

## CRITÉRIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE ABERTURAS DE VENTILAÇÃO NATURAL DOS EDIFÍCIOS

**TOLEDO, Alexandre**

Arquiteto, Esp. em Eng. de Segurança do Trabalho, GECA/ARQ/CTEC/UFAL,  
Doutorando em Engenharia Civil (PPGEC/UFSC)  
Rua Ver. Osni Ortiga, 2720/18 – Porto da Lagoa, CEP 88062-451, Florianópolis – SC  
e-mail: [altoledo@terra.com.br](mailto:altoledo@terra.com.br)

### RESUMO

O dimensionamento das aberturas de ventilação dos edifícios, nos Códigos de Edificações brasileiros, baseia-se em fração da área de piso dos ambientes. Esse critério, por não considerar adequadamente as variáveis envolvidas no fenômeno da ventilação natural, não garante desempenho térmico desejável para os edifícios, sobretudo em climas quentes e úmidos. O presente artigo tem como objetivo apresentar e analisar outros critérios de ventilação. A metodologia consistiu na revisão bibliográfica dos métodos e metodologias mais conhecidos no Brasil e de outros disponíveis na literatura estrangeira. Os resultados levam à conclusão de que nenhuma das metodologias analisadas utiliza o critério de área de piso e que o correto dimensionamento das aberturas de ventilação deve envolver muito mais elementos. Constata-se a necessidade de uma revisão do critério utilizado pelos Códigos brasileiros.

### ABSTRACT

The size of ventilation openings of buildings in the Brazilian Codes is based on a ratio of the floor area of the room. This criterion does not take into consideration all the variables of the process of natural ventilation, thus it does not allow the desirable thermal performance of the buildings, specially in hot and humid climates. The aim of this paper is to show and to analyze other ventilation criteria. The methodology is based on the bibliography revision of the Brazilian methods and methodologies and other presented in foreign literature. The results showed that none of the methodologies analyzed proposed floor area criterion and for the correct size of ventilation openings, more features should be included. Therefore, a revision of the criterion of the Brazilian Codes is necessary.

### 1. INTRODUÇÃO

O critério para o dimensionamento das aberturas de ventilação natural dos edifícios, utilizado pelos Códigos de Obras e Edificações brasileiros, baseia-se na fração da área de piso dos ambientes internos e, geralmente, é associado ou mesmo decorrente do estabelecido para a iluminação natural. Esse fato deve-se, possivelmente, à precedência dos critérios de insolação e de ventilação higiênica estabelecidos pelos Códigos anteriores à década de 1970, que ainda se baseavam em preceitos higienistas. A análise de Modelos nacionais e de Códigos de Edificações de algumas cidades brasileiras, posteriores a essa data, mostrou que a preocupação com a insolação transferiu-se, gradativamente, para a iluminação natural dos ambientes, enquanto que a ventilação natural permaneceu, no mais das vezes, com a premissa de garantir a renovação do ar, para assegurar a qualidade do ar respirável (TOLEDO, 2001).

Esse critério de área de piso e limite máximo de profundidade do ambiente, estabelecido pelos Códigos brasileiros e mesmo no Modelo para Elaboração de Códigos de Obras e Edificações IBAM/PROCEL (BAHIA et al., 1997), por referir-se principalmente à iluminação natural lateral, não considera adequadamente as variáveis envolvidas no fenômeno da ventilação natural. Por esta razão não garante desempenho desejável para os edifícios não climatizados, sobretudo quanto ao conforto térmico dos usuários, em climas quentes e úmidos.

O presente artigo é parte da revisão de literatura da dissertação de Mestrado em Arquitetura, apresentada ao PROPAR/UFRGS (TOLEDO, 2001), e tem como objetivo apresentar e analisar métodos e metodologias que utilizam outros critérios para o dimensionamento das aberturas dos edifícios que levam em consideração as variáveis envolvidas com a ventilação natural.

A metodologia consistiu na identificação e agrupamento dos métodos e metodologias, a partir de seus objetivos (estimativa da taxa de ventilação, da velocidade média do ar ou do dimensionamento das aberturas), seguida de uma análise comparativa entre as metodologias empíricas para o dimensionamento das aberturas de ventilação, quanto às características das aberturas, os processos de ventilação natural e os fatores de redução e correção por elas considerados.

## 2. A VENTILAÇÃO NATURAL DOS EDIFÍCIOS

A ventilação natural dos edifícios acontece devido às diferenças de pressão do ar que provocam seu deslocamento e consiste na passagem do ar exterior pelo interior dos mesmos, através de suas aberturas. E depende de fatores fixos como: a disposição dos edifícios e dos espaços abertos próximos (entorno) e a presença de obstáculos; a localização, a orientação, a forma e as características construtivas do edifício (tipologia); e a posição, tamanho e tipo de aberturas. E de fatores variáveis, como: direção, velocidade e frequência dos ventos; e diferenças de temperatura do ar interior e exterior.

Apresenta três funções básicas: a renovação do ar respirável, o conforto térmico dos usuários e o resfriamento da envolvente do edifício. Em climas quentes e úmidos, a renovação do ar respirável é quase sempre garantida, devido à alta permeabilidade dos edifícios. E as duas outras funções da ventilação natural são de fundamental importância para garantirem o desempenho e o conforto térmico em edifícios não climatizados. Por esta razão, é importante considerá-las sempre em conjunto.

E dá-se através de dois processos distintos: pela ação do vento, que gera diferentes campos de pressão sobre o edifício, e por diferenças de temperatura entre o ar interior e exterior, que gera diferenças de densidade do ar (ou também pela conjugação dos dois processos). Em clima quente e úmido e de baixa amplitude térmica (que resulta em pequena diferença de temperatura do ar exterior e interior), onde a função de conforto térmico é importante, a ação do vento passa a ser o processo mais favorável.

## 3. MÉTODOS E METODOLOGIAS CONHECIDOS NO BRASIL

O método de Carl Mahoney (MASCARÓ, 1981 e BAHIA et al., 1997) e a metodologia proposta por Straaten et al. (MASCARÓ, 1991) são os mais conhecidos e referenciados, na literatura acadêmica brasileira, para o dimensionamento das aberturas de ventilação. E a metodologia apresentada por Eustáquio Toledo é a mais conhecida para a estimativa das taxas de ventilação natural (FROTA e SCHIFFER, 1995) e permite, em decorrência, o dimensionamento das aberturas de ventilação.

### 3.1. O Método de Mahoney

O Método ou Tabelas de Mahoney foi desenvolvido por solicitação da ONU, na década de 1970, para a concepção de habitat em climas tropicais (KOENIGSBERGER et al., 1977), encontrando aplicação direta para a diversidade climática brasileira.

O dimensionamento das aberturas é estabelecido em função da área das paredes externas. São propostas quatro categorias de tamanho para as aberturas: **grandes** – de 40 a 80%, para climas quente e úmido; **medianos** – de 25 a 40%, quando há necessidade de insolação na estação fria: em clima úmido, para qualquer mês, ou em clima seco, que precisa de armazenamento térmico, a partir de

quatro meses; **mistos** – de 20 a 30%, para clima quente e seco que precisa de armazenamento térmico de seis a dez meses; e **muito pequenas** – de 10 a 20%, para clima seco, quando há necessidade de armazenamento térmico quase todo o ano e que apresenta problema de estação fria em até três meses. Além disso, propõe recomendações para a posição, localização e proteção das aberturas.

Para a **posição das aberturas** – que devem ser expostas ao vento e permitirem que as brisas incidam na altura do corpo dos usuários, quando o movimento do ar for necessário em mais de três meses ao ano; ou expostas ao sol, quando se requer o movimento do ar durante um ou dois meses apenas.

Para a **localização das aberturas** – que devem ser orientadas a Norte e a Sul, em climas quentes e úmidos, porém protegidas da radiação solar; e também para Leste e Oeste, quando há estação fria.

Para a **proteção das aberturas** – que devem ser protegidas contra a insolação, para situações que não apresentam estação fria ou esta for inferior a dois meses; ou contra a chuva, para situações onde as precipitações forem superiores a 200 mm, por mais de dois meses.

O método de Mahoney não permite a estimativa das taxas de ventilação natural, nem considera diretamente os elementos envolvidos com o fenômeno. Apesar de seu caráter genérico, o método foi utilizado como referência para o Projeto de Norma Brasileira sobre Desempenho Térmico das Edificações (ABNT, 1998 e RORIZ et al., 1999).

### 3.2. A Metodologia de Straaten et al.

A metodologia foi desenvolvida para escolas na África do Sul, na década de 1960, e visava o aproveitamento da ventilação natural para promover a renovação do ar e o conforto térmico.

STRAATEN et al.(1965) propõem o dimensionamento da área das aberturas a partir da quantidade de calor a ser retirado do ambiente pela ventilação, conforme as características de ocupação e de construção do local. E levam em consideração três coeficientes:  $C_1$  – efeito combinado das aberturas em série,  $C_2$  – grau de obstrução dos edifícios vizinhos e  $C_3$  – inclinação da fachada em relação ao vento; além da velocidade média do vento exterior.

Para as taxas de renovação do ar estabelecem valores entre 130 a 220 (para ventilação regular) e 400 a 670  $m^3/h$  de ar por pessoa (para ventilação excelente), propondo acréscimo para edifícios mal isolados e utilização de iluminação artificial.

Para o coeficiente  $C_1$ , os valores são obtidos a partir de gráfico auxiliar que considera os ângulos dos elementos móveis da janela e apenas algumas tipologias de aberturas em série: de três e de duas (com ramificação para distanciamento de 1.8 m e 5.4 m).

Para o coeficiente  $C_2$  são considerados três valores: 1,0 – para áreas descampadas; 0,66 – para áreas periféricas e 0,33 – para áreas densamente construídas.

Para o coeficiente  $C_3$  apresentam os seguintes valores: 1,1 – para  $0^\circ$ ; 0,95 – para  $45^\circ$ ; 0,75 – para  $60^\circ$ ; 0,10 – para  $70^\circ$  e 0,00 – para  $90^\circ$ .

A metodologia de Straaten et al. só considera indiretamente os coeficientes de pressão e as perdas de carga das aberturas, através dos coeficientes  $C_3$  e  $C_1$ , respectivamente; e apenas o processo por ação do vento. Também não se mostra adequado para ser aplicado em outras tipologias de edifícios.

### 3.3. A Metodologia de Toledo

A metodologia foi desenvolvida no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC/Lisboa), na década de 1960, e visou o estabelecimento de critérios para a normalização portuguesa de ventilação natural para habitação social. TOLEDO (1967/1999) considera a “ação do vento”, a partir das diferenças de pressão nas aberturas de entrada e saída; o “efeito chaminé”, a partir das diferenças de temperatura interna e externa do ar; e o “efeito simultâneo: chaminé e ação do vento”.

Propõe o cálculo da taxa de ventilação, pela “ação do vento”, a partir de duas hipóteses: a vazão total de entrada é igual à de saída e a vazão em cada abertura é proporcional ao produto de sua área pela raiz quadrada da diferença de pressão entre suas duas faces. Apresenta fórmula simplificada que considera um fator adimensional de 0,6 (para medidas de pressão em milímetros de água), a área

equivalente das aberturas de entrada e saída, a velocidade do vento externo resultante na abertura de entrada e os coeficientes de pressão nas aberturas de entrada e de saída.

E a taxa de ventilação, por “efeito chaminé”, para edifícios de usos mais gerais, a partir da hipótese básica de que a ventilação de edifícios é um caso particular da vazão através de orifícios em placas finas e interpostas em uma canalização (considerando o diâmetro do tubo infinito). Apresenta fórmula simplificada que considera: um fator adimensional de 0,16 (FROTA e SCHIFFER consideram 0,14), as áreas das aberturas, a altura medida a partir da metade da abertura de entrada até a metade da abertura de saída e a diferença de temperatura do ar interior e exterior.

FROTA e SCHIFFER (1995) também apresentam roteiro simplificado para o cálculo da taxa de ventilação pelo efeito combinado.

Convém observar que, para o cálculo por ação do vento, a metodologia não considera valores diferenciados para a perda de carga das aberturas (considera 0,6 para os dois processos). E que não apresenta dados de coeficientes de pressão para diferentes tipologias de edifícios (remete a outros trabalhos publicados). O cálculo por “efeito chaminé” implica em estimar valores para a massa específica do ar interior e exterior (a fórmula simplificada considera diferença padrão de 15 °C) e para as diferenças de pressão (decorrentes da densidade do ar) nas aberturas de entrada e saída. A correta estimativa dessas variáveis dificulta, em parte, a aplicação da metodologia.

## 4. OUTROS MÉTODOS E METODOLOGIAS

SANTAMOURIS (1998) apresenta vários Modelos Empíricos e de Rede para a estimativa da ventilação natural dos edifícios, que partem da velocidade do vento ou da taxa de ventilação; e Metodologias Empíricas para o dimensionamento das aberturas de ventilação que consideram, de forma reduzida ou ampla, as variáveis envolvidas no fenômeno.

Entre os **Modelos Empíricos** que partem da velocidade do vento, situa os métodos: de GIVONI e de DADOS TABULADOS e as metodologias do CSTB e de ERNST. E entre os que partem da taxa de ventilação, situa os métodos: BRITÂNICO, ASHRAE, de AYNSLEY e de GIDDS/PHAFF. Esses modelos e metodologias, em geral, utilizam resultados obtidos em ensaios em túnel de vento, realizados com modelos em escala e não se prestam diretamente ao dimensionamento das aberturas, por considerarem tipologias pré-definidas.

Entre os **Modelos de Rede** (*Computer Fluid Dynamic- CFD*), situa os programas: AIRNET, ESP, PASSPORT-AIR, NORMA, BREEZE e COMIS. Todos eles apresentam resultados estimados para a taxa de ventilação, e permitem, indiretamente, o dimensionamento das aberturas.

Entre as **Metodologias Empíricas** para o dimensionamento das aberturas apresenta: FLORIDA I e FLORIDA II, e ASHRAE, AYNSLEY e BRITÂNICA (derivadas dos métodos já citados).

### 4.1. Modelos Empíricos para a Estimativa da Ventilação Natural

A seguir serão descritos, sucintamente, os métodos de GIVONI e de DADOS TABULADOS e as metodologias do CSTB e de ERNST (que partem da velocidade do vento) e o método de GIDDS/PHAFF (que parte da taxa de ventilação). Os métodos: BRITÂNICO, ASHRAE e AYNSLEY (que também partem da taxa de ventilação) serão apresentados como metodologias para o dimensionamento das aberturas, logo a seguir.

#### 4.1.1. Método de GIVONI

GIVONI propôs um método de correlação geral, que se baseia em dados experimentais, para determinar a velocidade média do ar interior em compartimentos retangulares, com aberturas de entrada e saída iguais e localizadas em paredes opostas, em relação à velocidade de referência do vento no exterior. Propõe uma expressão que determina a velocidade média do ar interior em função de: um coeficiente adimensional (0.45), da proporção da área das aberturas em relação à área da parede onde estão situadas e da velocidade de referência do vento no exterior.

## 4.1.2. Métodos de DADOS TABULADOS

Os métodos de DADOS TABULADOS baseiam-se em experimentos realizados em túneis de vento e permitem comparar a velocidade do ar no interior do edifício para diferentes direções do vento, número, tamanho e localização de aberturas de entrada e saída do ar. A velocidade do ar interior é expressa em porcentagem da velocidade do vento livre no exterior do edifício.

### 4.1.3. Metodologia do CSTB

A metodologia do CSTB baseia-se no Coeficiente Global de Ventilação ( $C_G$ ), definido como a proporção da velocidade média do ar interior em relação à velocidade do ar exterior, medidos a uma mesma altura de 1,50 m. Avalia quatro coeficientes, que consideram: 1. Coeficiente do local – a topografia, a vizinhança, e a rugosidade do terreno; 2. Coeficiente de orientação – a incidência do vento nas aberturas e na malha urbana, e as características naturais e edificadas; 3. Coeficiente da arquitetura exterior – a natureza e características das aberturas, o tipo de telhado e existência de aberturas nele, a existência de pilotis e de direcionadores de vento; e, 4. Coeficiente aerodinâmico interior – a divisão interior e a disposição do mobiliário.

### 4.1.4. Metodologia de ERNST

A metodologia de ERNST leva em consideração a direção do vento, a distribuição das pressões ao redor do edifício, o tamanho e as características das janelas e a configuração interior do edifício. Estima um coeficiente de velocidade média do ar interior, definido como a proporção entre a velocidade média interior e a exterior de referência. A seguir, determina a distribuição da velocidade interior, baseado na porcentagem cumulativa de área de piso em que certa velocidade é excedida.

### 4.1.5. Método de GIDDS/PHAFF

GIDDS/PHAFF consideram, além das diferenças de temperatura do ar e da velocidade do vento, o efeito de turbulência que causa alterações no comportamento do escoamento do ar, através de flutuações simultâneas de pressões negativas e positivas do ar no interior do edifício. Esse efeito é o responsável pelo escoamento em situações de ventilação unilateral ou quando o vento incide paralelamente às aberturas.

## 4.2. Metodologias Empíricas para o Dimensionamento das Aberturas

### 4.2.1. Metodologia FLORIDA I

Assume que as áreas de aberturas de entrada e de saída são iguais, podendo, entretanto, ser usada para pequenas diferenças de áreas (como entrada com 40% da área total). Só considera a ventilação por ação do vento, desconsiderando, portanto, o efeito das diferenças de temperatura do ar.

A Área Total das Aberturas (entrada + saída) é expressa em função: de um coeficiente adimensional (0.00079), do volume interior do edifício, do número de renovações de ar por hora, da velocidade do vento exterior, e de alguns fatores:  $f_1$  – **redução da velocidade do vento**, devida ao ângulo de incidência do vento na fachada do edifício, que varia de 0.35 (0-40°) a 0.08 (90°);  $f_2$  – **correção do terreno**, função da localização e da estratégia de ventilação adotada: constante (1.3 a 0.47) ou apenas noturna (0.98 a 0.35);  $f_3$  – **correção de vizinhança** que é função da razão entre a altura do obstáculo a montante (h) e da distância do edifício a esse obstáculo (g), e assume valores entre 0.00 (razão 0) e 1.00 (razão 6);  $f_4$  – **multiplicador de altura** que é função da localização do andar (1.15 para 2º pavimento ou pilotis e 1.0 para pavimento térreo).

A equação assume que as aberturas terão tela para mosquitos, cuja porosidade é de 0.6 e os caixilhos das esquadrias correspondem a 20% da área das aberturas. Para o cálculo sem a tela, o resultado

deverá ser dividido por 1.67, correspondente à porosidade da tela (0.6); e por 1.25, se considerar vãos totalmente desimpedidos.

#### 4.2.2. Metodologia FLORIDA II

Foi desenvolvida para ambientes com ventilação cruzada e admite diferenças significativas de áreas entre as aberturas de entrada e de saída do ar. É aplicável aos ambientes que dispõem efetivamente de aberturas de entrada e de saída; e parte do princípio de que todas as aberturas de entrada e de saída estão sujeitas a situações idênticas de pressões positivas e negativas, respectivamente. E também não considera a ventilação devido às diferenças de temperatura do ar interior e exterior.

Calcula a Área Efetiva das Aberturas (A) – que é a combinação entre as áreas das aberturas de entrada e de saída – também em função: de um coeficiente adimensional (0.00029), do volume interior do edifício, do número de renovações de ar por hora, da velocidade do vento exterior, das Diferenças de Coeficiente de Pressão (DP) entre as aberturas de entrada e saída (assumindo valores entre -0,60 e +0,40); e dos fatores  $f_3$  (de correção de vizinhança) e  $f_4$  (multiplicador de altura), idênticos à metodologia FLORIDA I.

A Área final das aberturas de entrada e saída é recalculada em função do Fator de Porosidade (FP), decorrente da porosidade da tela de insetos (valores entre 0.6 e 1.0) e da porosidade da esquadria (valor de 0.4, para giro lateral, simples ou dupla e 0.6, para maxim-ar e projeção horizontal).

#### 4.2.3. Metodologia ASHRAE

Considera situações distintas de áreas iguais ou diferentes para aberturas de Entrada e Saída; e situações distintas para a ação do vento e para diferenças de temperatura do ar interior e exterior.

A Área das aberturas é calculada em função da taxa de ventilação (Q), da velocidade do vento e da Efetividade das Aberturas, considerando valores entre 0.5 a 0.6, para direção de vento perpendicular e entre 0.25 a 0.35, para direção de vento oblíqua à abertura. Áreas de Entrada e Saída iguais, devida apenas à ação do vento, é considerada a situação em que se alcança o melhor escoamento.

Para aberturas com áreas diferentes, a fórmula é usada para o cálculo da abertura de menor área. A taxa de ventilação final é obtida em função da proporção entre a maior e a menor abertura. A partir dessa proporção, encontra-se o acréscimo (em percentagem) devido à diferença de áreas.

Para situações de áreas de Entrada e Saída iguais e devida apenas às diferenças de temperatura do ar interior e exterior, considerando desprezível a ação do vento, a Área da Abertura (A – entrada ou saída) pode ser calculada em função da taxa de ventilação, de um fator adimensional (116), da diferença de altura entre as aberturas de entrada e saída e da diferença das temperaturas médias do ar interno e externo. Para o caso de aberturas com áreas diferentes, o procedimento para o dimensionamento das aberturas é o mesmo descrito para a ação do vento.

#### 4.2.4. Metodologia de AYNLEY

Considera apenas a ação do vento, em situação de ventilação cruzada; desconsiderando as diferenças de temperatura do ar interior e exterior.

A taxa de ventilação (Q) é calculada em função da velocidade de referência do vento, dos Coeficientes de Pressão nas fachadas de Entrada ( $C_{p1}$ ) e de Saída ( $C_{p2}$ ), das áreas das aberturas de Entrada ( $A_1$ ) e Saída ( $A_2$ ), e dos Coeficientes de Perda de Carga nas aberturas de Entrada ( $C_{d1}$ ) e de Saída ( $C_{d2}$ ).

O dimensionamento das aberturas não é obtido diretamente, mas em decorrente do cálculo da taxa de ventilação. Os seja, as dimensões das aberturas precisam ser estimadas a priori.

#### 4.2.5 Metodologia BRITÂNICA

Propõe diferentes expressões para calcular a taxa de ventilação devido à ação do vento e às diferenças de temperatura do ar, bem como a ação combinada dos dois processos. Para o cálculo da taxa de

ventilação devido à ação do vento, o procedimento é igual ao do método de AYNLEY (descrito no item anterior). Para o cálculo da taxa de ventilação devido às diferenças de temperatura do ar, propõe considerar o Coeficiente de Perda de Carga, a diferença de temperatura interna e externa do ar e a diferença de altura entre o nível médio das aberturas (da baixa e da alta). O dimensionamento das aberturas também é decorrente do cálculo da taxa de ventilação.

## 5. ANÁLISE COMPARATIVA DAS METODOLOGIAS EMPÍRICAS

A seguir são comparadas as cinco metodologias descritas anteriormente, quanto a três itens: as características das aberturas, os processos considerados e os fatores de redução e correção propostos.

**QUADRO 1 – Comparação entre as Metodologias Empíricas**

<b>METODOLOGIA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DAS ABERTURAS</b>	<b>PROCESSOS CONSIDERADOS</b>	<b>FATORES DE REDUÇÃO E CORREÇÃO</b>
FLORIDA I	Áreas de Entrada e de saída iguais ou Entrada com 40% da área total.	Só por ação do vento.	Redução da velocidade do vento; Correção do terreno, de vizinhança e de altura.
FLORIDA II	Permite diferenças significativas de áreas de Entrada e de Saída.	Só por ação do vento e para ventilação cruzada.	Diferenças de Coeficiente de Pressão nas aberturas; Correção de vizinhança e de altura; Fator de Porosidade das aberturas.
ASHRAE	Áreas de Entrada e Saída iguais ou diferentes.	Ação do vento ou por diferenças de temperatura do ar.	Efetividade das Aberturas; Razão entre as aberturas; Diferença de altura entre as aberturas.
AYNSLEY	Áreas de Entrada e Saída diferentes ou de mesmo Coeficiente de Perda de Carga.	Só por ação do vento e para ventilação cruzada.	Diferenças de Coeficiente de Pressão nas aberturas; Coeficientes de Perda de Carga das aberturas.
BRITÂNICA	Áreas de Entrada e Saída diferentes.	Ação do vento; diferenças de temperatura do ar ou pelos dois processos combinados.	Diferenças de Coeficiente de Pressão nas aberturas; Coeficientes de Perda de Carga das aberturas. Diferença de altura entre as aberturas.

Os fatores de redução da velocidade do vento e de correção do terreno, presentes na metodologia FLORIDA I, são substituídos pela Diferença de Pressão nas Aberturas, na metodologia FLORIDA II.

A metodologia ASHRAE substitui as Diferenças de Coeficientes de Pressão nas Aberturas pela Efetividade das Aberturas; e não considera os fatores de redução da velocidade do vento e de correção do terreno, propostos pelas metodologias FLORIDA I e II.

A metodologia de AYNLEY substitui o Fator de Porosidade, presente na metodologia FLORIDA II, pelo de Coeficiente de Perda de Carga das aberturas. E a metodologia BRITÂNICA considera os coeficientes dos métodos anteriores, com exceção para as correções da velocidade do vento livre.

As metodologias FLORIDA I, II e AYNLEY permitem o dimensionamento das aberturas apenas pela ação do vento, sendo que as duas últimas só para ventilação cruzada; e as metodologias ASHRAE e BRITÂNICA permitem considerar também as diferenças de temperatura do ar, sendo que a BRITÂNICA permite, inclusive, associar os dois processos.

Apenas as metodologias de AYNLEY, da ASHRAE e BRITÂNICA utilizam o sistema internacional de medidas. Esse fato dificulta, em parte, a aplicação das metodologias FLORIDA I e II.

## 6. CONCLUSÕES

Nenhum dos métodos apresentados e metodologias analisadas considera o critério de área de piso, utilizado pelos Códigos de Obras e Edificações brasileiros, para o dimensionamento das aberturas de ventilação natural dos edifícios.

Todas as metodologias analisadas partem da taxa de ventilação, não permitindo a estimativa da velocidade do ar no interior do edifício – dado importante para a mensuração do conforto térmico. O que as diferenciam são as características das aberturas de entrada e saída e os processos de ventilação considerados e se são adotados fatores de redução da velocidade do vento e de correção do terreno.

Constata-se a necessidade de uma revisão do critério utilizado pelos Códigos brasileiros – que, por estarem atrelados aos critérios de iluminação natural, não garantem desempenho térmico desejável, principalmente, em climas quentes e úmidos – a fim de compatibilizar os princípios que regem o fenômeno da ventilação natural e o desempenho desejável para os edifícios.

Por outro lado, essas metodologias também implicam na necessidade de geração de dados locais, relativos aos fatores de de redução do vento e correção do terreno propostos, bem como de Coeficientes de Pressão ( $C_p$ ), para edifícios naturalmente ventilados e de alta permeabilidade, e de Fator de Porosidade ou Coeficiente de Perda de Carga ( $C_d$ ) das esquadrias brasileiras correntes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Projeto 02:135.07-003, 1998.
- BAHIA, S. R.; GUEDES, P. de A.; THOMÉ, M. R. V.; NADALUTTI LA ROVERE, A. L. (Coords.). Modelo para elaboração de código de obras e edificações. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1997.
- FROTA, Anésia Barros, SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.
- KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOU, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. U. *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madri: Paraninfo, 1977.
- MASCARÓ, Lucia R. de. Luz, clima e arquitetura. Porto Alegre: Edições Técnicas, 1981.
- \_\_\_\_\_. Energia na edificação : estratégia para minimizar seu consumo. São Paulo: Projeto, 1991.
- RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. In: Encontro Latino-Americano e Nacional de Conforto no Ambiente Construído (2./ 5. : 1999 : Fortaleza). Caderno de resumos. Fortaleza: PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. de (Ed.), 1999. p. 44.
- SANTAMOURIS, Matt. *Predicton methods*. In: ALLARD, Francis (Ed.). *Natural Ventilation in Buildings : a design handbook*. United Kingdom: James X James, 1998. p. 63-158.
- STRAATEN, J. F. van; RICHARDS, S.J.; LOTZ, F.J.; DEVENTER, E.N van. *Ventilation and thermal considerations in school building design*. Pretoria: National Building Research Institute – CSIR, 1965.
- TOLEDO, Alexandre Ventilação natural e conforto térmico em dormitórios: aspectos bioclimáticos para uma revisão do Código de Obras e Edificações de Maceió. Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – PROPAR, Faculdade de Arquitetura, UFRGS.
- TOLEDO, Eustáquio Ventilação natural das habitações. Lisboa: LNEC, 1967 [Maceió : EDUFAL, 1999].