

VENTILAÇÃO E PRESCRIÇÕES URBANÍSTICAS - UMA APLICAÇÃO SIMULADA NO BAIRRO DE PETRÓPOLIS, EM NATAL/RN

COSTA, Fernando José de Medeiros (1) ; ARAÚJO, Virgínia Maria Dantas de (1)

(1) UFRN - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Campus Universitário – Lagoa Nova, CEP 59072-970, Fone: (84) 215 3722, Fax: (84) 215 3776

e-mail: fcosta@ufrnet.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é o estudo da ventilação natural e a sua relação com as normas edilícias. O trabalho simula a aplicação das prescrições urbanísticas dos últimos três Planos Diretores de Natal em um trecho do tecido urbano do bairro de Petrópolis, analisando os efeitos sobre a ventilação natural. A pesquisa parte da hipótese de que a redução dos recuos e a conseqüente diminuição da porosidade na massa edificada, eleva o nível do gradiente de ventilação, reduzindo a velocidade dos ventos nos níveis mais baixos das edificações. Para o desenvolvimento do estudo, são produzidos modelos de ocupação com recursos de modelagens computadorizadas em três dimensões, as quais são posteriormente submetidas à análise em programa de Mecânica dos Fluidos Computadorizada. Conclui-se que a redução sucessiva nos índices que definem os afastamentos mínimos entre os edifícios, produz a redução da velocidade dos ventos em áreas adensadas, aumentando a possibilidade de formação de ilhas de calor.

ABSTRACT

The present work studies the natural ventilation and its relationship with the urban standards, which establishes the form of occupation and use of the land in our cities. The method simulates the application of the urban standards of the City Master Plan over the last three years. The simulation takes place in the District of Petrópolis, in the city of Natal, Brazil and analyses the effects of the standards of natural ventilation. The formulated hypothesis states that the reductions in the urban spaces between buildings rises up the vertical profile of ventilation, reducing, therefore, the velocity of the wind at the lower levels of the buildings. To develop the study, occupation models were built, using computerized, three-dimensional models. These occupation models were analyzed using the CFD (Computational Fluid Dynamics) code. The conclusion is that the more we reduce the urban space between buildings, the more we reduce the wind speed in constructed areas, increasing, therefore, the possibility to generate heat islands.

1. INTRODUÇÃO

A construção de estruturas urbanas em grande escala altera as características térmicas das superfícies. O surgimento de ilhas de calor é conseqüência direta do aumento da rugosidade da superfície da terra, da redução na difusão do calor no meio urbano, dos baixos índices de evaporação, da poluição do ar e do calor gerado pelas atividades humanas. VIDAL (1991) identificou ilhas de calor no tecido urbano de Natal, chamando atenção para a necessidade do incremento da ventilação natural como forma de amenização dos seus efeitos.

O aproveitamento dos recursos naturais do vento ainda não é uma prática incorporada à ação do planejamento urbano. Não existem normas edilícias, nos Planos Diretores, que sejam fruto de um planejamento que integre o sistema de ventilação aos diversos sistemas urbanos.

As normas legais que regulam a forma de ocupação e uso do solo, nas nossas cidades, contêm instrumentos que supostamente estariam fundamentados em princípios de conforto ambiental. A exigência de recuos, nos Planos Diretores Municipais, está fundamentada na necessidade de ventilação e iluminação natural indispensáveis para a manutenção dos níveis de conforto humano e de salubridade nos ambientes das edificações. No entanto, para o estabelecimento ou modificação desses índices e prescrições urbanísticas, não são realizados estudos nem avaliações de seus efeitos, o que resulta, muitas vezes, em normas que não correspondem à realidade climática local.

A cidade de Natal, ao longo do século vinte, passou por diversas experiências de planejamento urbano e regulamentos urbanísticos, resultando em uma configuração urbana diversificada, que mantém influência direta sobre a qualidade de vida hoje existente na cidade.

O objetivo dessa pesquisa, portanto, é a realização de um estudo paramétrico para a avaliação qualitativa do comportamento da ventilação em uma quadra típica do bairro de Petrópolis, em Natal/RN, com simulação de sua ocupação segundo diferentes prescrições urbanísticas.

Para se atingir esse objetivo, buscou-se: aprofundar teoricamente os conhecimentos acerca da ventilação natural; simular a ocupação de uma quadra segundo as prescrições urbanísticas do Plano Diretor de 1984, do Plano Diretor de 1994 e da reformulação de 1999; simular, através de modelo matemático, o movimento do ar na quadra estudada, na situação de ocupação atual e nas diversas situações de ocupação; avaliar qualitativamente os dados obtidos nas simulações; chegar a parâmetros gerais que sirvam de subsídio para as discussões acerca de futuras reformulações do Plano Diretor de Natal.

2. METODOLOGIA

No desenvolvimento do presente trabalho, cinco etapas foram realizadas: a primeira, foi uma etapa de reunião de dados. Foi feito um levantamento dos dados físicos do bairro de Petrópolis, visando a delimitação da área de estudo e a caracterização da mesma. COSTA (2000) observa que na ocupação do bairro de Petrópolis o uso residencial é o mais freqüente, encontrando-se bem distribuído em toda a sua extensão. Foram feitos ainda, levantamentos de usos e de tipologias *in loco*, dos dados climáticos da região e das legislações que seriam estudadas. De posse desse material, delimitou-se a área de estudo.

Na segunda etapa, uma vez delimitada a área de estudo, foram definidos os critérios a serem utilizados para a simulações da construção das ocupações. Depois, foi definido o parcelamento do solo a ser utilizado em todas as simulações de ocupação, ou seja, foi estudada a possibilidade de reunião – remembramento – dos lotes menores, de forma a tornar viável a edificação em altura. Também foram definidos os edifícios que, por pertencerem a instituições governamentais ou caracterizarem um uso já consolidado, permaneceriam com a sua forma atual nos quatro modelos de ocupação. Com base nessas definições, foram construídos os quatro modelos de ocupação através de modelagem tridimensional e, para tanto, foram calculados os potenciais construtivos máximos de cada lote. O primeiro modelo foi construído com a sua forma de ocupação atual; o segundo, de acordo com o potencial máximo permitido pelo Plano Diretor de 1984; o terceiro, conforme o Plano Diretor de 1994; o quarto, tendo como limite o potencial máximo permitido pela alteração do Plano Diretor aprovada em 1999.

Na terceira etapa, as quatro situações foram analisadas em modelo computacional CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Para tanto, em uma primeira fase, foi feita a configuração do problema, ou seja, foi definida a geometria e a malha do domínio, foram feitas a seleção e a configuração dos modelos físicos e a definição de variáveis, foram estabelecidas as condições de contornos e fontes, além da seleção dos parâmetros numéricos para cálculo e controle de convergência da solução. Na fase seguinte, foram executados os quatro processamentos das simulações. Em um primeiro momento desse processamento, as quatro simulações foram rodadas sem modelo de

turbulência, ou seja, como escoamento laminar. A partir dos resultados obtidos, foi introduzido um modelo de turbulência e os processamentos foram realizados novamente.

A quarta etapa do trabalho constituiu-se da coleta e análise estatística dos dados resultantes da simulação numérica. Foram definidos seis pontos comuns aos quatro modelos, e foram colhidas as velocidades do vento de trinta e sete alturas em cada ponto. Para a análise estatística dos dados obtidos com as simulações computacionais, utilizou-se o *modelo de planejamento de experimento do tipo fatorial*. O modelo estatístico idealizado para representar a variabilidade dos dados foi indicado pela CONSULEST - Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN. Para estimar os parâmetros e estatísticas do modelo, foi utilizado o *software* STATÍSTICA.

Na quinta etapa do trabalho, foi feita uma reflexão sobre os resultados obtidos na análise estatística com vistas às considerações finais.

3. SIMULAÇÕES NUMÉRICAS

Dentre as condições de contorno necessárias para a configuração do problema, a definição do domínio assume fundamental importância. O programa PHOENIX 3.2 considera como domínio o espaço tridimensional onde ocorrerá a simulação do escoamento dos ventos. A velocidade do processamento da simulação dependerá diretamente do tamanho desse domínio. Por se tratar de um espaço urbano, o volume de domínio assume grandes dimensões. O professor Jorge Alberto Gil Saraiva¹, em entrevista, recomendou as seguintes proporções para o espaço do domínio: em uma seção vertical, a massa edificada deverá representar no máximo 7% da área da seção do domínio; a altura do domínio deverá ser de 3 vezes a altura da massa edificada; a dimensão longitudinal deverá ser de tal ordem que o espaço anterior à massa edificada tenha 2 vezes a altura, e o espaço posterior, de 4 a 5 vezes a altura. Essas recomendações fundamentam-se nos efeitos do fluxo de ventos em torno dos edifícios e os valores são resultados dos trabalhos do pesquisador em túneis de vento. Para a determinação do domínio, foram considerados os quarteirões que se limitam com a quadra em estudo, uma vez que essas edificações influenciam a qualidade da ventilação da área estudada.

Dessa forma, as dimensões fixadas para o domínio foram: 870m no eixo X, 670m no eixo Y e 250m no eixo Z. Na Figura 01, o Modelo 1 aparece inserido no domínio, estando representadas a entrada e a saída de vento no sistema.

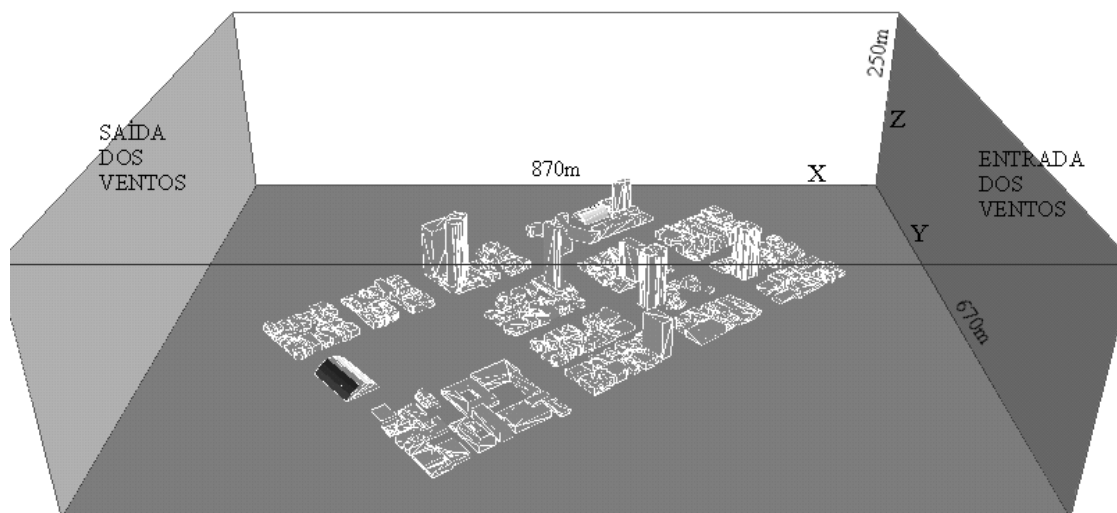


Figura 01. Domínio utilizado para as simulações.

¹ Coordenador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Professor do Instituto Superior Técnico (UTL) em Portugal.

3.1 Modelos de Ocupação

Para simular as ocupações, foram calculados os potenciais construtivos de cada terreno em termos de número de unidades habitacionais, número de pavimentos, recuos mínimos exigidos e, taxas de ocupação máxima, chegando-se, dessa forma, a um volume que representaria uma edificação em cada terreno.

Modelo 01 - Situação de ocupação atual. Na construção do Modelo 01, considerou-se a atual situação de ocupação da área de abrangência. A partir do mapa base, foi feito um levantamento de tipologias, no qual identificou-se o número de pavimentos de cada construção. A partir daí, convencionou-se a altura de 3m por pavimento para a construção dos volumes (Figura 02).

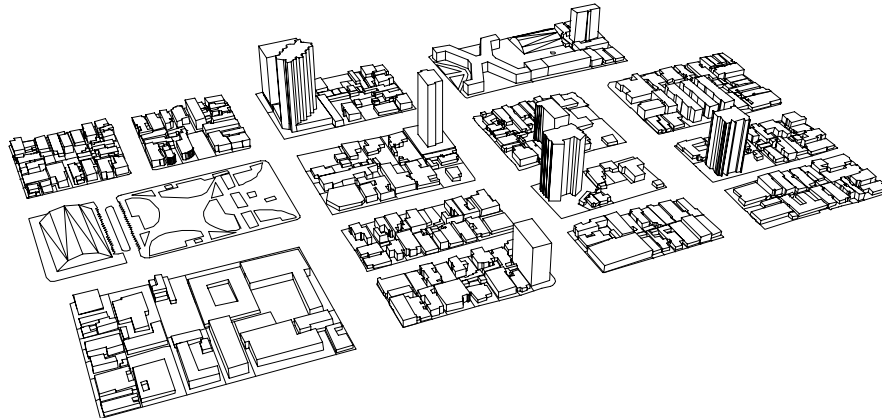


Figura 02. Vista em perspectiva do Modelo 1.

Modelo 02 - Situação de ocupação máxima permitida pelo Plano Diretor de 1984. Na configuração do Modelo 02, foram considerados os índices e prescrições urbanísticas definidos pelo Plano diretor de 1984 (Figura 03).

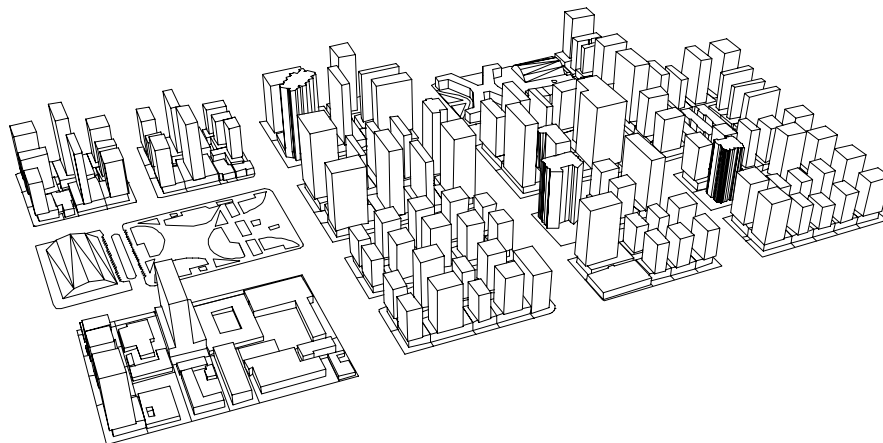


Figura 03. Vista em perspectiva do Modelo 2.

Modelo 03 - Ocupação máxima permitida pelo Plano Diretor de 1994. Na configuração do Modelo 03, foram considerados os índices e prescrições urbanísticas definidos pelo Plano diretor de 1994 (Figura 04).

Na aplicação dos índices urbanísticos da legislação de 1994, percebe-se a redução da altura das edificações, o aumento da ocupação horizontal (cerca de 12,88% em relação ao Modelo 2) e a conseqüente redução do espaçamento entre os edifícios.

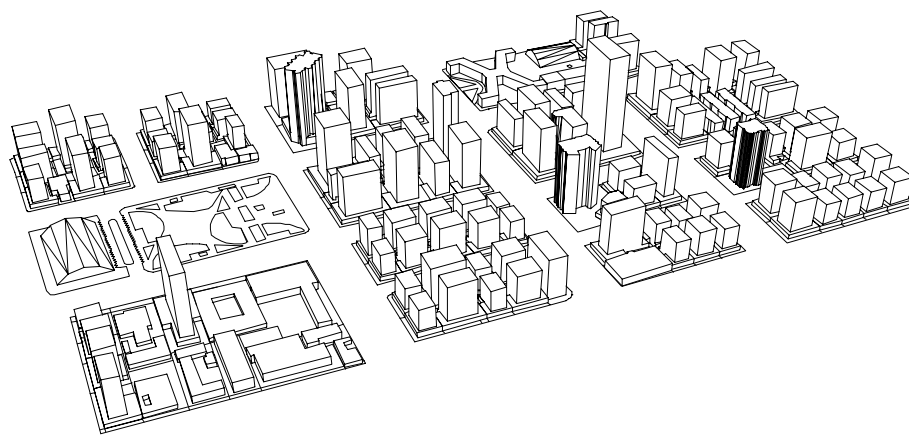


Figura 04. Vista em perspectiva do Modelo 3.

Modelo 04 - Ocupação máxima segundo a reformulação do Plano Diretor aprovada em 1999. Na configuração do Modelo 04, foram considerados os índices e prescrições urbanísticas definidos pelo Plano diretor de 1999 (Figura 05).

Apesar da redução na altura, as edificações têm suas projeções horizontais aumentadas, o que as aproxima ainda mais, registrando 22,09% de aumento em relação ao Modelo 3 e 37,8% em relação ao Modelo 2.

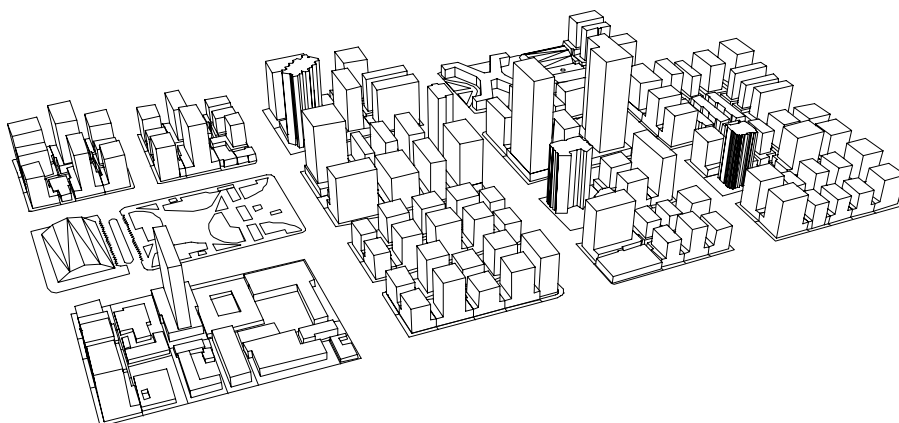


Figura 05. Vista em perspectiva do Modelo 4.

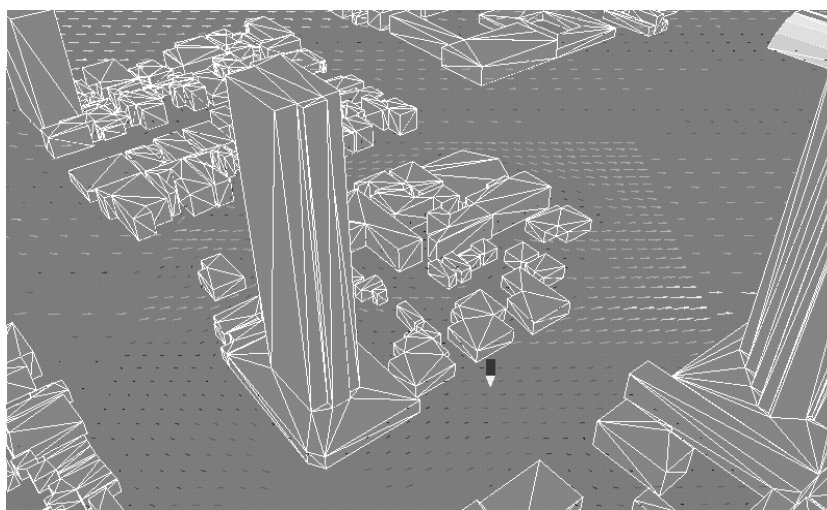


Figura 06. Vista em Perspectiva dos resultados das simulações do Modelo 1 a 4,20 metros do solo.

Após o processamento, os resultados puderam ser observados em realidade virtual no módulo *VR View* do programa, onde o modelo tridimensional é representado no domínio e os vetores de velocidade dos ventos são visualizados nos planos correspondentes às direções X, Y e Z de forma interativa. Na convenção utilizada pelo programa PHOENICS, as setas indicam a velocidade dos ventos resultante naquele ponto (Figura 06 e 07)

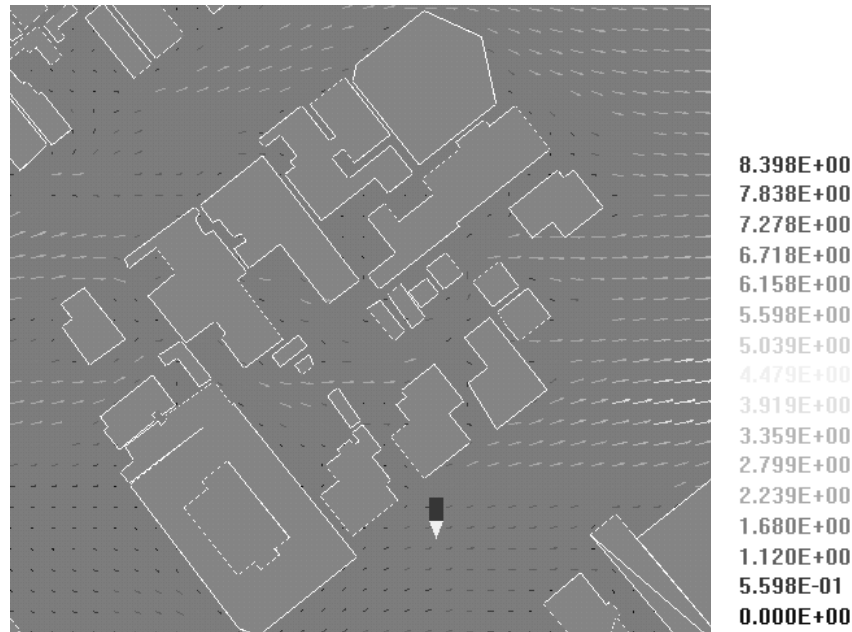


Figura 07. Vista em plano dos resultados da simulação do Modelo 1 a 4,20 metros do solo.

4. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Para a análise dos dados obtidos com as simulações computacionais, utilizou-se o *modelo de planejamento de experimento do tipo fatorial*, tendo como objetivo identificar a estrutura de efeito do fator, no caso específico, o Plano Diretor de Natal, sobre o comportamento da variação da velocidade dos ventos, observando-se os seguintes fatores: F_1 – Modelo de ocupação; F_2 – Posições de observação; F_3 – Altura de observação.

O modelo estatístico idealizado para representar a variabilidade dos dados foi indicado pela CONSULEST – Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN. Para estimar os parâmetros e estatísticas do modelo foi utilizado o *software* STATÍSTICA.

As respostas obtidas representam as médias das velocidades simuladas nas seis posições, sendo considerados todos os fatores acima descritos, isolados ou conjuntamente.

O tratamento estatístico dos dados está traduzido em forma de gráficos e tabelas, que foram analisados detalhadamente para o estudo do comportamento da ventilação e comparados entre os modelos.

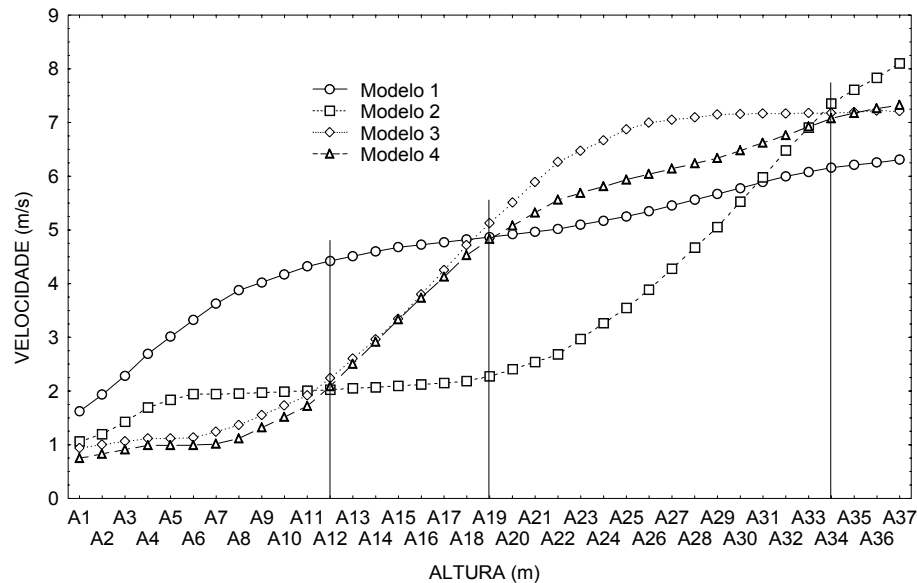
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

É importante lembrar que a utilização de modelos em CFD ainda impõe certas limitações, pois os resultados são raramente 100% realistas. Essas limitações devem-se principalmente aos seguintes fatores: 1) por razões de redução no tempo de processamento, são normalmente utilizados números reduzidos de interações e de elementos de volumes; 2) os dados de entrada são normalmente aproximados; 3) as condições iniciais e de contorno representam a situação real sem riqueza de detalhes; 4) o escoamento pode envolver fenômenos (turbulência ou escoamento multi-fásico) que ainda não são completamente conhecidos nem perfeitamente representados pelas teorias científicas. Mesmo assim, os modelos CFD são largamente utilizados, pois apresentam vantagens sobre as técnicas tradicionais tais como: a) as simulações com modelos CFD são economicamente mais viáveis e mais rapidamente produzidas; b) evitam erros de extrapolação de escalas; c) podem oferecer

informações mais detalhadas do que as obtidas através de medidas; d) permite experimentação de variações de projetos com maior facilidade; e) permitem a investigação de análise de riscos (explosões, desastres ecológicos, etc) (CHAM, 1999).

6. CONCLUSÕES

Da análise da ventilação natural na fração urbana selecionada para estudo, em seu estado de ocupação atual (Modelo 1), constata-se que: predomina a ocupação horizontal; o modelo de ocupação apresenta a maior velocidade média encontrada entre os quatro modelos; a melhor performance nas médias das velocidades, é resultado da maior velocidade do vento do nível do solo até os 50 metros de altura (Figura 08).



A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	
1,40	4,20	7,00	9,80	12,60	15,40	18,20	21,00	23,80	26,60	29,40	32,20	
A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	
35,00	37,80	40,60	43,40	46,20	49,00	51,80	54,60	57,40	60,20	63,00	65,80	
A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
68,60	71,40	74,20	77,00	79,80	82,60	85,40	88,20	91,00	93,80	96,60	99,40	102,20

Figura 08. Gráfico do efeito da interação dos fatores modelo e altura sobre a velocidade dos ventos.

Analisando-se os resultados obtidos com as simulações do modelo de ocupação baseado no Plano Diretor de 1984 (Modelo 2), constata-se: alto índice de verticalização pois a densidade máxima permitida é a mais alta das três legislações aplicadas neste estudo; o Plano Diretor de 1984 exige maiores recuos laterais que os dois outros Planos, o que diminui a projeção horizontal das torres dos edifícios, aumentando o espaçamento e a permeabilidade aos ventos; a velocidade média nas posições analisadas foi a menor encontrada nos quatro modelos, quando se considerou a média das velocidades em todas as alturas de cada posição; essa baixa velocidade deve-se principalmente à elevação do gradiente de velocidade, provocada pelo atrito do vento com a rugosidade do tecido urbano; quando se analisou o intervalo de altura de 1,40 até 32,20 metros, o modelo apresentou velocidade média mais alta que os modelos baseados nos Planos de 1994 e 1999, devido a uma melhor permeabilidade aos ventos, resultante de maiores recuos.

Dos resultados apresentados pela simulação com o modelo de ocupação baseado no Plano Diretor de 1994 (Modelo 3), constata-se: a densidade máxima foi reduzida e com isso houve uma redução na altura final dos edifícios; houve redução na exigência de recuos, diminuindo a distância final entre os edifícios e aumentando a resistência à circulação dos ventos; a velocidade média foi maior que a do

modelo baseado no Plano de 1984, quando se considerou a média das velocidades em todas as alturas de cada posição; quando se analisa apenas o intervalo de altura dos 1,40 a 32,20 metros, o modelo tem velocidade média mais baixa que a do modelo baseado no Plano Diretor de 1984 e um pouco mais alta que a do modelo baseado no de 1999.

Da análise dos resultados das simulações com o modelo de ocupação baseado na legislação de 1999 (modelo 4), constata-se: apesar de a densidade máxima permanecer a mesma do Plano de 1994, houve um acréscimo de mais um pavimento acima do térreo, com ocupação máxima de 80% e possibilidade de colar nas laterais, o que resultou no aumento da altura média das edificações em relação ao modelo baseado no Plano de 1994; houve redução na exigência de recuos, aumentando a projeção horizontal das torres dos edificios e aproximando os edificios uns dos outros; com isso, houve uma redução da porosidade; houve redução na velocidade média em relação ao modelo baseado no Plano de 1994; o modelo apresenta a menor média de velocidade dos ventos até a altura dos 32 metros.

Dessas constatações, pode-se afirmar que as alterações sucessivas nos índices e prescrições urbanísticas dos Planos Diretores estudados resultaram na redução sucessiva da velocidade dos ventos na área de estudo.

7. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos recomenda-se a manutenção da densidade máxima em 550 habitantes por hectare, uma vez que ficou demonstrado que dessa densidade resultam edificios em menores alturas; o retorno da exigência de recuos mínimos aos índices do Plano Diretor de 1984, uma vez que o modelo baseado nessa legislação apresentou os melhores desempenhos; e a estimulação da ocupação horizontalizada com poucos edificios em altura como forma de aumentar a velocidade dos ventos no nível do solo.

O assunto não fica esgotado com os resultados deste trabalho. Algumas questões surgidas na análise dos dados das simulações apontam para a necessidade de se aprofundar o estudo em determinadas direções. Seria de fundamental importância a realização de pesquisas experimentais onde fossem testados modelos de ocupação com recuos fixos e altura variável. Outro estudo importante pode ser feito em relação à área horizontal de exposição ao sol, uma vez que devido à proximidade da linha do Equador, as superfícies horizontais são as mais atingidas pela radiação solar e o conseqüente acúmulo de calor.

Outros trabalhos estão sendo desenvolvidos na mesma área objeto de estudo desta pesquisa por alunos do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo/UFRN. Os resultados desta pesquisa apontam para a necessidade de integração dos resultados de todos esses trabalhos, que têm como objetivo contribuir com as discussões das alterações do Plano Diretor.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAM. *User Manual version 3.2*. CHAM of London, 1999.
- COSTA, Angelina Dias Leão (2000) *Petrópolis numa perspectiva bioclimática*. Natal. Trabalho Final de Graduação - Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN.
- COSTA, Fernando José de Medeiros (2001) *Ventilação e prescrições urbanísticas - Uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis em Natal/RN*. Natal. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e urbanismo, UFRN.
- VIDAL, Roseane Dias Medeiros (1991) *Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal*. Brasília. Dissertação de Mestrado - Instituto de Arquitetura e Urbanismo - UnB.