderá ser ultrapassado até o limite de 2.0 e nos termos desta lei. (NR).

Parágrafo único - A intensificação moderada do uso e ocupação do solo no limite descrito no caput do presente artigo dependerá de atendimento às

---

<sup>1</sup> Artigo 23 – As Zonas de Restrições Adicionais são porções da Área Urbana, situadas em zonas adensáveis ou não, nas quais o interesse social de preservação de características ambientais, paisagísticas, históricas e culturais, como patrimônio comum, impõe restrições adicionais ao uso e ocupação do solo (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, 1994)

condições de infraestrutura básica e do sistema viário, mediante análise e aprovação das secretarias competentes. (AC).

Art. 13. Zona não Adensável é aquela onde a carência da infraestrutura básica, da rede viária e o meio ambiente restringem a intensificação do uso e ocupação do solo e na qual o limite máximo de construção é o índice de aproveitamento básico. (NR).

§ 1º Nas Zonas Não Adensáveis a indicação das áreas para efeito da elevação do índice de aproveitamento básico até 2,0 (dois), consultado o Conselho de Desenvolvimento Urbano - CDU, será feita mediante ato do Poder Executivo. (AC).

§ 2º Nas áreas que tenham infraestrutura subutilizada e densidade urbana bruta abaixo de 100 hab./ha, o índice de aproveitamento básico será igual a 1,5 (um vírgula cinco).

(JOÃO PESSOA, 2009)

De acordo com o mapa de macrozoneamento da cidade de João Pessoa atualizado em janeiro de 2010, o bairro do Altiplano se encontra localizado em uma Zona Não Adensável, carente de infraestrutura e com restrições ambientais, o que se mostra compatível com os conceitos conservacionistas e preservacionistas propostos para a área nos idos dos anos 2000. Indo de encontro a estes conceitos, o Decreto 5844/2007 (Anexo D) estabelece um perímetro bastante específico definindo uma área do bairro que passa então a ser caracterizada como Zona Adensável Prioritária (ZAP), sem maiores justificativas, como pode ser observado no recorte feito no mapa de macrozoneamento da cidade de João Pessoa, mostrando o trecho do bairro do Altiplano apresentado na Figura 40.



Figura 40: Recorte do mapa de macrozoneamento de João Pessoa (Baseado em Fernandes, 2013).

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

O atual mapa de zoneamento para o bairro do Altiplano abriga diversas zonas com características específicas, distribuídas conforme a Figura 41.

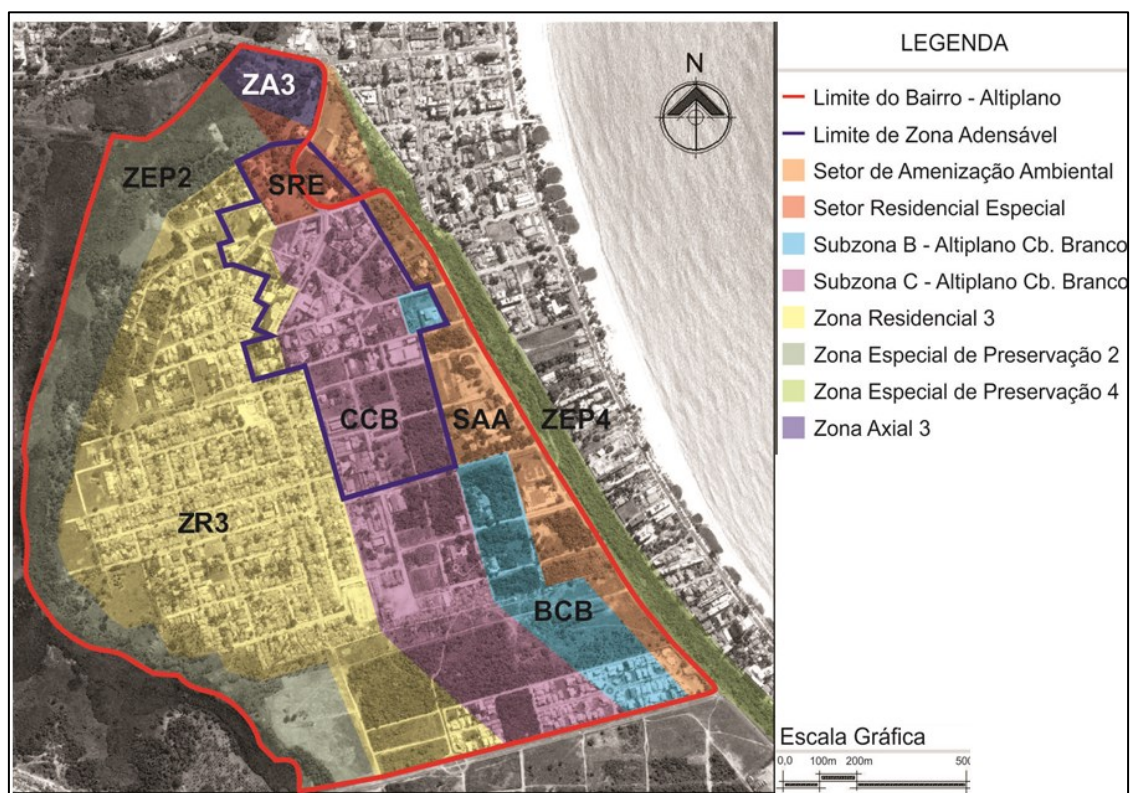


Figura 41: Mapa atual de zoneamento do Altiplano (Baseado em Fernandes, 2013).

De acordo com o mapa de zoneamento da Figura 41, na área de estudo fazem-se presentes as zonas ZA3 – Zona axial 3, ZR3 – Zona residencial 3, SRE – Setor residencial especial, SAA – Setor de amenização ambiental, BCB – Subzona B do Cabo Branco e CCB – Subzona C do Cabo Branco. Quanto ao macrozoneamento, o Plano Diretor da cidade de João Pessoa apresenta na área de estudo zonas com possibilidades de adensamentos distintas, denominadas ZNA- zona não adensável, ZAP-zona adensável prioritária e ainda um SAA-setor de amenização ambiental, como pode ser visto na Figura 40.

#### 4.1.3.1 Zoneamento do Altiplano em 1975

Segundo Fernandes (2013), a primeira legislação urbanística que disciplina o uso do solo no Altiplano surge em 1975, com a aprovação do Código de Urbanismo da Cidade de João Pessoa. Neste Código, o bairro foi integrado à Zona Urbana sendo proposto então um novo zoneamento para o solo através da Lei Municipal nº. 2102/75, que define o zoneamento para o Altiplano e Costa do Sol. O bairro do Altiplano foi então dividido em quatro zonas,



sendo elas, Zona Especial de Preservação do Cabo Branco (Zona BCB), Zona Especial de Preservação do Cabo Branco (Zona CCB); Zona Residencial 3 (ZR 3) e a Zona de Preservação dos Grandes Verdes (ZEP 2). Demonstrava-se assim uma intenção por parte do poder público de preservar, através da determinação de Zonas de Preservação Ambiental (ZPAs), os atrativos ambientais amplamente reconhecidos do local (Figura 42).

O que se observa com esse zoneamento é que ao serem determinadas novas exigências para taxas de ocupação máximas (variando entre 20 e 40%) e novos tamanhos de lotes mínimos para edificações nos setores B e C (5000 m<sup>2</sup> e 2500 m<sup>2</sup> respectivamente) buscando provavelmente a preservação ambiental e dos valores paisagísticos da área, não foi levado em conta que o bairro havia sido loteado antes da aprovação da então nova lei e que os lotes existentes previamente possuíam dimensões de no máximo 450 m<sup>2</sup>. Desta maneira para novas construções haveria a necessidade de remembramento de vários lotes para que fossem atendidas as exigências estabelecidas para o novo zoneamento, o que retardou o processo construtivo à época.

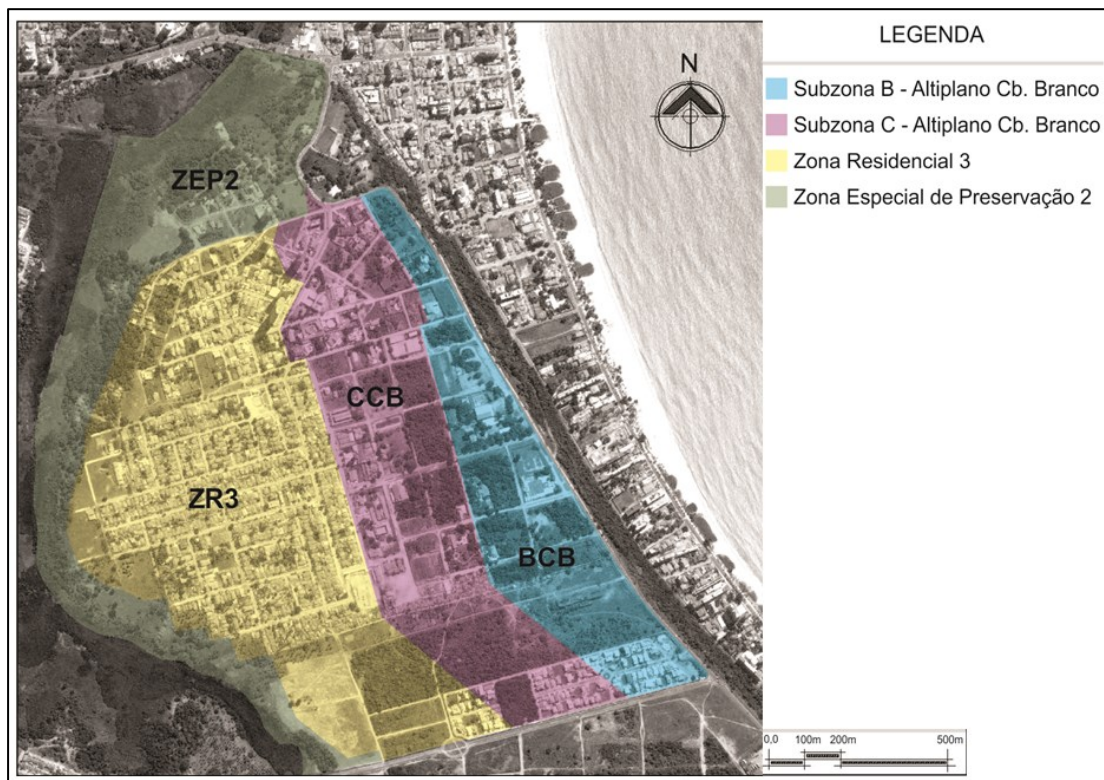


Figura 42: Zoneamento do Altiplano 1975 (Baseado em Fernandes, 2013).

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

Em um segundo momento, em 28 de junho de 2005, com a publicação do Decreto Municipal 5363/05 (Anexo C) a área sofre alterações nas suas subzonas e novos usos do solo passam a ser permitidos sem que, contudo, sejam revistas as rígidas restrições relativas principalmente às questões da densidade do uso do solo (Figura 43).

Fica claro que o decreto tem como objetivos principais a criação do Setor de Amenização Ambiental (SAA) ao longo da Avenida João Cirylo da Silva e a delimitação do Parque do Cabo Branco, com 680.000 m<sup>2</sup>, junto ao Farol do Cabo Branco. O primeiro, visando à proteção da Falésia do Cabo Branco, limita o gabarito em altura das edificações em três pavimentos e para os condomínios fechados em dois pavimentos. Apresenta coeficiente de aproveitamento de uma vez a área do terreno (coeficiente 1) para todos os usos, e taxa de ocupação máxima do lote de 40%. As áreas mínimas dos lotes necessárias para construção variam de 1.250,00 m<sup>2</sup> a 5.000,00 m<sup>2</sup>, dependendo do uso pretendido.

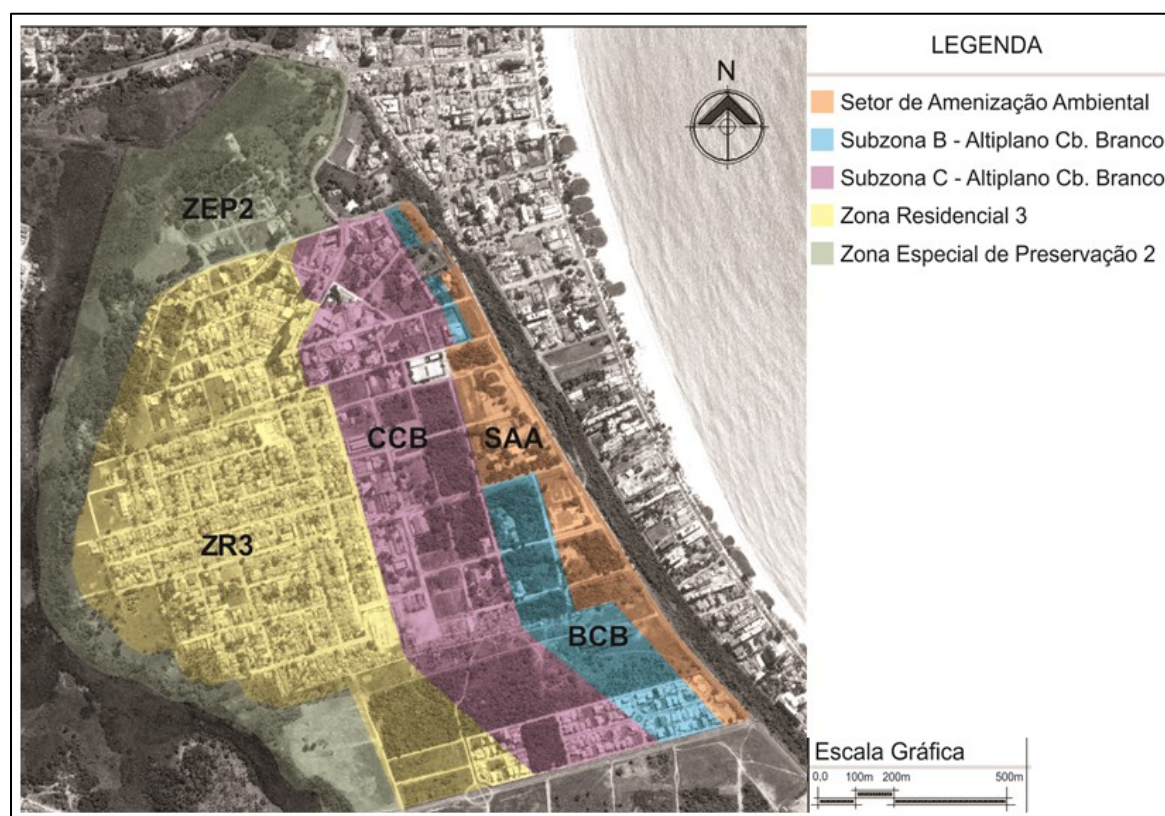


Figura 43: Zoneamento do Altiplano 2005 (Baseado em Fernandes, 2013).



Quanto às subzonas B, C e a Zona Residencial 3 (ZR3), demonstrando a intenção de controlar a expansão do bairro e preservar os atributos paisagísticos-ambientais do local, o gabarito em altura para o uso habitacional multifamiliar foi limitado a cinco pavimentos e taxa de permeabilidade mínima de 50% do lote. A esta época, no litoral norte da cidade, sobretudo nos bairros de Tambaú e Manaíra o processo de verticalização já se encontrava em níveis bastante elevados e os seus efeitos negativos já se faziam sentir.

#### 4.1.3.2 Zoneamento do Altiplano em 2007

O zoneamento de 2005 não demorou muito tempo para ser modificado, pois em 2007 seria publicado o Decreto Municipal nº 5.844 (Anexo D) que alterava o conteúdo anterior, criando uma Zona de Adensamento Prioritária (ZAP) onde antes havia uma Zona de Restrições Adicionais (ZRA) como pode ser visto Figura 44. O decreto de 2007 não altera a área mínima dos lotes edificáveis das subzonas B e C, e nem para a ZR3, contudo, eleva para até 4 (quatro) o índice de aproveitamento máximo para os edifícios residenciais multifamiliares quando implantados na área da ZR3, despertando de imediato o interesse dos empresários do setor da construção civil.

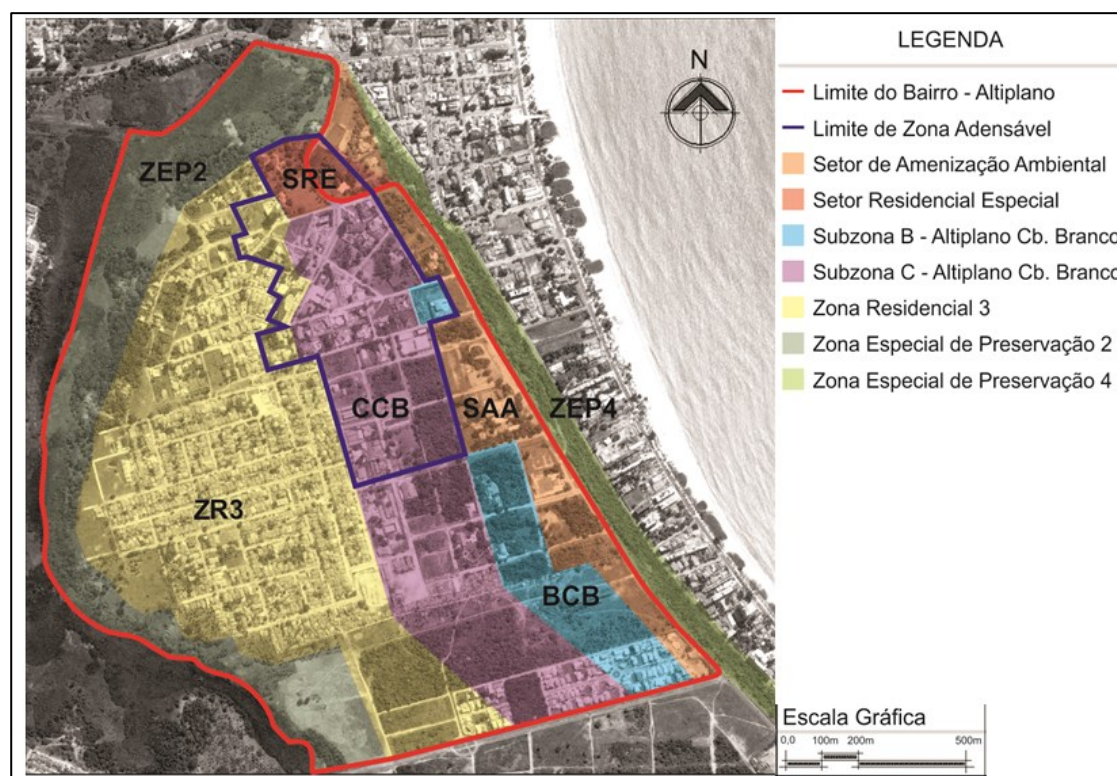


Figura 44: Zoneamento do Altiplano 2007(Baseado em Fernandes, 2013).

Os novos indicadores a serem adotados a partir da publicação do decreto variam conforme a zona de inserção do lote urbano a ser ocupado, desde as dimensões e área dos lotes mínimos, passando pelas taxas de ocupação e índices de aproveitamento, até os afastamentos fixos e progressivos entre as edificações e vias públicas (Quadro 4).

Quadro 4: Indicadores para a área conforme Decreto nº 5844/2007

ZONAS URBANAS	LOTE DE TERRENO		INDICADORES		AFASTAMENTOS MÍN.		
	TESTADA DO LOTE MÍNIMO	ÁREA MÍNIMA (M²)	TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA	ÍNDICE DE APROV. MÁXIMO	FRONTAL	LATERAL	FUNDOS
SUBZONA B	50,00	5.000,00	20%	2,0	10,0	8,00+H/10	4,00+H/10
SUBZONA C / SRE	36,00	2.500,00	25%	3,0	10,00	6,00+H/10	4,00+H/10
ZR3	30,00	1.250,00	20%	4,0	8,00	4,00+H/10	4,00+H/10

Fonte: (Decreto municipal 5844/2007)

#### 4.1.3.3 Zoneamento do Altiplano em 2010

Em 2010, através do Decreto Municipal nº 7073 (Anexo E) o zoneamento da área é modificado mais uma vez, alterando o zoneamento da Quadra 01, criando uma Zona Axial 3 (ZA3) às margens da Av. Beira Rio, tomando uma porção de onde outrora havia uma Zona Especial de Preservação (ZEP) e ainda um Setor Residencial Especial (SRE) além do já existente, como se observa na Figura 45.

A Zona Axial 3 (ZA3) foi definida entre outras Zonas Axiais como sendo zonas que fazem parte dos eixos principais de desenvolvimento da cidade em conformidade com o Decreto Municipal nº 2978/1996, e possuem características de ocupação completamente divergentes das Zonas Especiais de Preservação (ZEPs), sendo infinitamente mais permissivas do que as destas.

No Setor Residencial Especial (SRE) o índice de aproveitamento dos lotes passa a ser igual a 3, e a taxa de solo permeável fica estabelecida em 30% da área do lote, onde poderão a partir de então ser implantadas edificações de uso multifamiliar acima de 5 pavimentos (uso R6), conforme o que já estava estabelecido pelo Decreto 5844/2007.

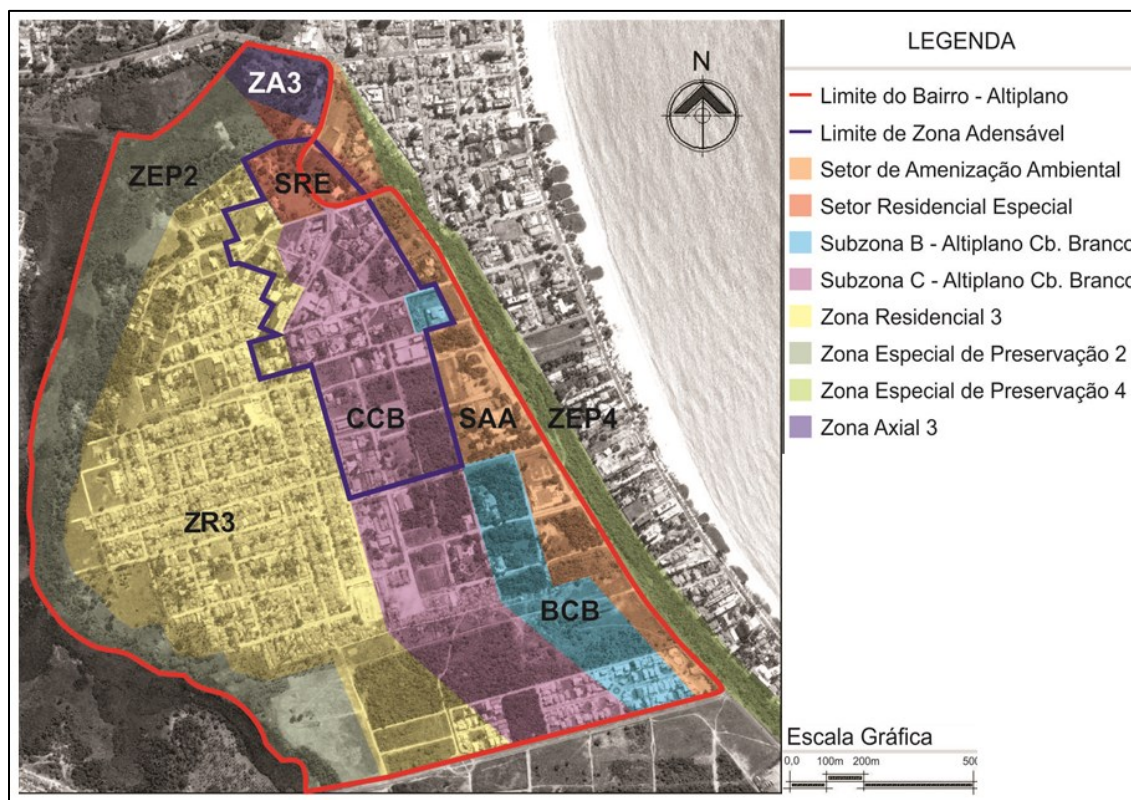


Figura 45: Zoneamento do Altiplano 2010 (Baseado em Fernandes, 2013).

#### 4.1.3.4 Evolução da ocupação do bairro

Notadamente as alterações consecutivas sempre através de decretos, promovidas no zoneamento do bairro, causaram reflexos do ponto de vista da ocupação urbana que podemos considerar praticamente imediatos quando tratamos de urbanismo. Estas modificações do zoneamento estabelecendo novas taxas de ocupação, afastamentos progressivos e frontais, e principalmente o índice de aproveitamento, com a criação de uma Zona Adensável Prioritária (ZAP) em uma porção expressiva do bairro produziram em um curto intervalo de tempo mudanças substanciais na ocupação do bairro que trazem consigo diversas consequências, mesmo antes da ocupação da maior parte dos edifícios que ainda se encontram em fase execução.

Na Figura 46 é possível acompanhar as mudanças ocorridas no zoneamento do bairro do Altiplano que foram decorrentes dos decretos publicados ao longo dos últimos anos, e estabeleceram uma nova dinâmica na ocupação da área, acelerando o processo de verticalização que durante muitos anos esteve praticamente estacionado.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB



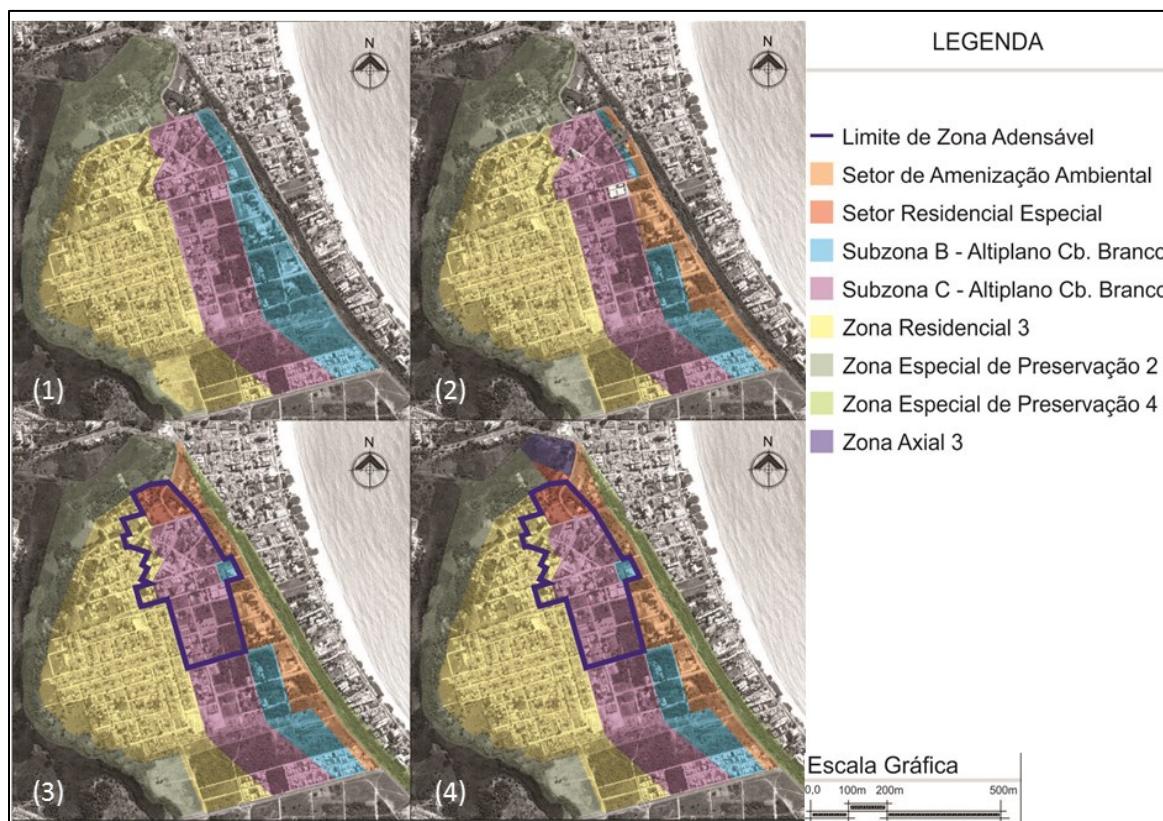


Figura 46: Evolução cronológica do zoneamento do Altiplano (Baseado em Fernandes, 2013).

É interessante observar que os condicionantes (indicadores) adotados atualmente para a área do Altiplano se diferenciam substancialmente dos adotados para os mesmos usos em outras áreas da cidade de João Pessoa na maioria dos aspectos. Além de exigir lotes de maiores dimensões, propõe-se, por exemplo, afastamentos frontais para o uso residencial R6 (edifícios multifamiliares acima de 5 pavimentos) variando de 8 a 10m, enquanto que para o mesmo uso, na maior parte da cidade, exige-se um afastamento frontal de 5 a 6m. Quanto às taxas de ocupação exigidas podemos observar algo similar; enquanto no Altiplano estas variam entre 20% e 25%, na maior parte da cidade estas mesmas variam entre 30% e 40%, o mesmo ocorrendo com os afastamentos progressivos que sofrem um acréscimo de 4 e 2m para as subzonas B e C respectivamente.

Condicionantes muito semelhantes aos propostos atualmente para o Altiplano, principalmente quanto aos afastamentos e taxas de ocupação dos lotes haviam sido estudados por Peregrino (2005), em experimentos feitos em túnel de vento utilizando a técnica das figuras de erosão de areia, onde diferentes padrões de ocupação do solo, existentes e propostos, foram avaliados em dois bairros do litoral da cidade de João Pessoa. Os

experimentos demonstraram serem satisfatórios os indicadores propostos em relação aos que estabeleciam o zoneamento da área em estudo no referido trabalho.

Avaliando o exposto, é possível perceber que todos os condicionantes e exigências para o uso do solo urbano na Zona Adensável Prioritária (ZAP) do Altiplano são mais generosos do que os estabelecidos para usos semelhantes em outras partes da cidade, exceto quanto aos índices de aproveitamento dos lotes, que ainda estão mantidos em 1,5 (podendo chegar até 2 em casos especiais) para a Zona Residencial 3 (ZR3) que está fora do perímetro adensável prioritário.

Entretanto, o aumento do índice de aproveitamento dos lotes, associado às baixas taxas de ocupação e afastamentos maiores induzem diretamente ao aumento da altura dos edifícios que vêm sendo projetados e construídos no local. A verticalização da área segue em um ritmo acelerado, concentrando-se até então na porção norte da Zona Adensável Prioritária (ZAP) (Figura 47 a) e certamente prosseguirá, ocupando a porção sul (Figura 47 b), adentrando muito em breve pela Zona Residencial 3 (ZR3), que hoje ainda possui índice de aproveitamento mais baixo.

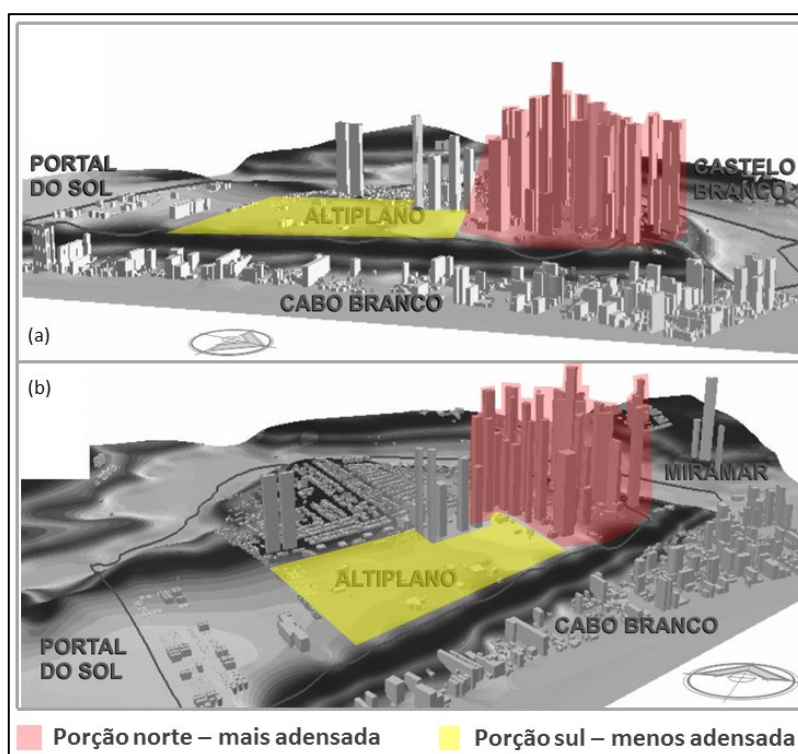


Figura 47: Verticalização da zona adensável prioritária (Baseado em Fernandes, 2013).

A justificativa para este índice inferior até então seria a falta de esgotamento sanitário, mas a rede já foi implantada e liberada para funcionamento, o que certamente fará com que haja grande pressão por parte do setor da construção civil para que sejam revistos os índices de aproveitamento.

## 5 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este capítulo descreve o programa utilizado para a consecução dos experimentos efetivados neste trabalho, apresentando as instalações, procedimentos, configurações dos modelos e demais detalhes dos ensaios realizados no túnel de vento.

### 5.1 CONDIÇÕES DE SEMELHANÇA

De acordo com Machado (2012), semelhança em linhas gerais pode ser entendida como sendo uma relação conhecida entre dois fenômenos, sendo que na mecânica dos fluidos, tal relação se apresenta de maneira usual entre escoamentos em escala natural e em escala reduzida, observando a semelhança entre os contornos geométricos (Shames, 1973).

A confiabilidade do protótipo só é garantida quando satisfeita a correspondência entre o seu comportamento e o do modelo, o que segundo Blessmann (1990), ocorre quando são respeitadas as seguintes semelhanças (Figura 48):

Semelhança geométrica – As formas devem ser similares e estarem dispostas de maneira idêntica relativamente aos dois escoamentos, respeitadas ainda a semelhança entre os detalhes e rugosidades das superfícies dos dois sólidos;

Semelhança cinemática – As velocidades médias, bem como as características da turbulência dos escoamentos devem manter analogia nos dois escoamentos;

Semelhança dinâmica – As forças atuantes sobre dois pontos correspondentes do escoamento devem possuir uma relação constante.

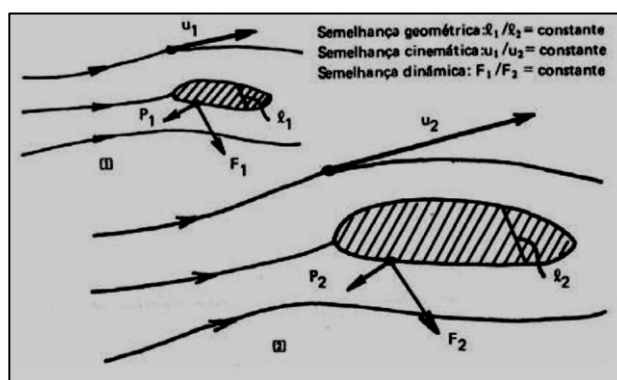


Figura 48: Semelhanças geométrica, cinemática e dinâmica (Blessmann, 2011)

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

Saraiva (1988) salienta que em determinados túneis, devem ser considerados valores críticos para o grau de obstrução do corte transversal do canal através dos obstáculos para que a corrente não sofra excessiva interferência devido ao estreitamento do túnel na seção que corresponde à sua câmara de testes.

Quanto à reprodução das condições de correntes, os padrões característicos de camada limite atmosférica devem ser, no modelo, análogos aos da área de estudo. Tal correspondência é obtida através de ajustes no túnel, onde o uso de números adimensionais garante a conformidade destas condições através de valores característicos e constantes semelhantes aos naturais.

## 5.2 INSTALAÇÕES

A seguir serão detalhadas as instalações onde ocorreram os ensaios, suas especificações técnicas, características e demais informações suficientes e necessárias para a compreensão dos experimentos desenvolvidos no presente trabalho.

### 5.2.1 Túnel de vento Professor Joaquim Blessmann

Os experimentos deste trabalho foram realizados nas instalações do Túnel de Vento Professor *Joaquim Blessmann* da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que por ser um túnel de camada limite de retorno fechado, projetado de maneira específica para a realização de ensaios estáticos e dinâmicos de modelos de construções civis, possibilita a simulação das principais características de ventos naturais e consequente reprodução da camada limite atmosférica, adequando-se perfeitamente às necessidades e garantindo a qualidade dos resultados requeridos em ensaios desta natureza.

O Túnel contribui há 37 anos no desenvolvimento de trabalhos relacionados ao estudo dos efeitos estáticos e dinâmicos na construção civil, e em outras pesquisas, simulando as características do vento e seus efeitos sobre pedestres, dispersão de poluentes, características da camada limite e ventilação interna entre outros (Figura 49).





Figura 49: vista geral do túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (Loredo-Souza, 2007a)

#### 5.2.1.1 Características do túnel

Apresenta relação *comprimento/altura* da câmara principal de ensaios superior a 10, e dimensões 1,30 m x 0,90 m x 9,32 m (largura x altura x comprimento). A velocidade máxima do escoamento de ar nesta câmara, com vento uniforme e de baixa turbulência, sem qualquer modelo, é de 42 m/s (150 km/h). O número de Reynolds do túnel é  $= 2,6 \times 10^6$  e este é equipado com um motor elétrico de 100 HP, responsável pelo acionamento das hélices do ventilador e tem a velocidade do escoamento se dá através de um inversor de frequências.

Maiores detalhes e informações acerca do referido túnel de vento e sua eficácia, podem ser vistos nas descrições apresentadas em Blessmann (1990).

#### 5.2.1.2 Mesas para fixação do modelo

O Túnel de Vento Professor *Joaquim Blessmann* conta com quatro mesas de ensaio giratórias para a fixação dos modelos denominadas mesas M-I, M-II, M-III e M-IV, cada uma delas com finalidades e aplicações específicas, descritas a seguir:

- a) Mesa M-I – devido a sua localização no início da câmara de ensaios, possui fluxo de ar de baixa turbulência e camada limite de pequena espessura. É apropriada para ensaios do tipo aeronáutico no piso do túnel e pesquisa em formas geométricas simples em modelos bi ou tridimensionais;
- b) Mesa M-II – utilizada para ensaios em obras civis, com uso de diferentes configurações de blocos no piso, associados aos geradores de turbulência na câmara de simuladores, permitindo a simulação da camada limite atmosférica. Também permite ensaios aeronáuticos no eixo do túnel e possibilita a aferição de anemômetros e tubos de Pitot-Prandtl;
- c) Mesa M-III – esta foi construída com o objetivo específico de simular efeitos dinâmicos em estruturas altas como chaminés, pilares de viadutos, torres de televisão e mastros;
- d) Mesa M-IV – tem como característica principal a sua localização no retorno do túnel, onde a seção transversal é de 240 x 210 cm. É apropriada para ensaios de dissipação de poluentes, análise da influência da topografia sobre os ventos, modelos de pontes e simulação de chuvas entre outros.

É possível verificar a planta do túnel e a respectiva localização das mesas de ensaio descritas na Figura 50, mostrando em destaque com preenchimento colorido a mesa M-II (utilizada nos ensaios deste trabalho), salientando que o escoamento no interior do mesmo ocorre no sentido horário.

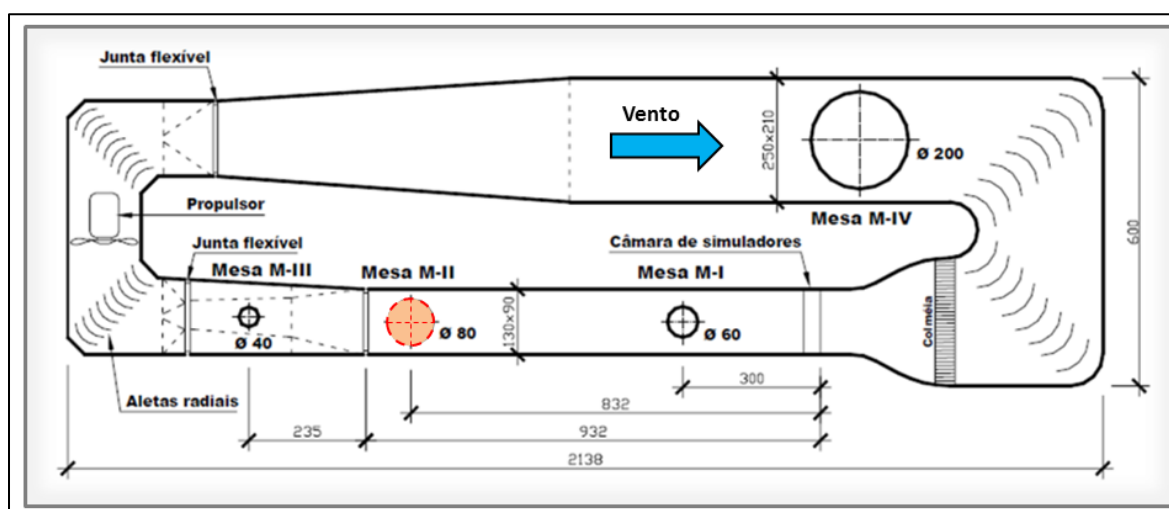


Figura 50: vista em planta do túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (Loredo-Souza 2007a).

A mesa M-II foi escolhida para levar a cabo os ensaios desta pesquisa visto que através do posicionamento de elementos simuladores das rugosidades necessárias a barlavento do modelo, sobre o piso do túnel, e ainda o uso de geradores de turbulência localizados no início da câmara de ensaios, possibilita a simulação da camada limite atmosférica.

### 5.3 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE VENTO NO TÚNEL

A velocidade de vento no túnel foi determinada a partir da determinação da medida diferencial de pressão estática ( $\Delta p_a$ ), com base na leitura obtida dos dois anéis piezométricos situados nos extremos dos convergentes, na entrada da seção de trabalho. As leituras foram feitas através de um micromanômetro ManoAir 500, que além das leituras de pressão faz também medidas de temperatura e pressão atmosférica (Figura 51).



Figura 51: ManoAir e mangueiras de conexão aos anéis piezométricos.

Sendo possível a relação entre a pressão dinâmica em um ponto determinado do túnel e a diferença de pressão entre os anéis piezométricos, é possível calcular tanto a velocidade do escoamento quanto a pressão dinâmica em qualquer ponto do mesmo, simplesmente efetuando a leitura da pressão de referência em um ponto da seção que se queira.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

A velocidade do escoamento é dada por:

$$V = \sqrt{\frac{2q}{\rho_{ar}}} \quad (\text{equação 1})$$

Onde:  $q = k_0 \Delta p a$  (equação 2)

$$\rho_{ar} = 0,0474 \frac{P_{atm}}{T} \left[ \frac{kgf.s^2}{m^2} \right] \quad (\text{equação 3})$$

$q$  é a pressão dinâmica ao longe  $= \frac{1}{2} \rho_{ar} V^2$  [mmHg];

$\rho_{ar}$  é a massa específica do ar;

$T$  é a temperatura [K];

$P_{atm}$  é a pressão atmosférica;

$\Delta p a$  é a variação de pressão entre os dois anéis piezométricos [mmH<sub>2</sub>O];

$k_0$  é a relação entre a pressão dinâmica em um determinado ponto do túnel e a variação da pressão entre os anéis piezométricos.

#### 5.4 SIMULAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL

Para que os resultados obtidos nos estudos voltados à engenharia civil em túneis de vento tenham confiabilidade, segundo Davenport e Isyumov (1967) se faz necessária a simulação fiel das principais características do vento natural, pois sem isto os dados obtidos podem se desviar significativamente da realidade, tornando-os inválidos ou não confiáveis.

No túnel, a reprodução das condições de vento é conseguida mediante uma associação correta de obstáculos distribuídos em uma gaveta no início da câmara de ensaios e blocos colocados no piso da secção principal de ensaios. Dispositivos de rugosidade retardam a velocidade do vento e geram turbulência quando distribuídos em uma determinada extensão sobre o piso do túnel, possibilitando a obtenção de uma escala adequada da estrutura do vento à baixa altitude. Desta forma é possível simular a camada limite atmosférica em escala, e turbulências diversas vinculadas a tal simulação.

Outros dispositivos como telas curvas ou planas, de malha variável, grelhas de malha quadrada ou retangular, grelha única de malha variável, ou diversas grelhas superpostas, telas uniformes e triângulos de diversas formas geométricas podem ser utilizados de maneira associada aos anteriormente citados buscando uma melhor reprodução das características do vento natural e a geração de diversas camadas limite.

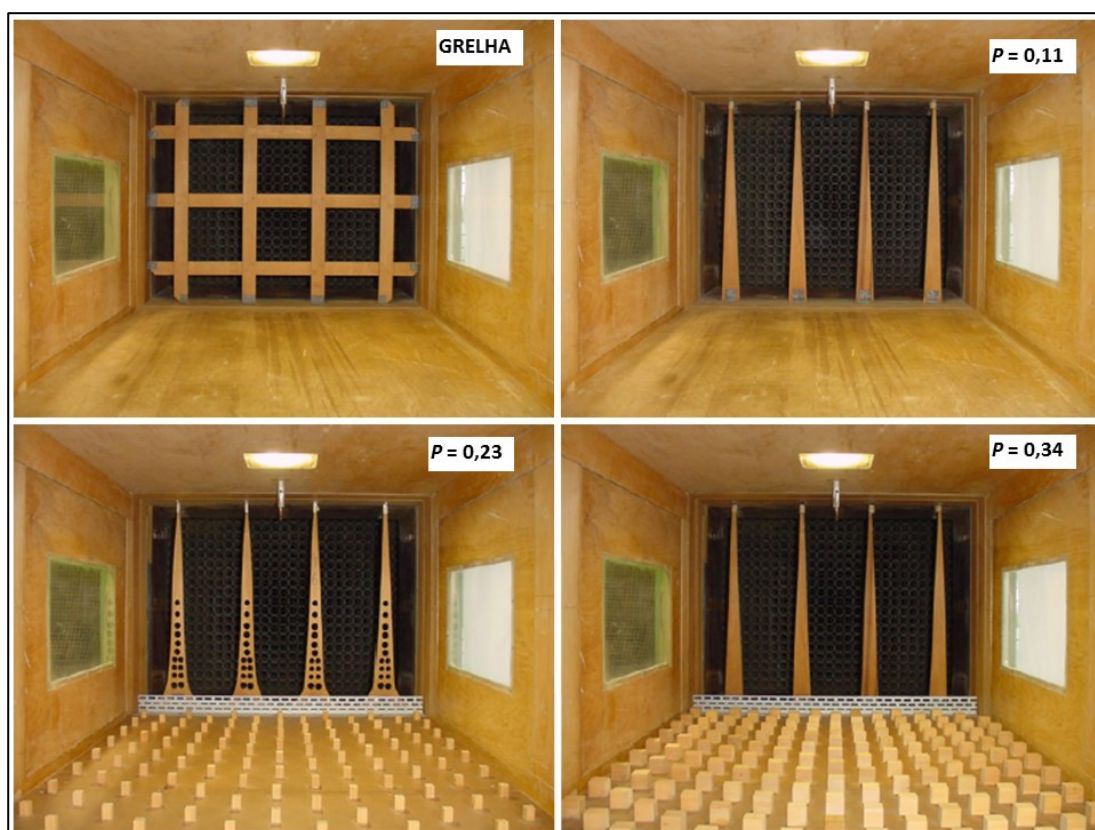


Figura 52: Dispositivos geradores de camada limite do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann (Baseado em Loredo-Souza et al., 2004).

Outra forma de reprodução das características do vento natural se dá através do lançamento de jatos de ar perpendicularmente ao vento gerado no túnel. Em Blessmann (1982) e (1990), maiores detalhes a respeito da simulação das condições de vento natural no túnel de vento do Laboratório de Aerodinâmica das Construções (LAC) são passíveis de consulta.

Por questões óbvias as equipes que operam os túneis de vento estudam previamente quais os dispositivos, ou combinação entre eles, são necessárias para a simulação dos perfis de velocidades médias mais utilizados e guardam tais configurações para utilização posterior.

As configurações de ensaio usadas no túnel de vento Professor Joaquim Blessmann para a simulação dos perfis de velocidades médias relativas aos expoentes  $p = 0,11$ ,  $0,23$  e  $0,34$  da lei Potencial (equação 4) encontram-se descritas em Loredou-Souza et al. (2004), que mostra ainda um gráfico (Figura 53) apresentando os perfis de velocidades médias para os três expoentes mencionados e para uma configuração utilizando grelha posicionada em duas mesas de ensaio, respectivamente M-I e M-II.

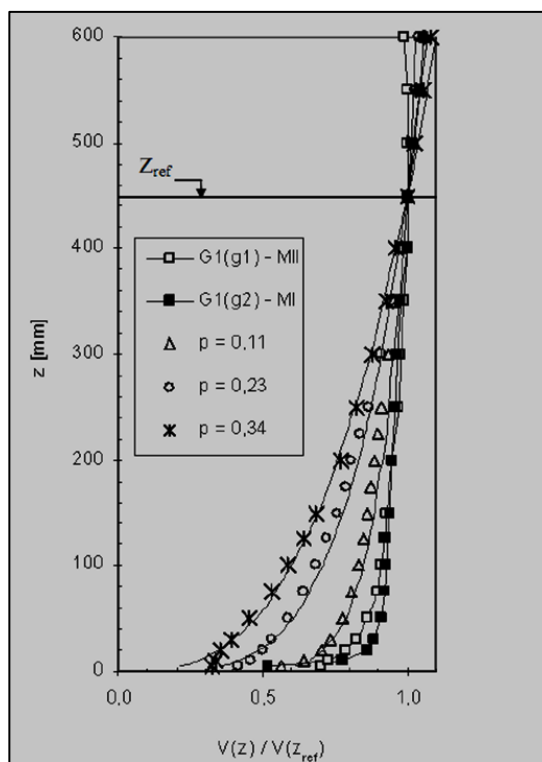


Figura 53: Perfil de velocidade média para o túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (Baseado em Loredou-Souza et al., 2004)

A lei Potencial é dada por uma equação empírica que descreve bem a camada limite atmosférica e embora não possua uma justificativa teórica, é largamente utilizada para a representação do perfil médio de velocidades.

Segundo Loredo-Souza et al. (2004) o perfil de velocidade média em lei de Potência é dado pela seguinte fórmula:

$$\frac{V(z)}{V_{zref}} = \left( \frac{z-zd}{zref} \right)^p \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

$V(z)$  = Velocidade do vento à altura desejada (m/s);

$V_{(zref)}$  = Velocidade do vento à uma altura de referência (m/s);

$z$  = Altura desejada (m);

$zd$  = Altura da subcamada sobre a superfície (m);

$z_{ref}$  = Altura de referência (m);

$p$  = Expoente que representa o tipo de terreno.

Os modelos utilizados esta pesquisa foram ensaiados na mesa M-II do túnel de vento do LAC e foram submetidos a ventos com perfis de velocidades médias de expoentes  $p = 0,11$  (Categoria I) e  $p = 0,23$  (entre as Categorias III e IV). De acordo com a NBR 6123 da ABNT, as Categorias I, III e IV, possuem as características descritas a seguir:

**Categoria I** – terreno de superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5,0 km de extensão.

Exemplos:

Mar calmo;

Lagos, rios e pântanos sem vegetação.

**Categoria III** – terreno plano ou ondulado com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.

Exemplos:

Granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos;



Fazendas com sebes e/ou muros;

Subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0 m.

**Categoria IV** – terreno coberto por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.

Exemplos:

Zonas de parques e bosques com muitas árvores;

Cidades pequenas e seus arredores;

Subúrbios densamente construídos de grandes cidades;

Áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m. Esta categoria inclui também zonas com obstáculos maiores e que ainda não possam ser consideradas na Categoria V.

## 5.5 DESCRIÇÃO DOS MODELOS

Para que o modelo a ser utilizado nos ensaios em túnel aerodinâmico possa reproduzir com segurança as situações pretendidas na pesquisa, foram obedecidos os critérios de semelhança já relatados.

Sendo assim, para a execução dos dois modelos da área objeto do estudo foi adotada a escala geométrica de 1/400, que se mostrou adequada para os ensaios, garantindo a turbulência dos escoamentos (números de Reynolds suficientemente elevados), assegurando que fenômenos de blocagem não ocorreriam, e sendo ainda facilmente integrada à mesa M-II na câmara de testes do túnel de vento Professor Joaquim Blessmann, cujas características se encontram detalhadas em 5.2 Instalações.

Os modelos foram construídos na oficina do Laboratório de Aerodinâmica das Construções da Universidade Federal do Rio grande do Sul, e são compostos por uma placa circular de madeira compensada com um diâmetro de 1,28 m que foi fixada à mesa circular do túnel e uma placa complementar, do mesmo material, compondo uma mesa auxiliar fixada a sotavento da mesa circular na seção de ensaios. O uso de uma mesa auxiliar se fez necessário



para que se pudesse cobrir toda a área a ser ensaiada. Quando acopladas as duas mesas têm a forma e dimensões mostradas na Figura 54.

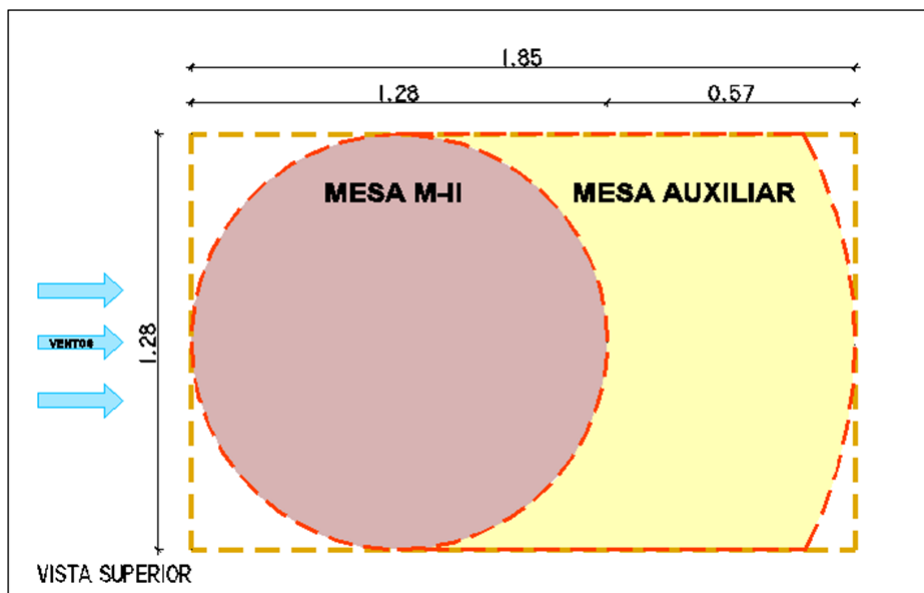


Figura 54: Mesas base para apoio do modelo no túnel de vento



Figura 55: Mesa M-II e Mesa Auxiliar na câmara de testes do túnel de vento

Para representação física dos padrões de ocupação do solo urbano utilizados nos ensaios, os prismas dos edifícios foram confeccionados em madeira e *Medium Density Fiberboard* (MDF) pintado, reproduzindo a geometria das edificações em questão, excetuando-se os detalhes que na escala utilizada teriam a sua execução impossibilitada, sem comprometimento dos resultados objetivados nos ensaios. Os prismas foram colados ou aparafusados posteriormente sobre a base do modelo, constituindo cada um dos dois padrões de adensamento ensaiados; a maquete por sua vez, foi fixada à mesa M-II e ao piso da câmara de testes do túnel (Figura 56).



Figura 56: vista parcial dos prismas das edificações

### 5.5.1 Configurações dos adensamentos

Para os ensaios no túnel de vento os modelos receberam duas configurações de adensamento distintas, representativas de momentos diferenciados da ocupação da área ante as alterações ocorridas na legislação urbanística estabelecida pela Prefeitura Municipal de João Pessoa para o bairro do Altiplano. Os dois adensamentos ensaiados e as suas características são descritos a seguir.

### 5.5.1.1 Adensamento 1 (modelo M1)

Reproduz fielmente a ocupação da área, antes da modificação da legislação que passou a possibilitar a construção de edifícios mais altos (Figura 57). A maior parte das edificações existentes à época apresentava uso residencial unifamiliar, com gabarito em altura de até dois pavimentos, obedecendo aos índices urbanísticos constantes na legislação em vigor à época (afastamentos, taxas de ocupação, índices de aproveitamento), conforme descrito no Capítulo 4.

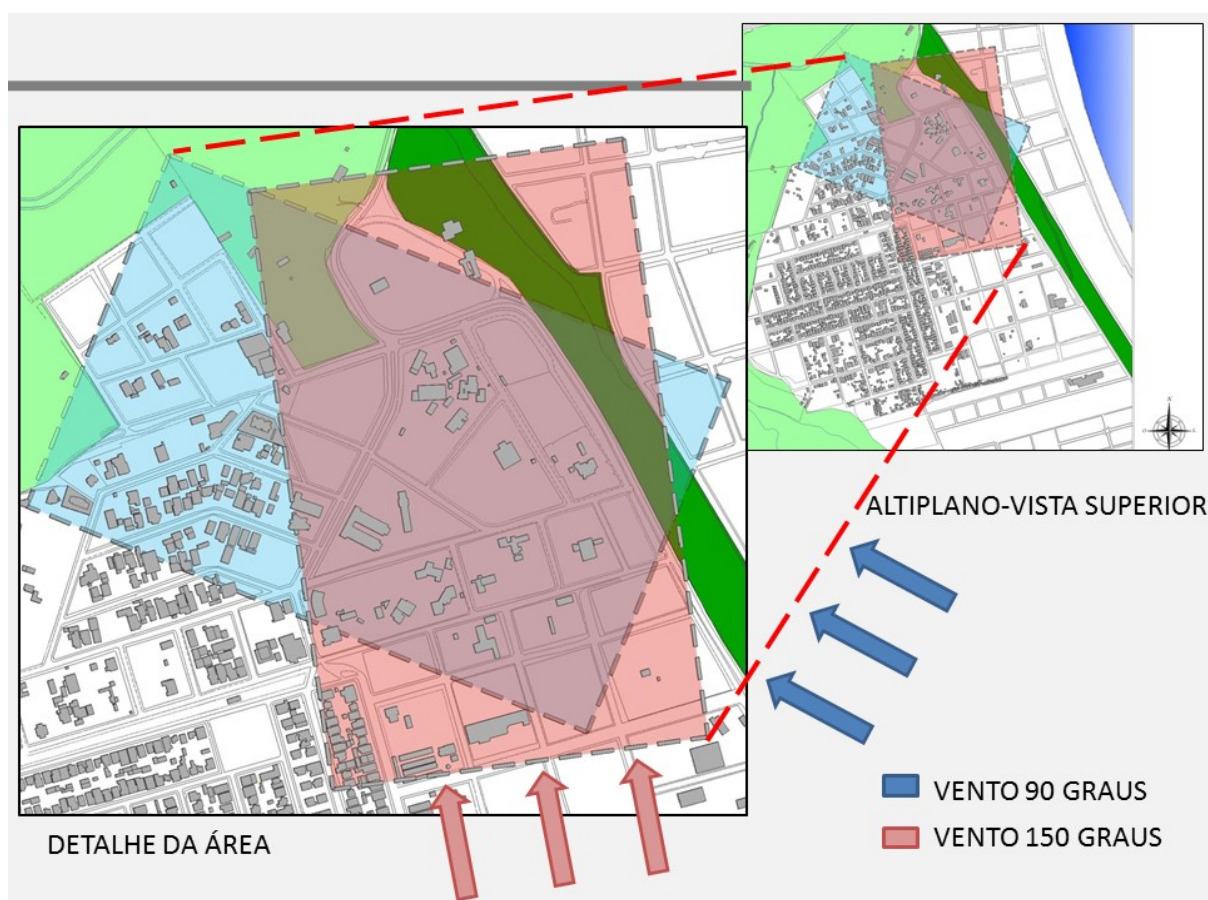


Figura 57: Vista superior Adensamento 1 (modelo M1).

Na elevação Sul, mostrada na Figura 58, é possível perceber as características do gabarito em altura das edificações que antes existiam na área de estudo. Exceto dois ou três edifícios que fugiam a este padrão, e se destacam por isso, o perfil se mostrava notadamente horizontal, formado por edificações residenciais unifamiliares com no máximo dois pavimentos de altura.

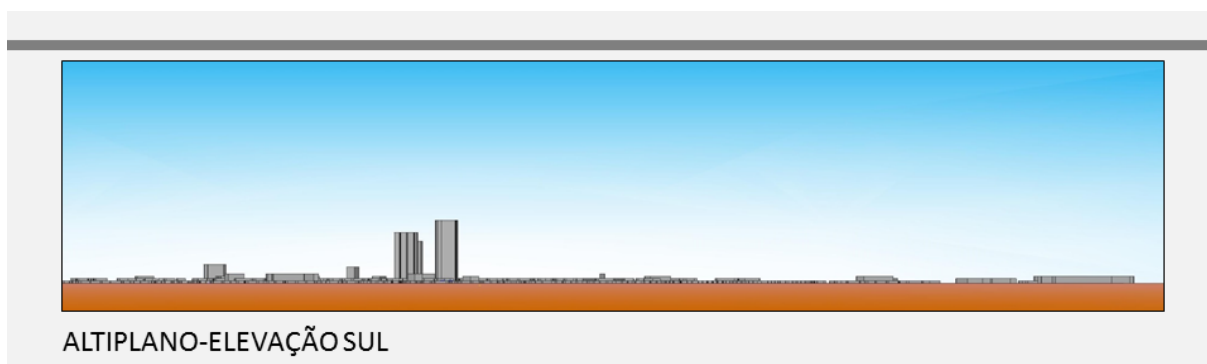


Figura 58: Elevação Sul do Adensamento 1 (modelo M1)

A Figura 59 mostra uma vista em perspectiva da área do Altiplano, com um detalhe ampliado da área de estudo do modelo M1, e ainda destaca as duas direções de vento ensaiadas.

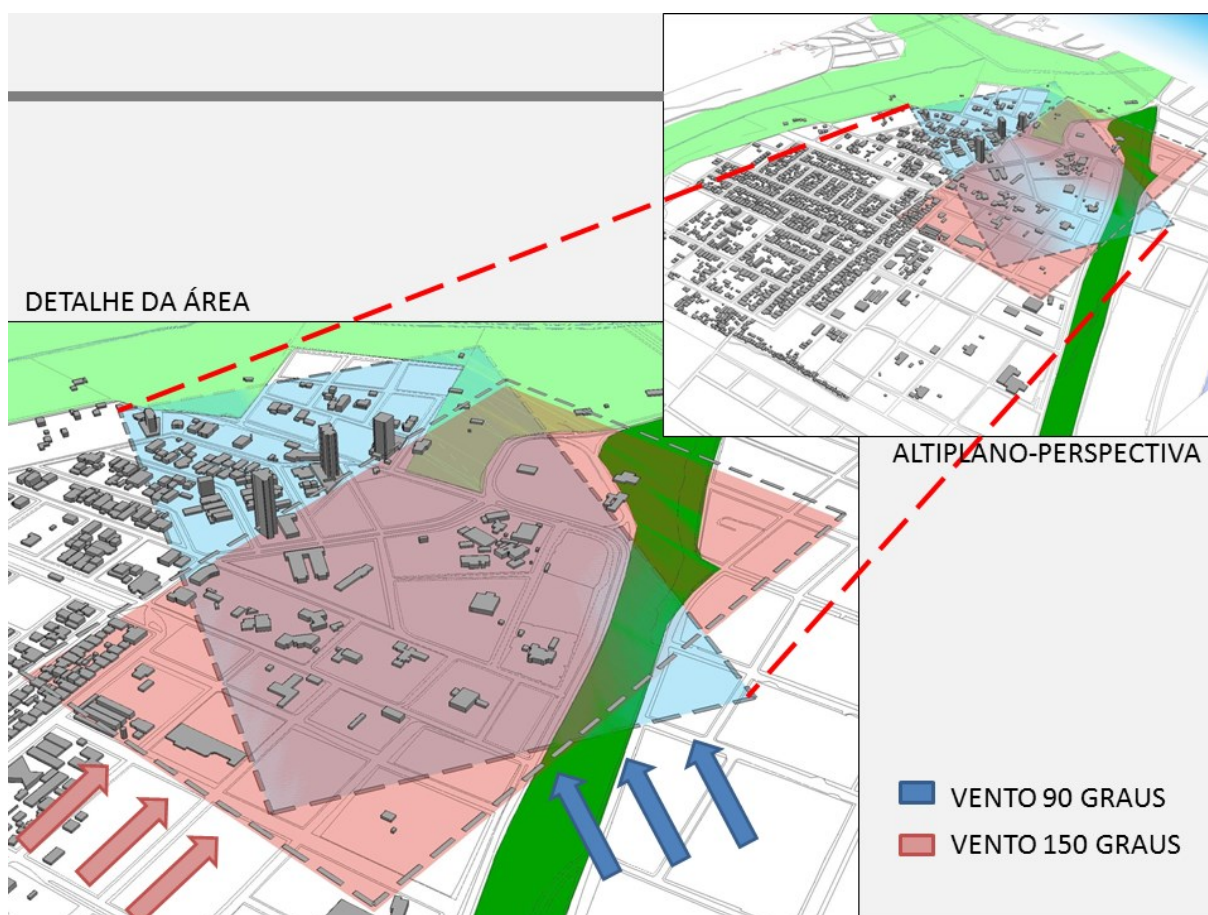


Figura 59: Perspectiva geral e detalhe da área do Adensamento 1 (modelo M1)



### 5.5.1.2 Adensamento 2 (modelo M2)

Apresenta a ocupação atual da área (Figura 60), com os edifícios em construção e outros com projetos aprovados pelos órgãos competentes e com alvarás de construção expedidos até o final do levantamento feito para o trabalho, o que ocorreu em meados de 2013. A maior parte das edificações apresenta uso residencial ou em quantidade muito pequena uso misto comércio/serviço/residencial, obedecendo aos índices urbanísticos constantes na legislação em vigor nos dias atuais (afastamentos, taxas de ocupação, índices de aproveitamento), mais permissiva quanto à construção de edifícios com gabarito em altura bem maiores como visto no Capítulo 4.

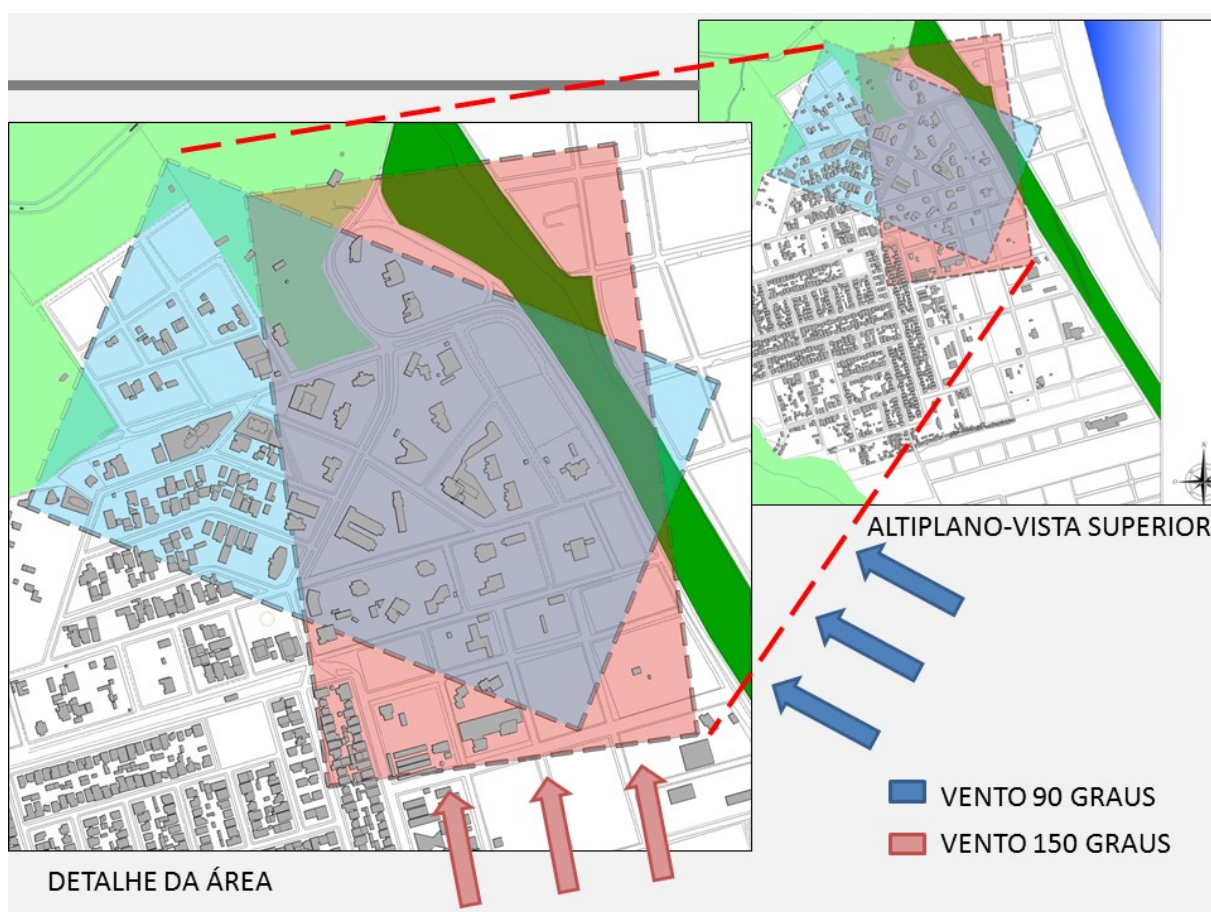


Figura 60: Vista superior Adensamento 2 (modelo M2).

Na elevação Sul, mostrada na Figura 61, é possível perceber as características do gabarito em altura das edificações da ocupação atual da área de estudo. Nesta o perfil assume características verticais bastante enfáticas, apresentando edifícios residenciais multifamiliares

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

ou de uso misto com gabarito em altura que chega algumas vezes a ultrapassar os 50 pavimentos.

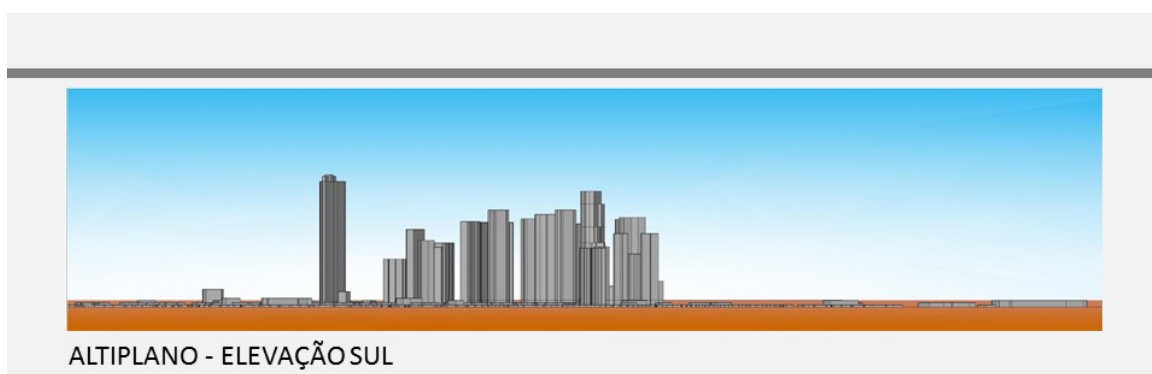


Figura 61: Elevação Sul Adensamento 2 (modelo M2)

A Figura 62 mostra uma vista em perspectiva da área do Altiplano, com um detalhe ampliado da área de estudo do modelo M1, e ainda destaca as duas direções de vento ensaiadas.

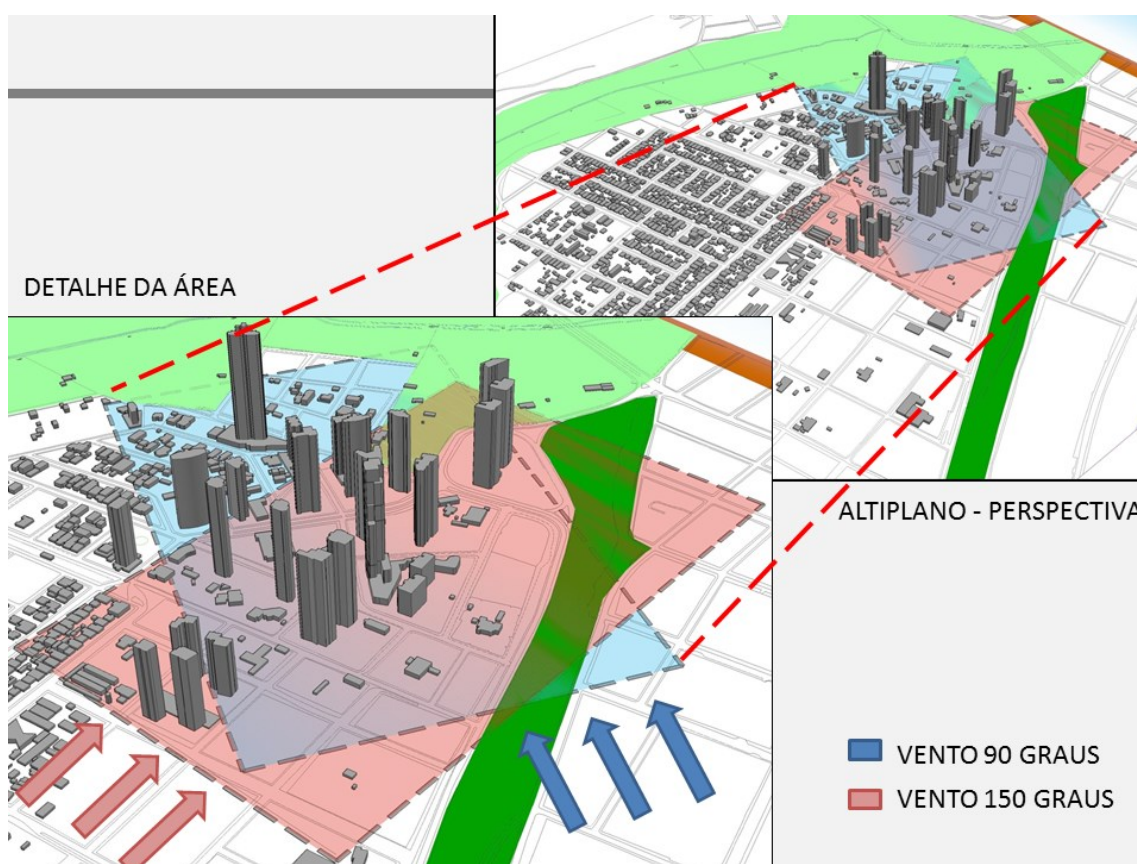


Figura 62: Perspectiva geral e detalhe da área do Adensamento 2 (modelo M2)

## 5.6 EXPERIMENTOS

Os experimentos efetivaram um plano de medições para os campos de velocidades nos modelos ensaiados a partir da determinação de um grid tridimensional de pontos de 7 x 8 x 10 sobre as áreas ensaiadas, totalizando 560 pontos de aquisição em cada uma das 4 situações ensaiadas.

Este grid tridimensional é formado por 7 linhas horizontais que serão representadas pela letra L, seguidas pelo algarismo romano sequencial correspondente à sua posição. Desta forma, será denominada de LI a primeira, até LVII, a última do grid horizontal.

Quanto aos pontos, estes serão identificados respeitando a sua posição no grid horizontal pela letra P, seguida do algarismo arábico correspondente à sua localização. Para a determinação dos perfis de velocidades as aquisições foram feitas em 10 alturas por ponto do grid horizontal. Como exemplo de notação, considerando a Figura 63 como sendo correspondente ao modelo M1 com ângulo de ataque do vento a 90°, ao fazermos referência a aquisição dos dados, o faríamos através da notação **M1.90-LI.P1**, que foram medidas nas 10 alturas apresentadas como *layers* na referida figura.

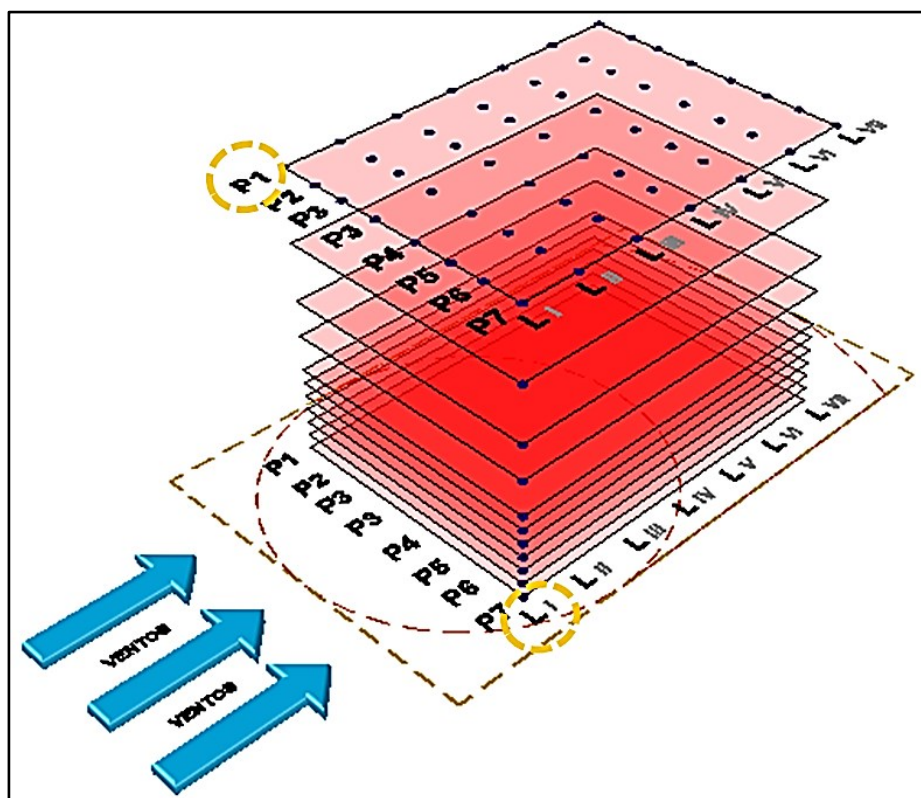


Figura 63: Perspectiva esquemática do grid de pontos.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

Para facilitar a compreensão dos ensaios e a apresentação dos modelos ensaiados, a orientação até então utilizado no trabalho para a área objeto de estudo, que se dava tomando como base o posicionamento cartográfico universal, sofrerá uma rotação como mostrado na Figura 64.

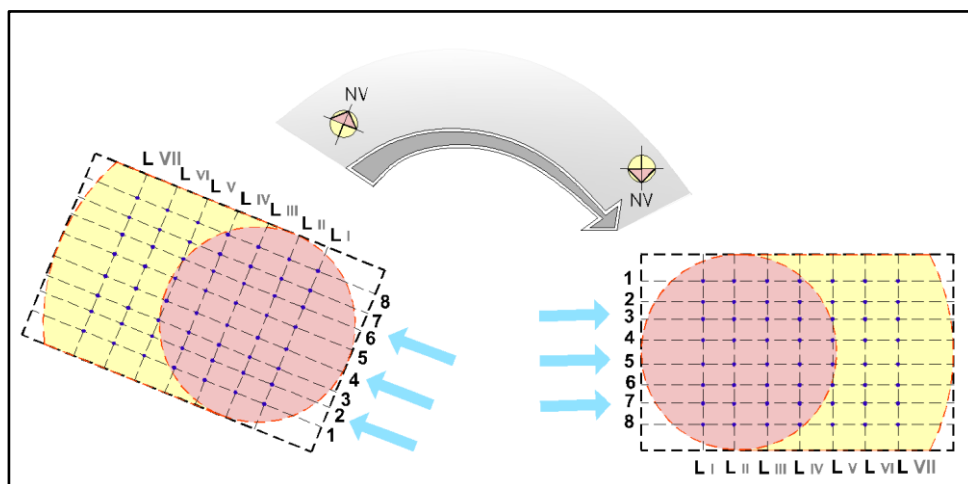


Figura 64: Rotação dos modelos.

A partir deste ponto do trabalho, o novo posicionamento para apresentação dos modelos será o apresentado na vista superior e elevação mostrada na Figura 65.

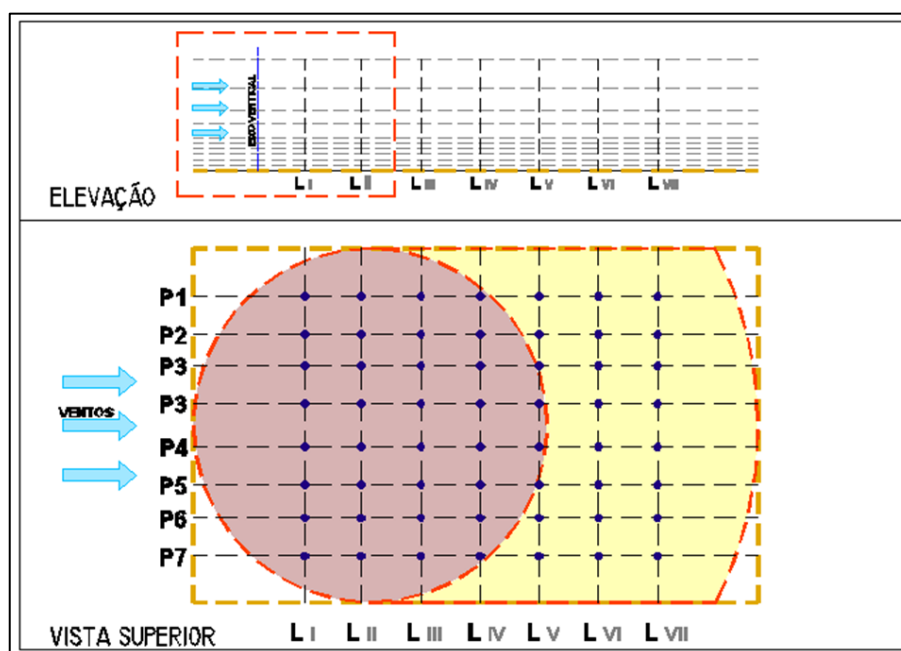


Figura 65: Vista superior e elevação - novo posicionamento para apresentação do modelo.



Reposicionados desta forma será possível uma melhor interpretação visual dos resultados apresentados nos gráficos de perfis de velocidades que possuem um padrão de representação estabelecido, onde valores positivos crescem à direita e acima dos eixos X e Y respectivamente.

As 10 alturas estabelecidas para os pontos de aquisição de dados são as apresentadas no detalhe da elevação mostrado na Figura 66. As alturas aparecem à esquerda do eixo vertical na escala do modelo, e a direita, na escala real, estando o ponto mais alto de medição à altura dos edifícios de maior gabarito encontrados na área. As alturas estabelecidas para os pontos de aquisição no modelo foram a partir da altura zero a cada 20 mm até a altura de 120 mm, totalizando 6 pontos no intervalo. Após a altura de 120 mm temos pontos a 170 mm, 220 mm, 300 mm e 400 mm, totalizando 10 pontos de aquisição.

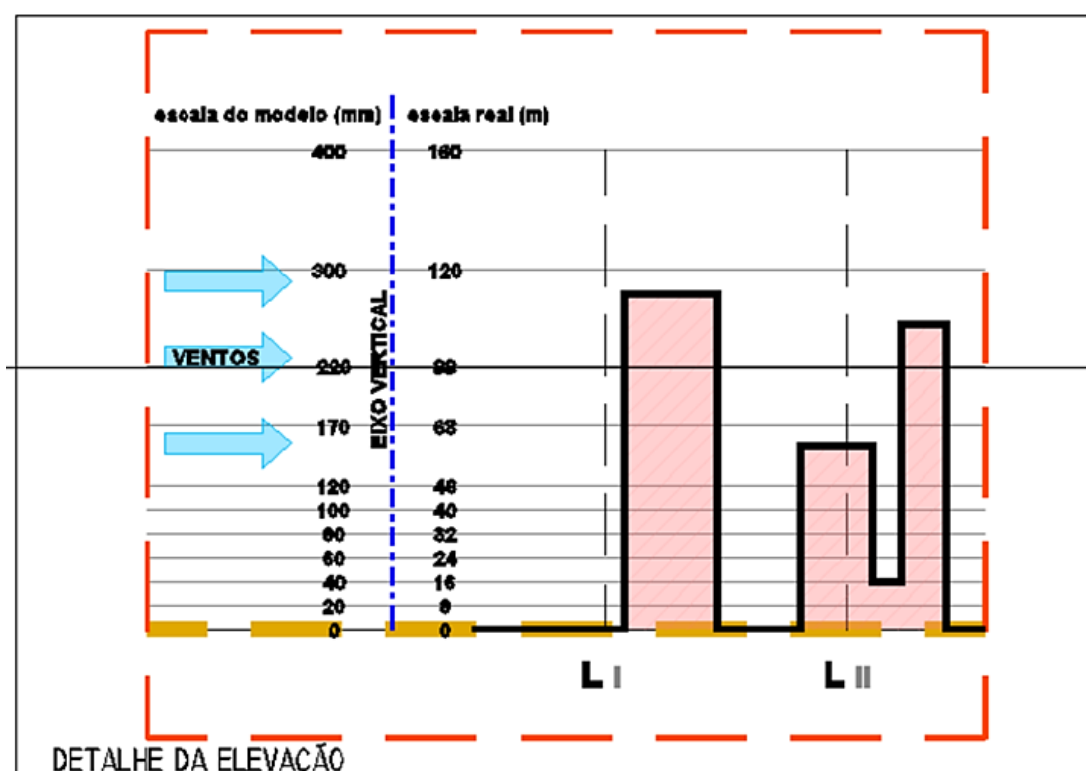


Figura 66: Detalhe esquemático da elevação - alturas dos pontos de aquisição.

A Figura 67 mostra um perfil esquemático em sua representação coincidindo com o modelo reposicionado.

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

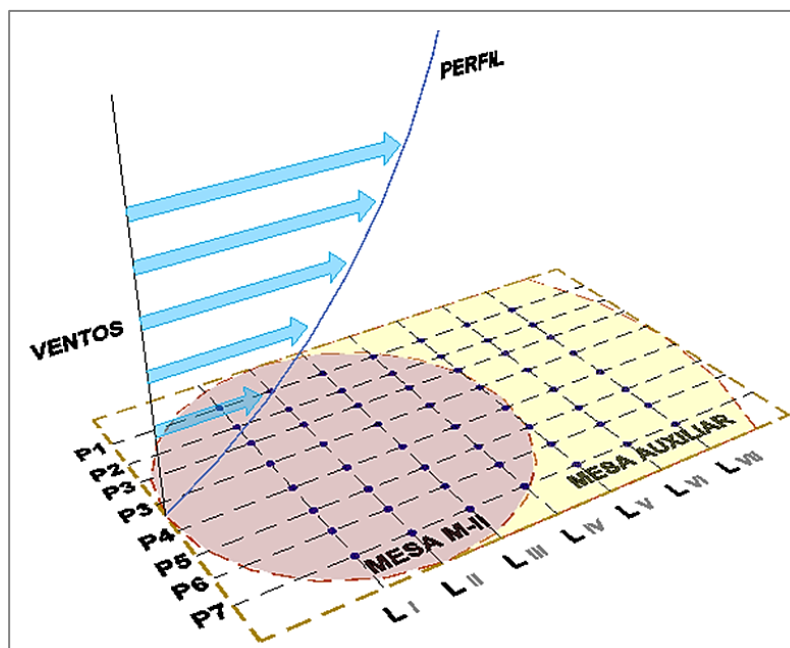


Figura 67: Representação de um perfil esquemático sobre o modelo.

### 5.6.1 Ensaios no túnel de vento

Os ensaios seguiram o modelo sequencial descrito na Figura 68, e segue comentado na sequência.

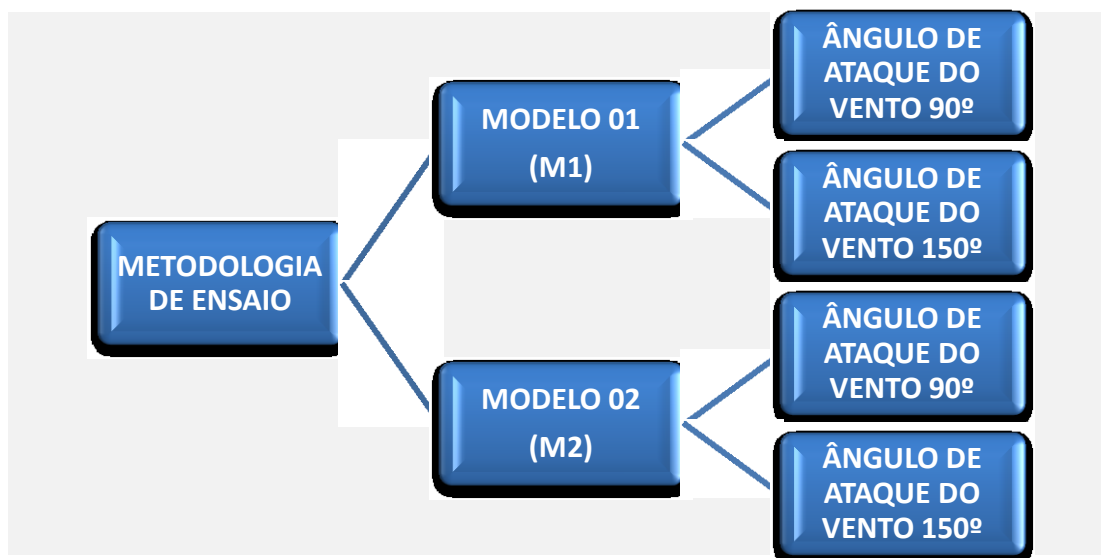


Figura 68: representação esquemática do programa de execução dos ensaios

Foram ensaiados dois modelos, cada um deles com uma configuração de adensamento urbano diferenciada conforme descrito em 5.5.1 Adensamentos, que serão denominados a partir de então M1 (adensamento 1) e M2 (adensamento 2) para uma identificação simplificada.

Cada um dos modelos (configurações de adensamentos) foi submetido nos ensaios realizados a dois ângulos de ataque (incidência) de vento distintos, sendo eles 90° e 150°, que de acordo com a rosa dos ventos estabelecida por Silva (1999) para a cidade de João Pessoa apresentada no Capítulo 4, dentre os mais frequentes são o de menor e o de maior frequência respectivamente. Assim então, a nomenclatura M1.90 passa a representar o modelo do adensamento 1, submetido ao ângulo de ataque de 90°, seguindo-se de M1.150, M2.90 e M2.150, obedecendo o mesmo raciocínio.

Para o ângulo de ataque de 90° foi adotado o expoente  $p = 0,11$ , e para o de 150° o expoente  $p = 0,23$ , correspondentes às categorias de rugosidade superficial I e entre III/IV citadas na Norma NBR 6123, e apresentadas em 5.4 (Simulação das características do vento natural).

O Quadro 5 resume as principais informações acerca dos ensaios realizados no túnel de vento, tendo estes dados sido explicados ao longo do Capítulo 5 (PROGRAMA EXPERIMENTAL) deste trabalho.

Quadro 5: Quadro resumo dos ensaios

ENSAIOS	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE	ÂNGULO DE ATAQUE DO VENTO (Graus)	QUANTIDADE DE PONTOS DE AQUISIÇÃO (Unidades)	TEMPO DE AQUISIÇÃO POR PONTO (s)	ALTURA DE AQUISIÇÃO (mm)
M1.90	0,11 (Categoria I)	90	560	32	20, 40, 60, 80, 100, 120, 170, 220, 300 e 400
M1.150	0,23 (Categoria entre III/IV)	150	560	32	20, 40, 60, 80, 100, 120, 170, 220, 300 e 400
M2.90	0,11 (Categoria I)	90	560	32	20, 40, 60, 80, 100, 120, 170, 220, 300 e 400
M2.150	0,23 (Categoria entre III/IV)	150	560	32	20, 40, 60, 80, 100, 120, 170, 220, 300 e 400

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

## 5.6.2 Instrumentação

Devido às características particulares dos escoamentos turbulentos, faz-se necessário, nos seus estudos experimentais, a utilização de instrumentos com alta velocidade de resposta que possibilitem o registro das variações de velocidade de maneira quase que instantânea. Apresentando estas características, neste trabalho foi utilizado o anemômetro de fio quente. Em algumas situações específicas, foram também utilizados tubos de Pitot-Prandtl para medir velocidade média, devido ao seu manejo simplificado.

### 5.6.2.1 Velocidade de referência

A velocidade de referência no túnel de vento foi medida com um tubo Pitot/Prandtl a uma altura de 400 mm a partir do piso da seção do túnel, correspondendo a 160 m de altura no modelo ensaiado cuja escala geométrica adotada foi a de 1/400. As velocidades de referência são necessárias inclusive para a determinação de coeficientes de velocidades adimensionais.



Figura 69: tubo de Pitot no interior do túnel de vento

### 5.6.2.2 Anemometria de fio quente

Embora existam variados tipos de anemômetros, construídos e operados de formas distintas, quando tratamos de medições de baixas velocidades os que se baseiam no princípio das trocas de calor são certamente os mais indicados.

Entre outras observações, Wittwer (2006) comenta que a técnica da anemometria de fio quente faz uso de sondas, que são resistências de tungstênio coberto com platina, com filamento de diâmetro muito pequeno ( $5\mu\text{m}$ ), de forma que a sua interferência no escoamento é mínima. Este filamento tem como características uma grande velocidade de resposta e alta sensibilidade. O mesmo autor ainda afirma que, em determinadas condições, o escoamento ocasiona uma perda de calor instantânea no sensor, consistindo então em uma medida da velocidade instantânea do escoamento.

Nos ensaios efetivados foi utilizado sistema de medição anemômetro de fio quente Dantec Dynamics, modelo CTA (*Constant Temperature Anemometer*) e sondas modelo 55P11, para a medição das flutuações de velocidade no modelo.

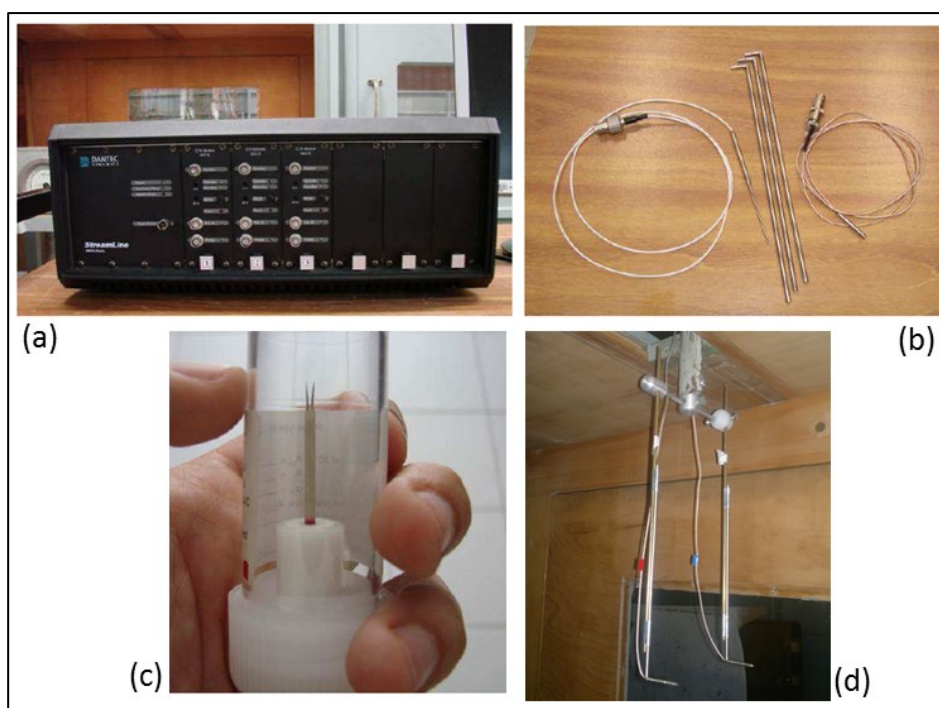


Figura 70: sistema de anemometria. (a) anemômetro, (b) suportes, (c) sonda e (d) conjunto montado no túnel de vento.

O programa computacional usado para os registros dos dados adquiridos foi o Stream Ware, também da Dantec Dynamics, sendo possível assim a conversão dos dados de tensão medidos, em velocidades do vento.

Em todos os ensaios realizados o tempo de aquisição das velocidades instantâneas do vento foi de 32 segundos visando garantir a quantidade e qualidade dos dados, sendo também

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

tomadas medidas de temperatura e pressão atmosférica ambiente visando à correção da massa específica do ar para cálculo da velocidade do vento.

O Coordenômetro, responsável pelo posicionamento e deslocamento das sondas no interior do túnel de vento, teve duas delas fixadas a sua haste possibilitando assim a aquisição dos dados nos pontos estabelecidos. O Coordenômetro possibilitou o deslocamento das sondas no sentido transversal à seção do túnel, bem como no sentido vertical (eixo Z), onde foram estabelecidas 10 alturas de aquisição, conforme o grid 3D descrito em 5.6 (Experimentos).

A distância horizontal adotada entre as duas sondas foi de 130 mm e os pontos de medição P1 e P8, primeiro e último ponto de aquisição de cada linha respectivamente, distaram aproximadamente 190 mm da parede do túnel. As sondas foram identificadas pelas cores azul e vermelha apenas para efeito de operacionalização dos dados obtidos (Figura 71), e sendo assim, 4 posições do par de sondas em cada uma das 7 linhas geraram 8 pontos de aquisição de dados repetidos a cada uma das 10 alturas estabelecidas para os ensaios, totalizando 560 pontos de medição.



Figura 71: (a) detalhe do conjunto suporte/sonda e (b) modelo na câmara de ensaios do túnel

Todos os ensaios seguiram o mesmo programa experimental, sendo os dois modelos, nos quatro ensaios, submetidos às mesmas condições de simulação, instrumentação, aquisição, registro e tratamento dos dados obtidos.

## 6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados dos quatro ensaios realizados no túnel de vento Professor Joaquim Blessmann.

A princípio serão comparados os perfis obtidos nos pontos de P1 a P8 sobre cada uma das linhas de LI a LVII, nos dois modelos (M1 e M2), tanto para o ângulo de ataque de vento de 90° quanto para o de 150°. O confronto destes resultados possibilitará uma varredura do modelo avaliando o comportamento dos perfis ao longo de cada linha, ante aos obstáculos físicos encontrados em cada uma das configurações de adensamento e direções de vento ensaiadas.

Na sequência serão avaliados comparativamente os perfis obtidos dos pontos P1 a P8 ao longo das linhas longitudinais de cada um dos modelos, visando compreender o comportamento dos perfis em tais posições à medida que o vento avança sobre os adensamentos e suas alterações, nos ensaios realizados para cada um dos ângulos de ataque do vento.

A Figura 72 mostra o sentido de leitura sobre os modelos adotado na apresentação dos resultados.

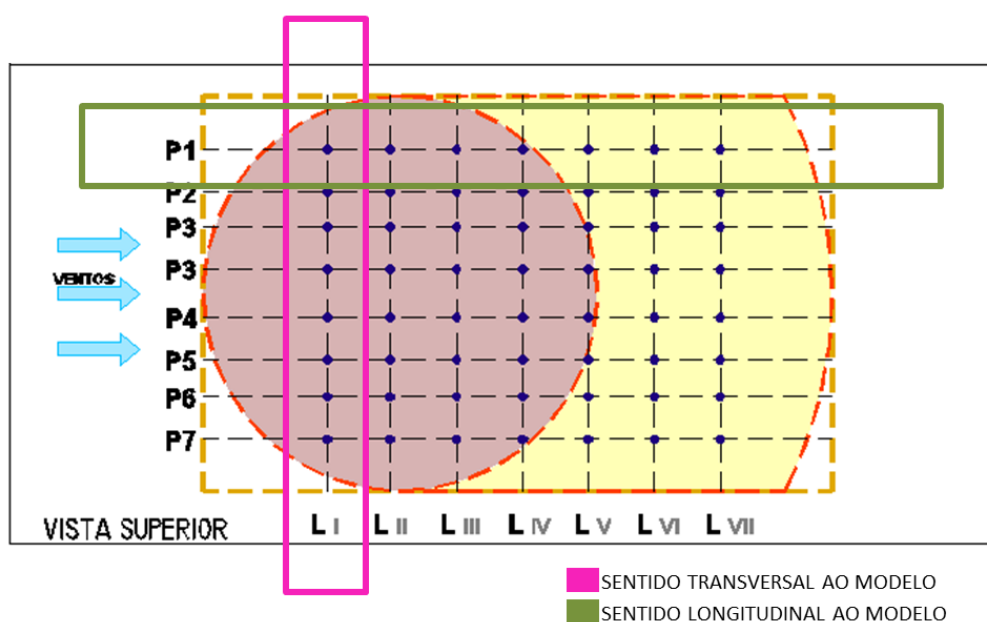


Figura 72: sentido de leitura utilizado para a apresentação dos resultados

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

## 6.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS TRANSVERSAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 90°

### 6.1.1 Comparativo M1/M2.90-LI

Ao longo da linha LI, a barlavento dos modelos, os perfis dos pontos P1 a P8 em M1 e M2 apresentam características bastante semelhantes. O vento até então não se depara com obstáculos de maior porte, sendo estes em sua maioria edifícios de apenas 1 pavimento de altura, e desta forma os perfis apresentam pequenas diferenças nos valores das velocidades se comparamos M1 e M2.

Os perfis dos pontos P1 e P8, nos flancos dos dois modelos, apresentam características mais próximas das encontradas no perfil de referência, sendo que em ambos os casos as velocidades apresentadas em M2 são discretamente maiores, inclusive, em M2 o P1 chega a velocidades maiores que as do perfil de referência.

Os pontos P2 e P3 em ambos os modelos apresentam perfis com comportamentos que se diferenciam dos demais, ganhando aceleração a partir de 60 m de altura, sendo esta ocorrência mais perceptível no P3 do que no P2 para os dois modelos.

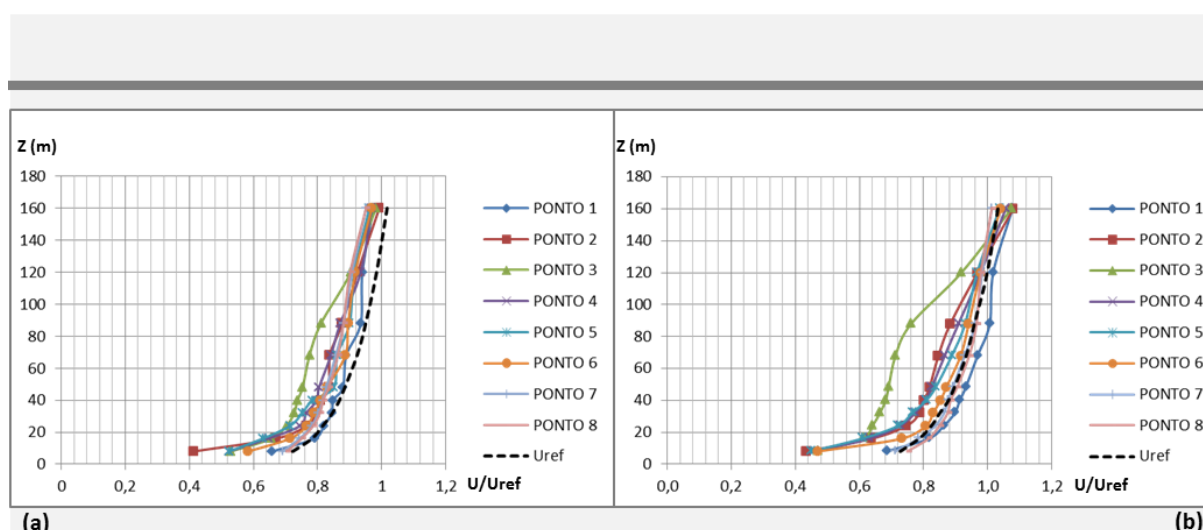


Figura 73: comparação em LI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°



### 6.1.2 Comparativo M1/M2.90-LII

De maneira semelhante aos perfis dos pontos P1 a P8 em M1 e M2 da LI, os perfis destes pontos sobre a LII apresentam características bastante parecidas. Os pontos P1 e P8 são os que apresentam perfis mais adequados ao perfil de referência e mantêm velocidades discretamente maiores em M2 para o ponto P8.

Nesta linha, os pontos P2, P3, P4, P5 e P7 apresentam perfis que em muito se afastam do perfil de referência. Tanto em M1 quanto em M2, os pontos P5 e P7 apresentam picos de aceleração, sobretudo entre as alturas de 20 e 40 m.

O ponto P2 apresenta desaceleração às alturas mais baixas, até a altura de aproximadamente 25 m, a partir daí retoma certa aceleração, tornando a desacelerar até os 90 m, retomando com maiores velocidades a partir daí.

O ponto P3 apresenta perfil de forma similar ao P2, entretanto, no perfil do P3 só ocorre desaceleração significativa entre as alturas de 85 e 115 m, onde a partir de então a velocidade cresce de forma bastante expressiva. É interessante observar que em M2, os perfis P2 e P3 chegam a apresentar velocidades maiores do que o perfil de referência, sendo que o primeiro, a partir da altura 140 m, e o segundo acima da altura 150 m.

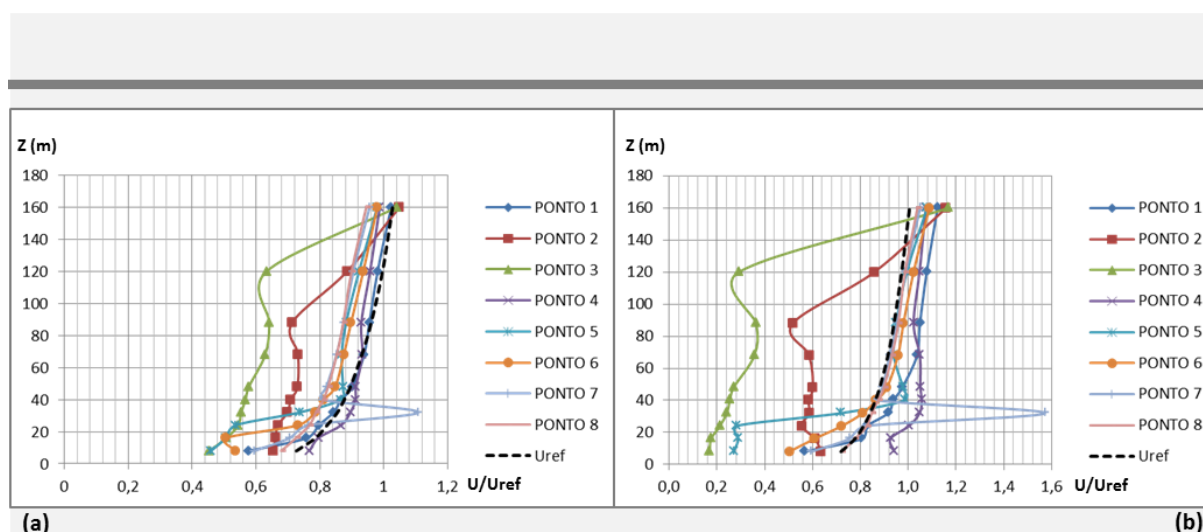


Figura 74: comparação em LII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.1.3 Comparativo M1/M2.90-LIII

Sobre a linha LIII, os pontos P1 e P8 continuam mantendo as características dos seus perfis tal qual nas linhas LI e LII em M1 e M2. Estes pontos, localizados nos extremos laterais dos modelos, até então não encontram obstáculos mais altos, provavelmente favorecendo a manutenção das características dos seus perfis, mas já ocorrendo certa diminuição nos valores das suas velocidades.

Os pontos P2 e P3 que nas linhas anteriores têm perfis de comportamentos semelhantes, não mantêm essa condição. O ponto P2 especificamente apresenta velocidades menores em M2, ocasionadas pela presença de edificações com maior altura nas suas proximidades, o que se mantém até a altura de 120 m, quando então as velocidades crescem rapidamente.

O desenho do perfil do ponto P4 é relativamente parecido em M1 e M2, sofrendo acelerações e desacelerações frequentes desde a menor até a maior altura de medição, em intervalos quase regulares. Para o perfil deste ponto avaliado, em M2 é possível notar afastamentos mais significativos nas suas velocidades do que os apresentados no perfil de referência relativamente ao M1.

Os pontos P5 e P6 em M2, apesar de apresentarem perfis de contornos semelhantes aos mesmos em M1, aparentam sofrerem a influência das edificações mais altas nas suas proximidades. O ponto P7 mantém-se muito semelhante nas duas situações e não demonstra ainda alterações significativas também em relação aos mesmos pontos nas linhas anteriores.

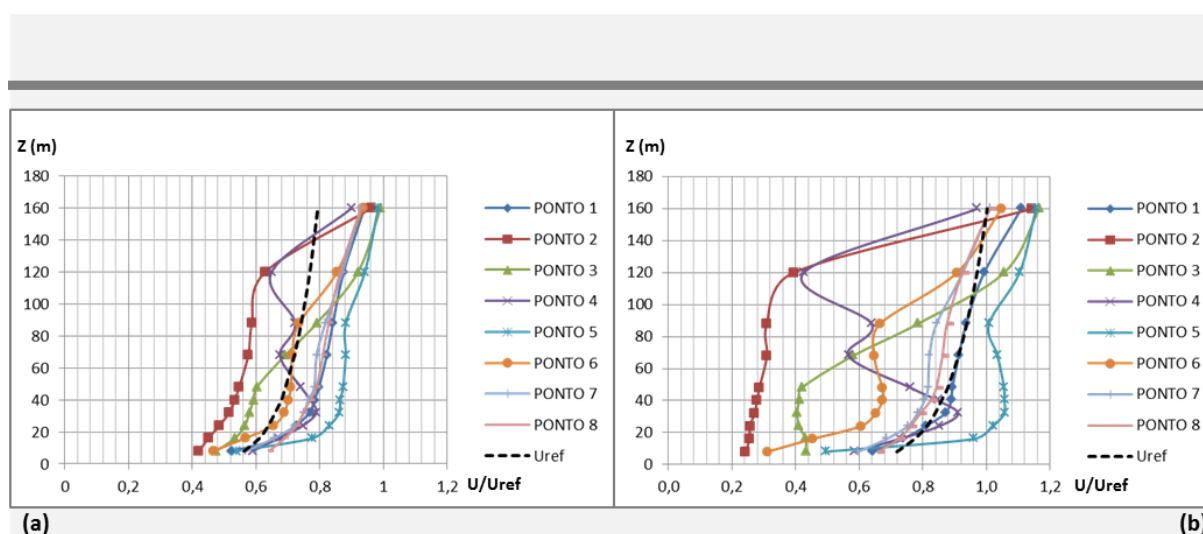


Figura 75: comparação em LIII entre os perfis (a) M1 e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

#### 6.1.4 Comparativo M1/M2.90-LIV

Na linha LIV, no centro dos adensamentos em M1 e M2, todos os perfis já se demonstram influenciados pelos obstáculos próximos, quer sejam de maior altura ou não. Apenas o perfil do ponto P8 em M1, este na borda direita do adensamento, consegue ainda se manter com as mesmas características apresentadas por ele nas linhas anteriores, sendo compreensível esta situação em decorrência da ausência de obstáculos expressivos à sua frente até então. O mesmo perfil para o ponto P8 em M2 já apresenta certo aumento nas velocidades a partir dos 90 m de altura relativamente ao P8 em M1.

Todo o conjunto de pontos em M2 tem valores de velocidades nas alturas mais baixas menores do que na situação M1, o que confirma a ocorrência da frenagem de vido à presença de edifícios mais altos no M2. Enquanto em M1 todos os perfis mantêm-se no limite das velocidades do perfil de referência, o mesmo não ocorre em M2, onde todos os perfis exceto o do ponto P4 atingem valores de velocidades maiores do que o perfil de referência, sobretudo nas alturas superiores aos 100 m.

Em M2, o perfil do ponto P7 é o que apresenta maiores variações, o que ocorre muito provavelmente devido ao seu posicionamento próximo a um conjunto de edificações de menor altura, e os efeitos de dois edifícios de mais de 30 pavimentos ao seu lado.

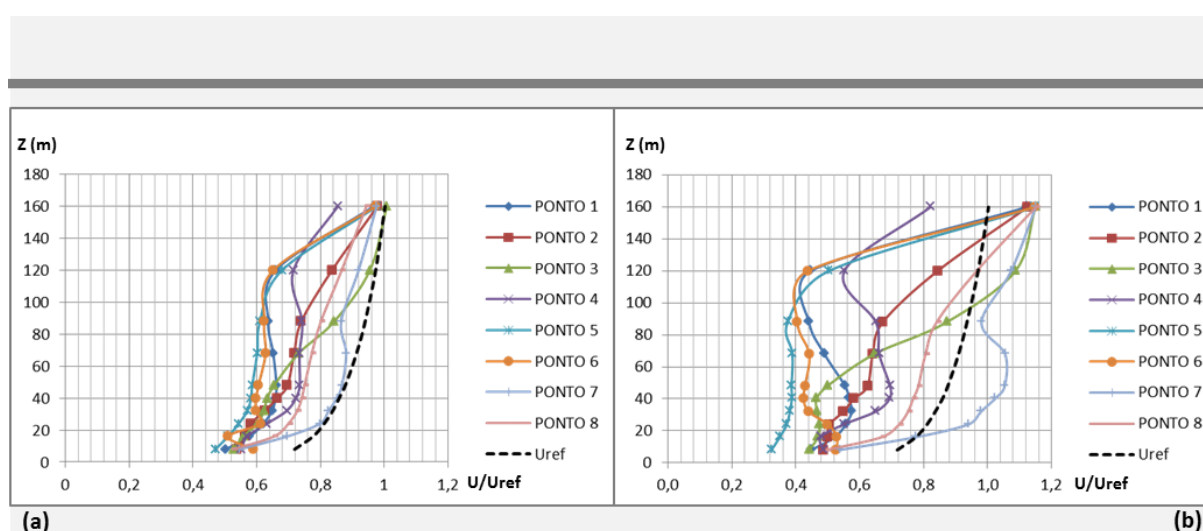


Figura 76: comparação em LIV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.1.5 Comparativo M1/M2.90-LV

Nesta linha, o ponto P8, localizado no flanco direito do adensamento começa a apresentar contornos do seu perfil tanto em M1 quanto em M2 bastante diferentes dos até então apresentados sobre as outras linhas. Variações súbitas de velocidades ocorrem principalmente nas alturas mais baixas, fazendo com que este perfil atinja inclusive velocidades maiores do que o perfil de referência em M2. Aparente o perfil deste ponto em M1 e M2 sofre também a influência de edifícios mais próximos ao ponto P7, já que em M1 não se fazem presentes novos edifícios à frente do ponto em questão.

O ponto P1 sofre significativa desaceleração em M2 a partir da altura de 70 m, até a altura de 85 m onde volta a acelerar até ultrapassar o seu perfil de referência. Tal comportamento pode ser associado à presença de um edifício de altura superior a 25 pavimentos a barlavento do ponto.

Acima da altura de 80 m, em M2, todos os pontos alcançam maiores valores de velocidade do que o seu perfil de referência, sendo que no caso específico do ponto P7, todos os valores das velocidades são maiores do que os de referência.

No caso de M1, todos os perfis dos pontos têm valores de velocidades inferiores ao perfil de referência, o que denota comportamento dos perfis mais intensos para M2, associado à presença de uma aglomeração maior de edifícios altos neste trecho do adensamento.

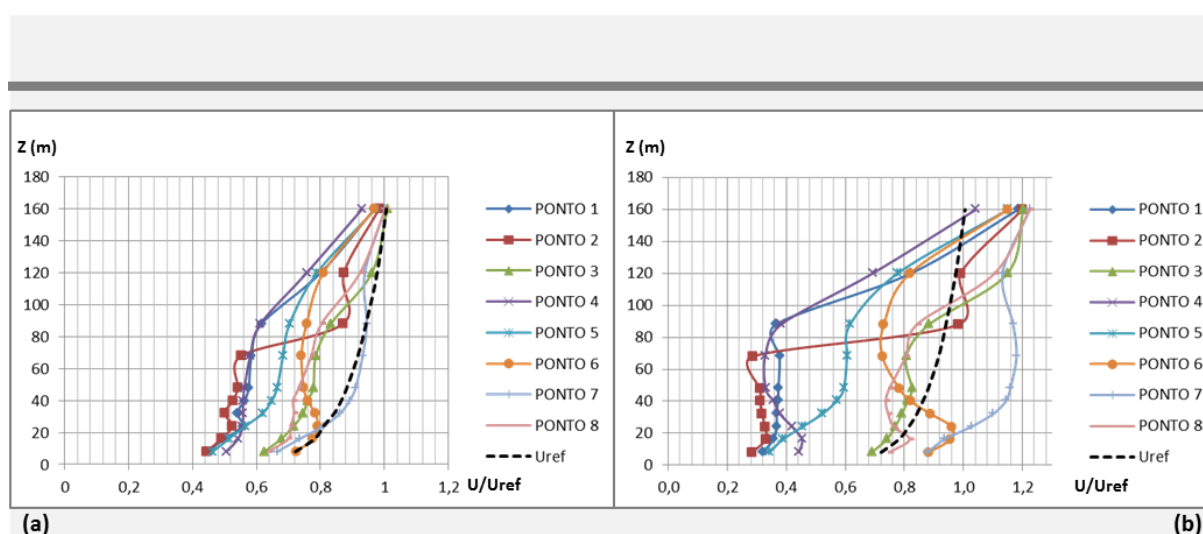


Figura 77: comparação em LV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.1.6 Comparativo M1/M2.90-LVI

A análise dos perfis da linha LVI de maneira geral nos mostra comportamento semelhante entre os perfis de M1 e M2 em sua grande maioria, principalmente nos aspectos relativos ao seu desenho. Entretanto, é possível perceber valores maiores nas velocidades de M2, o que ocorre com maior frequência nas alturas superiores aos 80 m.

Os pontos limites laterais dos adensamentos, P1 e P8, têm perfis quase idênticos em M1 e M2, onde se identificam velocidades um pouco maiores. Se comparados aos mesmos perfis da linha anterior LV é possível perceber que estes ainda sofrem a interferência direta dos obstáculos das linhas anteriores.

Ainda com relação à linha anterior LV, os pontos P2, P3, P5 e P6 demonstram mudanças nos seus perfis, a maior parte delas podendo ser associadas ao distanciamento dos efeitos causados pelos edifícios altos, muito próximos a estes pontos na linha LV.

É evidente a desaceleração ocorrida em todos os pontos em M1 da LVI, sobretudo quando comparados com M1 da LV. Enquanto em M1 da LV o Perfil do ponto P7 alcança maiores velocidades do que o perfil de referência nas alturas entre 30 m e 70 m, em M1 da LVI este apresenta velocidades bem menores em todas as alturas distanciando-se do perfil de referência.

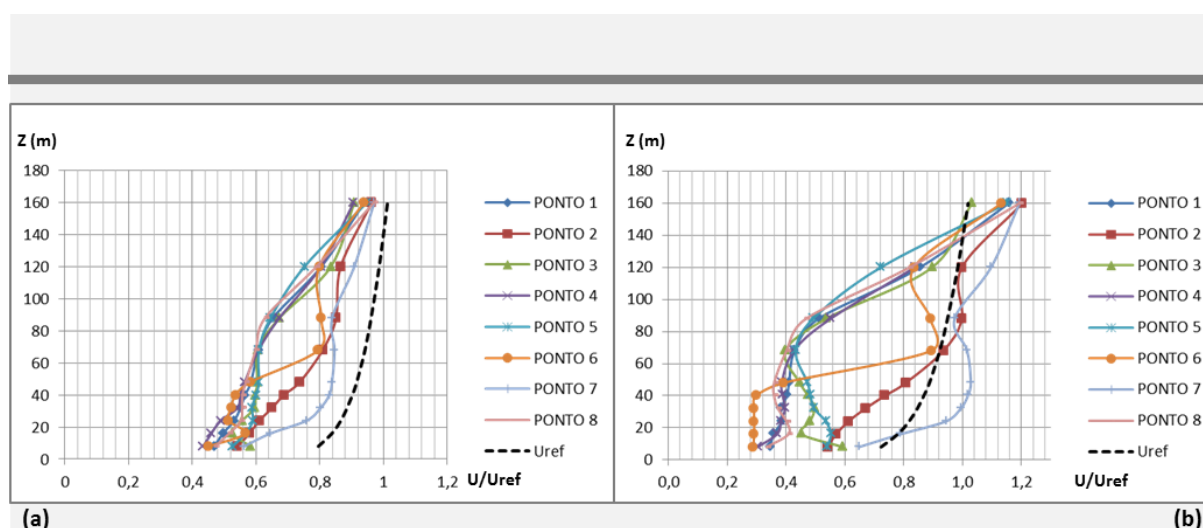


Figura 78: comparação em VI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.1.7 Comparativo M1/M2.90-LVII

Ao longo da linha LVII os perfis dos pontos P1 a P8 não demonstram maiores alterações em seus aspectos formais quando comparados M1 e M2. O que se percebe sim são maiores velocidades, sobretudo a partir da altura de 40 m em M2, principalmente nos perfis relativos aos pontos P1, P2, P5, P6, P7 e P8.

Em alturas menores, abaixo dos 40 m, por exemplo, todos os perfis, com exceção de P2 e P7 têm velocidades mais baixas em M2 do que em M1. O ponto P3, de forma distinta, atinge a sua velocidade mais baixa na altura de 160 m.

Quando comparados com os perfis da linha anterior LVI, já é possível observar que alguns destes tendem a retomar as características do perfil de referência. O ponto P2 é o que mais se enquadra nesta afirmação, tanto em M1 como em M2, ficando mais evidente esta aproximação em relação ao perfil de referência em M1.

Os outros pontos ainda apresentam variações de velocidade mais bruscas, e mostram perfis bem semelhantes aos apresentados na linha LVI, exceto o ponto P3, que apresenta comportamento bem distinto do apresentado na linha anterior em M1 e M2 inclusive.

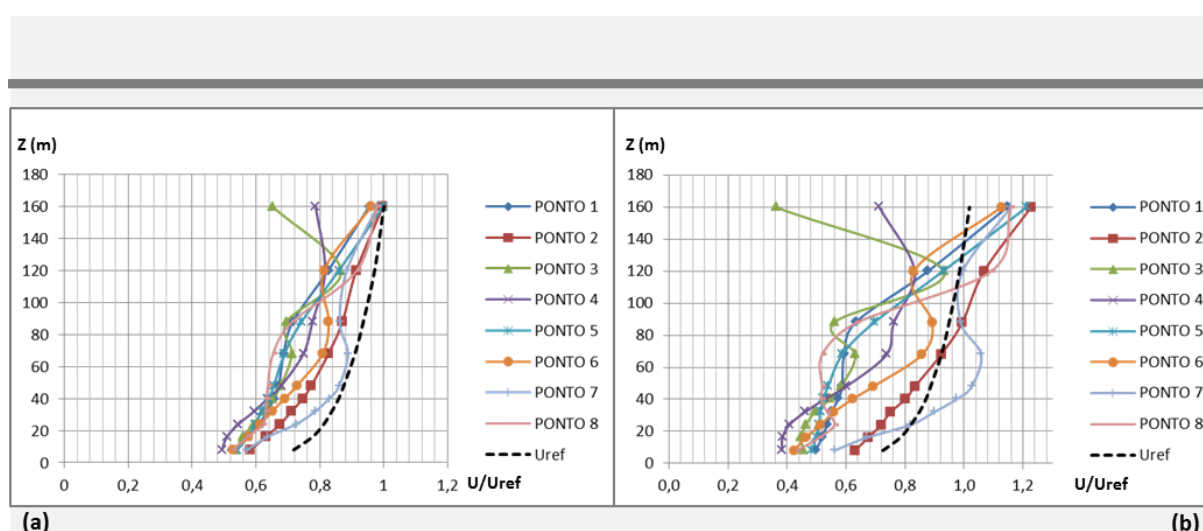


Figura 79: comparação em LVII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

## 6.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS TRANSVERSAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 150°

### 6.2.1 Comparativo M1/M2.150-LI

Ao longo da linha LI, a barlavento dos modelos, de forma similar ao que ocorre para o ângulo de 90° os perfis dos pontos P1 a P8 em M1 e M2 apresentam características bastante semelhantes. O vento até então não se depara com obstáculos de maior porte, exceto um edifício a frente de P1, sendo estes em sua maioria edifícios de apenas 1 pavimento de altura, e desta forma os perfis apresentam pequenas diferenças nos valores das velocidades se comparamos M1 e M2.

Os perfis dos pontos P1 e P8, nos flancos dos dois modelos, apresentam características mais próximas das encontradas no perfil de referência, sendo que em ambos os casos as velocidades apresentadas em M2 são discretamente maiores para as alturas superiores a 125 m, inclusive, em M2 o P1 chega a velocidades maiores que as do perfil de referência.

Os pontos P3, P4 e P5, mostram perfis que se diferenciam mais claramente dos demais pontos. Os pontos P4 e P5 em M2 mostram valores praticamente constantes de velocidades para as alturas entre 20 m e 40 m, a partir da qual tornam a apresentar aumento de velocidades expressivo. O mesmo não ocorrendo de forma tão evidente para M1.

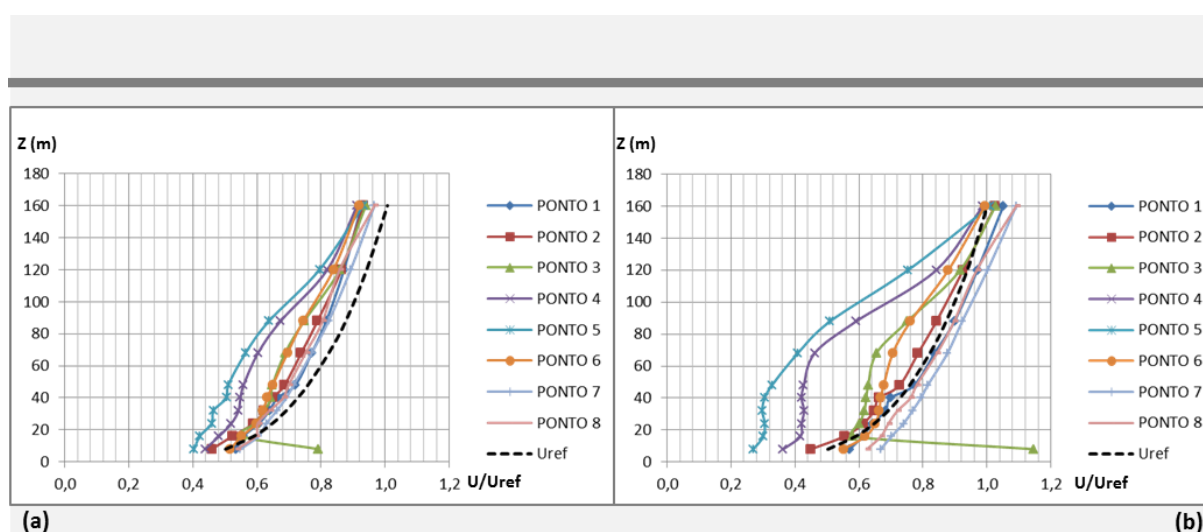


Figura 80: comparação em LI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

## 6.2.2 Comparativo M1/M2.150-LII

Ao longo da linha LII o comportamento dos perfis dos pontos P1 em M1 e M2 apresentam características semelhantes, ocorrendo em ambos uma aceleração súbita entre as alturas de 50 m e 70 m. Já os pontos P8 têm um perfil bem regular para M1 e M2, se aproximando do perfil do vento natural, sendo que P8 em M1 apresenta velocidades menores.

Os perfis do ponto P7 em M1 e M2 destoam dos demais de maneira mais evidente, sendo bastante semelhante ao perfil do P1 em M1 e M2. É provável que isto ocorra principalmente pela proximidade que ambos têm de edificações a barlavento e também a sotavento.

Os pontos P3 e P5 apresentam perfis de comportamentos similares para os dois modelos. Em ambos ocorrem desacelerações, sendo estas mais fortes em P3 M2, que só torna a aumentar a velocidade acima dos 100 m.

Se compararmos P5 em M1 e M2 será possível observar desaceleração mais evidente em M2, sobretudo até a altura de 90 m, onde a partir de então torna a ocorrer aceleração. A presença de dois edifícios altos próximos a este ponto pode ser a explicação para esta desaceleração que acontece nas alturas mais baixas.

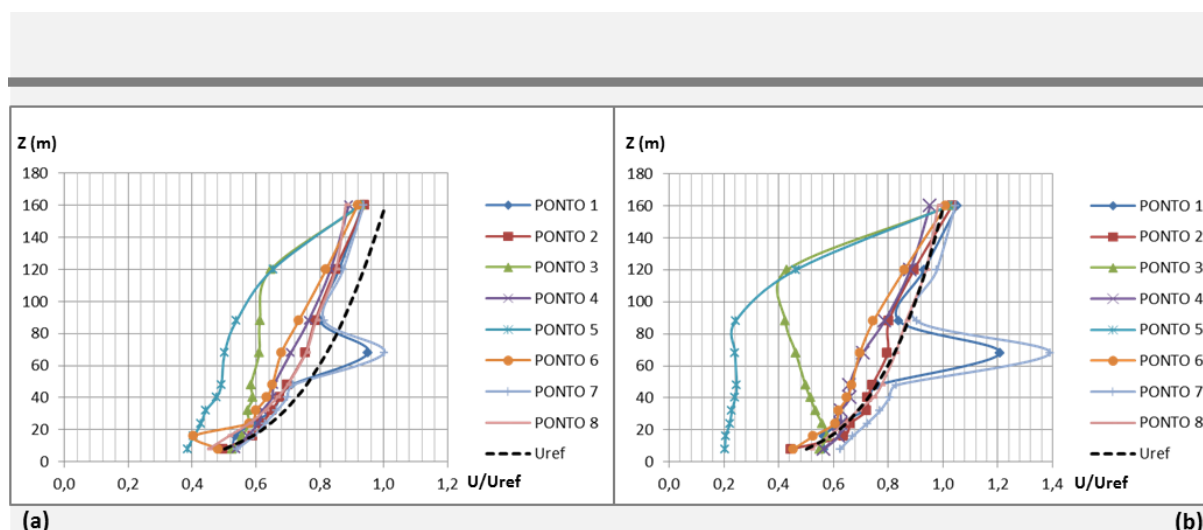


Figura 81: comparação em LII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°



### 6.2.3 Comparativo M1/M2.150-LIII

Ao longo da linha LIII é perceptível que em M1 os perfis de todos os pontos tendem a se aproximar novamente do perfil de referência, o que ainda não se observa para os perfis destes pontos em M2.

O ponto P1 em M1 já demonstra uma evidente retomada das características do perfil de referência quando comparado com o mesmo ponto na linha anterior LII. O mesmo ponto P1 em M2 também apresenta tal característica quando comparado com o da linha LII, entretanto, se comparado ao P1 em M1 este apresenta características bem distintas, o que se explica devido a interferência de um edifício alto nas suas imediações, enquanto P1 M1 não sofre a interferência aparente de quaisquer edificações.

O perfil do ponto P3 é o que demonstra sofrer menor interferência das edificações vizinhas por se encontrar em um trecho menos adensado do modelo. A distância entre o ponto e os edifícios mais próximos parece atingir um valor que possibilita esta condição para o perfil do ponto.

Todos os outros pontos em M2 apresentam perfis instáveis quanto à sua forma, sofrendo picos de aceleração e desaceleração a alturas variadas, sendo mais evidentes nos perfis de P5 e P6 devido ao fato de que se encontram inseridos em um conjunto de 3 edifícios de grande altura, que aparentemente também influencia de forma mais sutil os perfis dos pontos P7 e P8, este último no limite lateral do modelo.

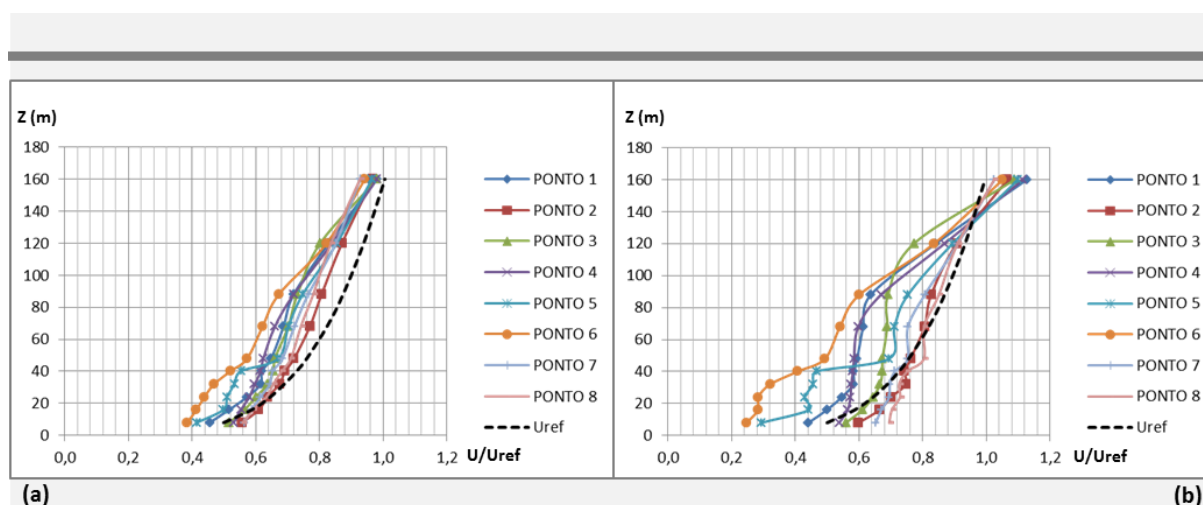


Figura 82: comparação em LIII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

### 6.2.4 Comparativo M1/M2.150-LIV

Na linha LIV, é possível observar que apenas os pontos P7 e P8 em M1 e M2 mantêm os seus perfis mais próximos das características do perfil de referência. Em M2 estes dois pontos têm perfis formados por velocidades um pouco maiores do que em M1, sendo perceptível também que os perfis de P7 e P8 na LIV em M2 estabilizam a sua configuração se os compararmos com os mesmos perfis da linha LIII, onde parece já não sofrerem a influência do conjunto de edifícios mais próximos da referida linha.

Verifica-se também que as acelerações e desacelerações que ocorrem nos perfis dos pontos P1, P2, P3, P4 e P5 são mais evidentes no modelo M2, amplificadas pelos efeitos sofridos pelos perfis da linha LIII onde a ocorrência de edifícios de maior altura se faz mais presente.

O ponto P2 em M2, mesmo estando nas proximidades de um edifício alto a barlavento parece sofrer acelerações menos bruscas do que as que ocorrem nos outros pontos da LIV, embora estas sejam bem mais fortes do que o que acontece com o perfil do mesmo ponto P2 em M1.

A presença de edifícios concentrados, ainda que não sejam de grande porte, no centro da linha LIV, parece fazer com que os pontos mais próximos sofram efeitos que quando adicionados aos provocados pelos edifícios da linha anterior modificam os perfis em M1, quando comparados aos mesmos perfis em M1 para a linha LIII.

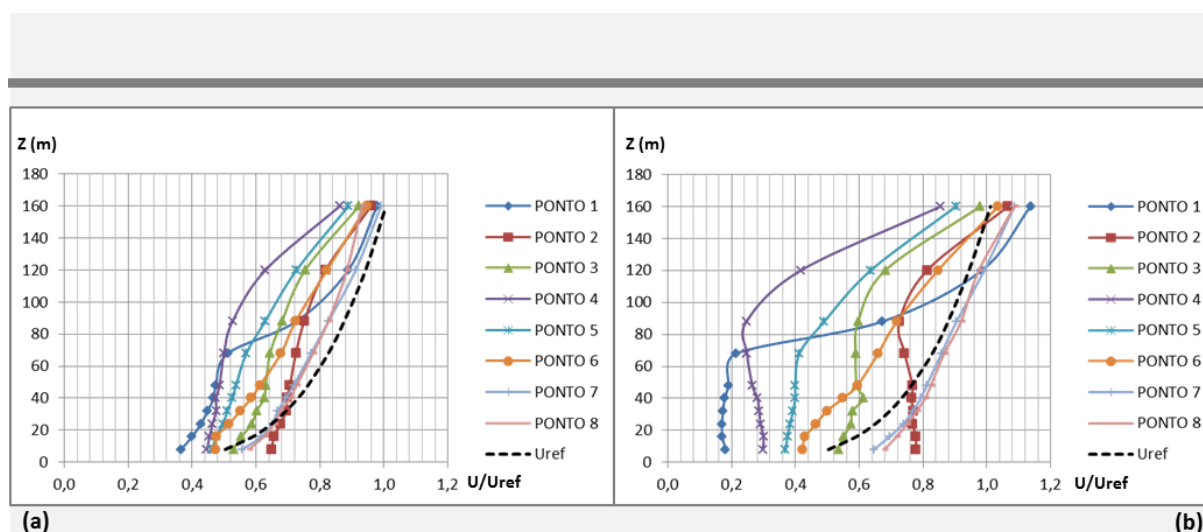


Figura 83: comparação em LIV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

### 6.2.5 Comparativo M1/M2.150-LV

Ao longo da linha L5 em M1, alguns pontos como P7 e P8 mantêm-se muito semelhantes em perfil e valores de velocidades quando comparados com os mesmos pontos na linha anterior LIV do mesmo modelo. Estes, localizados nas proximidades do flanco do modelo, parecem não serem afetados por não existirem volumes edificados nas suas imediações, bem como também não o são por quaisquer efeitos provenientes de outras edificações do adensamento.

O ponto P8 em M2 apresenta desaceleração próxima à altura de 50 m, o que continua a ocorrer até a altura de 70 m aproximadamente, a partir da qual retoma aceleração, e em torno dos 90 m este volta a se aproximar do perfil de referência outra vez.

É possível observar também que tanto em M1 quanto em M2, a maior parte dos pontos medidos atingiu valores de velocidades superiores aos encontrados para os perfis de referência, sobretudo acima da altura dos 100 m.

Se comparados aos perfis da linha LIV em M2, a quase totalidade dos perfis apresenta decréscimo de velocidades tornando-se mais perceptível este fato no ponto P2, o que leva a crer que isto ocorra devido à ação de um edifício de maior porte a barlavento deste ponto, situação oposta ao que acontece com P2 na linha LIV.

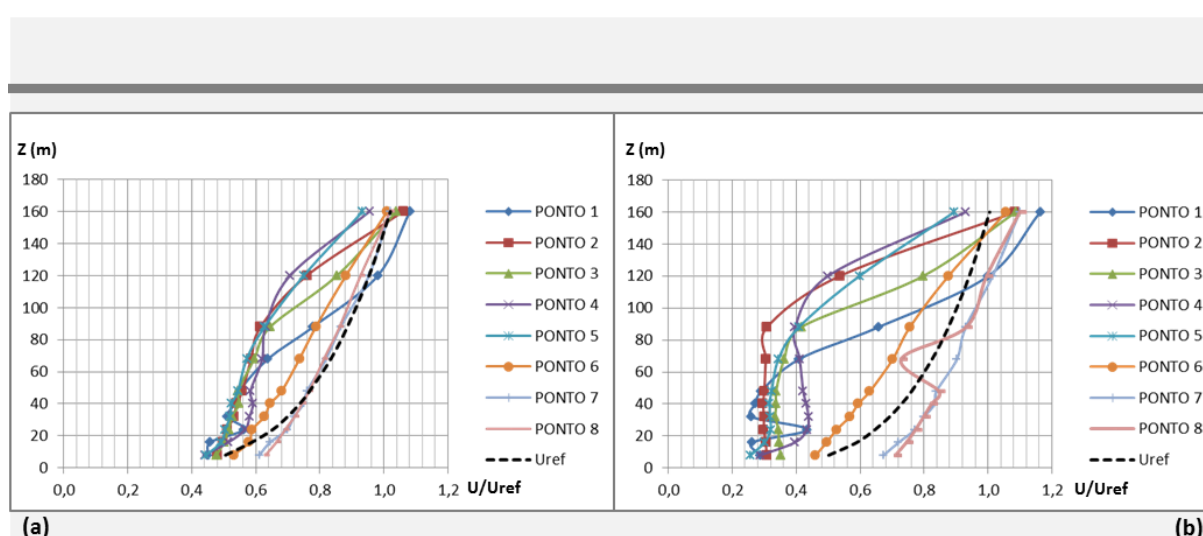


Figura 84: comparação em LV entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB

### 6.2.6 Comparativo M1/M2.150-LVI

Sendo a penúltima linha de medições nos modelos M1 e M2, a linha LVI já não possui qualquer obstáculo edificado no modelo M1, e no modelo M2, no intervalo entre os pontos P2 e P5, ocorre a presença dos três últimos edifícios altos do adensamento.

Ao longo desta linha os pontos P7 e P8 novamente apresentam perfis mais regulares, se aproximando mais nas suas características com as dos perfis de referência das situações M1 e M2 respectivamente. Diferenciam-se levemente nos valores alcançados pelas suas velocidades, que são mais baixas para M1, ultrapassando as do seu perfil de referência nas alturas mais baixas, entre os 10 m e 40 m. Já no caso M2, praticamente todos os valores das velocidades de P7 e P8 têm maiores valores do que as do seu perfil de referência.

O perfil do ponto P6 se aproxima de forma sutil dos perfis dos pontos P7 e P8 nos dois modelos ensaiados para o ângulo de vento de 150°, aparentemente pela inexistência de obstáculos desde as três linhas anteriores à linha LVI.

Os pontos P2 e P4 possuem perfis com certa semelhança a partir da altura de 40 m tanto para M1 quanto para M2, ressaltando-se apenas os valores das velocidades nestes pontos, que são mais baixas em M2.

Os demais pontos têm perfis de comportamentos distintos dos vistos nos perfis de referência, levando a crer que sofrem ainda os efeitos das edificações das linhas anteriores.

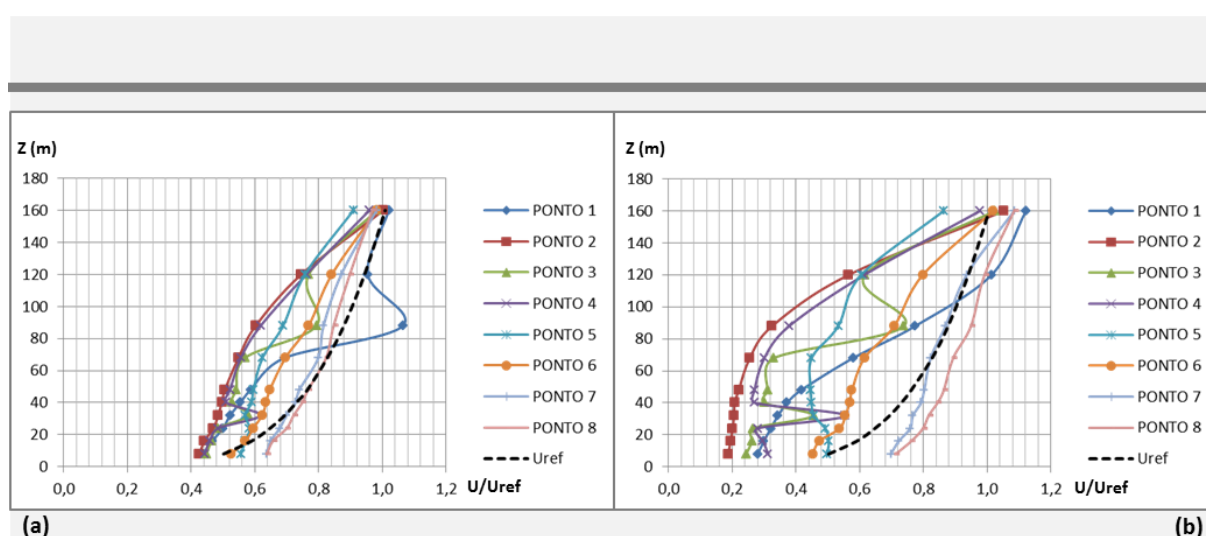


Figura 85: comparação em LVI entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

### 6.2.7 Comparativo M1/M2.150-LVII

A linha LVII, última linha no sentido de leitura aqui apresentado a sotavento do modelo, deixa claro que ainda que o vento já não encontre obstáculos à sua frente, os perfis retratam a interferência acumulada pelos efeitos gerados pelos edifícios e escoamentos das linhas e pontos de medição anteriores a esta. Assim, a maioria dos perfis tanto em M1 quanto em M2 ainda mantêm configurações significativamente divergentes das apresentadas pelos perfis de referência, demonstrando que mesmo distando aproximadamente 100 m da linha de medição anterior o vento ainda não retoma a sua condição de normalidade considerando-se o perfil de referência.

O ponto P6 se aproxima da configuração dos pontos P7 e P8, que já demonstram semelhanças com o perfil de referência tanto em M1 quanto em M2, sendo que em M1 o ponto P6 assume valores de velocidades ainda mais próximos dos pontos P7 e P8 e por consequência, do seu perfil de referência.

Os pontos P1 e P3 em M1 e M2 assumem perfis característicos bastante divergentes entre si. O ponto P3 em M2 parece ainda sofrer interferência no seu perfil, resultante da presença de um edifício alto a barlavento do ponto de medição fazendo com que as velocidades cresçam de maneira vertiginosa a partir da altura de 80 m.

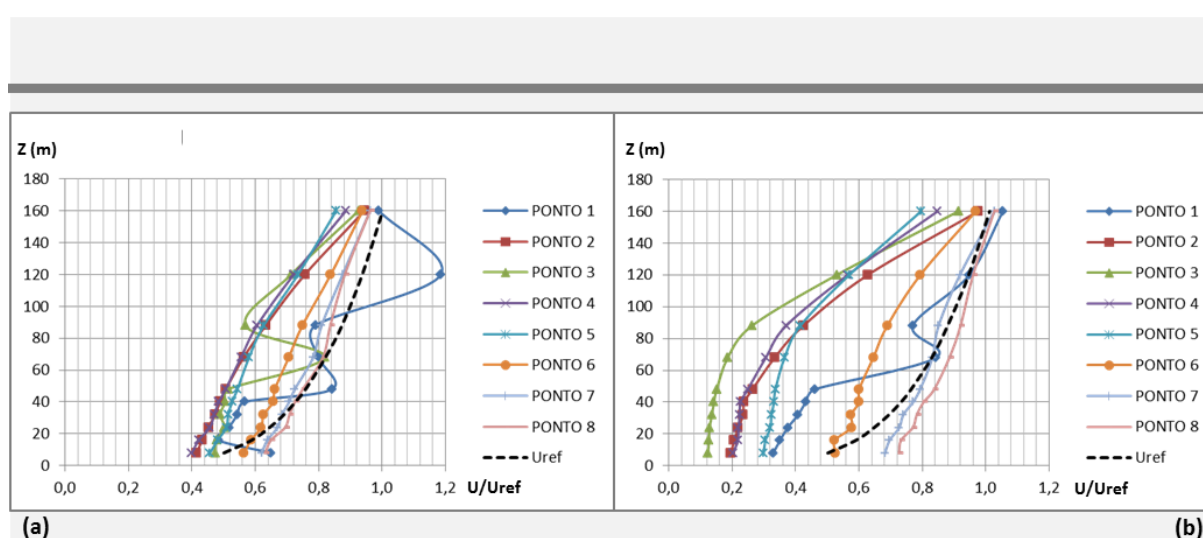


Figura 86: comparação em LVII entre os perfis (a) M1e (b) M2 no sentido transversal ao modelo com ângulo de ataque do vento a  $150^\circ$

### 6.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS LONGITUDINAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 90°

#### 6.3.1 Comparativo M1/M2-P1.90

No sentido longitudinal ao modelo, ou seja, no sentido em que o vento adentra o adensamento, o ponto P1 na LI apresenta perfis praticamente sem perturbações e muito semelhantes aos perfis de referências tanto em M1 quanto em M2.

Na linha LII, já é possível perceber leves alterações em M2, que sofre pequena desaceleração próxima à altura de 20 m, para só então retomar uma configuração mais estável. Nota-se também certo aumento de velocidades em M2 quando comparado à posição anterior, o que ocorre de forma semelhante em LIII, exceto que nesta posição M2 não sofre a desaceleração ocorrida em LII.

Em LIV ocorre desaceleração nos dois perfis entre os 35 m e os 120 m, ganhando velocidade a partir de então.

Em LV, LVI e LVII os perfis se comportam de forma razoavelmente semelhante, parecendo tender a retomada da configuração inicial depois de sofrer os efeitos das edificações a barlavento. Vale salientar que quase 200 m a sotavento do último edifício, os perfis ainda se encontram muito divergentes dos perfis de referência.

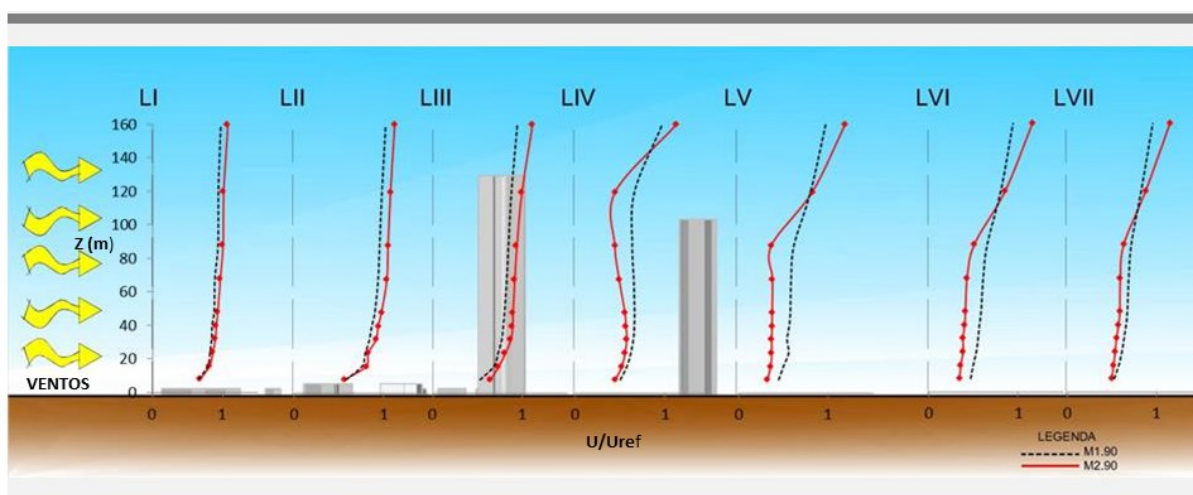


Figura 87: comparação em P1 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.3.2 Comparativo M1/M2-P2.90

Os perfis P2 em LI mostram pouca diferença entre si. No caso de M1 a inexistência de edificações mais próximas delinea um perfil bem regular, muito próximo do perfil de referência, o mesmo ocorrendo para M2, que apresenta pequeno ganho de velocidade comparado a M1 apenas a partir de 120 m de altura.

Na linha LII já é possível observar alterações nos dois perfis (M1 e M2), onde o perfil em M1 apresenta suave desaceleração depois dos 70 m de altura, tornando a acelerar acima dos 95 m. Já o perfil em M2 apresenta desacelerações mais evidentes desde as alturas mais baixas, tornando-se mais enfáticas dos 70 m aos 90 m, a partir de onde começa a ganhar velocidade rapidamente. O ocorrido se relaciona a presença efetiva de obstáculos, menores em M1 e de edificios maiores nas proximidades em M2.

Em LIII e LIV os dois perfis se tornam mais estáveis e se aproximam novamente em decorrência da inexistência de maiores obstáculos, o que difere substancialmente do comportamento de ambos os perfis em LV, sobretudo em M2, onde o ponto de aquisição estava posicionado a sotavento, e muito próximo de um edificio alto. Tal edificio interfere no perfil de forma perceptível causando instabilidade, demonstrada através de súbitas acelerações e desacelerações em diversas das alturas medidas.

Em LVI e LVII a ausência de obstáculos faz com que os perfis tendam à estabilizar.

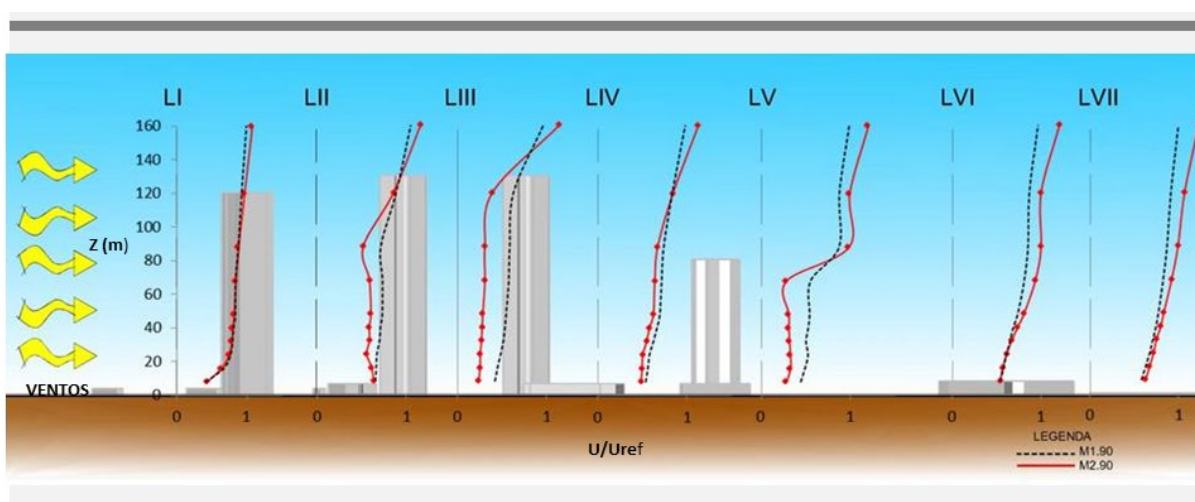


Figura 88: comparação em P2 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°



### 6.3.3 Comparativo M1/M2-P3.90

A presença de dois edifícios altos logo à frente do ponto P3 em M2 já se faz notar no perfil deste ponto, que apresenta certa desaceleração quando comparado ao mesmo ponto em M1, e só apresenta aumento de velocidades novamente a partir dos 90 m de altura, ultrapassando os valores de velocidades do P3 em M1 a partir dos 120 m de altura.

Na linha LII o ponto P3 apresenta forte desaceleração acima dos 90 m, e por volta dos 115 m sofre uma aceleração bastante significativa. Nota-se também que os valores de velocidade de M2 são bem menores que os de M1, provavelmente pelo posicionamento do ponto P3 em M2, que se localiza a sotavento de um grande obstáculo.

As duas linhas seguintes, LIII e LVI, apresentam perfis de configuração bem semelhantes. Em ambas o perfil do ponto P3 em M2 apresenta desaceleração desde as alturas mais baixas até os 50 m aproximadamente a partir de onde ganha velocidade outra vez e retoma características semelhantes ao perfil de referência. A desaceleração vista no perfil do P3 em M1 é discreta, certamente pela ausência de obstáculos maiores.

Na linha LV podemos observar que os perfis se aproximam outra vez, quando em M2 este torna a acelerar nas alturas mais próximas à superfície e na presença de um dos edifícios mais altos da área, o perfil do ponto P3 em M2 volta a desacelerar bruscamente na linha LVI e mostra-se sob tal efeito ainda na linha LVII.

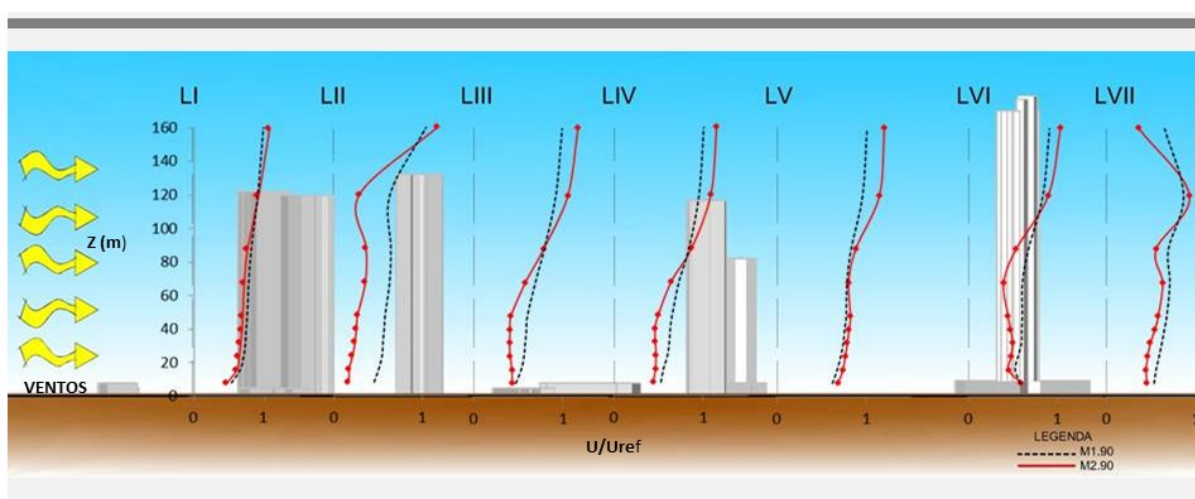


Figura 89: comparação em P3 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°



### 6.3.4 Comparativo M1/M2-P4.90

Como no caso do ponto P3, os perfis do ponto P4 na linha LI em M1 e M2 são muito semelhantes e só começam a demonstrar diferenças bem sutis a partir da linha LII, onde ambos sofrem certa desaceleração desde a superfície até a altura de 20 m aproximadamente.

Na linha LII o perfil do P4 em M2 apresenta grandes variações nas velocidades, ocorrendo acelerações e desacelerações bruscas desde as alturas mais baixas até a última altura de medição. As mudanças mais expressivas ocorrem em M2 devido a proximidade do ponto de aquisição com o edifício mais alto do conjunto.

Na sequência, na linha LV, o perfil em M2 apesar de apresentar desaceleração parece estabilizar gradativamente e se aproximar do perfil em M1, que também apresenta discreta diminuição das velocidades medidas, mas também tende a uma maior estabilização. A desaceleração mais forte em M2 está associada ao fato do ponto de medição se encontrar entre dois edifícios altos.

Na linha LVI o ponto P4, ainda sob os efeitos de um obstáculo de maior porte, apresenta um perfil em M2 divergente de M1, mas já demonstrando uma maior aproximação entre este, que já se aproxima inclusive do seu perfil de referência.

Os perfis em M1 e M2 já se aproximam bastante na linha LVII, quando livres de maiores obstáculos à sua volta.

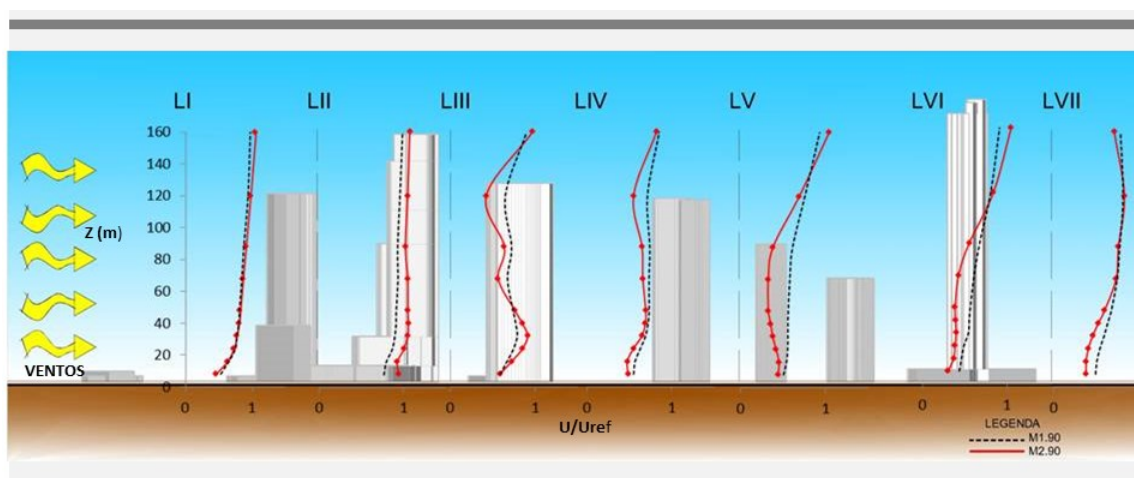


Figura 90: comparação em P4 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.3.5 Comparativo M1/M2-P5.90

Da mesma maneira que nos pontos anteriores, as medições feitas para a primeira linha mostram perfis muito próximos na sua configuração tanto para M1 quanto para M2.

No caso do ponto P5, os perfis já demonstram mudanças no seu comportamento. Na linha LII em M2 o perfil apresenta velocidade praticamente constante até a altura de 25 m, a partir de onde sofre aceleração súbita até os 40 m e então passa a desacelerar discretamente retomando uma aceleração bastante suave a partir dos 90 m.

Na linha LIII o perfil de M1 tem um comportamento próximo ao seu perfil de referência enquanto em M2 apresenta maiores acelerações, sobretudo até os 20 m de altura, para a partir de então sofrer desaceleração suave e só retomar crescimento nas velocidades quando acima dos 90 m.

Nas linhas LIV e LV os perfis em M1 e M2 mostram-se mais próximos, principalmente na linha LV, onde existem pequenas diferenças entre as velocidades nos dois perfis. Tais diferenças se amplificam quando acima dos 120 m, onde o perfil em M2 tem aumento substancial de aceleração se comparado ao perfil em M1.

Nas linhas LVI e LVII ocorre algo semelhante às duas linhas anteriores com os dois perfis tendo comportamentos bem similares entre si.

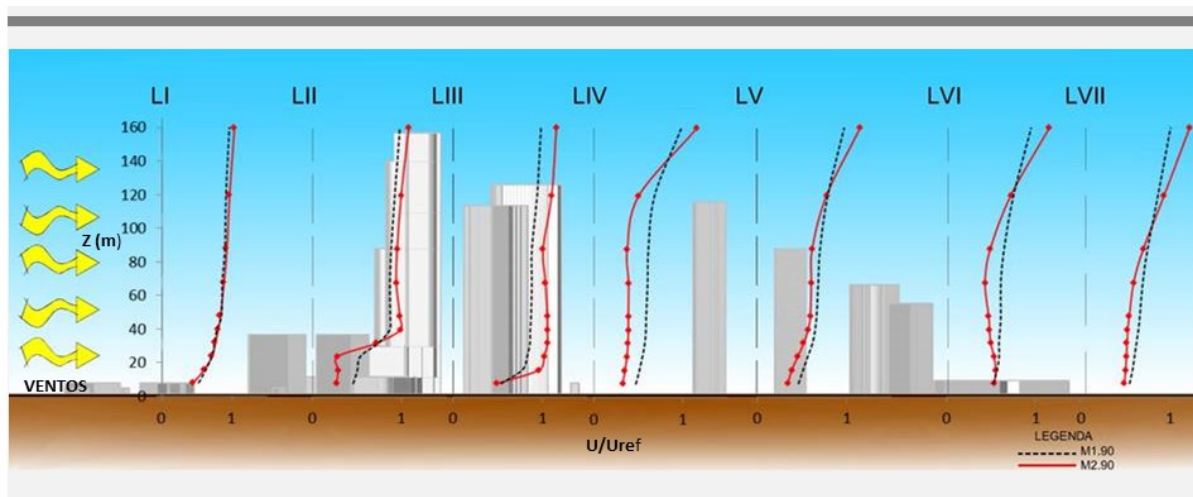


Figura 91: comparação em P5 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.3.6 Comparativo M1/M2-P6.90

Na linha LI os perfis têm sutis diferenças. Em M2 observamos velocidades mais baixas próximo ao solo relativamente ao que ocorre em M1, entretanto, acima dos 70 m observamos o inverso, com o perfil em M2 apresentando velocidades um pouco maiores do que M1. Circunstâncias semelhantes ocorrem na linha LII, só que aí as velocidades em M2 são maiores desde as alturas mais próximas da superfície.

Na linha LIII, enquanto o perfil em M1 se encontra praticamente com a mesma configuração do seu perfil de referência, observamos o perfil em M2 sofrer uma aceleração brusca até os 30 m, a partir de onde inicia uma desaceleração gradativa e contínua até os 90 m de altura, possivelmente relacionada com a presença de um obstáculo alto a sua frente. Após os 90 m o perfil em M2 torna a mostrar aceleração progressiva.

Na linha LIV o perfil em M2 distancia-se substancialmente do seu perfil de referência e também do perfil em M1. O ponto de medição se encontra entre dois edifícios altos, o que certamente influenciou o comportamento do perfil em M2.

As linhas LV e LVI mostram o perfil em M2 ainda sob a ação do conjunto de edifícios altos lá presentes, sendo os efeitos mais intensos percebidos na linha LVI, onde os perfis sofrem com desacelerações e retomadas de aceleração bruscas desde as alturas mais baixas.

A linha LVII mostra os perfis em acomodação, tendendo a retomar a condição normal.

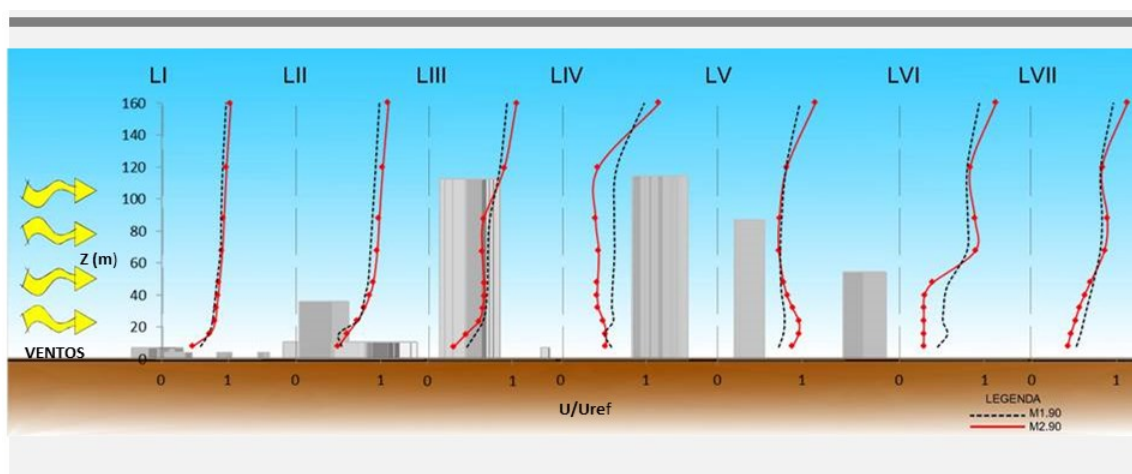


Figura 92: comparação em P6 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.3.7 Comparativo M1/M2-P7. 90

Na linha LI os perfis se comportam de maneira parecida em M1 e M2, notando-se valores discretamente maiores das velocidades para o perfil em M2.

Os perfis que na linha LI mostravam comportamentos bem próximos ao perfil de referência, na linha LII sofrem um pico de aceleração entre as alturas de 25 m e 45 m de altura para em seguida voltarem à condição demonstrada na linha anterior.

Na linha seguinte (LIII) os perfis aproximam-se outra vez, retomando a sua semelhança com os perfis de referência tanto para M1 quanto para M2, que apresenta velocidades um pouco maiores acima da altura de 90 m.

O perfil em M2, na linha LIV demonstra alterações em relação à linha anterior, bem como em relação ao M1, apresentando velocidades maiores nas alturas mais baixas e certa desaceleração entre os 60 m e 90 m, para então retomar a aceleração crescente.

Na linha LV os perfis retomam certa semelhança formal, diferenciando-se principalmente quanto aos valores das velocidades, estas mais baixas em M1 do que em M2.

Nas linhas LVI e LVII os perfis apresentam comportamentos muito parecidos com a linha LV, apresentando apenas desacelerações mais expressivas em M2, cujas velocidades muito se aproximam das de M1 nas alturas mais baixas.

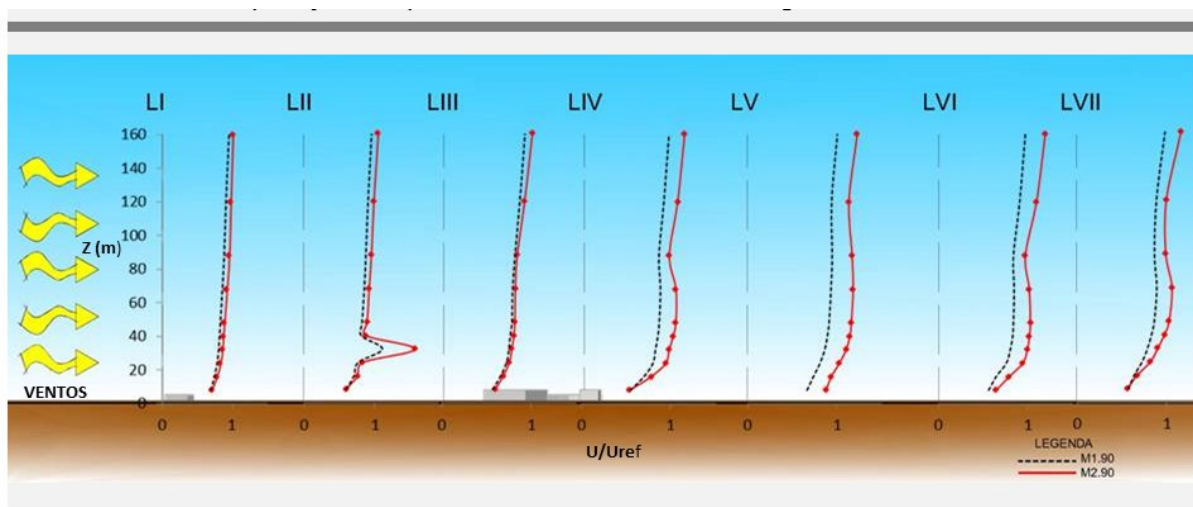


Figura 93: comparação em P7 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°

### 6.3.8 Comparativo M1/M2-P8.90

A proximidade entre as configurações dos perfis em M1 e M2 se fazem perceber desde a linha LI até a linha LIII. Em muito se aproximam também dos seus perfis de referência, com o perfil em M1 apresentando pequena diferença quanto às suas velocidades se comparado ao perfil M2. É possível ainda verificar que os perfis possuem praticamente as mesmas velocidades nas alturas mais baixas e a partir de então crescem um pouco mais no perfil M2. A ausência de obstáculos nas proximidades resulta em perfis bem delineados nestas três primeiras linhas do adensamento.

Na linha LIV, a presença de um obstáculo à frente do ponto de medição ocasiona mudança efetiva no comportamento do perfil em M2, o que não ocorre para M1. As diferenças são perceptíveis a partir dos 90 m de altura, onde as velocidades em M2 aumentam substancialmente quando comparadas as de M1.

O perfil em M2 na linha LV apresenta desaceleração por volta dos 20 m de altura, resultantes ainda dos efeitos causados pelo edifício presente na linha anterior. Demonstra comportamento instável e só estabiliza outra vez, acima dos 90 m de altura.

Nas linhas LVI e LVII é possível observar comportamentos semelhantes entre os perfis em M2 e também entre os perfis em M1. Em M2 o perfil ainda se mostra perturbado, com acelerações maiores na linha LVII. O mesmo ocorre de maneira mais sutil em M1.

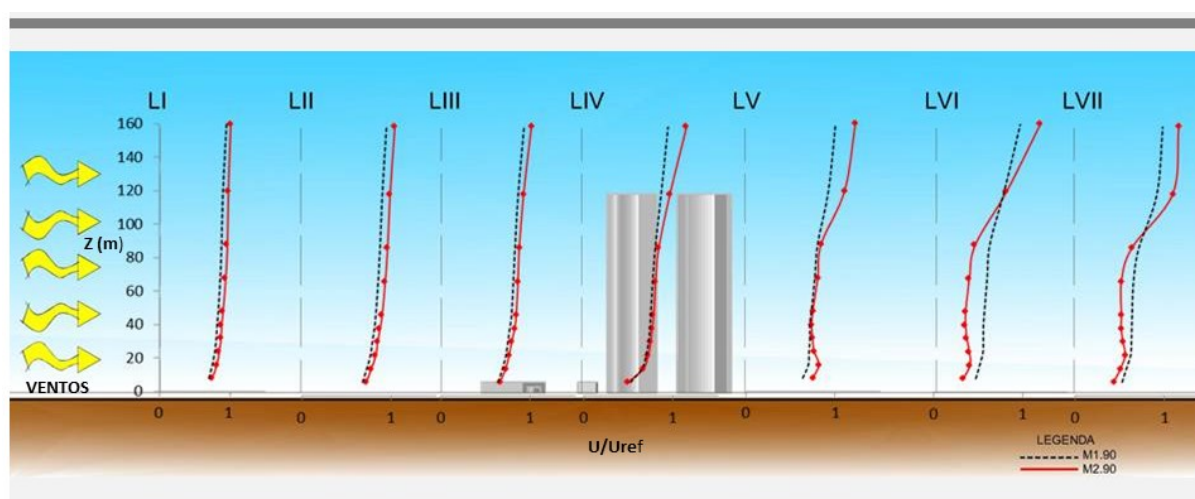


Figura 94: comparação em P8 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 90°



## 6.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS LONGITUDINAIS AO MODELO PARA O ÂNGULO DE 150°

### 6.4.1 Comparativo M1/M2-P1.150

Na linha LI os obstáculos próximos aos pontos de medição tanto em M1 quanto em M2 parecem ainda não causarem grandes perturbações aos seus perfis. Ambos mostram pequenas acelerações quando se aproximam dos 40 m de altura, a partir de onde o perfil em M2 se distancia um pouco mais do perfil em M1.

A proximidade dos pontos de medição com edifícios existentes na linha LII geram um comportamento menos estável dos perfis em M1 e M2. São perceptíveis variações de velocidades desde as alturas mais baixas, e, sobretudo entre os 50 m e os 90m, ocorrem picos de aceleração seguidos de uma brusca desaceleração, a partir de onde os perfis tendem a voltar ao seu comportamento habitual.

Os perfis das linhas LIII e LIV apresentam configurações próximas, com o perfil em M2 na linha LIII mostrando uma desaceleração desde a base até os 70 m de altura para depois retomar o crescimento das velocidades de forma enfática.

A linha LV mostra o perfil em M2 apresentando uma forte aceleração aos 20 m de altura e as duas linhas seguintes com perfis de comportamento bem irregulares em M1 e M2.

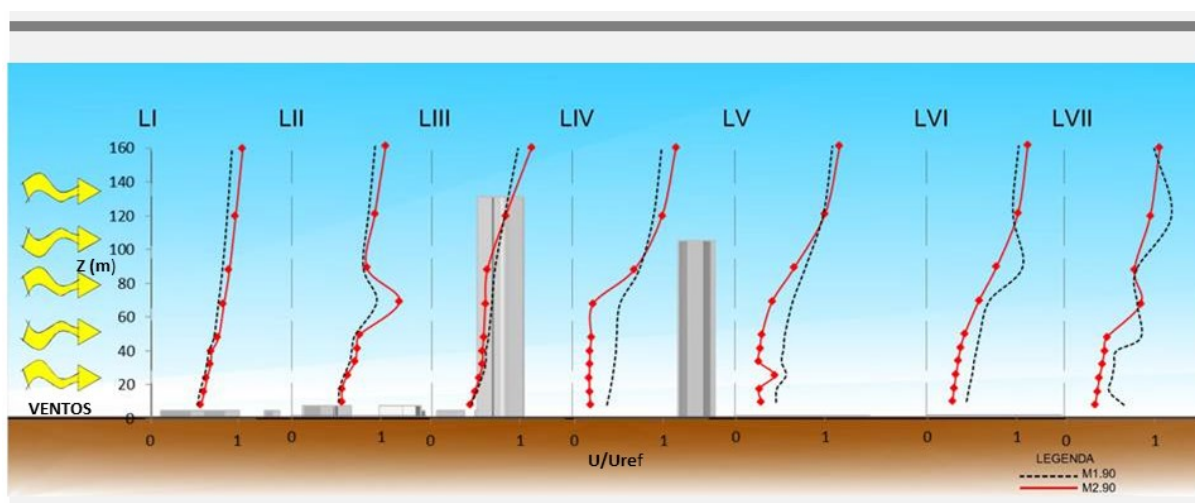


Figura 95: comparação em P1 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

### 6.4.2 Comparativo M1/M2-P2.150

Ainda na primeira linha de pontos do adensamento, este ponto de medição apresenta perfis bem semelhantes. O perfil em M2 apresenta desaceleração bastante sutil à altura dos 45 m e a partir deste ponto tem um leve aumento de velocidades se comparado com o perfil em M1.

Na linha LII, enquanto o perfil em M1 permanece inalterado, o perfil em M2 já demonstra acelerações intercaladas com desacelerações ao longo de todo o perfil, certamente sob a ação do edifício alto a barlavento do ponto de medição.

Na linha LIII o perfil em M2, já mais afastado dos obstáculos anteriores parece estabilizar um pouco mais, se aproximando outra vez do perfil em M1, com velocidades semelhantes nas alturas menores, mas ainda com uma maior aceleração quando acima dos 120 m de altura. Estes mesmos perfis na linha LIV se afastam outra vez tanto na base como no topo, com o perfil em M2 ganhando velocidade em relação ao perfil da linha anterior, sofrendo desaceleração até os 90 m, a partir de onde torna a acelerar sob o efeito aerodinâmico de um edifício alto a barlavento do ponto.

As linhas LV, LVI e LVII mostram perfis que sofrem uma inversão na sua configuração, sofrendo certo efeito de frenagem até a altura média dos 70 m, e a partir de então torna a ganhar velocidade, mas em nada se aproximam dos perfis de referência.

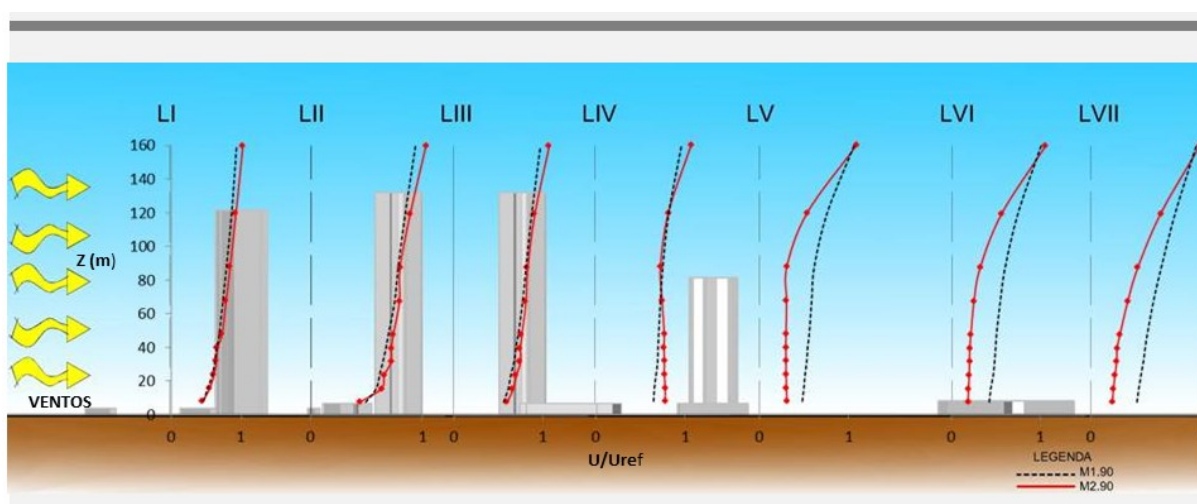


Figura 96: comparação em P2 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

### 6.4.3 Comparativo M1/M2-P3.150

O posicionamento do ponto de medição próximo à base de um edifício, mesmo não se apresentando como um obstáculo de grande altura provoca forte desaceleração nas proximidades da superfície até a altura aproximada dos 20 m tanto para o perfil em M1, quanto para o perfil em M2.

Na linha LII, enquanto o perfil em M1 começa a se estabilizar, vemos o perfil em M2 sofrer uma brusca desaceleração desde os 25 m até os 110 m aproximadamente, como resultado da interferência causada por um edifício alto a barlavento do ponto de medição.

O perfil em M2, mais perturbado na linha LII, parece apresentar tendência à estabilização se aproximando sutilmente do perfil em M1 nas linhas LIII e LIV. O perfil em M2 não parece sofrer grande influência nestas linhas do edifício alto situado entre os pontos de medição.

O que se observa na linha LV são perfis onde as velocidades não crescem nos moldes dos perfis de referência. Em M1 crescem de forma muito sutil até os 85 m, e a partir daí têm um ganho de aceleração mais substancial. Já em M2, ocorre uma desaceleração evidente até a altura dos 50 m, um pequeno ganho de aceleração até os 85 m, e só a partir desta altura a velocidade volta a crescer de maneira expressiva. LVI e LVII têm perfis bastante perturbados.

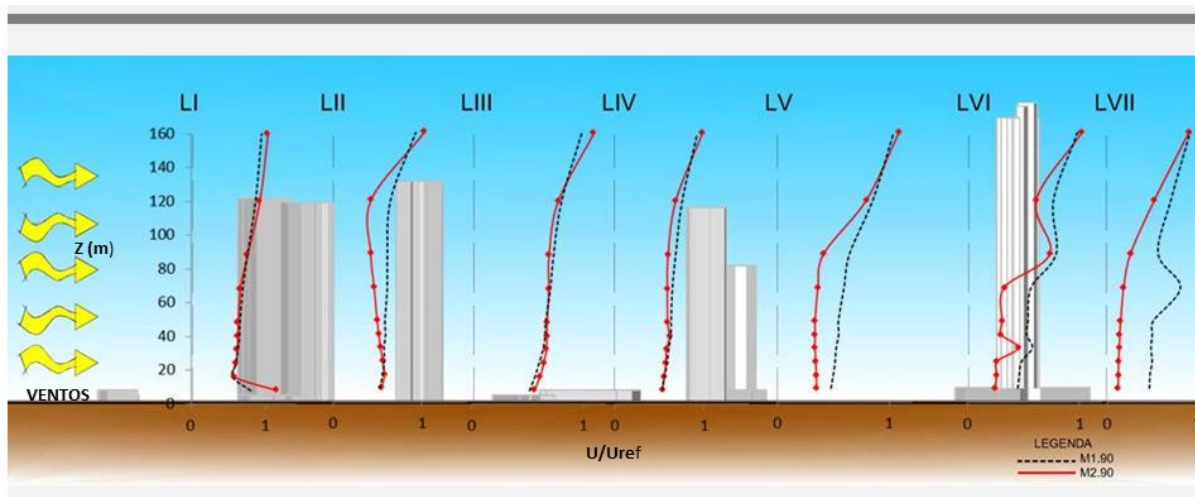


Figura 97: comparação em P3 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°



#### 6.4.4 Comparativo M1/M2-P4.150

A linha LI mostra perfis um pouco diferenciados para M1 e M2. Enquanto o perfil em M1 apresenta uma suave desaceleração e velocidades que crescem de forma suave, o perfil em M2 tem um desenho similar, com características mais enfáticas, em decorrência da presença a barlavento de um conjunto de quatro edifícios altos, e de outros três obstáculos altos a sotavento do ponto de aquisição.

Nas linhas LII e LIII os perfis mantêm um comportamento razoavelmente similar, sendo que para o perfil em M2 na linha LIII ocorre certa desaceleração entre as alturas de 50 m e 75 m. Na linha seguinte as desacelerações no perfil em M2 se mostram ainda mais evidentes, ocorrendo desde a base do perfil até os 85 m de altura.

O que se observa na linha LV é que ambos os perfis começam com uma configuração aparentemente normal, entretanto, sobretudo no perfil em M2 ocorre uma desaceleração gradativa até a altura de 90 m com uma súbita aceleração a seguir.

Na linha LVI o ponto de medição em M2 está cercado de edifícios altos, apresentando um perfil que sofre desaceleração até os 25 m, onde ocorrem sequencialmente bruscas acelerações e desacelerações, tornando a acelerar a partir dos 45 m de altura, mas o perfil ainda não se aproxima do de referência. O mesmo ocorre na linha LVII, com perfis em M1 e M2 distantes dos de referência, tendendo a normalizar, na ausência de obstáculos.

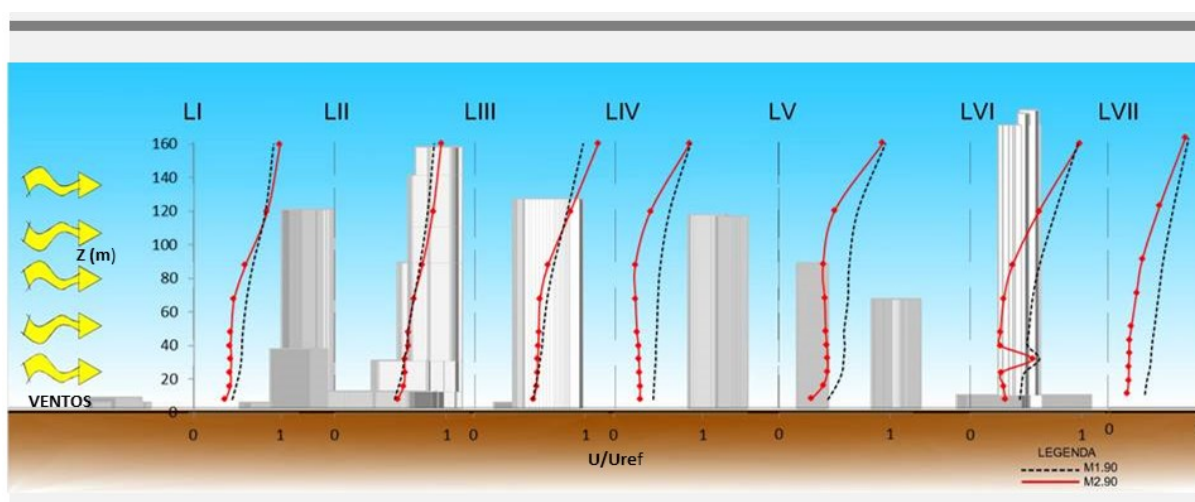


Figura 98: comparação em P4 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

### 6.4.5 Comparativo M1/M2-P5.150

Na linha LI o perfil em M2 já apresenta desaceleração nas alturas mais baixas, aparentemente pela presença de quatro edifícios a barlavento do ponto de aquisição, bem como também, dois obstáculos altos a sotavento. A desaceleração em M2 se faz ainda mais evidente, seguida de súbita aceleração à altura dos 90 m na linha LII. Nesta posição o ponto de aquisição se encontra cercado de edifícios altos por todos os lados.

O comportamento do perfil em M2 na linha LIII mostra-se ainda mais perturbado, sofrendo desacelerações mais bruscas nas alturas mais baixas, parecendo acumular os efeitos da linha anterior com o fato do ponto nesta linha se encontrar ao lado do edifício mais alto do conjunto, que possui uma base também muito alta.

Nas duas linhas seguintes, LIV e LV, os perfis em M1 e M2 têm configurações bem próximas e mais estáveis, embora ainda não se mostrem semelhantes aos perfis de referência. Na linha LIV os perfis em M1 e M2 têm velocidades mais próximas na base e no topo, enquanto na linha LV as velocidades só são próximas no topo.

Nas linhas LVI e LVII ocorre algo semelhante ao que se observa nas linhas LIV e LV, percebe-se, entretanto que em M2 na linha LVI as variações das acelerações são um pouco mais bruscas se comparadas às linhas anteriores e também à linha LVII.

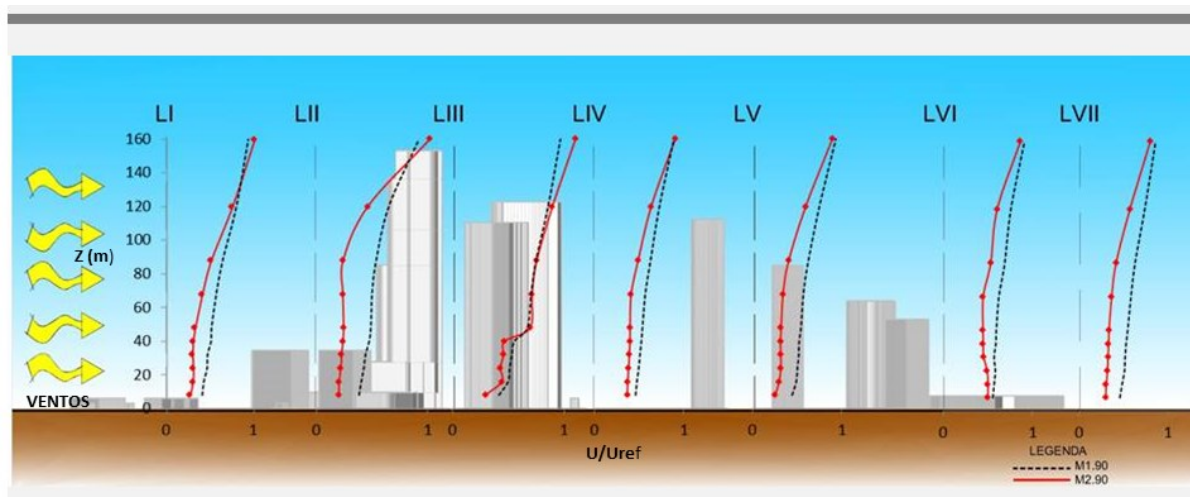


Figura 99: comparação em P5 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

#### 6.4.6 Comparativo M1/M2-P6.150

Os perfis em M1 e M2 na linha LI possuem comportamentos bem semelhantes. Percebe-se apenas que as velocidades do perfil em M2 tanto nas alturas mais baixas, quanto mais perto do topo são um pouco maiores.

Na linha LII ambos os perfis apresentam uma pequena alteração entre as alturas de 10 m a 30 m, o que se deve provavelmente pela presença de uma edificação de pequeno porte a esquerda e a barlavento do ponto de medição.

A linha LIII mostra o perfil em M2 com algumas alterações na sua configuração. Ocorrem acelerações e desacelerações pontuais e o perfil só retoma contorno mais uniforme a partir dos 90 m de altura, passando a apresentar velocidades crescentes mais uniformes.

Nas linhas LIV e LV os perfis já apresentam comportamentos mais semelhantes e regulares, por já não haverem obstáculos próximos aos pontos de medição em M1 e M2. Observa-se, contudo que as velocidades do perfil em M2 são ligeiramente menores em M2 nas alturas mais baixas, fato que se inverte após os 120 m de altura.

Nas linhas LVI e LVII os perfis em M1 e M2 também divergem de forma sutil, apresentando pequenas variações em acelerações e desacelerações discretas na ausência de obstáculos próximos.

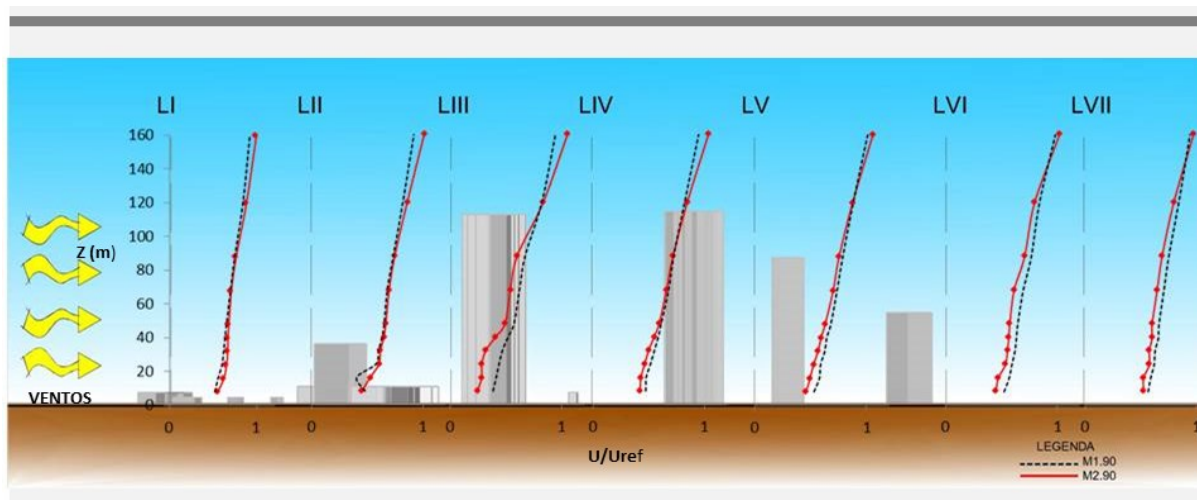


Figura 100: comparação em P6 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

### 6.4.7 Comparativo M1/M2-P7.150

Na linha LI, ainda sem qualquer ação de obstáculos a barlavento e apenas com um edifício baixo a sotavento, os perfis em M1 e M2 se mostram muito próximos em suas configurações, com o perfil em M2 apresentando velocidades um pouco maiores.

O perfil em M1 na linha LII em muito se aproxima do seu perfil de referência, enquanto o perfil em M2 na mesma linha mostra um pico de aceleração aos 50 m de altura, desacelerando bruscamente aos 70 m, para então retomar uma aceleração mais uniforme a partir dos 95 m de altura.

Os dois perfis tornam a apresentar configurações mais próximas na linha LIII, onde já não ocorrem obstáculos a sotavento do ponto de medição. Percebe-se ainda que o perfil em M2 ainda apresenta pequenas variações entre as alturas de 20m e 70 m.

As linhas LIV e LV mostram perfis em M1 e M2 quase idênticos, ambos se aproximando dos seus perfis de referência. Nas duas linhas o perfil em M1 apresenta valores menores de velocidades do que o perfil em M2.

Na linha LVI os valores das velocidades nos perfis em M1 e M2 chegam a se igualar na altura de 70 m, sendo essa a sua principal alteração. Os perfis mantêm a sua similaridade na linha LVII, com o perfil em M2 assumindo velocidades maiores outra vez.

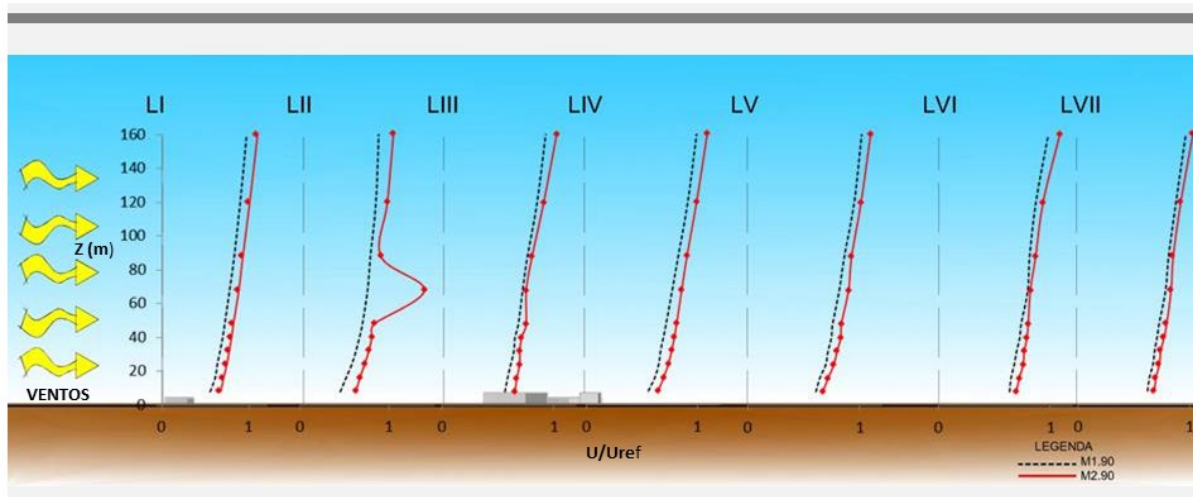


Figura 101: comparação em P7 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

### 6.4.8 Comparativo M1/M2-P8.150

Da mesma forma que para o ponto P7.150, na linha LI, ainda sem qualquer ação de obstáculos a barlavento os perfis em M1 e M2 se mostram muito próximos em suas configurações, com o perfil em M2 apresentando velocidades um pouco maiores.

Na linha LII os perfis mantêm esta configuração e ainda se aproximam ambos das apresentadas pelos seus perfis de referência.

O perfil em M2 na linha LIII comportamento sutilmente irregular nas alturas mais baixas, mas não se afasta muito do perfil em M1. Tal variação no perfil em M2 não ocorre na linha LIV, que apresenta perfis em M1 e M2 praticamente paralelos entre si, com o Perfil em M2 com velocidades maiores do que o em M1.

Na linha LV o perfil em M1 se mantém inalterado enquanto o perfil em M2 mostra uma brusca desaceleração entre os 50 m e 70 m de altura, para então acelerar subitamente até os 95 m, a partir de onde a velocidade cresce de forma suave outra vez.

As linhas LVI e LVII mostram perfis que parecem se regularizar gradativamente, sem maiores perturbações ou picos de aceleração ou desaceleração.

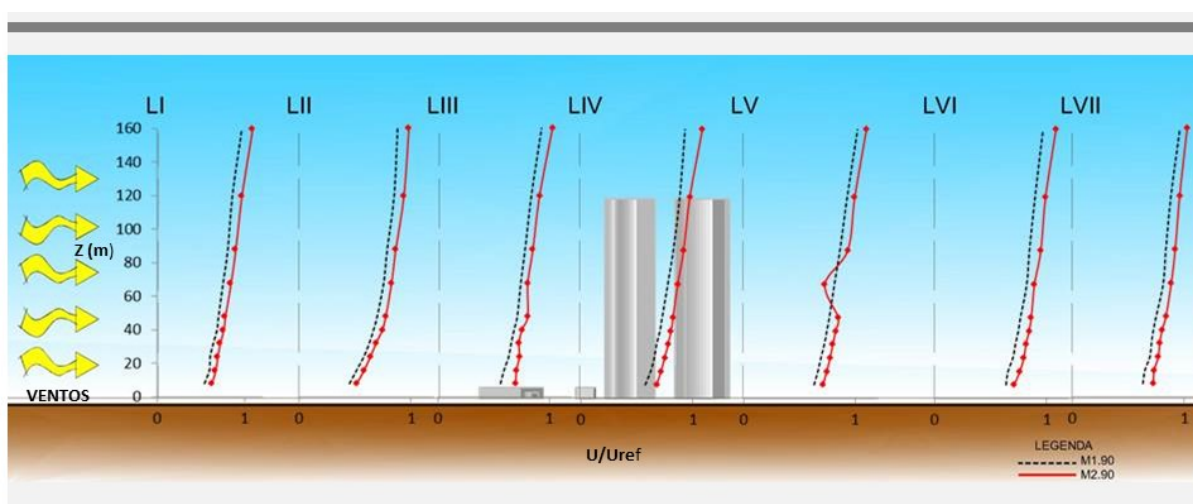


Figura 102: comparação em P8 entre os perfis de M1 e M2 no sentido longitudinal ao modelo com ângulo de ataque do vento a 150°

## 7 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram estudadas duas configurações de ocupação do solo urbano na cidade de João Pessoa-PB. Ambas tiveram a sua implantação dada na mesma área do bairro denominado Altiplano Cabo Branco, porém em recortes temporais distintos e obedecendo a legislações que impuseram condicionantes urbanísticos bastante diferenciados, levando a área a ser ocupada em um primeiro momento por edificações predominantemente residenciais unifamiliares de no máximo dois pavimentos, e nos dias atuais, a ser adensada principalmente por edifícios residenciais multifamiliares com gabarito em altura que por vezes atingem os cinquenta pavimentos.

É importante destacar que este trabalho não averiguou qualquer outra variável relacionada ao crescimento ou desenvolvimento urbano a não ser o escoamento de vento e sua relação com o espaço urbano edificado, e que decisões ligadas ao planejamento urbano pressupõem estudos mais aprofundados e multidisciplinares onde a variável vento contribui de forma substancial para o bem-estar, a segurança do indivíduo e o planejamento consciente do uso da energia elétrica entre outros.

Foram utilizados ensaios em túnel de vento com modelos em escala reduzida pelo fato de que, ainda que sabida a importância e o desenvolvimento dos métodos computacionais de análise da dinâmica dos fluidos, estes ainda não se mostram tão confiáveis quanto o método adotado aqui para avaliações ou projetos que possam abranger áreas urbanas de maiores dimensões e complexidade.

Após a efetivação dos ensaios no túnel de vento e a análise dos resultados obtidos é possível constatar que:

- para o ângulo de incidência do vento a  $90^\circ$  a comparação entre o modelo de adensamento 1 (M1) e o modelo de adensamento 2 (M2) mostra que os perfis obtidos não demonstram maiores divergências entre si;
- as divergências apresentadas entre os perfis para este ângulo de incidência do vento foram bastante pontuais e relacionadas com a proximidade entre os pontos de aquisição e alguns edifícios isolados, altos ou não;

- as medições feitas a sotavento dos adensamentos nos dois modelos, em pontos afastados aproximadamente 200 m dos últimos edifícios, ainda demonstram perfis com características distintas dos perfis de referência;
- nos pontos posicionados nos flancos dos modelos, à direita da direção de ataque do vento, mesmo com uma concentração bastante insipiente de edificações ocorrem certas perturbações que podem ser observadas na conformação dos seus perfis;
- embora as configurações dos perfis entre os dois modelos possuam semelhanças, as velocidades no modelo M2 alcançaram valores mais altos e a intensidade das acelerações e desacelerações apresentada foi sempre superior neste modelo de adensamento;
- para o ângulo de incidência do vento a  $150^\circ$  a comparação entre o modelo de adensamento 1 (M1) e o modelo de adensamento 2 (M2) apresenta variações um pouco mais expressivas entre os perfis obtidos do que as encontradas para o ângulo de ataque do vento a  $90^\circ$ ;
- a desaceleração ocorrida nos perfis do modelo M2 já na entrada na primeira linha (LI) é mais evidente do que a que ocorre no modelo M1;
- alguns perfis apresentam configurações diferenciadas para um mesmo ponto quando comparados os modelos M1 e M2;
- para o ângulo de incidência do vento a  $150^\circ$ , a intensidade das variações é mais significativa do que para o ângulo de incidência do vento a  $90^\circ$ ;
- a depender do ponto de aquisição considerado dentro da malha determinada no adensamento o resultado da frenagem e da elevação do escoamento resulta em perfis diferentes dentro de uma mesma área estudada;
- que a interação entre vento e os padrões de adensamento em uma determinada área determinam o sistema de ventilação resultante dessa relação, seja em situações planejadas, ou em casos de ocupações já existentes;

Postas tais constatações é possível concluir que:

- os indicadores urbanísticos adotados para o adensamento do modelo M2, que representa a ocupação atual da área de estudo, considerado o aspecto da verticalização ocorrida na área, resultam em características de escoamentos que em pouco se diferem das que ocorrem para o modelo M1, que adotava indicadores urbanísticos mais conservadores, o que indica que o processo de verticalização neste caso não é necessariamente pior do que o de ocupações mais horizontais e notadamente beneficia uma quantidade maior de habitantes, sendo importante salientar que foram estudados apenas os aspectos relacionados à variável urbanística vento, dentre outras a serem consideradas no planejamento urbano;
- que ainda tendo sido encontrados resultados satisfatórios nos ensaios efetivados no túnel de vento, os indicadores urbanísticos estabelecidos pelos órgãos competentes para o local até então não apresentavam qualquer base científica, tal qual o que ocorre com os que são hoje adotados no restante da cidade de João Pessoa, totalmente empíricos, ou quando muito, embasados em estudos teóricos ultrapassados e inadequados à realidade do local; ratificando que a decisão por um padrão de ocupação do solo implica não somente a consideração de vários sistemas que nele interferem, mas inclui, nomeada e necessariamente, em cada caso, determinar exigências e tratamentos diferenciados e o profundo conhecimento dos padrões de escoamentos locais;
- os indicadores adotados pela atual legislação urbanística do local, que levam à utilização de menores taxas de ocupação, afastamentos laterais e de fundos progressivos e discretamente maiores, e afastamento frontais notadamente maiores do que os adotados para o mesmo uso em outras áreas da cidade, geram edifícios mais altos sim; mas por outro lado, aumentam significativamente as calhas de ruas e afastamentos entre os edifícios, aumentando a permeabilidade aos ventos;
- que mesmo sem a presença de obstáculos significativos nas últimas linhas de medições, aproximadamente a 200 m a sotavento dos adensamentos, em todas as situações ensaiadas os perfis se mostraram de certa forma sob



o efeito das perturbações provocadas pelas edificações e ainda não haviam retomado as características dos perfis de referência, o que demonstra claramente as alterações provocadas pelos dois padrões de adensamento nos escoamentos afetando conseqüentemente as áreas subseqüentes;

- o conhecimento e identificação dos escoamentos na cidade, admitida a reciprocidade das interferências entre estes e os padrões de adensamentos, evidencia a sua importância enquanto ferramenta no planejamento urbano ao permitir a detecção de áreas onde se fazem necessárias ações de cunho preventivo ou corretivo para uma ocupação do solo mais eficiente e igualitária quanto à distribuição dos ventos na sua área urbana.

## 7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Testar e comparar novos indicadores urbanísticos para a área com os estudados neste trabalho, inclusive utilizando uma predição da ocupação dos lotes restantes, quer seja com a configuração com a qual se apresentam hoje, ou efetuando-se o remembramento destes simulando novos lotes com as características daqueles utilizados atualmente no processo de verticalização da área.

Associar os resultados encontrados neste trabalho, relativos à variável vento, com estudos relacionados à outras variáveis do processo de urbanização para a mesma área avaliando desta forma de uma maneira mais abrangente os impactos causados atual e futuramente pelo adensamento iniciado no local.

Continuar os estudos nas áreas subseqüentes, que ainda não se encontram em processo de verticalização com as características presentes no adensamento aqui ensaiado, considerando então os indicadores aqui utilizados bem como novos indicadores a serem comparados, desta feita considerando os efeitos causados aos escoamentos decorrentes da ocupação estudada nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT – NBR-6123: Forças Devidas ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ALCOFORADO, M. J., LOPES, A., ANDRADE, H., et al. **Report: Climatic evaluation for urban planning in Lisbon**: Universidade de Lisboa. 2006.
- ARAÚJO, Virgínia Maria Dantas de. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. 1996. Tese (Doutorado em Arquitetura). FAU/USP. São Paulo.
- ASSIS, E. S. de. **Mecanismos de desenho urbano apropriados a atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical**. 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). FAU/UFRJ. Rio de Janeiro.
- AYNSLEY, A. D., MELBOURNE, W., VICKERY, B. J. **Architectural Aerodynamics**. Applied Science Publishers, London, 1977.
- BAILAY, A. and VINCENT, N. D. G. – **Wind-pressure of Buildings Including effects of adjacent Buildings**. Journal of The Institution of Civil Engineers (London) 20 (8): 243-275, 1943.
- BARBIRATO, G. M. **Clima e Cidade: a Abordagem Bioclimática como Subsídio Para Estudos Urbanos**. EDUFAL. Maceió, 2007
- BATURIN, V. V. **Fundamentos de Ventilacion Industrial**. Barcelona: Editorial Labor, 1976.
- BLAIR, T.A. **Meteorologia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1964.
- BLANPLAIN, R. P. **L'exposition de Lisbonne et le vent: problème de - transposition banlieu/centre ville; confort humain**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995.
- BLESSMANN, J. **The Boundary Layer Wind Tunnel of UFRGS**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 10, p. 231-248, 1982.
- BLESSMANN, J. **Aerodinâmica das Construções**. 2. Ed. Porto Alegre: UFRGS, 1990.
- BLESSMANN, J. **O Vento na Engenharia Estrutural**. 1. Ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995.
- BLESSMANN, J. **Aerodinâmica das Construções**. 3. Ed. Porto Alegre: UFRGS, 2011.
- BLÜTHGEN, J. **Allgemeine Klimageographie**. von Joachim Blüthgen. 3. neu bearb. Aufl. Von Wolfgang Weischet, Berlin, N. York: de Gruyter, 1980.
- BLEVINS, R. D. **Applied fluid dynamics handbook**. New York. Van Nostrand Reinhold Company, 1984.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. 2ª ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2002.

CARVALHO, H. J. 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, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo) FAU – UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

CERMAK, J. E., COCHRAN, L. S. **Physical Modeling of Atmospheric Surface Layer**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 41/44, p. 935-946, 1992.

CERMAK, J. E. **Progress in Physical Modeling for Wind Engineering**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 54/55, p. 439-455, 1995.

CERMAK, J. E., COCHRAN, L. S. , LEFFER, R. D. **Wind-tunnel Modeling of Atmospheric Surface Layer**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 54/55, p. 505-513, 1995.

CHANDLER, T. J. **Urban climatology and its relevance to urban design**. WMO – N° 438, Geneva: 1976.

CLARKE, J. F. and BACH, W. **Comparison of comfort conditions in different urban and suburban microenvironments**. Int. J. Biometeor. vol. 15, number 1, p. 41-54, 1971.

COUNIHAN, J. **An Improved Method of Simulating an Atmospheric Boundary Layer in a wind tunnel**. Atmospheric Environment, 3, p. 197-214, 1969.

DAVENPORT, A. G., ISYUMOV, N. **The Application of the Boundary Layer Wind Tunnel to the Prediction of Wind Loading**. In: Proceedings of the International Research Seminar: Wind Effects on Buildings and Structures. Ottawa, Canada. September 11-15, Vol. 1. Pp 201-230. 1967.

DAVIS, M., CORNWELL, D. **Introduction to Environmental Engineering**. EUA. Mac Graw-Hill, 1998.

DUARTE, D. H. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental; método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

EVANS, B. H. **Natural air flow around buildings**. Research Report N°. 59, Texas Engineering Experiment Station, College Station, Texas: 1957.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. EUA. Mac Graw-Hill, 1972.

FERNANDES, M. A. M. **A (Re)Produção do Espaço Urbano no Bairro altiplano, João pessoa-PB** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPB, João Pessoa, 2013.

FOX, R.W., McDONALD, A.T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1998.

GANDEMER, J., GUYOT, A. **Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti.** Paris: Ministère de la Qualité de la Vie, 1976.

GANDEMER, J., GUYOT, A. **La protection contre le vent – aérodynamique des brise-vent et conseil pratiques.** Paris: CSTB – Centre Scientifique et conseils pratiques, 1981.

GARRAT, J. R. **The Atmospheric Boundary Layer.** London: Cambridge University Press, 1994.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture.** London: Elsevier, 1976.

GIVONI, B. **Climate and Architecture.** London: Elsevier, 1976.

GONÇALVES, Joana C. S., Denise H. e KRONKA MULFARTH. Roberta C. **Sustentabilidade urbana no ensino de graduação: proposta do departamento de tecnologia.** In: ENCAC ELACAC 2007 – IX Encontro Nacional e V Encontro latino americano de conforto no ambiente construído, Ouro Preto, 2007.

INCOPRERA, F. ; DEWITT, D.P. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa.** LTC Editora, Rio de Janeiro, 2003.

IRMINGER, J. O. V., NORKKENTVED. **Wind-Pressure of Buildings.** Copenhagen, 1936.

ISNARD, A. A. **Investigação Computacional do Escoamento e da Dispersão Atmosférica de Poluentes Sobre Topografias Complexas.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2004.

JANEIRO BORGES, A.R.; GIL SARAIVA, J. A. **An erosion technique for assessing ground levels winds.** Wind Engineering (Ed. J.E., Cermak) N.Y.: Pergamon Press, 1980.

KATZSCHNER, L.; KOHL, M.;REINHOLD, M. **The urban climate of Bragança.** Kassel – Bragança, Portugal, 1995.

KOENIGSBERGER, O. H. et al. **Viviendas y Edificios en zonas Calidas y Tropicales.** Madrid: Paraninfo, 1977.

LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate.** Maryland: Academic Press, 1981.

LAWSON, T. V. **Wind Effects on Buildings.** Applied Science Publishers Ltda., London, 1980.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles – O exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1985.

LOREDO-SOUZA, A. M.; SCHETTINI, E. B. C.; PALUCH, M. J. Simulação da Camada Limite Atmosférica em Túnel de Vento. **Turbulência**, Sérgio V. Möler e Jorge H. Silvestrini Editores, vol. 4, 2004-p. 137-163.

LOREDO-SOUZA, A. M. **Ação Estática do Vento sobre o Empreendimento Planolar-Barra Tower, Balneário Camboriú, SC.** Porto Alegre: LAC/UFRGS, ago. 2007. Relatório Técnico.

LUTGENS, F. K.; TABUCK, E. J. **The Atmosphere an Introduction to Meteorology.** New Jersey: Prentice Hall, 1995.

MACHADO, D. de S. **Vibrações Induzidas por Chuva e Vento em Cabos de Pontes Estaiadas: Investigação Experimental dos Mecanismos em Túnel de Vento.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

MARINO, M. et al. **Glossário de termos usuais em ecologia.** São Paulo: ACIESP, 1980.

MASCARÓ, L. R. D. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo.** 2ª ed. São Paulo: Projeto Editores associados Ltda., 1991.

MATSUMOTO, E. **Calibração do Túnel de Vento de Camada Limite Atmosférica e Ensaios de Aberturas em Edificações Utilizando Modelos Reduzidos.** Projeto de Pesquisa. Unicamp, Campinas, 2008.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano.** Tese (Livre-Docência). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. USP. São Paulo, 1975.

MONTEIRO, C. A. F. **O Clima e a Organização do Espaço no Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto de Geografia. USP, 1976.

MOREIRA, G. A. A. **Modelagem Numérica da Camada Limite Atmosférica com Validação Experimental.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). UFMG. Belo Horizonte.

MOREIRA, I. **O Espaço geográfico: Geografia Geral e do Brasil.** São Paulo: Ática, 2001.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente.** 2. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 1999.

OKE, T. R. **The energetic base of urban heat island.** Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. London, Elsevier Science, 108, p 1-24, 1982.

OKE, T. R. **City size and the urban heat island.** Atmospheric Environment. London, Pergamon, 7, p 769-779, 1973.

OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism.** Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1973.

OLIVEIRA, M. G. K. de. **Desenvolvimento de uma balança dinâmica de três graus de liberdade para estudos dos efeitos de flexo-torção em edifícios altos submetidos à ação dos ventos.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

PATRÍCIO, A. M., NUNES, J. M., RITA, J. P. **Conforto Térmico no Interior de Edifícios - Energias Renováveis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). IST. Lisboa, 1997.

PEREGRINO, P. S. A. **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 e Ambiental) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, UFPB, João Pessoa, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Plano Diretor da Cidade de João Pessoa**. João Pessoa: Grafset, 1994.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Código de Urbanismo**. João Pessoa, Secretaria de Planejamento, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Decreto 5363 de 28 de junho de 2005**. Semanário Oficial nº 963. João Pessoa, 15 de junho a 01 de julho de 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Decreto 5844 de 08 de janeiro de 2007**. Semanário Oficial nº 1043. João Pessoa, 07 a 13 de janeiro de 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Decreto 7073 de 29 de novembro de 2010**. Semanário Oficial nº 1247. João Pessoa, 05 a 11 de dezembro de 2010.

PRATA, A. R. **Impacto da Altura de Edifícios nas Condições de Ventilação Natural do Meio Urbano**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, 2005.

RIBEIRO, E. L. **Aspectos estruturais da forma urbana: suas influências na concentração de poluentes atmosféricos e nos impactos receptivos – alternativas de planejamento urbano para o caso de São Paulo**. Tese (Doutorado em). Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

ROCKLE, R. **Bestimmungen der Stromungsverhältnisse im Bereich komplexer Bebauungsstrukturen**. Dissertation (Fachbereich Mechanik). T H Darmstadt, 1990.

ROGERS, Richard. **Cities for a Small Planet**. London: Faber and Faber, 1997.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlações entre o uso do solo e as ilhas de calor em Salvador**. Dissertação (Mestrado em Geografia). FFLCH-USP. São Paulo, 1981.

SARAIVA, J. A. G. **Aerodinâmica dos edifícios altos: características do escoamento e resposta à turbulência de formas prismáticas**. 1983. Tese (Concurso para Especialista do Laboratório Nacional de Engenharia Civil). LNEC. Lisboa.

SARAIVA, J. A. G. **Campo de velocidades de atrito num parque de carvão**. Lisboa: LNEC, 1988.

SARAIVA, J. A. G. **Modelação em mecânica dos fluidos. Aspectos aerodinâmicos: a circulação de comboios**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1991.

SARAIVA, J. A. G. **Boundary layer above urban areas**. Lisboa: PASCOOL Meeting. LNEC, 1994.

SARAIVA, J. A. G. **Ação do vento e nível de conforto em espaços urbanos**. In: **Encontro de Professores de Conforto Ambiental 1994. João Pessoa - Paraíba**. Anais dos Resumos dos Trabalhos. João Pessoa: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, 1995. p.23-31.

SCHMALTZ, J. **Das Stadtklima** - Verlag C. F. Muller, Karlsruhe, 1984.

SENE, E. de; MOREIRA, J. C.. **Geografia Geral e do Brasil – espaço geográfico e globalização**. São Paulo: Scipione, 1999.

SHAMES I. H. **Mecânica dos Fluidos - Análise de Escoamentos**. Ed. Edgard Blücher Ltda., 1973.

SILVA, F. A. G. da. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

SOCKEL, H. Fundamentals of wind engineering. **CISM Courses and Lectures: wind-exited vibrations**. Vienna, V. 335, p. 85-160, 1994.

SORRE, M. L'adaptation au milieu climatique et bio-social. Géographie psychologique. In: PIÉRON, HENRI (org). **Traité de psychologie appliquée**. Paris: PUF, 1954. In: MEGALE, J. F. ; FERNANDES, F. Max Sorre – Geografia. São Paulo: Ática, 1984. (1934).

SOUZA, V. S. **Mapa Climático Urbano da Cidade de João Pessoa-PB**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPB, João Pessoa, 2010.

STANDEN, N. M. **A Spire Array for Generating Thick Turbulent Shear Layers for Natural Wind Simulation in Wind Tunnels**. National Research Council of Canada, NAE, Report LTR-LA-94, 1972.

STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Kluwer Academic Publishers.

TARIFA, J. R. **Análise Comparativa da Temperatura e Umidade na Área Urbana e Rural de São José dos Campos**. Rio Claro: Geografia, 1977.

VAN STRAATEN, J. F. **Thermal Performance of Building**. Amsterdam, Elsevier, 1967.

WITWER, A. R. **Simulação do Vento Atmosférico e dos Processos de Dispersão de Poluentes em Túnel de Vento**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

ZENGER, A., BACHLIN, W. u. LOHMEYER, A. **Windkanaluntersuchungen als Hilfsmittel zur Stadtklimatologischen Baufolgenabschätzung**. Ingenieurburo Lohmeyer, Karlsruhe, 1996.

## **ANEXO A – A EQUAÇÃO DE BERNOULLI**



## A EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Esta equação foi formulada em 1738 por Daniel Bernoulli com base na Lei da Conservação de Energia. Considere um tubo cuja extremidade inicial é mais fina que a final, e ainda que, internamente escoar um fluido com vazão constante de maneira que o volume que entra, sai com uma densidade constante. Se  $z_1$ ,  $p_1$ , e  $v_1$  são respectivamente altura, pressão e velocidade do fluido que entra e  $z_2$ ,  $p_2$  e  $v_2$  são também de forma respectiva a altura, pressão e velocidade do fluido que sai. Então a Equação de Bernoulli é escrita como se segue:

$$P_1/\rho + \frac{1}{2} v^2 + gz_1 = P_2/\rho + \frac{1}{2} v^2 + gz_2$$

Juntando as duas equações e considerando que a altura de entrada é igual à de saída, percebe-se que caso a velocidade do líquido aumente em qualquer ponto do trajeto, ocorrerá uma redução na pressão do fluido, sendo a recíproca também verdadeira.

Levando-se em conta um tubo contendo um fluido incompressível cuja seção apresentada na metade do seu comprimento sofre uma redução da ordem de 50%, é possível concluir que a pressão aumenta durante a passagem por este trecho mais estreito do tubo, visto que o mesmo volume do fluido será forçado a passar por uma área menor. Fazendo uso da Equação de Bernoulli para uma análise, é possível perceber que a vazão sendo a mesma para qualquer ponto do fluido, no trecho de menor área ocorrerá então uma maior velocidade e conseqüentemente, menor pressão.

**ANEXO B –HIERARQUIA DAS LEIS RELATIVAS AO  
URBANISMO**

## HIERARQUIA DAS LEIS

**LEI BÁSICA FUNDAMENTAL**

```
graph TD; A[LEI BÁSICA FUNDAMENTAL] --> B[CONSTITUIÇÃO FEDERAL – de 05 de outubro de 1988<br/>Capítulo da Política Urbana - Art. 182 e 183]; B --> C[LEIS FEDERAIS]; C --> D[PARCELAMENTO DO SOLO (LOTEAMENTOS)<br/>Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979<br/>POLÍTICA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE<br/>Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981<br/>GERENCIAMENTO COSTEIRO<br/>Lei 7.661, de 16 de maio de 1988<br/>ESTATUTO DA CIDADE – POLÍTICA URBANA<br/>Lei 10.257, de 1º de julho de 2001 – Regulamenta os art. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.];
```

**CONSTITUIÇÃO FEDERAL** – de 05 de outubro de 1988

Capítulo da Política Urbana - Art. 182 e 183

**LEIS FEDERAIS**

**PARCELAMENTO DO SOLO (LOTEAMENTOS)**

Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979

**POLÍTICA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE**

Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981

**GERENCIAMENTO COSTEIRO**

Lei 7.661, de 16 de maio de 1988

**ESTATUTO DA CIDADE – POLÍTICA URBANA**

Lei 10.257, de 1<sup>o</sup> de julho de 2001 – Regulamenta os art. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

**LEIS ESTADUAIS**

**CONSTITUIÇÃO ESTADUAL DO ESTADO DA PARAÍBA** – de 05 de outubro de 1989.

CAP. IV – da proteção do meio ambiente e do solo. Art. 229

**LEIS MUNICIPAIS**

**LEI ORGÂNICA DO MUNICÍPIO** - 1990

**CÓDIGO AMBIENTAL DE JOÃO PESSOA** – Lei Complementar nº 029/2002

**PLANO DIRETOR** – Lei Complementar Nº 3, de 30/12/1992, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

**CÓDIGO DE URBANISMO** - Lei nº 2.102 de 1976, revisado em 1979 – Lei nº 2.699

**CÓDIGO DE POSTURA** - Lei Complementar nº 07, de Agosto de 1995.

**CÓDIGO DE OBRAS** – Lei nº 1.347 de 1971

**ANEXO C – DECRETO MUNICIPAL 5363/05**

DECRETO Nº 5.363/2005  
De 28 de Junho de 2005

**ESTABELECE A DELIMITAÇÃO DO PARQUE DO CABO BRANCO, INSTRUÇÕES NORMATIVAS DE ZONEAMENTO URBANO E AMBIENTAL, A CONTRAPARTIDA FINANCEIRA DOS EMPREENDIMENTOS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.**

O PREFEITO CONSTITUCIONAL DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, Estado da Paraíba, no uso de suas atribuições que lhe são conferidas pelo Art. 22, Parágrafo 1º, Inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o artigo Art. 50, Incisos V e XX da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e com o Art. 3º, Inciso I, e Artigos 21 e 26, Incisos I, II e III, do Plano Diretor da Cidade de João Pessoa Lei Complementar Nº 3, de 30 de dezembro de 1992, Art. 17, 18, 19, 20 e 21 do Código do Meio Ambiente e, em conformidade com o Art. 328 da Lei Nº 2102, de 31 de dezembro de 1979, modificada pela Lei Nº. 2.699 de 07 de novembro de 1979 e o Decreto Nº 5285 de 29 de março de 2005.

**DECRETA:**

Art. 1º - Fica delimitado o Parque do Cabo Branco, como Zona de Preservação Ambiental e de Proteção Paisagística, definido na Mapa de Zoneamento Urbano e Ambiental, Anexo I.

§ 1º - A área inicial e referencial do parque, em torno do Farol, na ponta do Cabo Branco, área conhecida por "Ilhas dos Sonhos", será o núcleo principal do parque, e definido como um setor destinado à implantação de equipamentos de apoio à difusão cultural, à pesquisa e estudos científicos, ao turismo, ao lazer e à educação ambiental.

§ 2º - Devem ser elaborados planos de manejo e de uso ambiental nesta Zona de Preservação Ambiental, para viabilizar sua implantação, através de uma setorização que permita o desenvolvimento das atividades supra citadas e que sejam compatíveis com o perfil do Parque.

Art. 2º - A porção do território objeto deste zoneamento de uso e ocupação do solo e de suas respectivas instruções normativas fica compreendida entre as coordenadas geográficas 301462.6998 W 9289731.2426 N e 301213.6050 W, 9288083.0150 N.

Art. 3º - Nas sub-zonas A, B e C e na ZR-3 do Altiplano Cabo Branco fica delimitado o SETOR DE AMENIZAÇÃO AMBIENTAL, compreendendo as quadras localizadas ao longo de Av. Panorâmica e do perímetro do Parque, e definido os indicadores urbanísticos de uso e ocupação do solo, de acordo com o quadro a seguir:

SETOR DE AMENIZAÇÃO AMBIENTAL- ESPECIFICAÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.

USOS	(1)	ÁREA MÉDIA (m 2)	TAXA OCUP. %	ÍNDICE APROV.	ALTURA	APARTAMENTOS (em metros)		
						Frente	Lateral	Fundo
HT1, HT2, ASS1, C2, DV2, DV3,		5.000	40,0	1,0	3 Pav.	10,0	5,0	5,0
HT3, TR1, TR2, HS		1.350	40,0	1,0	3 Pav.	10,0	5,0	3,0
H2 (Condensado Horizontal) (2)		10.000	-	1,0	2 Pav.	20,00		
CV1, CV2, CV3 (3)		2.800	40,0	1,0	3 Pav.	10,0	5,0	3,0

- (1) Ver Anexo II - Classificação dos Usos e Atividades.
- (2) Toda edificação, exceto aquela destinada à estrutura/pavimento, deve, obrigatoriamente, manter uma distância mínima em relação aos limites do terreno ou grade do Condensado.
- (3) As atividades de Comércio e Serviços poderão estar agrupadas em Centros de comércio/serviços, sem restrições de áreas mínimas das lojas.

Parágrafo Único - Todos os usos permitidos no quadro acima, deverão atender às seguintes exigências:

a - Os edifícios deverão respeitar a paisagem natural, e para tanto não poderão se constituir de bloco único com altura superior a 30,00m. O afastamento entre blocos deverá ser de 6,00m.

b - A taxa de impermeabilização do solo, em qualquer situação não deve ser superior a 50% e as demais áreas livres deverão ser tratadas com jardins utilizando-se espécies nativas, sob o exigências de reflorestamento pelo órgão ambiental competente.

Art. 4º - Nas sub-zonas A, B e C e, na ZONA RESIDENCIAL-3 do Altiplano do Cabo Branco, serão toleradas novos usos com tipologias de acordo com o quadro abaixo:

USOS	(4)	ÁREA MÉDIA (m 2)	TAXA OCUP. %	ÍNDICE APROV.	ALTURA	APARTAMENTOS (em metros)		
						Frente	Lateral	Fundo
HS		360	30,0	1,0	2 Pav.	5,00	3,00	3,00
H2 (Condensado Horizontal) (5)		10.000	-	1,0	2 Pav.	20,00		
HA, HT2		2.500	40,0	1,0	3 Pav.	5,00	5,00	5,00
HS,		10.000	30,0	1,0	3 Pav.	10,00	5,00	5,00
CV1, CV2, CV3, ES, ES, ES (6)		2.800	40,0	1,0	3 Pav.	5,00	3,00	3,00
DV2, DV3, ASS1, CL, ASS1, ASS2 (7)		5.000	30,0	1,0	3 Pav.	10,00	5,00	5,00

- (4) Ver Anexo II - Classificação dos Usos e Atividades.
- (5) Toda edificação, exceto aquela destinada à estrutura/pavimento, deve, obrigatoriamente, manter uma distância mínima em relação aos limites do terreno ou grade do Condensado.
- (6) As atividades de Comércio e Serviços poderão estar agrupadas em Centros de comércio/serviços, sem restrições de áreas mínimas das lojas.
- (7) Exceto na Zona Residencial-3.

Parágrafo Único - Todos os usos permitidos no quadro acima deverão atender às exigências do Parágrafo Único do Artigo 3º.

Art. 5º - A área remanescente denominada Loteamento Coqueiral, dentro da ZEP4-Zona Especial de Preservação Rigorosa 4- Barreira do Cabo Branco, situada na Praia do Coqueiral, atualmente ocupada por bares e restaurantes, fica delimitado como SETOR TURÍSTICO ESPECIAL e serão tolerados os seguintes usos: HT1, HT2, e CV1 (apenas para Bares, Restaurantes, Lanchonetes e Sorveterias).

§ 1º - Fica determinado que o uso do solo será outorgado mediante o pagamento da contrapartida financeira pelo empreendedor à Prefeitura, conforme o Art. 5º deste Decreto, e sujeita as seguintes exigências de natureza urbanística:

- a) Índice de aproveitamento máximo igual a 1,0;
- b) Taxa de ocupação máxima no pavimento térreo igual a 40%;
- c) Taxa de ocupação máxima nos demais pavimentos igual a 20%;
- d) Taxa de ocupação máxima no sub-solo ou semi-subsolo igual a 40%;
- e) Afastamento frontal =10,00m, Lateral =5,00m e fundo =10,00m.
- f) Altura máxima de 04 pavimentos - térreo, 1º, 2º e 3º pavimentos.

§ 2º - Não será permitido o uso do área de lazer e piscina, na laje de cobertura do último pavimento.

§ 3º - Os telhados deverão ser de material cerâmico, fibras vegetais ou madeira, sendo proibido o uso de alumínio e telhas de fibrocimento.

§ 4º - As construções permitidas neste local deverão atender também às exigências do Parágrafo Único do Artigo 3º.

Art. 6º - Todos os empreendimentos imobiliários localizados no Setor Turístico Especial, nas sub-zonas A, B, C e nas grades de ZR3 do Altiplano Cabo Branco, ficam sujeitos a uma contrapartida financeira a ser paga ao Município.

§ 1º - A contrapartida, de que trata o caput deste artigo, será definida pelo Poder Executivo e deverá ser compatível com o porte do empreendimento, riscos ambientais, demandas de infra-estrutura, potencial de gerar resíduos, área de implantação e, da valorização imobiliária decorrente dos investimentos públicos na região do mapa de Zoneamento Urbano e Ambiental do Altiplano do Cabo Branco. Anexo I do Art.6º.

§ 2º - Os recursos auferidos pelo Município através deste tipo de contrapartida serão destinados ao Fundo Municipal de Meio Ambiente, para financiar plano de manejo, estudos, obras e serviços de proteção do faísca do Cabo Branco, implementação, manutenção e conservação do Parque do Cabo Branco- Zona de Preservação Ambiental e de Proteção Paisagística, além de projetos, obras e serviços de natureza sócio-ambiental na área de abrangência do Mapa de Zoneamento Urbano e Ambiental do Altiplano do Cabo Branco, Anexo I do Art. 6º.

Art. 6º - É parte integrante e indissociável deste Decreto os seguintes anexos:

- Anexo I - Mapa de Zoneamento Urbano e Ambiental do Altiplano do Cabo Branco.
- Anexo II - Classificação de Usos e Atividades.

Art. 7º - Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, em 28 de Junho de 2005.

*Assinatura*  
RICARDO VIEIRA COUTINHO  
Prefeito







**ANEXO - II - CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES**

TIPO	CÓDIGO
<b>USO RESIDENCIAL</b>	
• Habitação Unifamiliar isolada.	H1
• Habitação Unifamiliar em condomínio.	H2
• Habitação Bifamiliar ou Multifamiliar geminada até 2 pavimentos.	H3
• Habitação Multifamiliar Isolada até 5 pavimentos. (inclusive cobertura).	H4
• Habitação Multifamiliar em condomínio, até 5 pavimentos. (inclusive cobertura).	H5
• Habitação Multifamiliar isolada - acima de 5 pavimentos.	H6
• Habitação Multifamiliar em condomínio - acima de 5 pavimentos.	H7
<b>ASSISTÊNCIA SOCIAL</b>	
• Instituições beneficentes.	AS1
• Creches, berçários, maternais.	AS2
<b>ASSOCIATIVISMO</b>	
• Entidades de classe como: associações, sindicatos, conselhos, federações e similares.	ASS1
<b>CULTURA</b>	
• Biblioteca e centro cultural de bairro e similar.	C1
• Biblioteca central, associações culturais, centro de cultura e similares.	C2
<b>DIVERSÕES</b>	
• Campo de esportes, parque de recreação, clubes esportivos pequenos.	DV1
• Cinema, teatro, clubes noturnos, boates, locais de danças, casas de recepção.	DV2
• Clubes recreativos, jogos de salão, jogos eletrônicos.	DV3
• Estúdios de TV, auditórios de rádio e TV.	DV4
• Estádios esportivos, ginásios de esportes, clubes esportivos.	DV5
• Grandes áreas para recreação sazonal.	DV6

<b>EDUCAÇÃO</b>	
• Pré-escolar, jardim de infância e 1ª grau.	E1
• Ensino do 2º Grau e escolas profissionalizantes em geral.	E2
• Escolas especializadas (inglês, dactilografia, música, baile e ensino não seralado (cursinhos)).	E3
• Ensino do 3º Grau.	E4
<b>SAÚDE</b>	
• Posto de saúde, ambulatório, clínicas e consultório.	S1
• Centro de saúde.	S2
• Hospital local e especializado, clínica particular com internato, casa de repouso, clínica veterinária.	S3
• Laboratório de análises.	S4
• Banco de sangue, banco de sêmen, Banco de pele, Banco de leite, e similares.	S5
<b>SERVIÇO DE HOTELARIA</b>	
• Hotel, Hotel de Luxe, Resort	HT1
• Hotel Residencial, "Flat", Motel	HT2
• Pousada, Hospedaria, Pernoite e Albergue	HT3
• "Camping", "Drive-in".	HT4
<b>SERVIÇOS PRESTADOS ATRAVÉS DE EMPRESAS</b>	
• Despachantes, corretores, serviços de Intermediação financeira, agenciamento, cobrança judicial, fornecimento de mão de obra e similares.	SE1
• Agências bancárias e financeiras.	SE3
<b>SERVIÇOS PESSOAIS</b>	
• Termas, sauna, centro de cultura física, casas de massagem e similares.	SP1
• Alfaiataria, confecção sob medida, atelier de artista plástico, atelier de arteção, barbeiro, cabeleireiro, costureira, fotógrafo, florista, esteticista, massagista, manicure, pedicure, curvas, lavanderia, tinturaria, copiadora, locadora de fitas e discos, agência de viagens e turismo, agência funerária.	SP2
• Guarda e estacionamento de veículos.	SP3
<b>SERVIÇOS DE REPARAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>	
• Reparação de máquinas de escritório e computadores, de eletrodomésticos, de aparelhos óticos e de precisão, reparação e afinação de instrumentos musicais e de	SR1

brinquedos e similares.	
• Relojeiros, sapateiros, encanadores, jardineiros, conservação e decoração de imóveis, oficinas de lapidação de pedras preciosas e similares.	SR2
• Reparação de imóveis, conserto, restauração e conservação de qualquer natureza e similares.	SR3
<b>TEMPLO RELIGIOSO</b>	
• Templos religiosos, capelas, casa de oração ou culto, igrejas.	TR1
• Convento, seminário, mosteiros.	TR2
<b>SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES</b>	
• Posto dos correios e posto telefônico.	COM1
• Agência de correios e empresas de transporte de encomendas e similares.	COM2
• Emissora de rádio e TV, centrais telefônicas, jornais e similares.	COM3
<b>SERVIÇOS INSTITUCIONAIS</b>	
• Posto policial.	SIN1
• Concessionárias de serviços públicos.	SIN2
• Bombeiros.	SIN3
• Equipamento de segurança pública como: polícia civil e polícia militar.	SIN4
• Equipamentos de segurança nacional.	SIN5
<b>COMÉRCIO VAREJISTA</b>	
• Comércio varejista de pequeno porte como: mercearias, açougues, padarias, armazéns, lanchonetes, restaurantes, frios, laticínios e ovos, sorveteria, quitandas, bar, farmácia, drogaria, mercadinho e similares, com no máximo 250m2 de área construída.	CV1
• Pequeno comércio de tecidos e artigos de tecidos, artigos do vestuário, livraria, papelaria, artigos para escritório, artigos para o lar, utilidades domésticas e eletrodomésticos, lojas de brinquedos, materiais esportivos e religiosos, louças e ferragens, materiais elétricos, artigos para jardinagem e similares.	CV2
• Joalheria, relojoaria, óptica, cine-foto-som, antiquários, artigos de decoração e presentes, objetos de arte, galerias e similares.	CV3
• Bazar, mercadão, supermercado e similares.	CV4
• Lojas de departamentos.	CV5
• Comércio de acessórios de veículos e similares.	CV6
• Revenda de veículos.	CV7
• Concessionárias de revenda de veículos com oficinas de reparos, manutenção e conservação.	CV8
• Comércio varejista de pedras ornamentais, aviários e animais domésticos.	CV9
<b>GRANDE EQUIPAMENTO</b>	
• Centro de convenções, centro de exposições, grandes feiras e similares.	GE 1

DECRETO Nº 5.364/05  
Em 28 de Junho de 2005

REORDENA A DISPOSIÇÃO E CODIFICAÇÃO DE ÓRGÃOS E UNIDADES, SEM COMO, MODIFICA DENOMINAÇÃO DE ÓRGÃO REPRESENTADO NO NÍVEL DE ACONSELHAMENTO DA ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

O PREFEITO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, Estado da Paraíba, usando das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 22, § 8º, inciso II, da Constituição do Estado, combinado com o art. 60, inciso XXII, da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, apêndice no art. 84, VI, alínea "a", da Constituição Federal,

#### DECRETA:

Art. 1º A nomenclatura denominada de "Conselho Municipal de Pequenos Negócios", contida na Estrutura Organizacional da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Produção, criada pela Lei nº 10.429, de 14 de fevereiro de 2005, passa a vigorar com a seguinte redação:





**ANEXO D – DECRETO MUNICIPAL 5844/07**



Estado da Paraíba.  
Prefeitura Municipal de João Pessoa

# SEMANÁRIO OFICIAL

João Pessoa, 07 a 13 de janeiro de 2007 \* nº 1043 \* Pág. 001/20

## ATOS DO PREFEITO

DECRETO Nº 5.844 /2007

DE 08 DE JANEIRO DE 2007.

**DELIMITA A ZONA ADENSÁVEL PRIORITÁRIA E DISPÕE SOBRE AS TIPOLOGIAS DE USO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR - H6 E H7, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.**

O PREFEITO CONSTITUCIONAL DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, Estado da Paraíba, no uso de suas atribuições que lhe são conferidas pelo art. 22, § 8º, Inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o artigo art. 60, Incisos V e XX da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e com os artigos 11 e 20 do Plano Diretor da Cidade de João Pessoa, Lei Complementar nº 3, de 30 de dezembro de 1992, em conformidade com o Art. 328 da Lei nº 2.102, de 31 de dezembro de 1.975, modificada pela Lei nº 2.699 de 07 de novembro de 1.979 e atualizada pelo Decreto nº 5.285 de 29 de março de 2005 e o Decreto nº 5.363 de 28 de junho de 2005.

### DECRETA:

Art. 1º Fica delimitada a Zona Adensável Prioritária - ZAP conforme descrição de limites no Anexo I.

Parágrafo Primeiro - A delimitação da ZAP, compreende frações de áreas da Subzona B e da Subzona C do Cabo Branco, do Setor Residencial Especial - SRE, e uma parte da Zona Residencial 3 - ZR3, conforme o Mapa de Zoneamento de Uso do Solo - Anexo II.

Parágrafo Segundo - Fica excluída da ZAP a faixa de restrição de 100 (cem) metros da porção de terras contíguas à falésia do Cabo Branco.

Art. 2º Os Indicadores Urbanísticos para os novos usos permitidos H6 e H7, em cada zona, subzona e setor, dentro dos limites da ZAP, estão definidas no Anexo III.

Art. 3º Os usos H6 e H7 na ZAP, deverão atender às seguintes exigências:

I Serão toleradas mais de uma edificação no mesmo lote de terreno. O afastamento mínimo entre blocos até 12,90m de altura será 6,00m. O afastamento entre edificações com altura superior a 12,90m, deverá ser 1,5 (um virgula cinco) vezes o afastamento lateral especificado no Anexo III, Quadro de Uso e ocupação, do Solo.

II Reservar, no mínimo, o equivalente a 30% do total da área do lote com solo permeável, não sujeita à erosão.

Art. 4º A aprovação de empreendimentos imobiliários classificados como H6 e H7 na ZAP fica condicionada à solução de implantação de obras de drenagem e pavimentação das vias de acesso bem como de outras obras e serviços complementares, a critério da PMJP, podendo ser objeto de investimentos privados mediante assinatura de termo de compromisso.

Art. 5º Este decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 6º Revogam-se as disposições em contrário.

Gabinete do Prefeito Municipal de João Pessoa, aos oito dias do mês de janeiro, do ano de dois mil e sete. 421ª da Fundação da Paraíba.

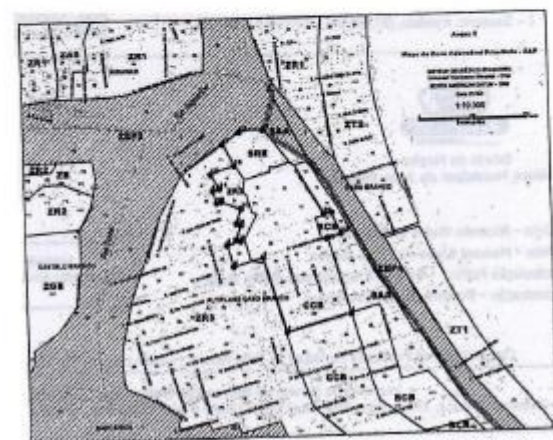
  
RICARDO VIEIRA COUTINHO

## ANEXO I - Zona Adensável Prioritária - ZAP.

### Descrição de Limites:

Partindo do ponto P<sub>01</sub> de coordenadas X<sub>1</sub>=298698,31mE e Y<sub>1</sub>=9211035,70mN, segue pela Rua Antônio Francisco do Anaral até o ponto P<sub>02</sub> de coordenadas X<sub>2</sub>=298178,60mE e Y<sub>2</sub>= 9210894,51mN, deste, segue pela Rua Emílio de Araújo Chaves até o ponto P<sub>03</sub> de coordenadas X<sub>3</sub>=298077,80mE e Y<sub>3</sub>=9211244,29mN, seguindo pela Rua Sul Costa até o ponto P<sub>04</sub> de coordenadas X<sub>4</sub>=297938,82mE e Y<sub>4</sub>=9211206,03mN. Daí, segue pela Rua Comandante João Vilhena de Carvalho até o ponto P<sub>05</sub> de coordenadas X<sub>5</sub>=297909,93mE e Y<sub>5</sub>=9211305,19mN, continuando pela Rua Bancário Elias Feliciano Madruga até o ponto P<sub>06</sub> de coordenadas X<sub>6</sub>=297974,73mE e Y<sub>6</sub>=9211323,93mN, segue até o ponto P<sub>07</sub> de coordenadas X<sub>7</sub>=297985,21mE e Y<sub>7</sub>=9211330,98 e parte para o ponto P<sub>08</sub> de coordenadas X<sub>8</sub>=297977,08mE e Y<sub>8</sub>=9211400,45mN cortando os lotes de inscrição: 07.025.0033; 07.025.0046; 07.025.0678 e 07.025.0745. Segue para o ponto P<sub>09</sub> de coordenadas X<sub>9</sub>=297956,70mE e Y<sub>9</sub>=9211408,25mN, continua até o ponto P<sub>10</sub> de coordenadas X<sub>10</sub>=297980,98mE e Y<sub>10</sub>=9211479,30mN, cortando os lotes de inscrição: 07.024.0063; 07.024.0071; 07.024.0658 e 07.024.0760. Continuando, segue pela Rua Desembargador Rivaldo Pereira até o ponto P<sub>11</sub> de coordenadas X<sub>11</sub>=297888,07mE e Y<sub>11</sub>=9211515,22mE, vai até o ponto P<sub>12</sub> de coordenadas X<sub>12</sub>=297867,77mE e Y<sub>12</sub>=9211509,76mN. Sobre para o ponto P<sub>13</sub> de coordenadas X<sub>13</sub>=297850,59mE e Y<sub>13</sub>=9211568,31, cortando os lotes de inscrição 07.022.0389 e 07.022.0409 e vai até o ponto P<sub>14</sub> de coordenadas X<sub>14</sub>=297883,07mE e Y<sub>14</sub>=9211578,26. Sobre pela Rua Sem Nome 013/003, para o ponto P<sub>15</sub> de coordenadas X<sub>15</sub>=297839,42mE e Y<sub>15</sub>=9211645,83mN, segue para o ponto P<sub>16</sub> de coordenadas X<sub>16</sub>=297853,19mE e Y<sub>16</sub>=9211682,87 e sube até o ponto P<sub>17</sub> de coordenadas X<sub>17</sub>=297898,95 mE e Y<sub>17</sub>=9211789,70mN, seguindo até o ponto P<sub>18</sub> de coordenadas X<sub>18</sub>=297978,32mE e Y<sub>18</sub>=9211844,26mN, segue margeando a Zona Especial de Preservação 2 até o ponto P<sub>19</sub> de coordenadas X<sub>19</sub>=298088,12mE e Y<sub>19</sub>=9211852,20mN. Daí segue em linha reta até coincidir com o eixo da Rua Poeta Tarquino Teixeira até o ponto P<sub>20</sub> de coordenadas X<sub>20</sub>=298362,80mE e Y<sub>20</sub>=9211446,27mN. Segue então pela Rua Ana Guedes Vasconcelos até o ponto P<sub>21</sub> de coordenadas X<sub>21</sub>=298401,80mE e Y<sub>21</sub>=9211452,93mN, seguindo pela Rua Zuly Lacorda até o ponto P<sub>22</sub> de coordenadas X<sub>22</sub>=298443,49mE e Y<sub>22</sub>=9211350,18mN. Daí segue pela Rua Clemente Lindoso até o ponto P<sub>23</sub> de coordenadas X<sub>23</sub>=298373,20mE e Y<sub>23</sub>=9211328,14mN, seguindo pela Rua Cláudia de Farias Galvão até o ponto P<sub>24</sub> desta poligonal, fechando, assim o perímetro da a Zona Adensável Prioritária.

## ANEXO II - Mapa de Zoneamento de Uso do Solo



Pág. 002/20 \* nº 1043 \* João Pessoa, 07 a 13 de janeiro de 2007. SEMANÁRIO OFI

**ANEXO II - QUADRO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

ZONAS URBANAS	LOTE DE TERRENO		INDICADORES		AFASTAMENTOS MÍNIMOS		
	Testada do Lote Mínimo	Área Mínima (M <sup>2</sup> )	Taxa de ocupação Máxima	Índice de Aproveit Máximo	FRONTAL (metros)	LATERAL (metros)	FUNDOS (metros)
Sub Zona B	50,00	5.000,00	20% T e Mecanico 10% D	2,0	10,00	8,00+010	4,00+010
Sub Zona C / SER	36,00	2.900,00	25% T e Mecanico 15% D	3,0	10,00	6,00+010	4,00+010
Zona Residencial 3	30,00	1.200,00	30% T e Mecanico 25% D	4,0	8,00	4,00+010	4,00+010

T = Têrreo; D = Demais Pavimentos; H = altura da edificação (Definida como a somação de medidas de altura do pé direito de todos os pavimentos tipo).

**PORTARIA Nº 008**  
Em 05 de janeiro de 2007.

O PREFEITO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, no uso das atribuições previstas no art. 60, item V e art. 76, item II, da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, e tendo em vista o que consta do Processo nº 2007/000282, Cf. 2332/5MS, de 28.12.2006,

**RESOLVE:**

I - Exonerar, a pedido, MIGUEL STANISLAU FILHO, matrícula nº 43.619-4, do cargo em comissão de CHEFE DA SEÇÃO DE ECONOMATO, símbolo DA-1, do INSTITUTO CANDIDA VARGAS, da SECRETARIA DA SAÚDE.

II - Esta portaria retroage os seus efeitos a partir de 29 de dezembro de 2006.

*Ricardo Vieira Coutinho*  
RICARDO VIEIRA COUTINHO  
Prefeito

**PORTARIA Nº 009**  
Em 05 de janeiro de 2007.

O PREFEITO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, no uso das atribuições previstas no art. 60, item V e art. 76, item II, da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, e tendo em vista o que consta do Processo nº 2007/000279, Cf. 2336/5MS, de 28.12.2006,

**RESOLVE:**

I - Exonerar, a pedido, JEUNESSE BEZERRA XAVIER, matrícula nº 42.646-6, do cargo em comissão de CHEFE DA SEÇÃO DE INFORMAÇÃO E INFORMÁTICA, símbolo DA-1 do INSTITUTO CANDIDA VARGAS, da SECRETARIA DA SAÚDE.

II - Esta portaria retroage os seus efeitos a partir de 29 de dezembro de 2006.

*Ricardo Vieira Coutinho*  
RICARDO VIEIRA COUTINHO  
Prefeito

**PORTARIA Nº 024**  
Em 05 de janeiro de 2007.

O PREFEITO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, no uso das atribuições previstas no art. 60, item V e art. 76, item II, da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, combinado com a Lei nº 10.629, de 14.02.2005 e tendo em vista o que consta do Processo nº 2007/000274, Cf. 2335/5MS, de 28.12.2006,

**RESOLVE:**

I - Nomear VÂNIA LUCIA FRAZÃO DE ARAÚJO, matrícula nº 46.017-6, para exercer o cargo em comissão de CHEFE DA SEÇÃO DE PESSOAL E PATRIMÔNIO, símbolo DA-1, do HOSPITAL SANTA ISABEL, da SECRETARIA DA SAÚDE.

II - Esta portaria retroage os seus efeitos a partir de 29 de dezembro de 2006.

*Ricardo Vieira Coutinho*  
RICARDO VIEIRA COUTINHO  
Prefeito

**PORTARIA Nº 033**  
Em 08 de janeiro de 2007.

O PREFEITO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, no uso das atribuições previstas no art. 60, item V e art. 76, item II, da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, e tendo em vista o que consta do Processo nº 2007/000252, Cf. 2318/5MS, de 28.12.2006,

**RESOLVE:**

I - Exonerar, a pedido, DANILDA MARIA CARTAXO REIS CHAVES, matrícula nº 41.335-6, do cargo em comissão de ASSESSOR TÉCNICO, símbolo DAE-3, da SECRETARIA DA SAÚDE.

**SEMANÁRIO OFICIAL**

Romildo Lourenço da Silva  
Coordenação Gráfica

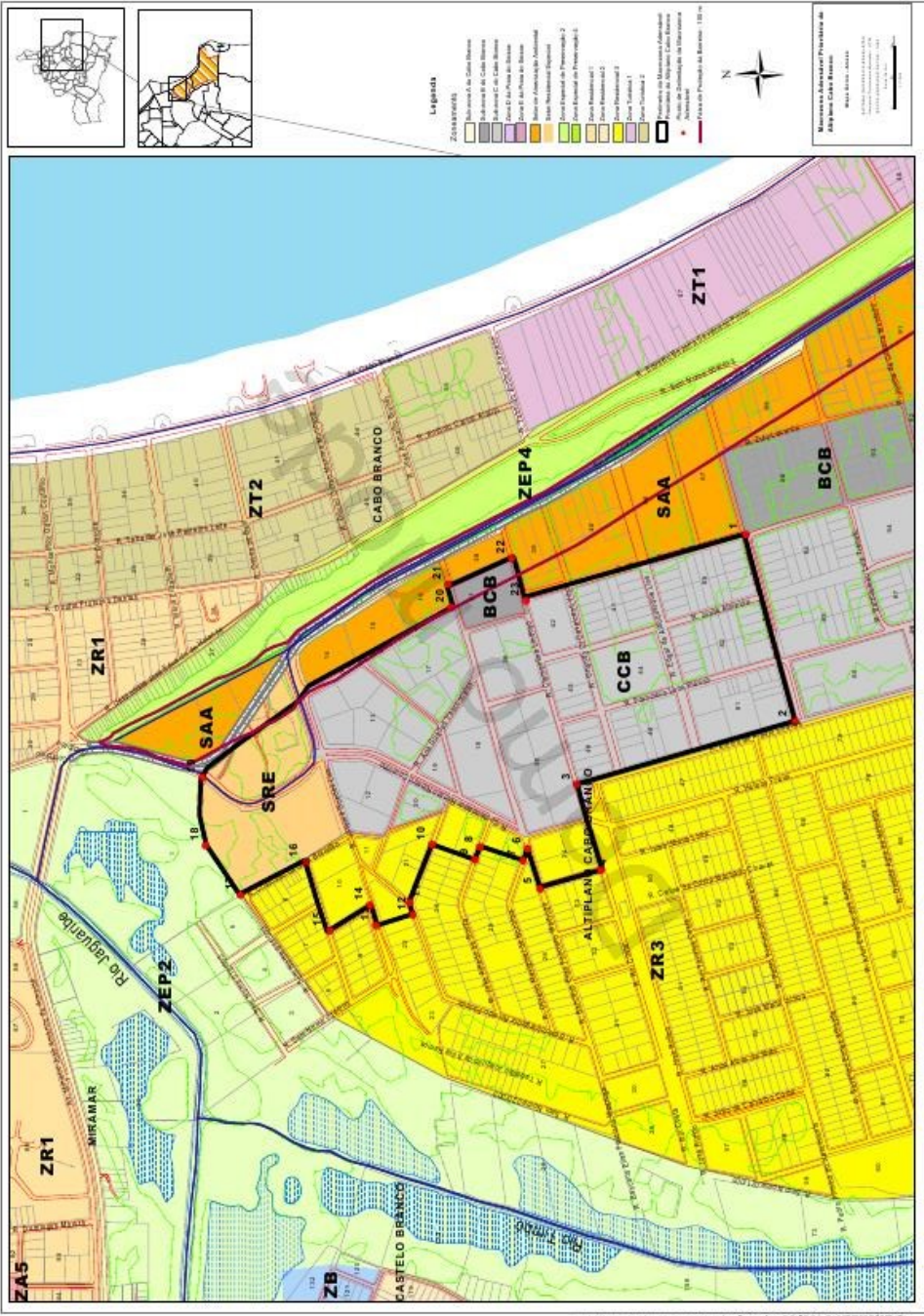
Orielle Maria de Oliveira Leão  
Chefe da Unidade de Atos Oficiais

Unidade de Atos Oficiais - Secretaria de Governo e Articulação Política  
Praça Pedro Américo, 70 - Cep: 58.010-340 - Pabx: 83 3218.9765 - Fax: 83 3218.9766  
cleido@joaopessoa.pb.gov.br

Órgão Oficial da Prefeitura Municipal de João Pessoa - Criado pela Lei Municipal nº 617, de 21 de agosto de 1964

Impresso no Serviço de Reprodução Gráfica - Centro Administrativo Municipal  
Rua Dógenes Chianca, 1777 - Água Fria - Cep: 58.053-900 - Fone: 3218.9038 - Fax: 3218.9017 - e-mail: sead@joaopessoa.pb.gov.br





**ANEXO E – DECRETO MUNICIPAL 7073/2010**



O PREFEITO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, Estado da Paraíba, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 32, §1º, inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o art. 3º, inciso XI e art. 60, inciso XX, da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e em conformidade com a Lei Complementar nº 234 de 2010/2010.

DECRETA:

Art. 1º Fica atualizado o Plano de Zonamento Urbano e de Uso do Solo do Município de João Pessoa, de acordo com Resolução nº 3 do COM - Conselho de Desenvolvimento Urbano em 10/03/2010, relativo ao processo MUNICIPAL nº 28.198 de 2010/2010 que aprova as seguintes alterações constantes no anexo I, para integralidade deste Decreto.

Art. 2º O uso do solo na Quadra 01, Setor E7, no Bairro Abelyne Cabo Branco, conforme Cadastro Imobiliário da Prefeitura de João Pessoa, passa a utilizar as indicações urbanísticas do quadro da Zona Atual Tambaú - ZAT, em conformidade com Decreto nº 2.978 de 04 de Março de 1996, que define como Zona Atual os princípios coordenadas da metrópole da cidade.

Art. 3º Serão permitidas as Usas Edificatórias siglas H6 e H7, que deverão atender as parâmetros estabelecidos para o Grupo Residencial Especial, definidos pelo Decreto nº 5.844 de 08 de Janeiro de 2007.

Parágrafo Único: Todas as áreas previstas por este Decreto para a Quadra em questão, adotar a Lei de Aproveitamento máximo (art. 3.0 II-b) e deverá reservar no mínimo e equivalente a 25% do total da área da loteação para unidades habitacionais, além de atender ao item 3, inciso "a", Art. 2º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965 (Código Florestal Brasileiro).

Art. 4º A aprovação de Empreendimentos Imobiliários nesta área fica condicionada a uma contrapartida financeira a ser paga ao Município como forma de custeio para as atividades municipais de interesse público autorizadas pela legislação antes mencionada, de acordo com o parágrafo 2º do Art. 28 do Decreto 6.499 de 20/01/2005.

Art. 5º Este Decreto entra em vigor a partir de sua publicação.

Art. 7º Revogam-se as disposições contrárias ao Decreto nº 7828, de 08 de outubro de 2010.

PAÇO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, em 29 de Novembro de 2010.

JOÃO LUCIANO DA SILVA  
Prefeito



DECRETO Nº 2906, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2010.

DISCIPLINA O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO, EM ÁREAS ESPECÍFICAS E EM OUTRAS PROVEDIMENTAS.

Em conformidade com o art. 32, §1º, inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o art. 3º, inciso XI e art. 60, inciso XX, da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e de conformidade com o art. 3º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965 da Lei Complementar nº 234 de 2010/2010.

DECRETA:

Art. 1º Fica aberto o termo público licitação para a compra de materiais para a manutenção de veículos e equipamentos, sob o nº 003/2010, conforme especificações constantes no Anexo I, para o valor máximo de R\$ 2.000.000,00.

Table with columns: LOTES, ÁREA, PERÍMETRO, etc. containing technical specifications for the urban planning project.

Art. 2º Para efeito de abertura de licitação, fica em caráter de urgência, a partir de sua publicação, a abertura de licitação para a compra de materiais para a manutenção de veículos e equipamentos, sob o nº 003/2010, conforme especificações constantes no Anexo I, para o valor máximo de R\$ 2.000.000,00.

Art. 3º Não se aplicam as regras de licitação e Edital de Licitação de caráter de urgência para a abertura de licitação para a compra de materiais para a manutenção de veículos e equipamentos, sob o nº 003/2010, conforme especificações constantes no Anexo I, para o valor máximo de R\$ 2.000.000,00.

- Não inscrição e nome;
- Inscrição eletrônica pública;
- Adm.tributária;
- Residência eletrônica;
- Levantado;
- Jato de lançamento em 10/01/2010;
- Depósito eletrônico;
- Contas eletrônicas digitais;

- I- A utilização de carter e serviços de acordo com o art. 32, §1º, inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o art. 3º, inciso XI e art. 60, inciso XX, da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e de conformidade com o art. 3º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965 da Lei Complementar nº 234 de 2010/2010;
II- As áreas destinadas ao uso residencial deverão ser subdivididas em lotes de acordo com o art. 3º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965;
III- Os lotes deverão ter área mínima de 200m² sendo obrigatória a construção de uma unidade habitacional por lote;
IV- As áreas destinadas ao uso residencial deverão ser subdivididas em lotes de acordo com o art. 3º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965;
V- A utilização de carter e serviços de acordo com o art. 32, §1º, inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o art. 3º, inciso XI e art. 60, inciso XX, da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e de conformidade com o art. 3º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965 da Lei Complementar nº 234 de 2010/2010;

Art. 2º Os empreendimentos imobiliários referidos no art. 3º, inciso II, da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965, deverão ser aprovados pelo Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano, conforme o art. 3º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965, e a aprovação será condicionada à contratação de uma empresa para a construção das unidades habitacionais, de acordo com o parágrafo 2º do Art. 28 do Decreto 6.499 de 20/01/2005.

Art. 3º Este Decreto entra em vigor a partir de sua publicação.

Art. 4º Revogam-se as disposições contrárias ao Decreto nº 7828, de 08 de outubro de 2010.

PAÇO MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, em 29 de Novembro de 2010.

JOÃO LUCIANO DA SILVA  
Prefeito

Decreto Nº 7828, de 28 de novembro de 2010

Abre Crédito Suplementar para refome de dotação consignada no vigente orçamento.

O Prefeito do Município de João Pessoa, Estado da Paraíba, no uso das atribuições que lhe confere o art. 32, §1º, inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o art. 3º, inciso XI e art. 60, inciso XX, da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e de conformidade com o art. 3º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965 da Lei Complementar nº 234 de 2010/2010.

DECRETA:

Art. 1º Fica aberto o Crédito Suplementar no valor de R\$ 6.722.000,00 (seis milhões e setecentos e vinte e dois mil reais), para refome de dotação consignada no vigente orçamento.

Table with columns: Descrição, Valor, etc. listing budget items and their amounts, such as Gabinete do Prefeito, Superintendência de Limpeza Urbana, etc.

DECRETO:7073/2010(Ver Ampliação)



**AMPLIAÇÃO DO TEXTO DO DECRETO 7073/2010 PUBLICADO NO SEMANÁRIO OFICIAL Nº 1247, DE 05 A 11 DE DEZEMBRO DE 2010**

O PREFEITO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, Estado da Paraíba, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 22, §8º, inciso II, da Constituição do Estado da Paraíba, combinado com o art. 5º, inciso XI e art. 60, inciso XX, da Lei Orgânica do Município de João Pessoa e em conformidade com a Lei Complementar nº 054 de 23/12/2008,

**DECRETA:**

Art. 1º Fica atualizado o Plano de Zoneamento Urbano e de Uso do Solo do Município de João Pessoa, de acordo com Resolução nº 3 do CDU - Conselho de Desenvolvimento Urbano em 10/03/2010, relativo ao processo PMJP/CDU nº 26.198 de 9/03/2010 que aprovou as seguintes alterações constantes no anexo 1, parte integrante deste Decreto.

Art. 2º O uso do solo na Quadra 01, Setor 07, no Bairro Altiplano Cabo Branco, conforme Cadastro Imobiliário da Prefeitura de João Pessoa, passa a utilizar os indicadores urbanísticos do quadro da Zona Axial Tambaú – ZA3, em consonância com Decreto Nº 2.978 de 04 de Março de 1996, que definiu como Zonas Axiais os principais corredores de transporte da cidade.

Art. 3º Serão permitidos os Usos Residenciais tipologias H6 e H7, que deverão atender os parâmetros estabelecidos para o Setor Residencial Especial, definido pelo Decreto nº 5.844 de 08 de Janeiro de 2007.


Parágrafo Único Todos os usos permitidos por este Decreto para a Quadra em questão, adotará o Índice de Aproveitamento máximo igual a 3,0 (três) e deverá reservar no mínimo o equivalente a 30% do total da área do lote com solo permeável, não sujeito à erosão, além de atender ao item 2, inciso "a"- Art. 2º da Lei nº 4.771 de 15 de março de 1965 (Código Florestal Brasileiro).

Art. 5º A aprovação de Empreendimentos Imobiliários nesta área fica condicionada a uma contrapartida financeira a ser paga ao Município como forma de contribuir para as soluções mitigadoras de eventuais problemas causados pela implantação desses empreendimentos, de acordo com o parágrafo 2º do Art. 28 do Decreto 6.499 de 20/03/2009.

Art. 6º Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 7º Revogam-se as disposições contidas no Decreto nº 7020, de 08 de outubro de 2010.

PAÇO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, em 29 de Novembro de 2010.

  
 JOSÉ LUCIANO AGUIAR DE OLIVEIRA  
 Prefeito



## **APÊNDICE A – EXEMPLOS TABELAS DE DADOS**



Levantamento Fio quente João Pessoa V. Unidades do vento durante ensaios															
0.11					0.11										
Nome do arquivo	Z	T [°C]	Apa [mmH <sub>2</sub> O]	Umidade [%]	Dp[altic]	Palm [RPa]	Hora	Nome do arquivo	Z	T [°C]	Apa [mmH <sub>2</sub> O]	Umidade [%]	Dp[altic]	Palm [RPa]	Hora
Zero	0	28.5	0	54	0	100.6	VII - 1	Zero							
20mm	20	28.9	20.24					mm							
40mm	40	29.1	20.23					mm							
60mm	60	29.4	20.25					mm							
80mm	80	29.4	20.23					mm							
100mm	100	29.4	20.17					mm							
120mm	120	29.5	20.18					mm							
170mm	170	29.8	20.18					mm							
220mm	220	29.8	20.18					mm							
300mm	300	29.8	20.17					mm							
400mm	400	29.8	20.21					mm							
20mm	20	29.8	20.31				VII - 2	mm							
40mm	40	30.2	20.31					mm							
60mm	60	30.2	20.31					mm							
80mm	80	30.3	20.3					mm							
100mm	100	30.3	20.3					mm							
120mm	120	30.3	20.3					mm							
170mm	170	30.3	20.26					mm							
220mm	220	30.7	20.23					mm							
300mm	300	30.7	20.27					mm							
400mm	400	30.7	20.27					mm							
20mm	20	30.7	20.16				VII - 3	mm							
40mm	40	30.7	20.16					mm							
60mm	60	30.7	20.15					mm							
80mm	80	31.1	20.11					mm							
100mm	100	31.1	20.1					mm							
120mm	120	31.1	20.1					mm							
170mm	170	31.1	20.11					mm							
220mm	220	31.1	20.11					mm							
300mm	300	31.1	20.13					mm							
400mm	400	31.1	20.18					mm							
20mm	20	31.5	20.09				VII - 4	mm							
40mm	40	31.6	20.07					mm							
60mm	60	31.6	20.06					mm							
80mm	80	31.6	20.08					mm							
100mm	100	31.6	20.08					mm							
120mm	120	31.6	20.08					mm							
170mm	170	31.6	20.1					mm							
220mm	220	31.6	20.09					mm							
300mm	300	31.8	20.12					mm							
400mm	400	3.2	20.15					mm							

Responsável:

Responsável:

T [K]	Ro [J/kg . K]	Patm [Pa]	$\rho_{ar} = \frac{p_{atm}}{R_o T}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	q = Dpa [Pa]	$V = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\rho_{ar}}}$ [m/s]	MODELO REAL 1/400 (mm) altura(m)
286,83	287,05	100820	1,22450730797872	253,99	20,37	20mm 8
292,12			1,20232420457331	254,97	20,59	40mm 16
292,12			1,20232420457331	253,99	20,55	60mm 24
292,12			1,20232420457331	254,97	20,59	80mm 32
292,12			1,20232420457331	254,97	20,59	100mm 40
296,36			1,18514814450798	253,01	20,66	120mm 48
296,36			1,18514814450798	253,99	20,70	170mm 68
296,36			1,18514814450798	253,99	20,70	220mm 88
296,36			1,18514814450798	253,99	20,70	300mm 120
299,53			1,17258473661566	253,99	20,81	400mm 160
301,65			1,16435607179731	253,99	20,89	20mm 8
301,65			1,16435607179731	253,01	20,85	40mm 16
301,65			1,16435607179731	253,01	20,85	60mm 24
305,88			1,14824041682434	253,01	20,99	80mm 32
305,88			1,14824041682434	253,01	20,99	100mm 40
305,88			1,14824041682434	252,03	20,95	120mm 48
305,88			1,14824041682434	253,01	20,99	170mm 68
305,88			1,14824041682434	252,03	20,95	220mm 88
306,94			1,14428096711115	253,01	21,03	300mm 120
311,18			1,12871251857902	253,01	21,17	400mm 160
311,18			1,12871251857902	252,03	21,13	20mm 8
311,18			1,12871251857902	253,01	21,17	40mm 16
311,18			1,12871251857902	252,03	21,13	60mm 24
311,18			1,12871251857902	253,01	21,17	80mm 32
311,18			1,12871251857902	252,03	21,13	100mm 40
311,18			1,12871251857902	250,07	21,05	120mm 48
314,35			1,11731138202772	253,01	21,28	170mm 68
315,41			1,11356201497394	253,01	21,32	220mm 88
315,41			1,11356201497394	253,01	21,32	300mm 120
315,41			1,11356201497394	252,03	21,28	400mm 160
315,41			1,11356201497394	250,07	21,19	20mm 8
315,41			1,11356201497394	252,03	21,28	40mm 16
315,41			1,11356201497394	249,09	21,15	60mm 24
318,58			1,10246339023998	251,05	21,34	80mm 32
320,70			1,09518640416579	252,03	21,45	100mm 40
320,70			1,09518640416579	251,05	21,41	120mm 48
320,70			1,09518640416579	252,03	21,45	170mm 68
320,70			1,09518640416579	253,01	21,50	220mm 88
320,70			1,09518640416579	253,01	21,50	300mm 120
320,70			1,09518640416579	250,07	21,37	400mm 160

LINHA I - PERFIL VERTICAL DE VELOCIDADES							
POSIÇÃO 1		POSIÇÃO 2		POSIÇÃO 3		POSIÇÃO 4	
PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	PONTO 6	PONTO 7	PONTO 8
V/ Vref	V/ Vref	V/ Vref	V/ Vref	V/ Vref	V/ Vref	V/ Vref	V/ Vref
0,66	0,41	0,53	0,52	0,52	0,58	0,69	0,70
0,79	0,67	0,66	0,65	0,63	0,71	0,74	0,75
0,82	0,77	0,70	0,75	0,71	0,77	0,78	0,79
0,84	0,79	0,73	0,77	0,75	0,79	0,80	0,81
0,85	0,81	0,74	0,80	0,78	0,81	0,82	0,82
0,88	0,84	0,75	0,80	0,85	0,83	0,83	0,83
0,89	0,84	0,77	0,84	0,86	0,89	0,86	0,86
0,93	0,88	0,81	0,87	0,90	0,90	0,88	0,88
0,94	0,93	0,90	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90
0,97	0,99	0,98	0,97	0,96	0,97	0,95	0,95
V	V	V	V	V	V	V	V
13,42	8,42	11,06	10,93	11,05	12,34	14,62	14,92
16,29	13,81	13,67	13,47	13,31	15,10	15,82	15,96
16,84	15,75	14,66	15,54	15,09	16,19	16,53	16,63
17,40	16,36	15,26	16,06	15,93	16,72	17,12	17,23
17,48	16,68	15,48	16,75	16,58	17,11	17,50	17,53
18,17	17,27	15,78	16,86	17,91	17,46	17,72	17,87
18,42	17,36	16,26	17,67	18,33	18,87	18,38	18,52
19,35	18,16	16,98	18,25	19,18	19,09	18,94	18,93
19,46	19,15	19,01	19,65	19,51	19,56	19,51	19,38
20,27	20,66	20,79	20,49	20,46	20,63	20,33	20,33

## **APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DOS ENSAIOS**



Figura 103: Vista de um modelo na câmara de ensaios

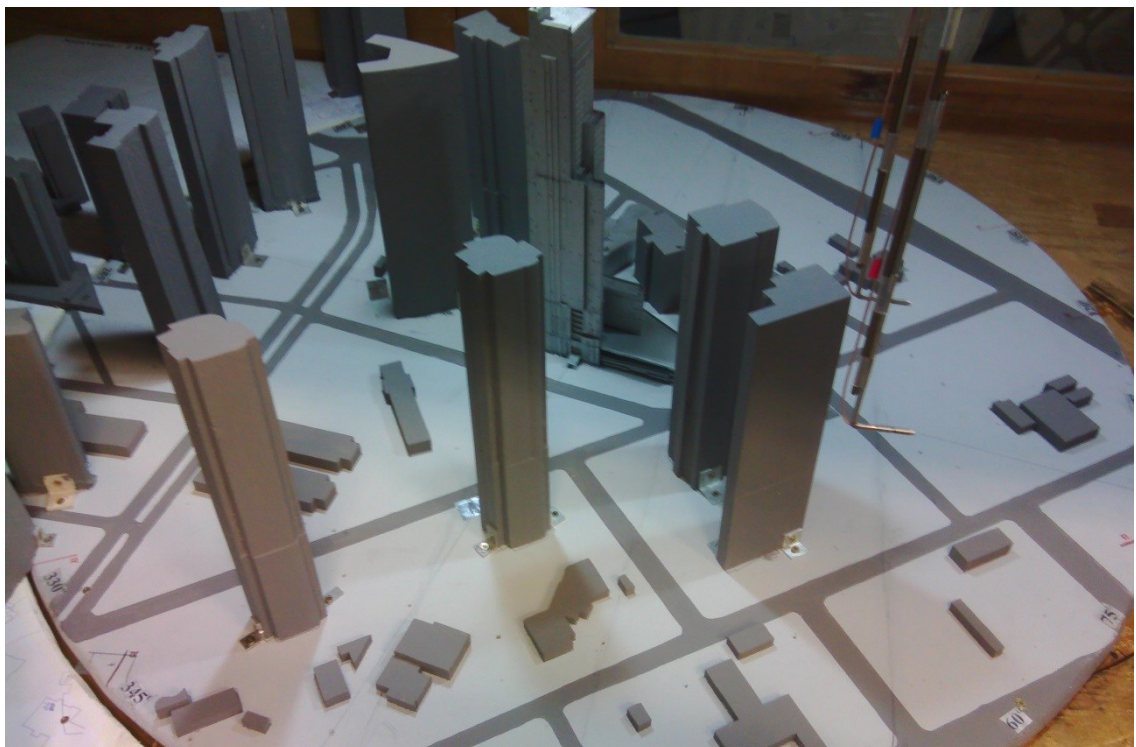


Figura 104: Vista de um modelo com as sondas posicionadas na câmara de ensaios

A influência do padrão de adensamento nas características de um adensamento urbano: uma aplicação à região do Altiplano Cabo Branco em João Pessoa-PB



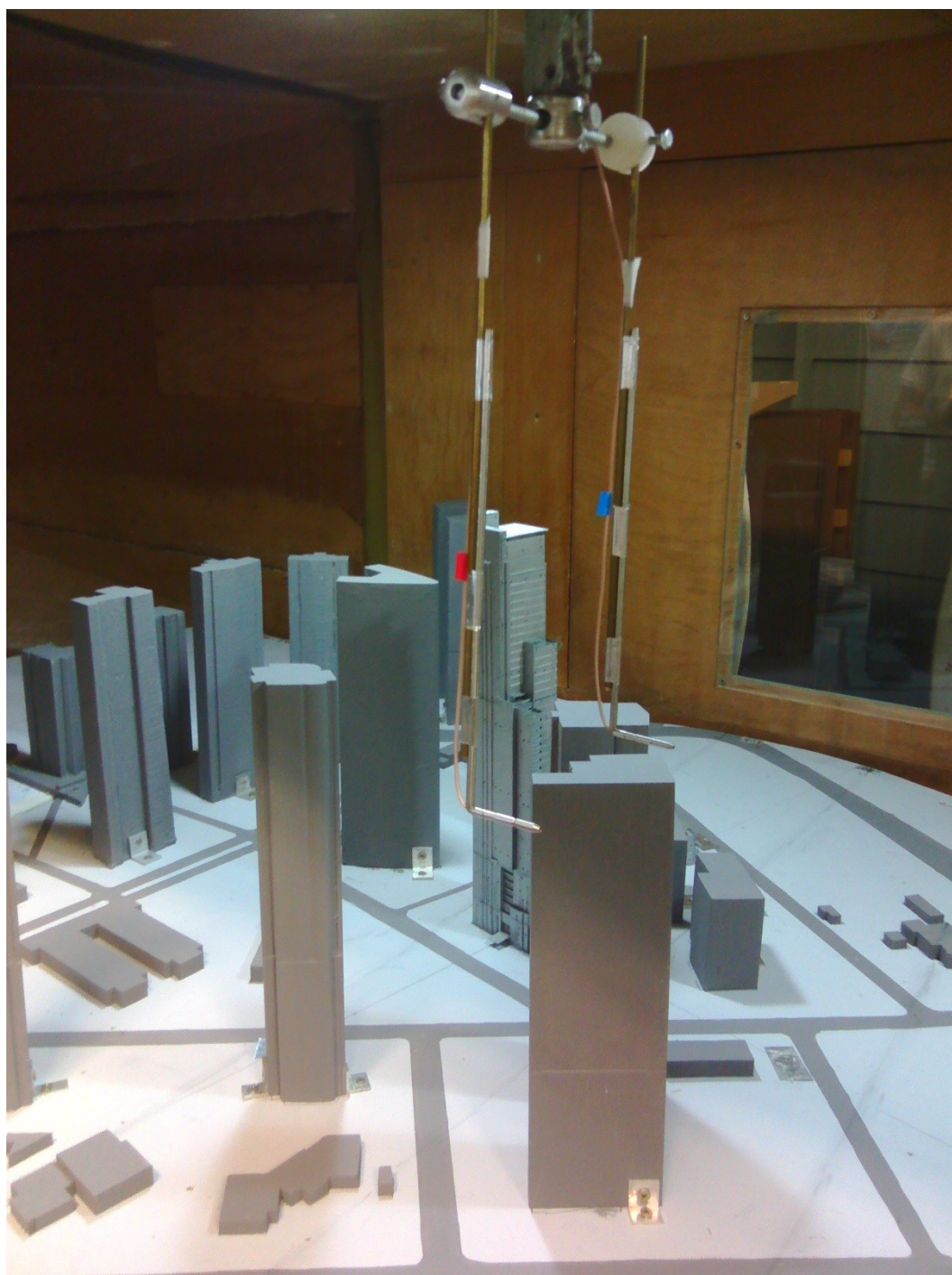


Figura 105: Detalhe das sondas posicionadas sobre o modelo

## **APÊNDICE D – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO**



Figura 106: Vista do conjunto de edifícios da área de estudo



Figura 107: Vista do interior do conjunto de edifícios na área de estudo





Figura 108: Vista do interior do conjunto de edifícios na área de estudo