

APORTE PARA DISCUSSÃO DAS NORMAS DE VENTILAÇÃO

MARQUES, Ana Maria Osório (1); CORBELLA, Oscar Daniel (2)

(1) Arquiteta, MSc., pesquisador de PROARQ/FAU/UFRJ, Rua Belford Roxo, 406/1002, CEP 22020-010, Rio de Janeiro, RJ. e-mail: francisco.araujo@infolink.com.br

(2) Professor Titular, PhD., pesquisador do PROARQ e PROURB/FAU/UFRJ, Av. Vieira Souto, 216/101, CEP 22420-000, Rio de Janeiro, RJ., e-mail: corbella@acd.ufrj.br

RESUMO

Além dos benefícios para a saúde, a ventilação é indispensável para o conforto térmico nos países tropicais. Portanto as legislações sobre edificação propõem normas estritas sobre áreas mínimas de janelas relacionadas às superfícies habitadas. Para testar a validade das normas, apresentam-se neste trabalho simulações do conforto térmico de uma célula padronizada, com uma ou duas janelas dispostas numa parede, ou paredes adjacentes ou opostas, com as células localizadas em diferentes posições de quatro tipos de edifícios. Usaram-se dados de três zonas climáticas do Rio de Janeiro, para verão e inverno, introduzindo-se variações dos materiais do módulo.

Os resultados mostram que a vazão de ar na célula varia para cada direção do vento, densidade urbana e tipo de entorno, ainda para um mesmo edifício com localizações de janelas idênticas e em função da altura. Isto sugere que as normas deveriam ter base no número de renovações, em lugar da legislação atual.

ABSTRACT

Ventilation is indispensable for thermal comfort in tropical countries, beyond the health benefits. Therefore, the building legislation in Brazil recommend an strict normative of window minimum surfaces, related to dwelling areas. In order to study the normative validity, this paper presents a series of thermal comfort simulations accomplished on standardised cells, provided with one or two windows in the same wall, or in opposite or contiguous walls, located in different positions of four building types. The climatic data employed derives from three different zones of the Rio de Janeiro City, for summer and winter conditions, taking also into consideration variations of the building materials.

Results show that the flow rate into the cell changes with the wind direction, urban density, height in the façade and environment typology, still for the same building and same windows location. These results suggest that a new legislation would be based on a number of air renovations instead of building's areas, as in the nowadays normative.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação de um ambiente serve para: favorecer as trocas térmicas entre o homem e o meio; remover o excesso de calor e de vapor de água do interior do ambiente, fazer parte de um sistema de resfriamento dos edifícios; repor o ar viciado para manter o ambiente sem odores e impurezas.

Com relação ao conforto térmico, deve-se ventilar quando estão presentes as pessoas (Ventilação de Conforto, utilizada ainda que a temperatura externa seja maior que a interna) ou durante o período do dia em que a temperatura cai, fundamentalmente para resfriar a estrutura do edifício e suas massas internas (resfriamento por Ventilação Noturna). Devido a estes benefícios, é importante a determinação da orientação dos edifícios com relação à direção dos ventos dominantes, principalmente nos períodos de ocupação previstos.

A localização mais favorável no terreno pode ser determinada pela diminuição das áreas das paredes mais castigadas pelo sol. Após este primeiro passo deve-se analisar a distribuição dos ventos, se o projeto fizer uso da ventilação natural. Deve-se tratar de determinar a direção e intensidade dos ventos mais frequentes durante o período de ocupação, e durante a noite, se a estratégia é de resfriamento noturno. Deve ser lembrado que a presença de outras construções e o relevo urbano, a topografia e a vegetação modificarão os dados das estações meteorológicas. Também, a configuração geométrica, compactidade do edifício, taxa de paredes externas pela área do piso, e a existência de varandas e balcões, afetam a distribuição externa das pressões ao longo das fachadas, que são o fator que determina o posicionamento das aberturas. Ao mesmo tempo que uma configuração compacta é melhor em edifícios climatizados, por conservação de energia, os de forma mais extensa e irregular oferecem mais opções para o posicionamento de janelas, além de aumentar a transferência de calor com o ar externo.

As dimensões ideais das aberturas é o principal problema que as normas tentam resolver. Porém, o tamanho vai depender do posicionamento delas, das pressões e das características do vento exterior. O padrão do fluxo interno é determinado pela posição e o tipo das janelas de entrada e saída, e a velocidade é determinada pelo tamanho e localização das aberturas, pela orientação em relação ao vento, pela velocidade do vento no exterior, e principalmente, pelas pressões nas superfícies exteriores. Neste estudo fizeram-se simulações visando verificar se as normas prescrevem as áreas adequadas.

2. ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DAS ABERTURAS DIRETAS

2.1 O Código de Obras

O Código da Cidade do Rio de Janeiro, classifica os compartimentos em função de sua utilização: a) Compartimentos habitáveis: salas e dormitórios; b) Compartimentos não-habitáveis: os restantes cômodos. O pé-direito mínimo é 2,50 m para os compartimentos habitáveis, e 2,20 m para os outros. Com relação à ventilação e iluminação o CÓDIGO

(1992) diz fundamentalmente, no Decreto 10.426, que: “Os compartimentos serão iluminados e ventilados por aberturas (vãos ou janelas) cuja área mínima será proporcional à área e à profundidade do compartimento considerado”, e ainda que as dimensões mínimas das aberturas para iluminação são de 1/6 da área do piso do cômodo e de 1/12 para ventilação nos compartimentos habitáveis e de 1/8 para ventilação natural em compartimentos não-habitáveis. Outros detalhes e exigências não são colocados por razões de espaço e não modificam os resultados deste trabalho. Para fins de comparação do dimensionamento de aberturas para ventilação, regido pelo código de obras do Rio de Janeiro, fez-se o gráfico da figura 1, com os valores da relação piso-abertura de outras duas legislações – São Paulo e Porto Alegre. A cidade do Rio de Janeiro apresenta uma certa disparidade nas cozinhas e sanitários.

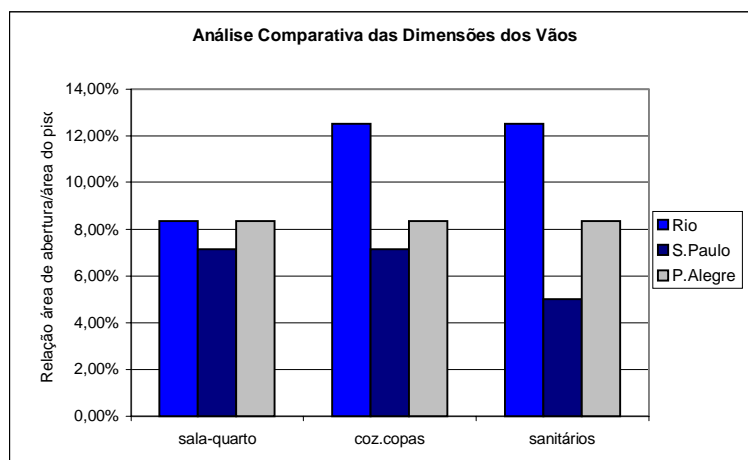


Figura 1 – Gráfico de comparação entre o dimensionamento das aberturas diretas dos compartimentos para as três cidades referidas.

Os padrões do gráfico são em função da área do piso, com uma profundidade e/ou largura máximas em relação ao pé-direito. Coloca-se a hipótese de uma sala, *sala 1*, com as dimensões apresentadas na tabela 1, e outra sala, *sala 2*, na qual se acrescenta seu pé-direito, de maneira que seu volume aumenta em 60%, mantendo a mesma área efetiva de ventilação, pelo que diminui o número de renovações de ar.

Tabela 1. – Tabela Comparativa da Relação de Área de Janela e Volume.

	Pé-direito (m)	Profundidade (m)	Largura (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Área do Vão (m²)	Área Efetiva de Ventilação(m²)
Sala 1	2,50 (mínimo)	6,25 (máximo)	6,25	39,06	97,65	6,51	3,25
Sala 2	4,00	6,25	6,25	39,06	156,24	6,51	3,25

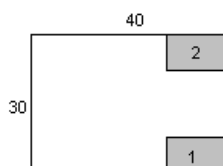
2.2 O ambiente e as simulações

As simulações realizadas têm três objetivos principais: comparar o valor da vazão num mesmo modelo, no mesmo tempo, com aberturas em diversas posições de edifícios nas três regiões escolhidas (simulações A); estudar o comportamento da vazão com aberturas

posicionadas em diferentes alturas do mesmo edifício (simulações B) e estudar o efeito térmico desenvolvido pela ventilação natural, em situação de verão e inverno (simulações C). Para tal foram utilizadas três ferramentas de cálculo. O CpCalc (1995) utilizado para calcular os coeficientes de pressão do vento, dados necessários para entrada em outro programa, o BREEZE (1991), que calcula as vazões de ar, e o Lesocool (1994) para o estudo de resfriamento por ventilação do modelo.

O modelo adotado é uma célula-ambiente, unizona, com planta interna de 10 x 5m e pé-direito de 2,80m (área 50,0m² e volume 140,0m³). A célula é analisada dentro de quatro tipos de edifícios residenciais, conforme a região do Rio de Janeiro: Tipo A (edifícios de 60m de altura com entorno também de 60m); Tipo B (edifícios de 15m com entorno de 30m, ambos na Barra da Tijuca); Tipo C (edifícios de 19m com entorno de 19m, em Bangú); e Tipo D (edifícios de 9m com entorno de 9m, em Santa Cruz). Em cada um dos edifícios estudou-se uma ou duas posições da célula no edifício, conforme mostra a figura 2, e foram analisados variados posicionamentos das aberturas (figura 3).

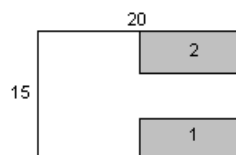
TIPO A



Z (edifício)=60m

Z (entorno)=60m

TIPO C

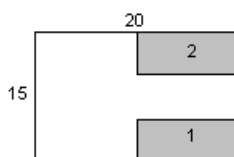


Z (edifício)=19m

Z (entorno)=19m

Observação: Os valores do comprimento e largura total do edifício correspondem somente à necessidade de cumprir os limites do programa CpCalc. Legenda: Z - altura

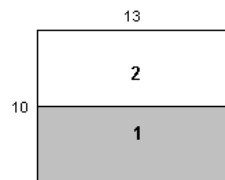
TIPO B



Z (edifício)=15m

Z (entorno)=30m

TIPO D



Z (edifício)=9m

Z (entorno)=9m

Norte



Figura 2 – Posicionamento das células-ambiente dentro dos edifícios, em planta baixa.

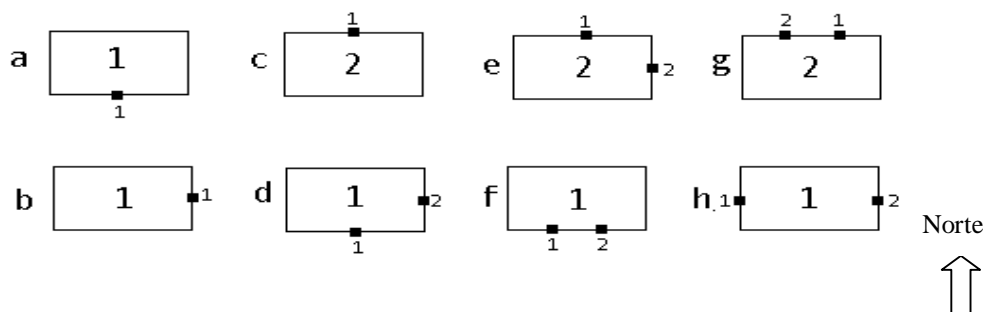


Figura 3 – Posicionamento das aberturas, em planta baixa, nas células-ambiente 1 e 2.

Pelo código de obras o tamanho das aberturas teria que ser igual ou superior a 1/6 da área do piso, com área efetiva de ventilação igual à metade deste valor. Então, tendo o modelo 50,0m² de área necessita-se uma área de ventilação igual a 4,0m², se tiver apenas uma janela ela será de 4,0m² e se tiver duas janelas elas terão 2,0m² cada, tendo uma altura de peitoril igual a 0,90m e altura de janela igual a 1,50m. Os dados relativos a vento e temperatura do ar, foram retirados de três estações meteorológicas situadas nas regiões em estudo. Trabalhou-se com o vento predominante e temperaturas médias horárias.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados das simulações Grupo A

A tabela 2 mostra alguns dos resultados das simulações que objetivaram analisar a vazão na célula, numa determinada hora (18:00h), nos 4 tipos de edifícios localizados nas regiões escolhidas do Rio de Janeiro, em situação de verão e com as aberturas posicionadas conforme apresentado na figura 3. O vento predominante nesse horário é do quadrante 5 na Barra da Tijuca e Bangú e do quadrante 6 em Santa Cruz. Os resultados aqui apresentados são referentes a uma das hipóteses estudadas, na qual, no momento da simulação, a temperatura interna era idêntica à temperatura externa, sendo portanto o fluxo proveniente da ação das diferenças de pressão causadas pelo vento, e, por isso não tendo a componente de fluxo por diferencial de temperatura.

Tabela 2 – Resultados das simulações da vazão, em m³/h e n°ren.ar/h.

*	Edifícios							
	Edif. Tipo A		Edif. Tipo B		Edif. Tipo C		Edif. Tipo D	
	m ³ /h	N°renv/h	m ³ /h	N°renv/h	m ³ /h	N°renv/h	m ³ /h	N°renv/h
a	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
b	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
c	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
d	10 881	77	15 952	113	16 249	116	12 603	90
e	1 246	8.9	2 410	17	2 615	18	5 834	41
f	4 341	31	6 823	48	6 008	42	10 652	76
g	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4 763	34
h	-	-	-	-	-	-	15 839	113

*Posicionamento das aberturas conforme figura 3.

3.2 Resultados das simulações do grupo B

Este grupo de simulações refere-se ao estudo do posicionamento das janelas em relação à altura do edifício. Foram realizadas na célula-ambiente 1 em edifícios tipo A, com duas aberturas dispostas conforme a posição d da figura 3, considerando um vento de sul. Como mostra a tabela 3, a vazão em m³/h mudou de janela para janela. Para que a vazão permaneça constante nos variados pavimentos do edifício as aberturas teriam que ter tamanho diferente, o qual foi calculado mantendo-se a vazão do pavimento mais alto como constante e através do processo inverso obter-se a área necessária de cada abertura nos pavimentos abaixo, conforme pode-se observar na tabela 3.

Tabela 3 – Vazões e tamannos de aberturas em diferentes posições verticais.

Vazões para uma mesma abertura em alturas diferentes:

Área de cada abertura (m ²)	Posição vertical (m)	Vazão (m ³ /h)
2,0	54,0	13 751
2,0	30,0	10 163
2,0	6,0	9 518

Áreas diferentes para vazões iguais:

Área de cada abertura(m ²)	Posição vertical (m)	Vazão (m ³ /h)
2,0	54,0	13 751
2,7	30,0	13 751
2,9	6,0	13 751

3.3 Resultados das simulações do grupo C

Para se conhecer o comportamento térmico da célula, fizeram-se simulações no programa Lesocool (célula-ambiente 1 do edifício tipo D, figura 2, com as aberturas na posição h da figura 3), durante um período de 24 horas, para situação de verão e inverno. Nesse programa foi dado a entrada das listas horárias de: temperaturas médias externas em °C, vazão em m³/h e ganho térmico do modelo. Os gráficos da figura 4 mostram os resultados de 6 das simulações realizadas no período de Verão e Inverno.

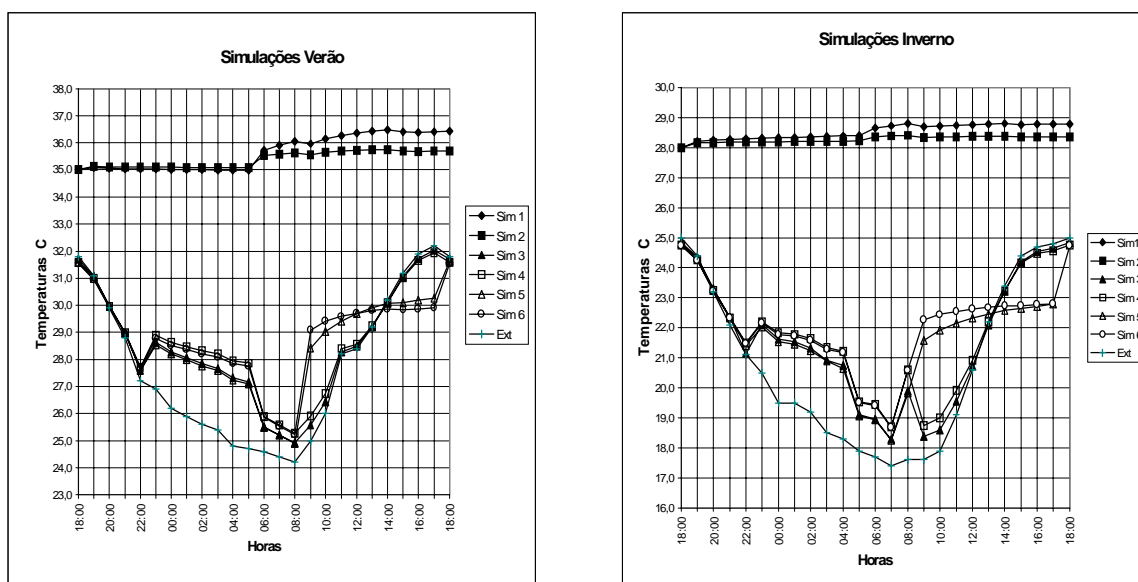


Figura 4 –Temperaturas do ar internas (°C) – Verão e Inverno .

As características das simulações são as seguintes: Sim 1- Janelas sempre fechadas, materiais de construção médio/leves; Sim 2 – Janelas sempre fechadas, materiais de construção pesados; Sim3 – Janelas sempre abertas, materiais médio/leves; Sim 4 – Janelas sempre abertas, materiais pesados; Sim 5 – Janelas fechadas das 9:00 às 17:00 h e abertas

das 18:00 às 8:00h, materiais médio/leves; Sim 6 - Janelas fechadas das 9:00 às 17:00 h e abertas das 18:00 às 8:00h, materiais pesados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O código de obras exige uma metragem fixa de área de ventilação nos compartimentos. Mas como pode ser analisado, trabalhando com os programas CpCalc e BREEZE, esta área não implica ter uma ventilação adequada do ambiente ou não. Afinal os coeficientes de pressão do vento são diferentes em variados pontos de um mesmo edifício, o que representa que os fluxos internos de ar interno são igualmente diferentes.

O estudo realizado para aberturas colocadas a diversas alturas de um mesmo edifício mostrou que **se fosse necessário a mesma vazão nos ambientes situados no primeiro e no último pavimento de um edifício, as janelas teriam que aumentar sua área em cerca de 45% no plano mais baixo.** Este resultado é coerente com o que acontece em relação à questão da iluminação natural de edifícios (FIGUEIREDO, 1992). Da mesma forma, para se conseguir um mesmo nível de iluminação nos diversos pavimentos, as aberturas para entrada de luz teriam que ser diferentes a cada nível.

O código de obras não necessitaria exigir uma área de ventilação tão rigorosa, mas sim a introdução de um parâmetro de ventilação mínima do ambiente que pudesse ser atingido em condições de maior frequência de um certo local. Hoje, esta área cumpre as exigências higiênicas mas nem sempre aquelas necessárias para um resfriamento nos ambientes. Outra questão importante é, sem dúvida, o período de ocupação do edifício. A estratégia de ventilação a ser escolhida depende de qual o período que se necessita maior conforto.

De todas as simulações realizadas no Lesocool, a comparação dos resultados das simulações 1 e 2, que consideram as janelas sempre fechadas (fluxo=0), e as restantes simulações, que ao contrário consideram um fluxo variável mas contínuo durante as 24 horas do dia, representadas nos gráficos da figura 4, mostra que sem dúvida é melhor manter-se as janelas abertas. O gráfico mostra que no período noturno a temperatura interna, T_i , se eleva em relação à temperatura externa, T_e , fato explicado pelo menor fluxo de ar durante este período devido às horas de calmaria que se manifestam na região de Santa Cruz.

É necessário salientar que a T_i dada pelo programa Lesocool se refere à temperatura de bulbo seco e por isso não descreve uma temperatura de sensação. Esta, pode ser beneficiada com o aumento do movimento de ar, mesmo que a temperatura esteja alta, no caso do período de Verão, pois ajuda nas trocas térmicas do homem com o ambiente, principalmente quando se tem uma umidade alta.

Conseguiu-se a melhor resposta, no que diz respeito a um resfriamento, quando utilizamos o fluxo dado pela ação do vento durante o dia inteiro. Em condições de verão, a ventilação pode aproximar a temperatura interna da externa, mas nem sempre se atinge uma temperatura de conforto. É necessário entender, entretanto, que medidas de ventilação tem

de ser tomadas juntamente com outras recomendações para o clima do Rio de Janeiro, como é exemplo a proteção solar do edifício e principalmente dos vãos envidraçados. Esta é uma questão fundamental, é um conjunto de requerimentos que devem atuar sobre o edifício e não uma medida isolada.

A necessidade, por vezes, de aumentar o fluxo de ar num ambiente poderia ser feita aumentando a área de janelas, mas a quantidade de energia solar que entra poderia se tornar crítica. Como o fluxo de ar interno dado pela ação do vento é realizado pela diferença dos coeficientes de pressão do vento nas aberturas de entrada e saída, conclui-se que se pode aumentar este fluxo provocando, de alguma forma, a diferença entre estes coeficientes, sem aumentar as áreas.

É necessário se observar com mais atenção os índices urbanos, do que isoladamente este ou aquele edifício. As simulações no programa CpCalc, demonstraram que uma densidade urbana muito alta provoca a troca de sinal nos coeficientes de pressão do vento, ou seja, uma área de pressão se torna área de sucção, e este é um ponto de extrema importância para que o projetista possa encontrar a melhor solução de posicionamento das aberturas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREEZE – versão 5.1 para MS-DOS, 1991. Building Research Establishment, Garston, UK.

Código de Obras do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Gráfica Auriverde Ltda, 1992.

Cpcalc - versão 2.1 para Windows, 1995. Mario Grosso, Polytechnical University of Turin, Italy.

Lesocool – versão 5.00, 1994. Jacobus Van Der Maas e Claude-Alain Roulet.

MARQUES, A. Análise da Ventilação Natural no Rio de Janeiro: Uma Contribuição à Conservação de Energia. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1999. Dissertação de Mestrado em Arquitetura.

MARQUES, A.; CORBELL, O. Simulações de Ambientes Ventilados e Normas. In: V ENCAC/ANTAC, Fortaleza, 1999.

FIGUEIREDO, L. F. M. Análise Crítica das Recomendações do Código de Obras do Município do Rio de Janeiro segundo a Questão de Iluminação Natural nos Interiores Residenciais. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1992. Dissertação de Mestrado em Arquitetura.