

ESTRATÉGIAS DA VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL E A NORMA ABNT 15220-3 : ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO X POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

Leopoldo E.G. Bastos; Claudia Barroso-Krause; Luciana Beck

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura- PROARQ-FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CEP 21941-590, Rio de Janeiro-RJ, tel/FAX (21)2598-1661/2
e-mail:leopoldobastos@gmail.com

RESUMO

O projeto de arquitetura, para se adequar aos propósitos da sustentabilidade, que é um enfoque holístico, constitui-se para os profissionais da construção civil, um grande desafio. Aspectos energético-ambientais, sócio-culturais e econômicos passam a ser pontos de cuidadosa análise. No contexto das edificações brasileiras de interesse social torna-se ainda mais importante analisar a qualidade ambiental no interior destes espaços construídos. Num clima tropical, a ventilação natural, um recurso energético gratuito, pode promover o conforto higrotérmico e a qualidade do ar interior, que são essenciais para uma ocupação digna destes ambientes. O presente trabalho analisa a Norma ABNT 155220-3 de zoneamento bioclimático para habitações de interesse social, com relação à divisão de zonas estabelecida, onde não foi considerado o potencial regional dos ventos. Isto pode concorrer para que estratégias arquitetônicas bioclimáticas sejam estabelecidas para estas edificações sem que haja relacionamento com a disponibilidade local de ventos. Neste contexto, o artigo discute e propõe um mapa de distribuição regional de ventos e são apresentadas superposições deste mapa com o zoneamento normalizado. Este trabalho conclui que a Norma não considera as diferenças regionais em termos da ventilação sobre as edificações e que o zoneamento bioclimático proposto, embora seja uma iniciativa interessante, em algumas regiões não irá atender a seu propósito.

ABSTRACT

Nowadays, sustainable architecture design is a challenge for engineers and architects. It is required to be considered several topics as energy-environment, socio-cultural and economics, being large the spectrum to be analyzed. For low-income houses the Brazilian standard ABNT 155220-3 (ABNT 2005) has established a bioclimatic zoning and some guide-lines for this building segment, but it was not taken in account the wind regional characteristics. Thus, certain zones can have distinct winds and the proposed strategies for architecture design can fail. To overcome this problem, is proposed a Brazilian regional wind map, overlapping of this map with the 8 bioclimatic zones, and a table showing the yearly average wind velocities for seven regions and its sub-regions. This work concludes that the standard does not consider the regional differences in terms of buildings ventilation and that the considered bioclimatic zoning, in spite of being an interesting initiative, in some regions will not reach the goals.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as questões energético-ambientais, sócio-culturais, e econômicas, que indicam o caminho para a sustentabilidade, passam a ser uma preocupação constante e se constituem num grande desafio para os profissionais de engenharia e arquitetura. O uso de recursos naturais deve ser enfatizado nas edificações, como as energias eólica e solar (aquecimento, geração elétrica, iluminação natural, etc).

Assim, os materiais, a arquitetura, dispositivos arquitetônicos e processos construtivos, devem estar em consonância com as premissas de uma qualidade ambiental — conforto e salubridade — e com uma menor demanda de eletricidade. Notadamente para edificações de interesse social, o uso destas fontes energéticas, dado a seu caráter gratuito de uso, virá contribuir para uma qualidade ambiental e conservação da energia, (BARROSO-KRAUSE, 2005).

O recurso da ventilação natural na edificação vem proporcionar conforto higrotérmico e contribuir para a salubridade dos ambientes. Na maioria dos casos, a ventilação mínima necessária para uma qualidade do ar interior (ventilação higiênica) é facilmente conseguida, através de infiltrações pelas frestas de portas e janelas. Porém, o mesmo não ocorre quando se deseja um bom controle térmico numa situação de verão. Neste caso, maiores índices de renovação de ar serão necessários, ou seja, é essencial uma maior velocidade do ar no interior da edificação. Em termos da arquitetura, faz-se necessário conhecer as características locais dos ventos, para o bom dimensionamento e localização das aberturas nas fachadas, (ALLARD, 1998).

A Norma brasileira NBR 15220-3 (ABNT, 2005) estabelece oito zonas bioclimáticas para as habitações de interesse social com base em dados regionais de temperatura e umidade, não tendo sido consideradas as condições de vento existentes. Em consequência, em algumas destas zonas, há regiões dotadas de regimes de vento inteiramente distintos, o que pode acarretar proposições errôneas de diretrizes arquitetônicas bioclimáticas para este segmento de edificações.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um mapa de distribuição regional de ventos com o intuito de contribuir para estudos de arquitetura bioclimática e um possível aperfeiçoamento da Norma brasileira. É apresentada uma descrição e um mapa de distribuição regional dos ventos baseado nas cartas eólicas desenvolvidas pela ELETROBRAS (ELETROBRAS, 2001) e pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro (AMARANTE et al., 2005). Estas estão disponíveis para uso da seleção de sítios de interesse para geração de eletricidade por turbinas eólicas. A partir deste mapa são apresentadas superposições do mesmo com as 8 zonas definidas pela ABNT, o que acrescenta às 8 regiões previamente determinadas pela Norma, a influência regional do regime de vento.

Como complemento, são extrapolados dados de velocidade de vento para as alturas de 1,50m e 6 m do solo, necessários para a ventilação natural em habitações de interesse social. Apresenta-se um exemplo de estimativa de tamanho de aberturas para ventilação, visando propiciar condições de conforto higrotérmico.

2. DADOS DE VENTO UTILIZADOS

A distribuição geral dos ventos sobre o Brasil é controlada pelas grandes escalas atmosféricas (sinóptica e geral planetária). Este perfil geral apresenta variações significativas na mesoescala (nível regional) e na microescala (nível local) devido à diversidade das características do terreno, tais como a geometria e altitude, presença de obstáculos, cobertura vegetal e existência de grandes extensões de massas de água. Estes fatores atuantes nas escalas menores podem resultar em regimes locais de vento bastante diferenciados. No intervalo de horas ou dias, os ventos podem apresentar muita variabilidade, porém mantendo um regime diurno predominante que é regido pelas influências locais e regionais. Os regimes anual e sazonal são controlados de forma predominante pelas grandes escalas atmosféricas. O aproveitamento da energia dos ventos para a geração de eletricidade se dá numa faixa de velocidades de 2,5 a 15 m/s e os rotores eólicos são dispostos em alturas acima de 50m do solo.

No presente trabalho foram utilizados dados e informações básicas, constantes dos Atlas Eólicos, recentemente publicados em 2001 e 2005 no Brasil, e especialmente aqueles referentes à distribuição

geográfica dos regimes de vento, as velocidades médias anuais e direções preferenciais, assim como as características de rugosidade dos terrenos.

3. MESO-ESCALAS REGIONAIS DE VENTO

A distribuição dos regimes de vento brasileiro é apresentada através das seguintes sete mesoescalas regionais:

3.1 Bacia Amazônica Ocidental e Central

É denominada depressão equatorial e está compreendida entre as latitudes 10° S e 5° N e longitudes 55° W e 77° W. O clima da região é do tipo equatorial úmido, com temperaturas médias em torno dos 25 °C e um índice pluviométrico de 2000mm/ano. Os gradientes de pressão atmosférica são pequenos e os ventos alíseos de leste têm fraca intensidade. A velocidade média anual dos ventos a uma altura de 50m não chega a alcançar 3,5 m/s. A rugosidade média do terreno, $Z_o = 0,8m$. As noites são caracterizadas por calmarias e ventos descendentes das montanhas, que são fracos e ocasionais, nas áreas a leste e sul desta grande região. Durante o dia, há a ocorrência de ventos localizados devido ao aquecimento desigual das superfícies, induzindo pequenos diferenciais devido à vegetação, disponibilidade hídricas do solo e cobertura vegetal.

Na porção norte desta Bacia, na Serra da Pacaraima (RO), há a ocorrência de ventos persistentes de leste a nordeste que podem atingir velocidades médias anuais de 6 a 9 m/s a uma altura de 50m do solo, sendo a rugosidade $Z_o = 0,2 m$.

3.2 Bacia Amazônica Oriental

Está situada numa faixa de 100km de largura, indo da longitude 55° W, cidade de Santarém(PA), até à região costeira do Amapá e Maranhão. Na sua porção norte, há a ocorrência dos ventos alíseos de leste a nordeste, e na porção sul os ventos são de leste à sudeste. A média anual de intensidade dos ventos a uma altura de 50m, não atingem 3,5 m/s. A rugosidade do terreno é $Z_o = 0,5m$. Em algumas elevações próximas à costa, as velocidades médias alcançam de 7,5 a 9 m/s para uma altura de 50m.

3.3 Zona Litorânea Norte – Nordeste

Faixa costeira com largura de 100 km que se estende do norte do Amapá ao Cabo de São Roque, no Rio Grande do Norte. Os ventos dominantes são os alíseos de leste e brisas terrestres-marinhas. Na porção norte (Amapá e Pará) a intensidade média anual dos ventos numa altura de 50m vai de 5 m/s a 7,5 m/s, para uma rugosidade do terreno $Z_o = 0,4m$. Na porção ao sul, compreendendo Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, devido ao menor albedo do solo, as superfícies se aquecem mais durante o dia, favorecendo ao mecanismo terral-brisas, gerando os ventos com médias anuais maiores, de 6 m/s a 9 m/s à uma altura de 50m. O que vai corresponder nas alturas de 1,5m e 6m do solo e uma rugosidade $Z_o = 0,2m$.

3.4 Litoral Nordeste- Sudeste

Compreende a faixa com largura de 100 km indo do Cabo de São Roque(RN) até ao Estado do Rio de Janeiro. Na região do Rio Grande do Norte a velocidade média anual dos ventos varia de 8 a 9 m/s e direção sudeste, para uma altura de 50m e rugosidade $Z_o = 0,3m$. Mais para Sudeste esta faixa de velocidades é reduzida para 3,5 a 6 m/s. Na região compreendida entre as latitudes 21° S e 23° S a 50m de altura, a velocidade média varia de 3,5 m/s a 4 m/s leste-sudeste, para uma rugosidade $Z_o = 3m$. Na Serra do Mar a velocidade média anual é de 6,5 m/s, para uma rugosidade $Z_o=1m$. Na Região dos Lagos a faixa de velocidades médias anuais a 50m de altura é de 6 a 7 m/s, para uma rugosidade $Z_o = 0,005m$. Na cidade do Rio de Janeiro a velocidade média anual está na faixa de 3,5 a 4 m/s, para uma altura de 50m, direção quadrante Sul, sendo $Z_o = 3m$.

3.5 Elevações Nordeste-Sudeste

São áreas de serras e chapadas que se estendem para o interior numa faixa até 1000 km distantes da costa, indo do RN ao RJ (Diamantina, Espinhaço, etc). As velocidades médias anuais dos ventos nas porções central e sul são de 6,5 m/s a 8 m/s; enquanto nas demais são de 5,5 a 7,7 m/s para uma altura de 50m, direção leste e sudeste, e uma rugosidade do sítio $Z_o = 0,4m$.

3.6 Planalto Central

Situa-se da Bacia Amazônica e da margem esquerda do rio São Francisco até às fronteiras com a Bolívia e Paraguai. Os ventos se deslocam de leste-sudeste. Na porção norte, limite da Bacia Amazônica, atingem velocidades médias anuais a uma altura de 50m na faixa de 3 m/s a 4 m/s, enquanto que mais ao sul (Mato Grosso do Sul) as velocidades vão de 5 a 6 m/s, rugosidade $Z_o = 0,2m$.

3.7 Planaltos do Sul

Região compreendida ente a latitude de $24^\circ S$ (São Paulo), até ao sul do Rio Grande do Sul. Os ventos têm a direção nordeste e na faixa de 5,5 m/s a 6,5 m/s e em localidades de maior altitude alcançam de 7m/s a 8 m/s, para o nível de 50m do solo, sendo a rugosidade , $Z_o = 0,45m$. No litoral Sul há a ocorrência do mecanismo terral - brisas marinhas e a direção dos ventos de leste-nordeste. As velocidades médias anuais alcançam valores acima de 7 m/s a uma altura de 50m, para uma rugosidade $Z_o = 0,1m$.

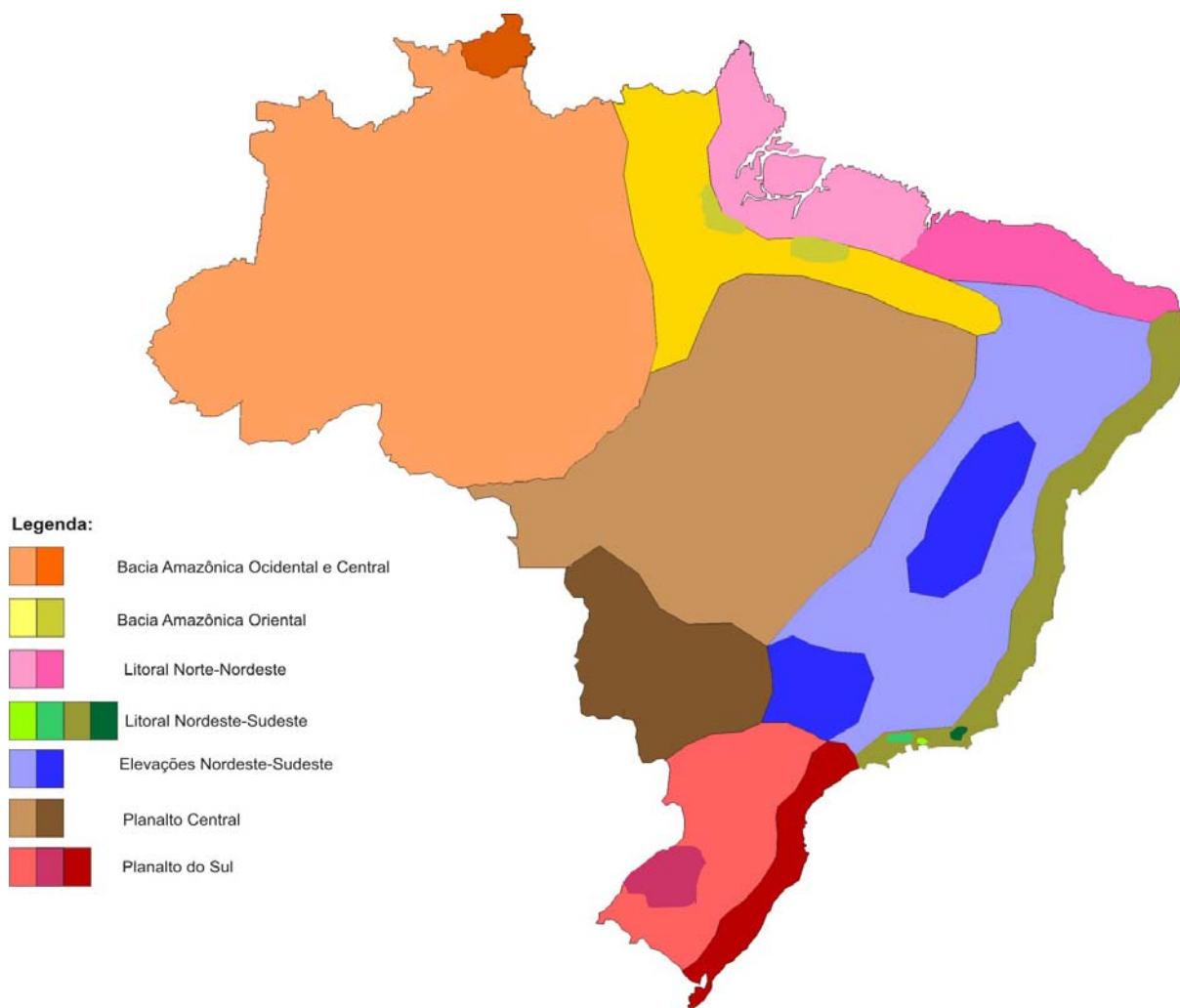


Figura 1: Mapa do Brasil com a distribuição regional de ventos em meso-escala.

3. MAPA DE DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS VENTOS E DAS SUAS SUPERPOSIÇÕES COM AS ZONAS BIOCLIMÁTICAS DA NORMA

Com base na descrição apresentada, projetou-se sobre o mapa do Brasil a distribuição característica das diversas regiões eólicas de meso-escala que serão de interesse para uma análise sobre o potencial de ventilação para edificações, este mapa resultante é apresentado na Figura 1. Estas regiões identificadas são em número de sete, e observa-se que há características de vento em termos sub-regionais que devem ser consideradas. A superposição das zonas definidas pela Norma NBR 15220-3 com este mapa eólico são apresentados da Figura 2 à Figura 9.



Figura 2: Zona Bioclimática 1 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS

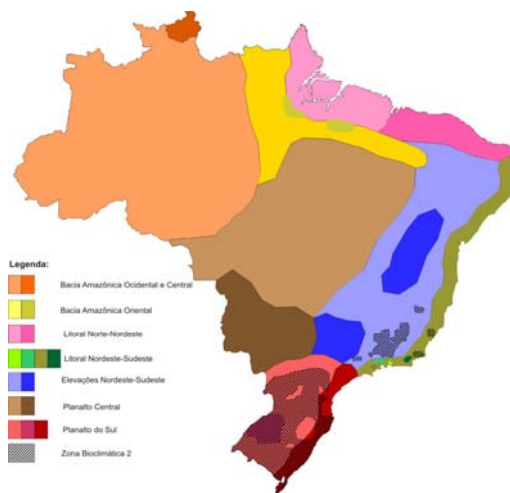


Figura 3: Zona Bioclimática 2 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS

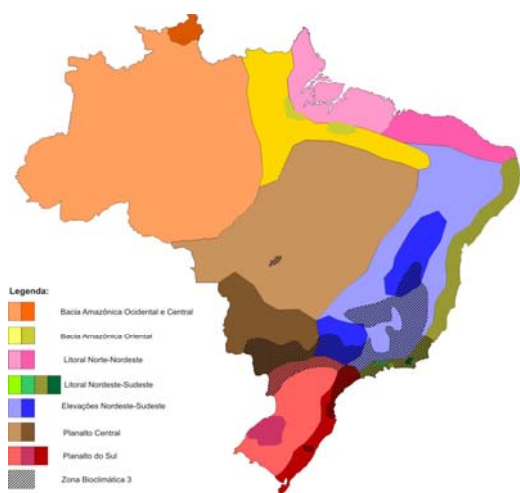


Figura 4: Zona Bioclimática 3 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS



Figura 5: Zona Bioclimática 4 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS



Figura 6: Zona Bioclimática 5 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS



Figura 7: Zona Bioclimática 6 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS



Figura 8: Zona Bioclimática 7 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS

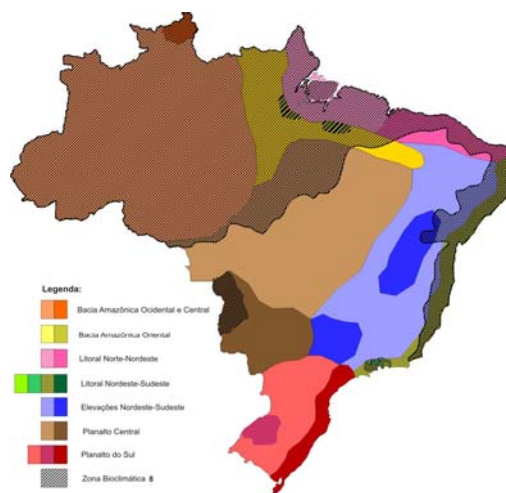


Figura 9: Zona Bioclimática 8 (ABNT) + Potencial Eólico para HIS

Observam-se variações significativas entre o zoneamento proposto pela Norma e a distribuição regional de ventos observada, notadamente na Figura 9, Zona bioclimática 8, que compreende as regiões da Amazônia e a costa atlântica do Nordeste e parte do Leste do país.

5. EXTRAPOLAÇÃO DOS DADOS EÓLICOS PARA O NÍVEL DAS EDIFICAÇÕES

5.1 Potencial de ventilação para edificações de interesse social

A reunião destas informações sobre o território brasileiro, a partir das informações - mencionadas na bibliografia anexa – permitiu a elaboração de uma proposta de zoneamento preliminar do potencial eólico disponível nas morfologias das habitações de interesse social.

Evidentemente que as questões ligadas ao entorno ambiental (obstruções, implantação) a nível local podem alterar estes valores – normalmente reduzindo-os, mas esta análise, no entanto, é um passo a mais na busca de subsídios para elaboração de projetos de cunho bioclimático. Esta metodologia pode ser aplicada a qualquer escala, desde que seus elementos topográficos (ambiente natural e construído) e de intensidade e direção do vento estejam disponibilizados.

As edificações destinadas à habitação de interesse social usualmente são concebidas com 1 ou 2 pisos. Para uma estimativa da velocidade dos ventos disponíveis para uma boa renovação de ar, foram assumidas aberturas que permitissem a ventilação nas alturas de 1,5 e 6,0m.

Em consequência, há a necessidade da extrapolação dos dados eólicos brasileiros disponíveis visando a seleção de sítios para turbinas eólicas, em geral de 25 a 50m. Estes dados (ELETROBRAS, 2001), (AMARANTE et al., 2005), estão apresentados em mapas de distribuição regional que contêm velocidades de vento, direções etc, além das rugosidades características.

5.2 Determinação da velocidade dos ventos ao nível da edificação

O perfil vertical de velocidade média anual dos ventos pode ser aproximado pela seguinte Lei Logarítmica :

$$U(Z) = (U_0/k) \ln(Z/Z_0) \quad [\text{Eq. 01}]$$








onde $U(Z)$ é a velocidade do vento na altura Z , Z_0 é a rugosidade do terreno, k é a constante de Von Kármán e U_0 é a velocidade de atrito (raiz quadrada do quociente da tensão cisalhante pela massa específica do ar).

Escrevendo esta equação para duas alturas distintas $Z1$ e $Z2$ num mesmo sítio, pode-se obter a seguinte relação:

$$U(Z2) / U(Z1) = \ln(Z2 / Z_0) / \ln(Z1/Z_0) \quad [\text{Eq. 02}]$$

Desta forma, para cada uma das sete regiões brasileiras definidas em termos eólicos, podem ser estimadas intensidades médias anuais de velocidade de vento para alturas próximas ao solo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Intensidades, média anual regional, das velocidades de vento, para edificações.

Região	Porção da Região	V vento(m/s) à 1,5m	V vento(m/s) à 6m
 Bacia Amazônica Ocidental e Central	Geral	< 0,53	< 1,7
	Norte	2,2 - 3,3	3,7 - 5,5
 Bacia Amazônica Oriental	Geral	< 0,8	< 1,9
	Elevações	1,8 - 2,0	4,0 - 5,0
 Zona Litorânea Norte - Nordeste	Norte	1,4 - 2,0	4,2 - 6,3
	Sul	2,6 - 3,9	4,4 - 6,6
 Zona Litorânea Nordeste - Sudeste	Norte	2,5 - 2,9	4,7 - 5,3
	NE(RJ),S(ES)	3,1 - 4,7	4,2 - 6,0
	Rio (RJ)	-	1,4
	Serra do Mar	0,67	3
 Elevações Nordeste-Sudeste	Centro e Sul	1,6 - 2,0	3,6 - 4,5
	Geral	1,5 - 2,0	3,1 - 4,2
 Planalto Central	Norte	1,1 - 1,5	1,8 - 2,5
	Sul	1,8 - 2,2	3,1 - 3,7
 Planaltos do Sul	Geral	1,4 - 1,7	3,0 - 3,6
	Elevações	1,8 - 2,0	3,8 - 4,4
	Litoral Sul	> 3,0	> 4,6

Estes valores se referem às estimativas realizadas para o potencial de ventilação disponível numa região determinada. Não são consideradas as condições do sítio, face à topografia local, influências da aerodinâmica interna e externa da edificação, sua orientação e forma de implantação, além de interferências do entorno próximo.

5.3 Estimativa da velocidade média do ar no interior da edificação

É possível, a partir deste potencial de velocidades externas à edificação e da permeabilidade ao vento das fachadas se estimar um valor para a velocidade média no interior de uma edificação de 1 andar, com janelas abertas em paredes opostas e direcionadas frontalmente ao vento, (GIVONI, 1978), através da relação:

$$V_i = 0,45 [1 - \exp(- 3,48x)] U \quad [\text{Eq.03}]$$

Sendo U a velocidade do vento no exterior da edificação (m/s); V_i a velocidade média do vento no interior da edificação (m/s); $x = \text{Área da janela} / \text{Área da parede}$.

Exemplificando, seja uma casa na região da Bacia Amazônica Oriental para a qual se deseja ventilar, estabelecendo duas janelas em paredes frontais ao vento (no caso, direção Leste-Nordeste) ocupando 60% da fachada. Neste caso, usando a Tabela 1 retira-se que a média anual da intensidade do vento a uma altura de 1,5m é inferior a 0,8 m/s. Assumindo um valor como 0,5 m/s, e aplicando a equação [Eq.03] resulta em um a velocidade média no interior do aposento inferior a 0,2m/s [Eq04]:

$$V_i = 0,45 \{ 1 - \exp[(-3,48) (0,6)] \} (0,5) = 0,197 \text{ m/s} \quad [\text{Eq.04}]$$

Observa-se que, mesmo aumentada para 100% a permeabilidade das paredes, a velocidade do ar interior irá passar para 0,218 m/s, mas este valor pode ser ainda insuficiente considerando que nesta região a umidade é alta. A condição de conforto higrotérmico somente será alcançada através da combinação de outras estratégias bioclimáticas para o projeto desta edificação.

O modelo de Givoni para a ventilação cruzada apresenta as seguintes limitações: considera uma mesma permeabilidade ao vento nas fachadas a barlavento e a sotavento; admite qualquer posição para as aberturas nas fachadas; não descreve a circulação do ar no ambiente interior; e se refere a apenas uma edificação dotada com um só pavimento.

6. CONCLUSÕES

Pode-se inferir do trabalho realizado que o zoneamento bioclimático brasileiro voltado para as edificações de interesse social, embora seja uma iniciativa interessante, não irá atender a seu propósito. Arquitetos ou auto-construtores poderão incorrer em erros substanciais, já que não foram consideradas as diferenças regionais em termos da ventilação sobre as edificações. Isto fica particularmente corroborado quando são examinadas as Figuras 2 a 9, onde são apresentadas as superposições das zonas, com o mapa das regiões eólicas apresentado na Figura 1, o que revela a necessidade de uma revisão da Norma NBR 15220-3.

A metodologia apresentada de cálculo estimativo para as velocidades médias anuais de vento, considerando as distintas regiões do País, é uma forma de se tratar o problema, se dados eólicos ao nível do solo não são localmente disponíveis. Poderá ser feito ainda um refinamento do mapa apresentado, se forem consideradas as variações sazonais dos regimes regionais dos ventos.

Observa-se também, que a temática da ventilação natural nas edificações em clima tropical - muitas vezes negligenciada quando do processo de concepção do projeto - ainda carece de estudos mais aprofundados, pois as características climáticas regionais/ locais, associadas aos materiais e características arquitetônicas revelam-se determinantes para a salubridade, o conforto higrotérmico dos usuários e a eficiência energética de suas edificações.

Como trabalho futuro sugere-se a discussão dos resultados obtidos frente às principais estratégias bioclimáticas recomendadas pela Norma para cada zona e novas proposições.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD,F. (1998). “Natural Ventilation in Buildings”. James & James London, UK.

AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; RIOS FILHO, L. G. (2005) “Atlas eólico do Estado do Rio de Janeiro”. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro Eletrobolt-Camargo-Schubert

ABNT, NBR 15220-3 (2005) “Zoneamento Bioclimático Brasileiro”, Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, Rio de Janeiro, Brasil.

BARROSO-KRAUSE,C.et al. (2005) “Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social”; Caderno Mcidades 9; Ministério das Cidades/Ministério de Minas e Energia, Brasil.

ELETROBRÁS (2001). “Atlas do Potencial Eólico Brasileiro”, Ministério de Minas e Energia, Brasília, Brazil.

GIVONI, B.(1978). “L`Homme, l`Architecture et le Climat”. Eyrolles, Paris, France.