

## LEGISLAÇÃO EDILÍCIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. UMA DISCUSSÃO SOBRE OS VÃOS DE VENTILAÇÃO ADOTADOS PELO CÓDIGO DE OBRAS DO RIO DE JANEIRO

**Gustavo Carvalho Pimenta (1); Claudia Barroso-Krause (2)**

(1) M. Sc. - Proarq - Programa de Pós-graduação em Arquitetura - FAU/UFRJ, rua Pinheiro da Cunha, 110 / 202 - Tijuca - Rio de Janeiro – RJ. CEP 20530.360, (21) 575-6572, (21) 575-6572

(2), D. Sc. - Proarq - Programa de Pós-graduação em Arquitetura - FAU/UFRJ, Rua Gal. Barbosa Lima, 99 / 505, Rio de Janeiro – RJ. CEP 22.011-060, (21) 548-6837, (21) 549-0568

E-mail: (1) [gparj@terra.com.br](mailto:gparj@terra.com.br) (2) [bkrause@ufrj.br](mailto:bkrause@ufrj.br) Copacabana)

### RESUMO

Este artigo aborda dentro da temática da eficiência energética, os pontos críticos da legislação edilícia do Município do Rio de Janeiro, no momento em que decreta as diretrizes para o projeto de vãos de ventilação de edificações multifamiliares. Demonstra, com cálculos baseados em diversos autores conceituados, onde e como o código influencia o projeto arquitetônico a se tornar indutor de consumo energético não contribuindo para uma arquitetura eficiente.

### ABSTRACT

This article notes down, inside energetic efficiency topic, the critical points of construction legislation in the city of Rio de Janeiro, as it decrees the directions for projecting covered open spaces for ventilation of multi-familiar buildings. It shows, through calculations based on several highly regarded authors, where and how law influences the architectonic project towards becoming an inductor of energy consumption without contributing for an efficient architecture.

### 1. INTRODUÇÃO

Assumimos que eficiência energética em projeto de arquitetura é o resultado da aplicação dos preceitos e estratégias de conforto ambiental com a subsequente redução das potências instaladas e de horas de utilização dos equipamentos complementares.

Um projeto de edificação executado, se mal elaborado, não consegue ser alterado com tanta facilidade como um eletrodoméstico. Depois de executado, ele tem poucas chances de reversão, o que leva para soluções alternativas não passivas, principalmente a adoção de sistemas de refrigeração e aeração mecânica e iluminação artificial.

Como a única diretriz legal para escolha de procedimentos, partidos e materiais do projeto arquitetônico vem do Regulamento de Edificações<sup>1</sup>, este artigo traça um paralelo entre o que preconiza o Modelo para Elaboração de Código de Obras e Edificações - (1997) - e o Regulamento de Construção e Edificações do Município do Rio de Janeiro - (1991) no que se refere a ventilação no interior da edificação.

---

<sup>1</sup> O regulamento é um ato administrativo, aprovado por decreto do Poder Executivo Municipal. Tem o objetivo de explicar a lei ou de aprofundar e detalhar temas abrangidos por esta, como dados ou índices técnicos. Trata-se de um ato hierarquicamente inferior à lei, não podendo, portanto, modificá-la ou contrariá-la. No entanto, a aprovação por meio de decreto torna mais ágil o processo de atualização do Regulamento. (BAHIA, 1997)

O Modelo de Código foi um trabalho elaborado pelo Núcleo de Meio Ambiente do IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal), em convênio com a ELETROBRÁS, através do Programa Nacional de Conservação de Energia - PROCEL, visando auxiliar os municípios a criar e adequar seus códigos de obras e edificações para que ofereçam à população uma melhor qualidade de vida, dando ênfase as questões relativas a acessibilidade, conforto ambiental e eficiência energética, com fornecimento de embasamento técnico e algumas exigências que deveriam conter no regulamento.

Neste paralelo, foi analisado onde e como os códigos influenciam o projeto arquitetônico no que diz respeito à eficiência energética. Para tanto, serão utilizados os conceitos de vários autores como metodologia de avaliação. O Regulamento de Construções de Edificações do Rio de Janeiro, não contempla com nenhum tipo de exigência quanto ao consumo de energia elétrica. As únicas ressalvas feitas são, a autorização para uso de aquecedor solar e as espessuras das paredes externas para ganho térmico. Não se verifica nada que impeça ou limite o uso, por exemplo, de chuveiros elétricos, condicionadores de ar, empenas envidraçadas voltadas para noroeste, uso exagerado de vidro sem proteção para o ganho de calor, etc.

## 2. DOS VÃOS E ABERTURAS DE VENTILAÇÃO

Para a eficiência energética, como esses vãos estão diretamente ligados à arquitetura, sendo bem dimensionados, irão determinar a necessidade de maior ou menor tempo de uso dos equipamentos de refrigeração, como ar-condicionados e ventiladores. As recomendações exigem que se tenham ventilação para o exterior da construção, para compartimentos de permanência prolongada (Entende-se por compartimentos de permanência prolongada salas, quartos e cozinhas e de permanência transitória, os de circulação, banheiros e áreas de serviço). Já para os compartimentos de permanência transitória permite a ventilação por dutos.

### 2.1. Dimensões Mínimas para os Vãos de Ventilação

Tabela 6. Vazão de ar mínima para atender às exigências de higiene dos usuários. Fonte: (IPT, 1988)

Volume de ar disponível por pessoa (m <sup>3</sup> /pessoa)	Presença de fumantes no ambiente	Ventilação mínima à noite (m <sup>3</sup> /h pessoa)	Ventilação mínima diurna (m <sup>3</sup> /h pessoa)
≤ 4	Sim ou não	35	44
4 a 10		30	42
/10	Sim	26	26
10 a 15	Não	15	22
/15	Não	11	15

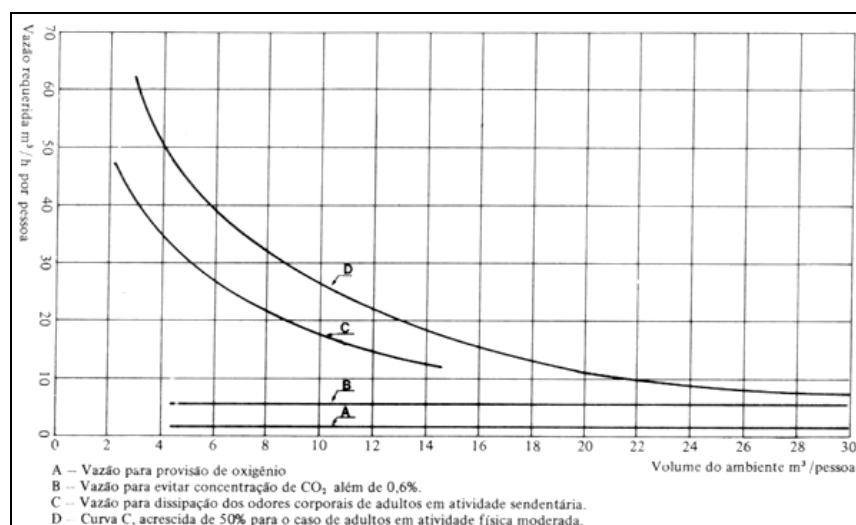


Gráfico 2. Taxas de ventilação recomendadas. Fonte: (FROTA, 1995)

Os vãos para ventilação têm por finalidade, segundo vários autores, possibilitar a renovação de ar e oferecer ao ocupante e ao ambiente a condição de perder calor e umidade por convecção. Nos climas mais quentes e úmidos, essa capacidade torna-se indispensável, para uma arquitetura passiva.

A tabela 6 e o gráfico 2 mostram a vazão mínima adotada por alguns autores como ideais. Elas apresentam a relação existente entre as variáveis de volume do ambiente, atividade e número dos ocupantes.

As recomendações para as dimensões mínimas dos vãos, apesar de muito parecidas entre as apresentadas pelo modelo e pelo Regulamento, têm particularidades que serão mostradas na tabela a seguir:

**Tabela 7. Tamanho do vão em relação à área de piso do compartimento ventilado. Fonte: (RIO DE JANEIRO, 1991) e (BAHIA, 1997)**

	Ventilação cruzada		Ventilação unilateral	
	Permanência prolongada <sup>2</sup>	Permanência transitória	Permanência prolongada	Permanência transitória
Modelo	1/6	1/8	1/3	1/4
Regul. RJ	1/12	1/8	1/12	1/8

Observa-se que o Modelo (BAHIA, 1997) preocupa-se com a possibilidade de ventilação cruzada e unilateral, enquanto que o Regulamento do RJ, não faz distinção. Consequentemente, considera-se os mesmos valores para ambas as situações. Segundo (GONZALEZ, 1986), a ventilação cruzada oferece mais que o dobro de ventilação se comparada à unilateral. É o que pode ser visto na próxima tabela:

**Tabela 8. Efeito do tamanho da janela em habitações com e sem ventilação cruzada (porcentagem da velocidade do vento exterior). Fonte: (GONZALEZ, 1986)**

Ventilação	Localização das aberturas	Direção do vento	Dimensão total das aberturas			
			2/3 da parede		3/3 da parede	
			Média	Máxima	Média	Máxima
Unilateral	Abertura simples	Perpendicular	13	18	16	20
	Na zona de pressão	Oblíqua	15	33	23	36
	Abertura simples na zona de sucção	Oblíqua	17	44	17	39
	Duas aberturas na zona de sucção	Oblíqua	22	56	23	50
Cruzada	Duas aberturas nas Paredes adjacentes	Perpendicular	45	68	51	103
		Oblíqua	37	118	40	110
	Duas aberturas nas Paredes opostas	Perpendicular	35	65	37	102
		Oblíqua	42	83	42	94

O Modelo ressalta ainda, que quando se utilizar esquadrias basculantes, esses vãos passem a respeitar as seguintes proporções para ventilação cruzada: 1/2 da área do piso para permanência prolongada e 2/5 da área do piso para permanência transitória.

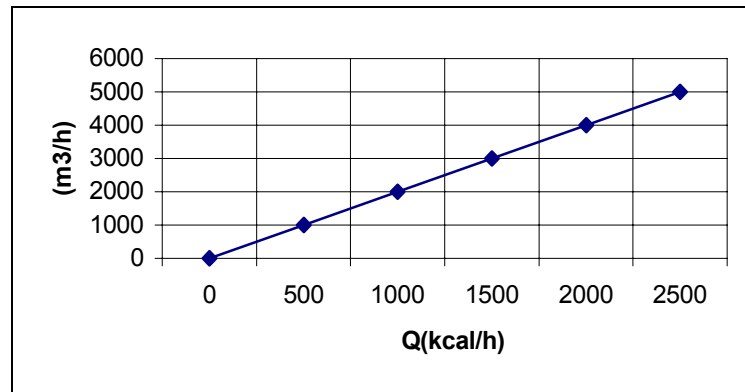
Isso porque, segundo o Modelo, as basculas funcionam como um anteparo ao vento. Ou seja, uma bascula que faz 30° com a horizontal proporciona apenas 36% de ventilação em comparação a um vão aberto. Podendo este valor variar para 26% quando a inclinação é de 45°.

Acrescenta-se ainda, que para ventilação unilateral, todas as recomendações deverão ser dobradas. Isso porque, para a ventilação cruzada em clima quente e úmido, pode-se conseguir um conforto maior quando a entrada de ar é menor que a saída, pois aumenta a velocidade interna do vento. Um dado que poderia ser regulamentado.

<sup>2</sup> No Regulamento exige-se um vão para iluminação e ventilação de 1/6 da área de piso, sendo a iluminação obrigatoriamente atendida em todo o vão e a ventilação na sua metade.

Para a ventilação estar oferecendo conforto térmico, é necessário, segundo (IPT, 1988), que esta não possibilite que a temperatura do ar interior ultrapasse à exterior em 1° C. A vazão de ar exigida em cada caso, então, será a função da carga térmica acumulada no interior da habitação. O acúmulo dessa carga térmica dependerá da intensidade de radiação solar da região, da solução dada ao projeto, dos materiais empregados nas vedações verticais e cobertura, assim como do número de pessoas e atividades desenvolvidas no interior da habitação. A vazão mínima de ar recomendada em cada caso, dependendo da carga térmica acumulada, está expressa no gráfico da figura 3.

**Gráfico 3. Correlação entre a Carga Térmica Total (Q) Acumulada no Interior da Habitação e Vazão Mínima Recomendada. Fonte: (IPT, 1988).**



Para avaliação da vazão do compartimento mínimo adotado no regulamento, por m³/s necessários a uma boa aeração, utilizou-se, a seguinte fórmula de renovação de ar provável em um ambiente por diferença de pressão (JORGENSEN, 1990):

$$R_{\text{parcial}}(\text{m}^3/\text{h}) = S_{\text{entrada/saída}}(\text{m}^2) \cdot V_{\text{ventação meteorológica}}(\text{m/s}) \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3$$

Onde:

- S - área mínima entre entrada e saída de ar do ambiente;
- V - valor da velocidade do vento em campo livre;
- C<sub>1</sub> - coef. de redução segundo a obstrução do entorno; (ver anexo)
- C<sub>2</sub> - coef. de redução segundo o ângulo entre a direção do vento e a normal à fachada considerada; (ver anexo)
- C<sub>3</sub> - coef. de redução segundo o tipo de esquadria. (ver anexo)

Desta forma, avaliando-se as recomendações mínimas do Regulamento para vãos de ventilação e aplicando as fórmulas, tem-se:

- 1 quarto mínimo (permanência prolongada) de 6,25m<sup>2</sup> = 2,50 x 2,50m;
- Vão mínimo (1/12) = 0,52m<sup>2</sup>;
- Pé-direito mínimo = 2,50m;
- Vazão de ar recomendável segundo (IPT, 1988) - 0,01 m<sup>3</sup>/s por pessoa para uma boa higienização.
- Vazão de ar mínima segundo (IPT, 1988) para a carga térmica acumulada conforme gráfico 3 - 9.320,72 m<sup>3</sup>/h = 2,5 m<sup>3</sup>/s

Obtido por:

01 Lâmpada - 100W - 85,98 Kcal/h

02 pessoas - 320 W - 275,15 Kcal/h (FROTA, 1995)

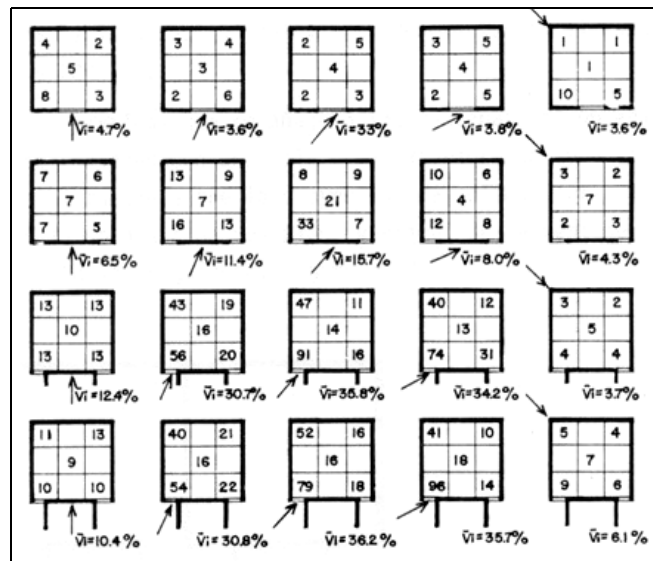
Ganho térmico solar - 21.228,75 Wh (BARROSO-KRAUSE, 1999)

Adotando-se a fórmula tem-se o valor de 0,23 m<sup>3</sup>/h (ver anexo). Uma vazão não satisfatória se comparada ao recomendado na tabela 6 e gráfico 2 já apresentados.

Com esses cálculos, percebe-se a insuficiência, e até mesmo a inexistência de ventilação, se adotados os vãos mínimos permitidos pelo Regulamento.

## 2.2. Ventilação Unilateral

No caso específico de ventilação unilateral, é necessário ter-se aberturas em diferentes zonas de pressão, caso contrário, a troca de ar não acontece ou torna-se desprezível por um volume tão pequeno. É o que pode ser visto nos estudos realizados por Givoni in (GONZALEZ, 1986), possibilitando desta forma a ventilação interna.



**Figura 7. Velocidades do ar no interior de vários modelos, com elementos verticais do lado das janelas, comparados com modelos sem esses elementos. Fonte: (GONZALEZ, 1986)**

Ao não se exigir a adoção de ventilação cruzada para os compartimentos, contribui-se para a criação de ambientes desconfortáveis, onde não se favorece as trocas térmicas por convecção (principalmente no Rio de Janeiro), criando a necessidade de maior uso de equipamentos de refrigeração.

## 2.3. Ventilação por Duto e Ventilação Mecânica

O Regulamento do Rio considera como ventilação natural por dutos, toda aquela decorrente da ligação através de dutos, sem auxílio mecânico de vãos de ventilação à prisma ou áreas de afastamento e terraços. A ventilação por duto é permitida no Rio de Janeiro para ambientes que não conseguem provê-la naturalmente.

Pelo Modelo, este tipo de ventilação não deve ser adotado para ambientes internos às unidades, no máximo nas garagens com o reforço de exaustão mecânica.

A adoção de ventilação por duto para áreas de permanência transitória, permitida pelo Regulamento do Rio, cria uma situação que funciona de duas maneiras: uma por ação do diferencial de pressões dos ventos, e outra por diferencial de densidades (efeito chaminé). No entanto, o regulamento não coloca maiores detalhes a respeito, o que provoca e autoriza a execução de dutos com apenas uma entrada ou saída, não facilitando nenhum tipo de diferencial.

O modelo sugere que o uso de ventilação mecânica disponha de mecanismo que desligue e ligue somente quando de sua utilização. Desta forma, tenta pelo menos minimizar o seu consumo de energia. Entretanto, o Regulamento do Rio não faz referência alguma a isso.

## 3. CONCLUSÃO

O interesse pela economia de energia se mostra não anterior ao projeto, muito pelo contrário, tem se mostrado posterior a execução e venda do imóvel. E quando surge, parte do proprietário ou morador todos os investimentos necessários para que se tenha uma moradia de menor consumo, acarretando num saldo deficitário final, ao adaptar-se novos elementos arquitetônicos que minimizem o tempo de

uso dos eletrodomésticos, a introdução no cotidiano de tecnologias e equipamentos mais eficientes no ponto de vista energético e até mesmo a mudança de comportamentos como, acender menos lâmpadas e abrir menos portas de geladeiras, atitudes reforçadas por campanhas.

Desta forma, seria interessante uma atuação dos programas de conscientização, também nos órgãos regulamentadores, para que da conscientização partisse para a obrigação, fazendo com que as edificações, desde a sua fase projetual, estivessem adequadas ao clima da região e com características que minimizariam o consumo de energia.

No caso do Rio de Janeiro, que possui um clima quente-úmido, onde, segundo (Frota, 1995), por sua temperatura externa média já ser maior que o limite de conforto humano - ou seja, 28° C - não se consegue garantir internamente às edificações temperaturas dentro da faixa de conforto utilizando-se apenas de recursos naturais. No entanto, os recursos de uma arquitetura passiva contribuiriam para uma menor demanda de carga elétrica instalada dos equipamentos de refrigeração e iluminação, contribuindo assim para a eficiência energética.

Estudos mostraram que se uma arquitetura fosse pensada desde o projeto nas questões de eficiência energética e que adotassem medidas de conservação de energia, poderiam economizar em até 50% o seu consumo (PROCEL, 2000).

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BAHIA, Sérgio Rodrigues. Modelo para Elaboração de Código de Obras e Edificações. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1997, 151 p.

BARROSO-KRAUSE, Claudia. Bioclimatismo no Projeto de Construções não Climatizadas. Rio de Janeiro: Light, 1999. Apostila de Curso.

FROTA, Anésia Barros. Manual de Conforto Térmico. 2 ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

GONZALES, Eduardo. Proyecto Clima y Arquitectura. Universidad del Zulia: México, 1986. 3 v. V. 2

JORGENSEN, R. Fan Engineering, in Macintyre. 1990.

PROCEL - <http://www.eletrobras.gov.br/procel>

RIO DE JANEIRO. Decreto No. 10.426, de 6 de setembro de 1991. Simplifica formalidades no processo de licenciamento de edificações e dá outras providências. Regulamento de Construção de Edificações Residenciais Multifamiliares e Uso Comercial e Uso Comercial Misto.

TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES / PROJETO DE DIVULGAÇÃO TECNOLÓGICA LIX DA CUNHA. São Paulo: Pini. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

VAN STRATEN, Thermal Performance of Buildings. Ed. Elsevier, London, 1964.

## ANEXO

### CÁLCULO DA RENOVAÇÃO DE AR PROVÁVEL EM UM AMBIENTE, POR DIFERENÇA DE PRESSÃO

$$R_{\text{parcial}}(\text{m}^3/\text{h}) = S_{\text{entrada/saída}}(\text{m}^2) \cdot V_{\text{estação meteorológica}}(\text{m/s}) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

Tem-se:

$$S_{\text{entrada/saída}} = 0,52/1,47 = 0,35 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{estação meteorológica}} = 2,0 \text{ m/s}$$

$$C_1 - \text{conforme tabela abaixo} = 66\%$$

$$C_2 - \text{conforme tabela abaixo} = 100\%$$

$$C_3 - \text{conforme tabela abaixo} = 50\%$$

Entorno - coeficiente  $c_1$ :

Tipo de entorno	% de aproveitamento
Planície, zona rural de plantio, lagos, etc.	100
Subúrbio de casas, urbanismo de pouco porte	66
Centro de cidade, áreas densamente construídas	33

Fonte: Van Straten, 1964.

Ângulo (planta) do eixo das aberturas com a direção dos ventos incidentes - coeficiente  $c_2$ :

Situação	Ângulo com eixo da abertura	%
Vento normal à fachada	0	100
	45	97
	60	87
Vento paralelo à fachada	90	0

Fonte: Van Straten, 1964.

Tipo de esquadria (descrito via ângulo dos elementos móveis horizontais da janela) - coeficiente  $c_3$ :

Situação	Ângulo	%	Se d=1,8m	Se d=5,4m
Horizontal	0	50	55	46
	10	47	49	45
	20	42		
	30	36		
	45	26		
	60	46		
	80	3		
Vertical	90	0		

Fonte: Fonte: Van Straten, 1964.

$$R_{\text{parcial}} = 0,35 \times 2 \times 0,66 \times 1 \times 0,5 = 0,231 \text{ m}^3/\text{h}$$