



## III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

### ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO PARA FINS DE EDIFICAÇÃO

**Silva, A.C.S.B. (1); Sattler, M.A. (2); Lamberts, R. (3)**

- (1) Arquiteto, Msc. em Engenharia Civil da UFRGS; FAX (051) 2271807. E-mail: acsbs@vortex.ufrgs.br  
Residência: Rua Paulo Marcant, 462 - Pelotas - RS - CEP 96055-790; Fone (0532) 232662
- (2) Eng° Civil, PhD. University of Sheffield U.K., pesquisador da CIENTEC - RS; Rua Washington Luiz, 675  
- Porto Alegre - RS - FAX (051) 2260207
- (3) Eng° Civil, PhD. University of Leeds U.K., professor da UFSC; C.Postal 8476 CEP 88040-900  
Florianópolis - SC - FAX (0482) 319770 Email ECV1RLR@BRUFSC.BITNET

#### RESUMO

A exemplo de outros países, o Brasil atualmente demonstra preocupações com o consumo energético nos edifícios, assim, como a falta das condições de habitabilidade das "habitações populares". Desta forma, necessita de estudos na área da bioclimatologia aplicada a construção.

Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa desenvolvida para estabelecer um zoneamento bioclimático brasileiro [SILVA, 1994], a fim de adequar as edificações ao clima e às exigências humanas de conforto higrotérmico.

Foram utilizadas no trabalho normais climatológicas de 204 cidades, referentes a um período de 30 anos (1961 a 1990), publicadas pelo Departamento Nacional de Meteorologia. Foram utilizadas as estratégias bioclimáticas e a zona de conforto estabelecida por GIVONI (1992).

Os mapeamentos foram obtidos em Sistemas Geográficos de Informações (SGI) e programas de interpolação e geração de superfícies.

#### ABSTRACT

Concern is growing in Brazil regarding the amount of energy used in buildings and the poor thermal conditions offered by low cost houses. Therefore, research is needed in building bioclimatology.

This paper presents the result of a research work developed to establish the division of Brazil into building bioclimatic zones [SILVA, 1994]. This work will allow a better understanding of the building characteristics necessary to use less energy and provide better thermal comfort.

The climatological data used were monthly averages published by the Departamento Nacional de Meteorologia (National Department of Meteorology) for 204 cities for a period of 30 years (1961 to 1990). The bioclimatic strategies and comfort zone used were those presented by GIVONI (1992). The data was analyzed in a geographic information system in order to have outputs in maps.

#### PALAVRAS-CHAVE

Conforto; zoneamento bioclimático, brasileiro; ambiente construído; habitação popular.

## INTRODUÇÃO

O Brasil está situado no setor nordeste-leste da América do Sul, sendo costeado pelo oceano Atlântico num percurso de 7.408 Km e ocupando uma área de 8.511.965 Km<sup>2</sup> entre as latitudes 5°16'N e 33°45'S. Desta forma, uma pequena parcela de seu território, cerca de 8%, pertence ao hemisfério Norte. O Brasil apresenta 90% de sua superfície na faixa tropical e apenas 10% na zona temperada (abaixo do Trópico de Capricórnio). O relevo do Brasil é variado, no entanto modesto. Cerca de 40% do seu território encontram-se abaixo dos 200 m de altitude, 45% entre 200 e 600 m, 12% entre 600 e 900 m e apenas 3% acima dos 900 m de altitude. Os planaltos ocupam cerca de cinco milhões de quilômetros quadrados e distribuem-se basicamente em duas grandes áreas, separadas entre si por planícies e platôs.

O Brasil é também bastante variado quanto ao revestimento vegetal de sua superfície. No norte encontra-se a floresta amazônica, no sul a campanha gaúcha, no oeste o pantanal mato-grossense e no nordeste a caatinga. Entretanto, de um modo geral, a cobertura de maior área é representada pela Floresta Equatorial (*HYLEA*) que ocupa cerca de 40% do país, dominando o norte do país e se constituindo na maior floresta de clima quente-úmido do mundo. Além da floresta Equatorial aparecem a floresta Tropical e a Subtropical.

Segundo NIMER (1989), que combina os critérios de Köppen e de Gaussen e Bagnouls com a climatologia dinâmica, o Brasil apresenta, conforme Figura 1, a seguinte classificação climática.

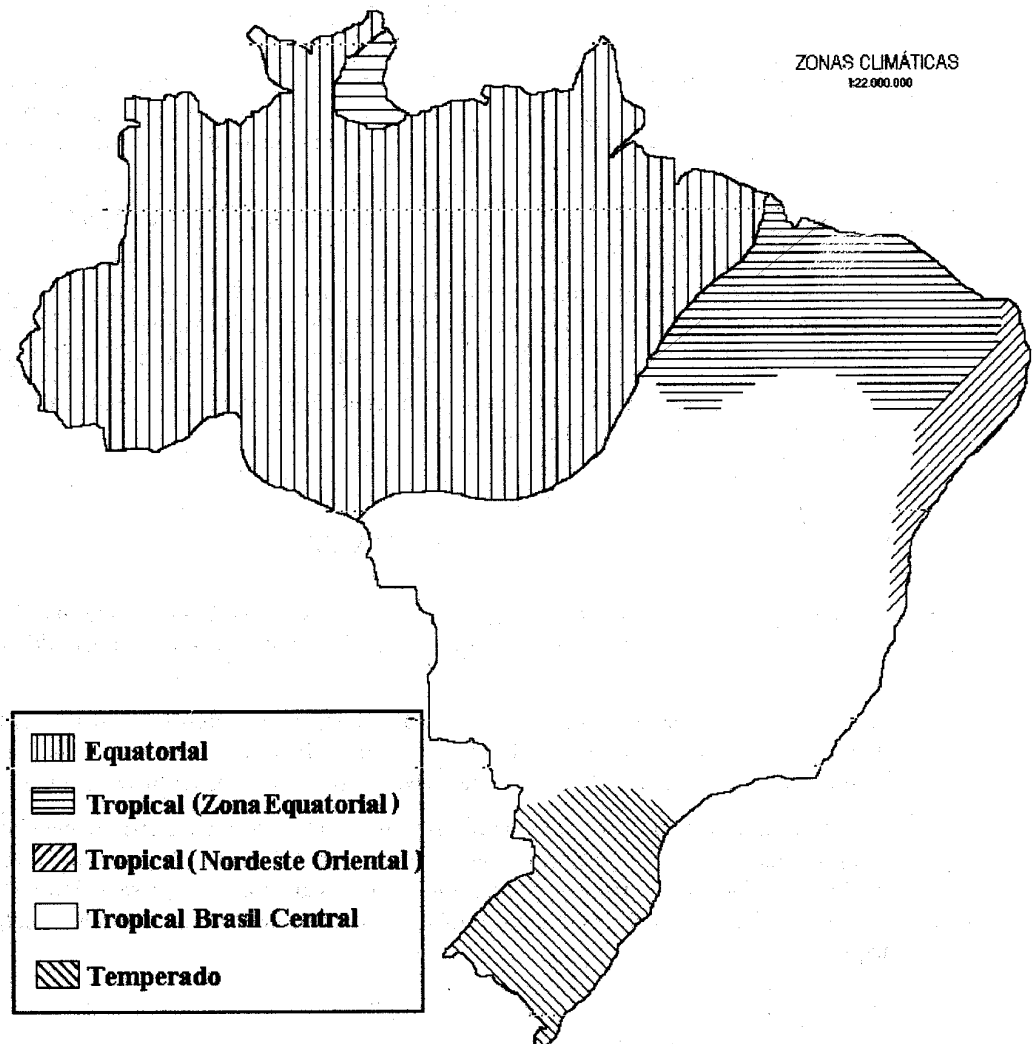


Figura 1. Classificação climática de Nimer  
Fonte: Anuário Estatístico Brasileiro 1991 (IBGE)

## BIOCLIMATOLOGIA PARA FINS DE EDIFICAÇÕES

Com a finalidade de direcionar seus estudos aos habitantes de países quentes em desenvolvimento, GIVONI (1992) propõe, em estudo recente, uma nova versão da *Building Bioclimatic Chart (BBCC)*, promovendo a extensão dos limites de conforto para aplicação nestes locais, tomando em conta a aclimatização resultante da convivência com edifícios não condicionados em clima quente obtida em estudos conduzidos em países quentes.

A nova carta de GIVONI sugere limites de condições climáticas sob as quais várias estratégias de projeto e sistemas naturais de resfriamento podem melhorar o conforto interno. As estratégias de resfriamento passivo propostas por GIVONI incluem a *ventilação diurna, resfriamento convectivo noturno e resfriamento evaporativo direto e indireto*.

Esta nova versão da BBCC, não inclui estratégias de aquecimento. Considerando-se a baixa hermeticidade de nossas aberturas e baseando-se nos estudos de GONZALES (1986), na Venezuela e de EVANS (1993), na Argentina, prevê-se uma eficiência do aquecimento solar passivo até 10°C, para as condições brasileiras.

Os limites de aplicabilidade das estratégias de condicionamento passivo estão demonstrados na Figura 2.

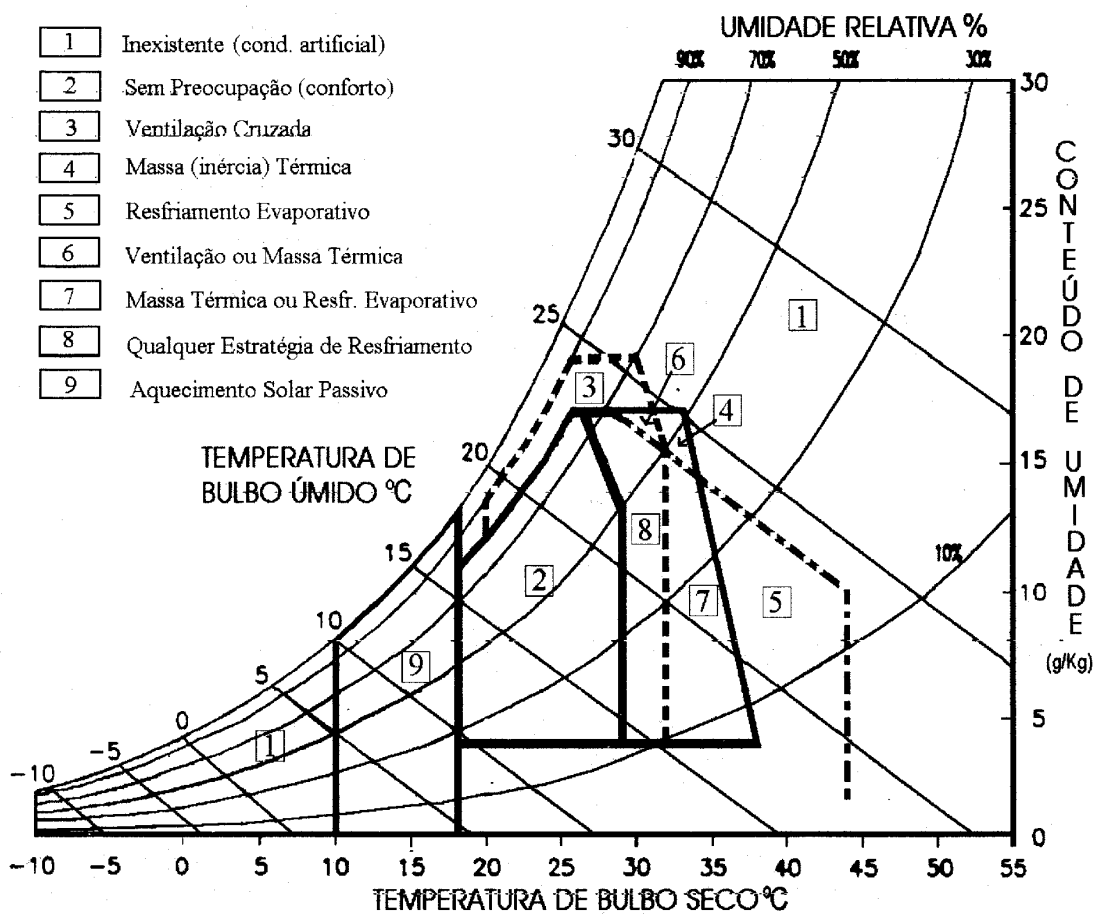


Figura 2. Limites de aplicabilidade de estratégias bioclimáticas em países em desenvolvimento

## ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA FINS DE EDIFICAÇÃO

Utilizando-se das normais climatológicas de 204 cidades referentes ao período de 1961 a 1990, publicadas em 1992 pelo Departamento Nacional de Meteorologia (DNMET), obtém-se os dados necessários para a caracterização climática do Brasil.

Das variáveis disponíveis nesta publicação, foram utilizadas as seguintes normais:

- temperaturas máximas mensais, tomando-se o maior valor mensal de cada cidade ( $T_{max}$ );
- temperaturas mínimas mensais, tomando-se o menor valor mensal de cada cidade ( $T_{min}$ );

A partir das temperaturas médias mensais e umidades relativas mensais, obtém-se as umidades correspondentes a  $T_{max}$  ( $UR_x$ ) e  $T_{min}$  ( $UR_n$ ), considerando-se constante a razão de umidade através de algoritmos fornecidos pela ASHRAE.

Com  $T_{max}$  e sua respectiva umidade calculada ( $UR_x$ ) entra-se no diagrama de Givoni e calcula-se quanto estas temperaturas se desviam dos limites da zona de conforto ( $\Delta\Phi$ ) e das estratégias de resfriamento passivo através de ventilação ( $\Delta\Phi_1$ ), massa térmica ( $\Delta\Phi_2$ ) ou resfriamento evaporativo ( $\Delta\Phi_3$ ). Os desvios são em unidades de graus Celsius e informam a diferença entre  $T_{max}$  e a temperatura máxima de conforto para a  $UR_x$  em questão. Também foram estabelecidos os desvios entre  $T_{min}$  e o limite inferior da zona de conforto ( $\Delta f$ ) e  $T_{min}$  e o limite de aplicabilidade do aquecimento solar passivo ( $\Delta f_1$ ). Considera-se desvio nulo aquele entre 0 e 0,5°C. Este desvio situa determinada cidade dentro da zona de conforto e identifica a eficiência de determinada estratégias no condicionamento passivo.

Utilizando um programa de geração de superfícies, é estimada estatisticamente a distribuição espacial dos desvios, a partir de um *algoritmo de interpolação ótima* usando a autocovariância espacial. Desta forma, através de um Sistema Geográfico de Informações (SGI), obtém-se a distribuição espacial dos desvios gerados por  $T_{max}$  e  $T_{min}$ , sobre o território nacional previamente digitalizado em mesa digitalizadora.

**Estratégias de resfriamento.** Cada uma das estratégias de resfriamento foi obtida individualmente, verificada sua eficiência (desvios entre 0 e 0,5°C) e, a seguir, cruzadas em um único plano juntamente com os desvios nulos da zona de conforto ( $\Delta\Phi$  entre 0 e 0,5°C). Como resultado foram obtidas as combinações apresentadas na Figura 2. Para reduzir o número de zonas, onde mais do que uma estratégia era possível, somente uma foi adotada, tendo-se como critério o custo e a complexidade arquitetônica:

- ventilação cruzada ou massa térmica = ventilação cruzada
- qualquer uma das estratégias = ventilação cruzada
- massa térmica ou resfriamento evaporativo = massa térmica

Desta nova reclassificação obtém-se cinco (5) classes:

- **Classe 1: Estratégia Inexistente** (condicionamento artificial);
- **Classe 2: Sem Preocupação** (conforto);
- **Classe 3: Ventilação Cruzada;**
- **Classe 4: Massa Térmica;**
- **Classe 5: Resfriamento Evaporativo.**

**Estratégia de Aquecimento Passivo.** No que se refere às estratégias de aquecimento, três classes são possíveis:

- **Classe 1: Estratégia Inexistente** (condicionamento artificial);
- **Classe 2: Aquecimento Solar;**
- **Classe 3: Sem Preocupação** (conforto).

Combinando em um único plano, através do SGI, as imagens das *estratégias de resfriamento bioclimático* e as *estratégias de aquecimento bioclimático* obtém-se o *zoneamento bioclimático para fins de edificação* representado por 13 (treze) zonas bioclimáticas de edificações, identificadas por letras do alfabeto. Na Tabela a seguir estão listadas as zonas bioclimáticas com suas estratégias de resfriamento e aquecimento e suas áreas relativas de ocupação do território brasileiro.

Tabela. Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIA DE RESFRIAMENTO	ESTRATÉGIA DE AQUECIMENTO	ÁREA RELATIVA
ZONA A	Inexistente (A/C)	Inexistente (A/C)	0.06 %
ZONA B	Sem Preocupação	Inexistente (A/C)	3.40 %
ZONA C	Ventilação Cruzada	Inexistente (A/C)	3.87 %
ZONA D	Massa Térmica	Inexistente (A/C)	0.14 %
ZONA E	Inexistente (A/C)	Aquecimento Solar	17.75 %
ZONA F	Sem Preocupação	Aquecimento Solar	1.50 %
ZONA G	Ventilação Cruzada	Aquecimento Solar	14.41 %
ZONA H	Massa Térmica	Aquecimento Solar	10.64 %
ZONA I	Resfriamento Evaporativo	Aquecimento Solar	1.82 %
ZONA J	Inexistente (A/C)	Sem Preocupação	37.05 %
ZONA K	Ventilação Cruzada	Sem Preocupação	0.83 %
ZONA L	Massa Térmica	Sem Preocupação	5.20 %
ZONA M	Resfriamento Evaporativo	Sem Preocupação	3.33 %

Na Figura 3 está representada a distribuição geográfica das zonas bioclimáticas de edificações.

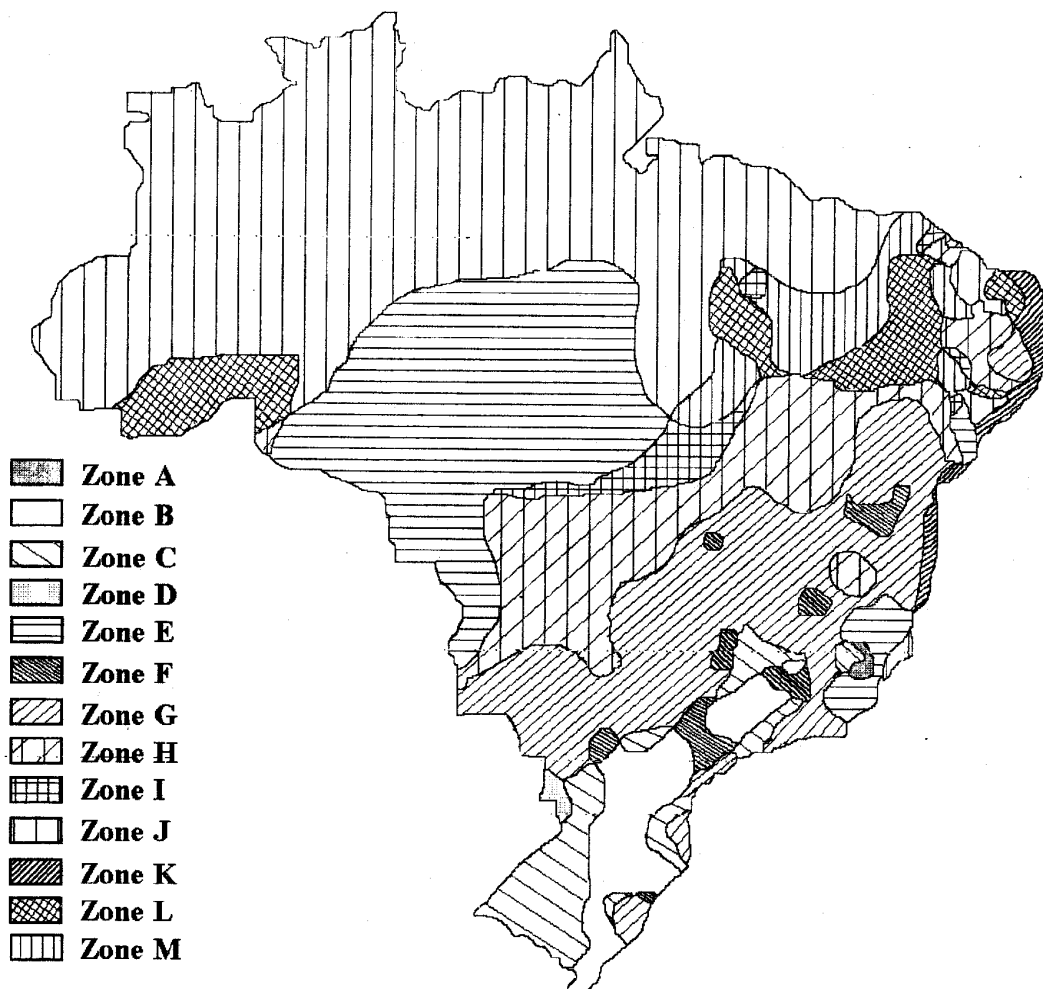


Figura 3. Zoneamento Bioclimático Brasileiro para fins de Edificações

Comparando o zoneamento bioclimático e o zoneamento climático simplificado das figuras 1 e 3, pode-se observar que a região equatorial, devido às altas temperaturas e umidades, coincide com as zonas que necessitam de resfriamento artificial. Na região tropical central é possível alcançar condições de conforto por meios passivos de aquecimento e resfriamento. No sul, devido ao clima temperado, é necessário calefação durante o inverno.

## CONCLUSÃO

Pode-se notar que o Brasil possui uma grande diversidade bioclimática, que deveria se refletir nos projetos e técnicas construtivas das edificações. Entretanto, as habitações populares são indiscriminadamente construídas pelo território brasileiro, sem qualquer consideração de adaptabilidade climática. Este zoneamento bioclimático vem oferecer parâmetros para a elaboração de uma norma de desempenho térmico de edifícios que evite tal negligência.

## REFERÊNCIAS

1. EVANS, J. M. *Diseño Arquitectónico y Confort*. Florianópolis: UFSC, 1993. Curso ministrado durante o 2º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, SC.
2. GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. In: *Energy and Building*, Lansanne, v. 18, p 11-23, 1992.
3. GONZALES, E. *et al. Proyecto Clima y Arquitectura*. Universidade del Zulia. Mexico., Gustavo Gili 1986. 198p.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Anuário Estatístico Brasileiro*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1991. cap 8.
5. NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.
6. SILVA, A.C.S.B. *Zoneamento Bioclimático Brasileiro para fins de Edificação*. Porto Alegre, 1994. Dissertação de mestrado submetida à Universidade Federal do Rio Grande do Sul.