

Carolina Rodrigues Camargos

Estado da Arte da discussão sobre a Norma de Zoneamento  
Bioclimático Brasileiro

Belo Horizonte  
Escola de Arquitetura da UFMG  
2013

Carolina Rodrigues Camargos

## Estado da Arte da discussão sobre a Norma de Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientadora: Iraci Pereira

Belo Horizonte  
Escola de Arquitetura da UFMG  
2013

À Deus, obrigada Senhor por estar presente em minha vida.  
Agradeço-te por guiar meus passos, nos momentos de alegria  
e nos mais difíceis e principalmente nas conquistas.  
A meus pais e meu noivo, por serem as pessoas mais importantes  
para mim e por ter ensinado os valores da vida e pelo amor.

"A humanidade de hoje tem a habilidade de desenvolver-se de uma forma sustentável, entretanto é preciso garantir as necessidades do presente sem comprometer as habilidades das futuras gerações em encontrar suas próprias necessidades".

## RESUMO

A Norma Brasileira NBR 15220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social (ABNT, 1998 e 2005), que organiza o Brasil em oito zonas bioclimáticas a partir de uma base de dados que avalia o desempenho térmico de uma edificação de interesse social através de variáveis (temperatura e umidade), para recomendar diretrizes arquitetônicas para melhor adequação ao projeto, no entanto a normalização é questionada por vários autores que sugerem recomendações de acordo com o clima atual. Este trabalho tem como metodologia levantar e analisar pesquisas desde o ano de 1995 até 2012 que discutem a NBR 15220-3 encontradas nos Anais de Encontros Nacionais de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC's) e Encontros Nacionais de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC's), sites sobre Zoneamento Bioclimático e NBR's que abordam sobre o assunto, com o objetivo de apontar as lacunas e pontos observados como críticas e/ou comentários no zoneamento bioclimático com foco em habitações de interesse social e estabelecer condicionantes e os principais problemas a serem solucionados sobre o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, visto que há a necessidade de revisão.

Palavras-chaves: Zoneamento Bioclimático Brasileiro, NBR, Desempenho Térmico, Habitação de Interesse Social

## ABSTRACT

The Brazilian Regulatory Standard NBR 15220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social (ABNT, 1998 and 2005), which organizes Brazil in eight bioclimatic zones from a database that evaluates the thermal performance of a social housing through social variables (temperature and humidity), the best adaptation of the project found in architectural guidelines. However, the normalization is questioned by several authors that suggest recommendations according to the present climate. This thesis intends to collect and analyze the research methodologies from 1995 until 2012 discussed in NBR 15220-3 found in the Encontros Nacionais de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC's) and Encontros Nacionais de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC's) annuals, bioclimate zone websites and NBR's concerning the subject, describing the shortcomings and deficiencies observed as critical either reviews on bioclimatic zoning focusing on social housing and establishing conditions. Therefore, because of the main problems found in Brazilian bioclimate zone a new revision is needed.

Keywords: Bioclimatic Zoning Brazilian NBR, Thermal Performance, Social Housing

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapas de zonas climáticas segundo Niemer .....	15
Figura 2 – Zoneamento Bioclimático para fins de Edificação .....	16
Figura 3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	18
Figura 4 – Mapa Climático do Brasil (Classificação de Koppen).....	19
Figura 5 – Carta Bioclimática Original e suas estratégias de condicionamento Térmico Passivo.....	20
Figura 6 – Carta Bioclimática Adaptada e suas estratégias de condicionamento Térmico Passivo.....	21
Figura 7 – Carta Bioclimática Adaptada (direita) e Carta Bioclimática Original (esquerda)...	21
Figura 8 – Zoneamento Bioclimático preliminar .....	28
Figura 9 – Planta do CDPAEE (direita) e maquete eletrônica do CDPAEE (esquerda).....	29
Figura 10 – Mapa do Brasil com a distribuição regional de ventos em meso-escala.....	33
Figura 11 – Planta esquemática com as zonas térmicas consideradas no estudo de simulações, fachadas e perspectivas da habitação popular de referencia para as duas zonas bioclimáticas investigadas.....	36
Figura 12 – Sedes dos 610 municípios do Grupo do INMET (à esquerda) e Sedes dos 5564 municípios brasileiros (à direita) .....	38
Figura 13– Zonas com temperaturas médias anuais abaixo de 20°C.....	40
Figura 14 – Zonas com temperaturas médias anuais entre 20 e 26°C .....	41
Figura 15 – Zonas com temperaturas médias anuais acima de 26°C.....	42
Figura 17 – Mapeamento do Zoneamento Bioclimático do Brasil .....	46

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação.....	16
Quadro 2 – Critérios para classificação bioclimáticas .....	22
Quadro 3 – Limites aceitáveis de indicadores do desempenho térmico de coberturas.....	22
Quadro 4 – Limites aceitáveis de indicadores do desempenho térmico de paredes externas .....	23
Quadro 5 – Recomendações quanto ao dimensionamento e sombreamento .....	23
Quadro 6 – Estratégias bioclimáticas correspondentes à cada zona, para verão e inverno .	23
Quadro 7 – Recomendações para projetos arquitetônicos na cidade de Belo Horizonte .....	32
Quadro 8 – Hipótese do conjunto de critérios para definição das Zonas Bioclimáticas .....	39
Quadro 9 – Fontes dos dados adotados de Tmax e Tmin.....	43
Quadro 10 – Parâmetros para classificação dos Zoneamentos Climáticos.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cidades mineiras para efeito de cálculo.....	44
Tabela 2 – Exemplo de preenchimento dos dados faltantes nas bases climáticas.....	44

## LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 – Exemplo da equação de regressão e suas estimativas .....	45
--	----

## SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	<b>11</b>
<b>Zoneamento Bioclimático</b> .....	<b>13</b>
Normas Técnicas para Edificações Residenciais.....	24
NBR 15575.....	24
RTQ's.....	25
<b>Levantamento de Pesquisas que Proporcionam Comentários/Críticas à Norma</b> .....	<b>27</b>
Estudo mineiro para o Zoneamento Bioclimático .....	27
Discussão das Estratégias Através de Estudo de Caso .....	28
Discussão da Classificação Bioclimática de Belo Horizonte .....	30
Zoneamento Bioclimático X Potencial Eólico Brasileiro .....	32
Aperfeiçoamento dos resultados no Estado de Minas Gerais: .....	33
Análise comparativa entre resultados gerados por diferentes Normas brasileiras .	34
Reflexões sobre o Semiárido Nordestino .....	35
<b>Propostas de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro</b> .....	<b>37</b>
Primeira proposta .....	37
Segunda proposta .....	42
<b>Considerações finais</b> .....	<b>47</b>
<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>49</b>

# 1 INTRODUÇÃO

“[...] A Arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico.” (FROTA e SCHIFFER, 1987, p.15). O conforto térmico é determinado por uma série de fatores que o organismo humano usa para se adequar ao ambiente, isto é, quanto menor for o esforço entre as trocas de calor do corpo humano e o local onde está, maior será a sensação de conforto do indivíduo, logo, precisamos associar os materiais construtivos específicos ao clima da região, proporcionando a incorporação da edificação ao ambiente externo, de forma que o usuário tenha condições agradáveis de permanecê-la por tempo prolongado sem que seja prejudicado.

No Brasil, antes da década de 80, com o desenvolvimento industrial em crescimento, o processo de urbanização também crescia junto e por outro lado agrava os problemas sociopolíticos ambientais, principalmente de moradias e, logo o governo se vê obrigado a criar as moradias com intuito de conter o crescimento ilegal. Foi então criado o Sistema Financeiro de Habitação (SFH) para captar recursos para o financiamento da casa própria. Mas as edificações construídas tinham uma baixa qualidade de desempenho térmico por conta da falta de leis, diretrizes e parâmetros projetuais urbanísticos e a diversificação do clima brasileiro era muito extensa e para se alcançar um desempenho térmico satisfatório para a arquitetura.

Diante de todos esses entraves surge um primeiro estudo sobre o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, é feito por SILVA, SATTLER e LAMBERTS em 1995. E em 1998, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) propõe a elaboração de uma norma para avaliação de desempenho de habitações unifamiliares térreas, que consistisse em requisitos e critérios para garantir qualidade o desempenho térmico mínimo dessas edificações de interesse social em diferentes épocas do ano, então é criada a Norma Brasileira NBR 15220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social (ABNT, 2005), criada principalmente para que as edificações de interesse social.

RORIZ também apresenta uma proposta da norma questionando os fundamentos teóricos aplicados, comparando e pontuando a metodologia original e mostra que alguns climas que foram são distintos entre si estavam agrupados em uma mesma zona bioclimática e climas que semelhantes agrupados em zonas diferentes. E é a partir deste artigo que a normalização começou a ser questionada por vários autores, e os mesmos sugerindo recomendações de acordo com seu estudo para a norma.

Este trabalho tem como metodologia levantar e analisar pesquisas desde o ano de 1995 até 2012 que discutem a NBR 15220-3 encontradas nos Anais de Encontros Nacionais de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC's) e Encontros Nacionais de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC's), sites sobre Zoneamento Bioclimático e NBR's que abordam sobre o assunto, com o objetivo de apontar as lacunas e pontos observados como críticas e/ou comentários no zoneamento bioclimático com foco em habitações de interesse social, e estabelecer condicionantes e os principais problemas a serem solucionados sobre o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, visto que há a necessidade de revisão.

A abordagem do trabalho consiste em três capítulos divididos da seguinte maneira: o primeiro descreve o porquê da criação do Zoneamento Bioclimático e da primeira pesquisa sobre o assunto que gerou a NBR 15220-3 e outras normas que a complementam; o segundo mostra o levantamento das pesquisas feitas posteriormente à criação da NBR e seus respectivos comentários/críticas, o terceiro que expõem a proposta de revisão do zoneamento após alguns anos da publicação da Norma, e por fim conclui-o com comentários/críticas para que a discussão sobre a NBR 15220-3 seja levada adiante e os problemas apontados possam ser desenvolvidos em outros trabalhos.

## 2 ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO NO BRASIL

Na década de 60, no Brasil, com a população carente por moradias dignas e acessíveis, com o aumento da população brasileira, foram adotadas medidas para diminuir o déficit habitacional com a aquisição e facilitação de casas e apartamentos populares, a partir da criação do Banco Nacional de Habitação (BNH), ao qual foi extinto em 1986 e repassado à Caixa Econômica Federal (CEF) essa função (HOLZ, 2008).

As tipologias de habitação social visavam suprir uma necessidade básica de moradia, mas os sistemas construtivos não seguiam um modelo que oferecesse um conforto aos usuários, ou seja, um desempenho térmico satisfatório da moradia que poderia ser seguido desde a fase do projeto com as escolhas dos materiais de cobertura e, dimensões das aberturas e paredes, quanto após o término da obra.

SILVA, SATTLER e LAMBERTS (1995), discutem o primeiro estudo sobre o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, com um questionamento sobre a falta de condições térmicas nas habitações populares que leva ao desenvolvimento um mapa dividido em diversas zonas climáticas de conforto higrotérmico.

Seu trabalho foi feito a partir dos resultados de normais climatológicas obtidas num período de trinta anos entre 1961 e 1990 em 204 cidades divididas de acordo com o mapa de Niemer (FIGURA 1), que combina os mapas de Joppen; Gausson e Bagnouls, com um programa de interpolação e geração de superfícies os dados são aplicados ao Diagrama de Givoni gerando resultados, mas nesta versão não estão incluídos estratégias de aquecimento e posteriormente é feito o acréscimo baseado em GONZALES (1986) E EVANS (1993) de até 10°C de eficiência do aquecimento solar passivo para as condições brasileiras.

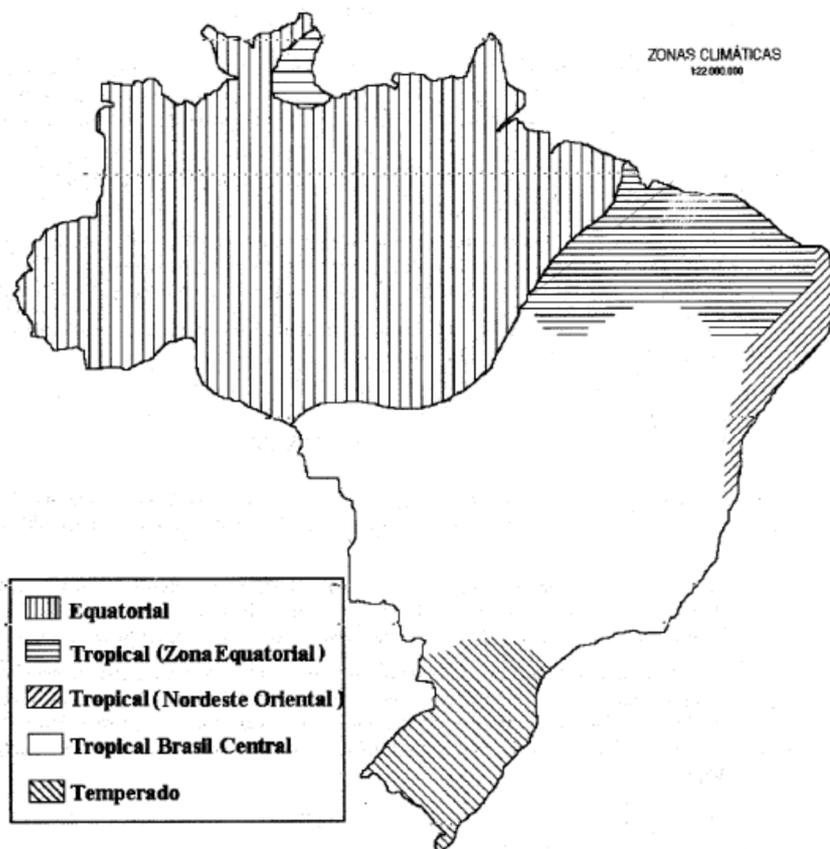


Figura 1 – Mapas de zonas climáticas segundo Niemer

Fonte: Silva; Sattler; Lamberts, 1995.

Com todos os dados obtidos foram geradas estratégias de resfriamento, substituindo as antigas por cinco classes (Estratégia Inexistente, Sem Preocupação, Ventilação Cruzada, Massa Térmica e Resfriamento Evaporativo); e estratégias de aquecimento passivo (Condicionamento Artificial, Aquecimento Solar e Conforto); gerando uma tabela (TABELA 1) e uma distribuição geográfica (FIGURA 2).

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 %

Quadro 1 – Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação

Fonte: Silva; Sattler; Lamberts, 1995.

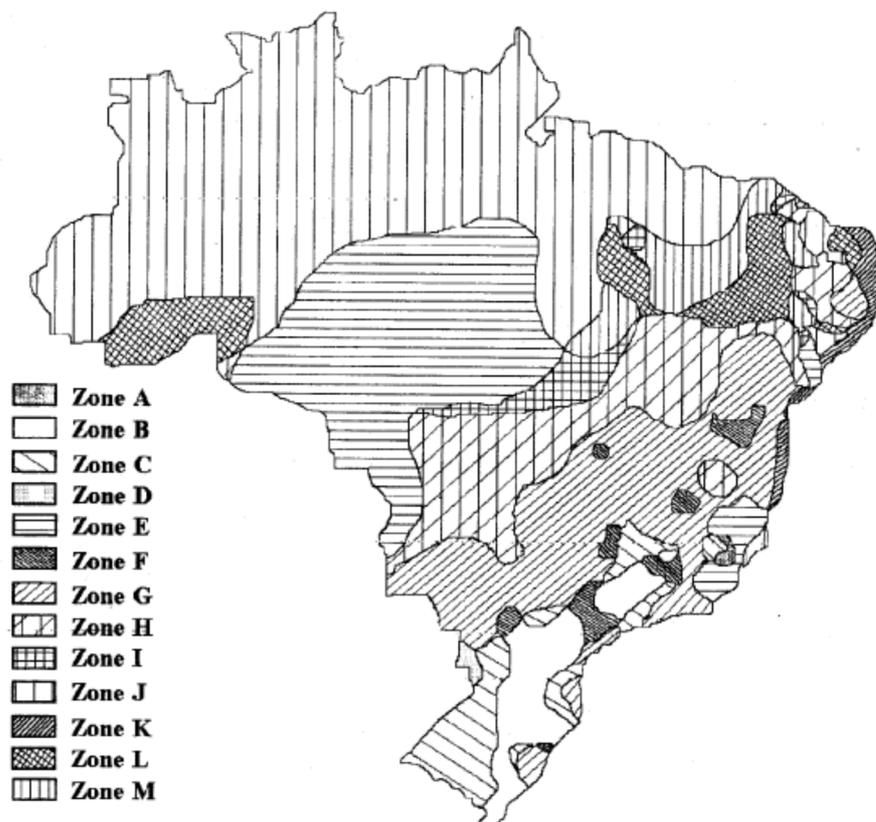


Figura 2 – Zoneamento Bioclimático para fins de Edificação

Fonte: Silva; Sattler; Lamberts, 1995.

Notaram que ao comparar o zoneamento bioclimático com o zoneamento climático simplificado, poderiam observar que as zonas inseridas na região equatorial necessitariam de um resfriamento artificial e que no Brasil havia uma diversidade bioclimática muito grande, por isso estavam propondo futuramente a elaboração de uma norma de desempenho térmico de edifícios, para evitar os descasos com as habitações populares.

Então a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nesta década propôs a elaboração de uma norma para avaliação de desempenho de habitações unifamiliares térreas, que consistisse em requisitos e critérios para garantir qualidade o desempenho térmico mínimo dessas edificações de interesse social em diferentes épocas do ano.

Esta norma recebeu o título de ABNT NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações e foi dividida em cinco partes: primeira com as definições, simbologias e unidades; segunda com métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações; terceira com o zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social; quarta com a medição de resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida e, por fim, a quinta com a medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

O projeto da norma foi lançado em 1999 e entrando em vigor em 2005, dividindo o zoneamento bioclimático em oito zonas (FIGURA 3) para as quais foram definidas diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento, com critérios para o inverno e verão. O método baseia-se nos desvios da zona de conforto adaptada a partir do Diagrama Bioclimático de Givoni, onde foram utilizados dados das Normas Climatológicas de 330 cidades, com uma malha de 6.500 células, caracterizadas pela posição geográfica e as variáveis climáticas, formulando estratégias para o condicionamento térmico passivo, gerando parâmetros e condições relativas ao tamanho das aberturas, o tipo proteção de parede externa e cobertura, onde o

desempenho térmico de um edifício pode ser avaliado tanto na fase de projeto (simulação computacional), quanto após a construção (*in loco*).

Roriz é o primeiro a apresentar uma proposta da norma térmica que adota uma carta adaptada a partir da sugerida por Givoni, com a intenção de questionar os fundamentos teóricos da mesma, comparando e pontuando a partir do método original. “A aplicação da Carta Bioclimática original resultou em um zoneamento no qual, climas admitidos como distintos foram agrupados em uma mesma zona e climas semelhantes em zonas diferentes.” (RORIZ, 1999, p.7).

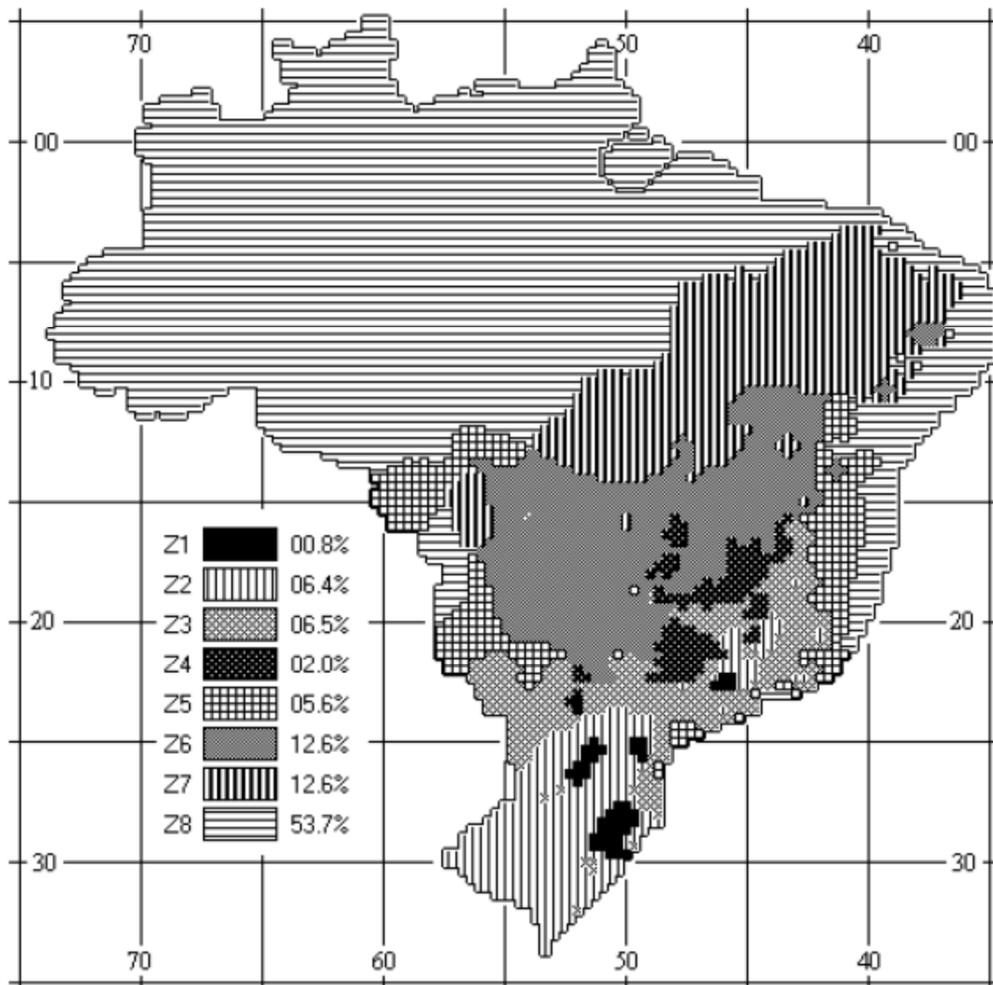
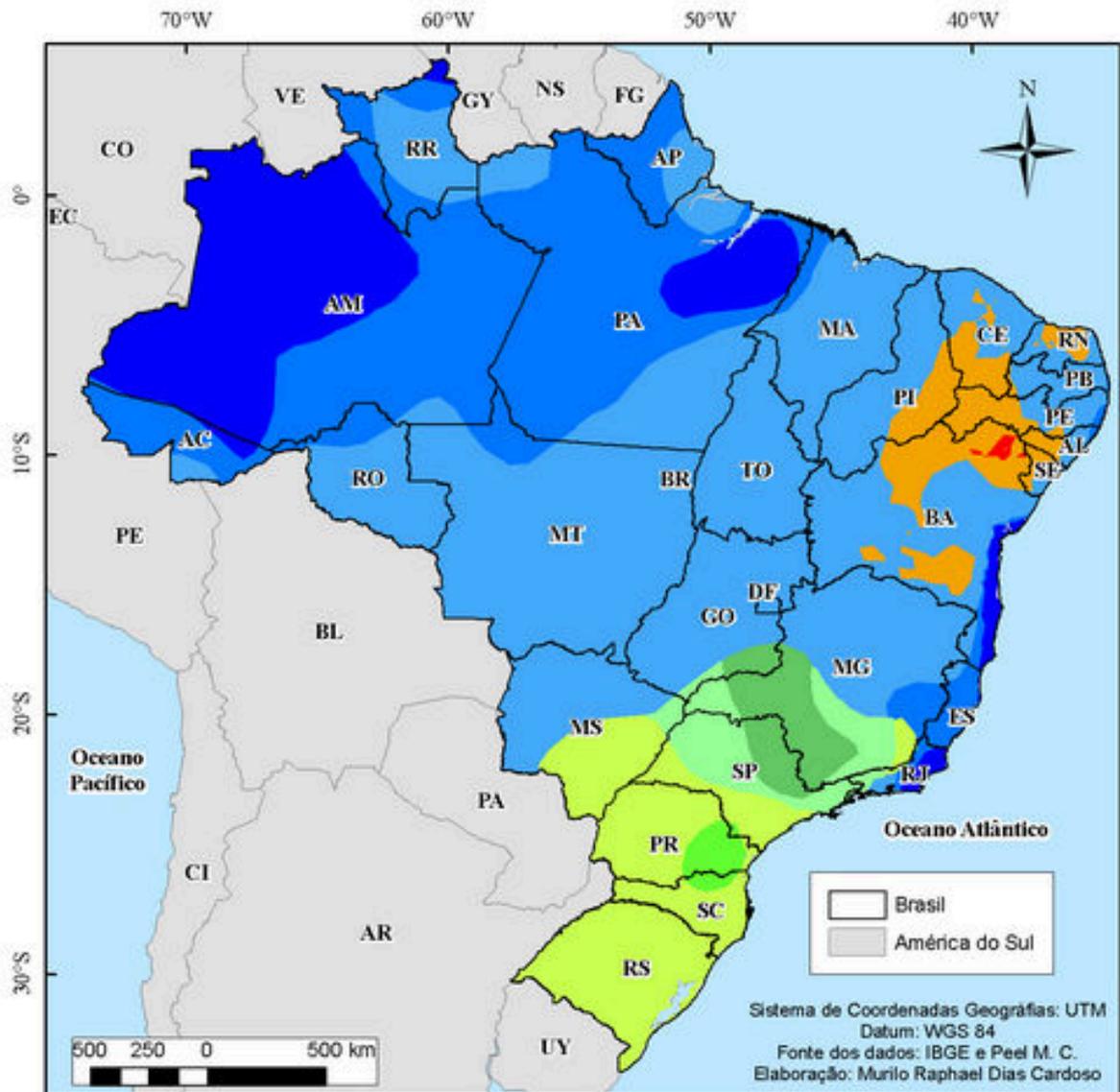


Figura 3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: ABNT, NBR 15220-3

Para comparar, apresenta-se o mapa de classificação de Köppen Geiger (FIGURA 4) que é um dos sistemas de classificação climáticos mais utilizados nas disciplinas de geografia.



### Classificação Climática: Köppen

<span style="color: blue;">■</span> Af - Clima tropical úmido ou Clima Equatorial	<span style="color: lightgreen;">■</span> Cfa - Clima temperado úmido com Verão quente
<span style="color: lightblue;">■</span> Am - Clima de monção	<span style="color: green;">■</span> Cfb - Clima temperado úmido com Verão temperado
<span style="color: yellow;">■</span> Aw - Clima Tropical com Estação seca no inverno	<span style="color: darkgreen;">■</span> Cwa - Clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente
<span style="color: orange;">■</span> BSh - Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude	<span style="color: verydarkgreen;">■</span> Cwb - Clima temperado úmido com Inverno seco e Verão temperado
<span style="color: red;">■</span> BWh - Clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude	

Figura 4 – Mapa Climático do Brasil (Classificação de Köppen)

Fonte: WIKIPEDIA- Acesso em 11 dez. 2012

Os mapas (FIGURA 03 e 04) analisados são um pouco parecidos em algumas áreas, como a região norte e nordeste, pois configuram com a junção de determinados climas para criação do zoneamento. Nota-se também que o clima da região sul é bem parecido em quase sua totalidade com o seu zoneamento de correspondência, mas o que mais chama a atenção são as regiões centrais e sudeste, onde há uma grande diferença entre o mapa de KOPPEN e mapas de zoneamento, que contém uma concentração de zonas diferenciadas e com porcentagens bem significativas, do que os climas bem divididos por manchas e chegam a ser de dois a três por região. Contudo podemos chegar a uma ideia de que o mapa de KOPPEN seria pouco para contribuição e mapeamento das zonas climáticas e com o passar dos anos, os dados obtidos teriam que ser atualizados.

Antes da publicação da Norma, foram feitas algumas alterações na Carta Bioclimática de Givoni (FIGURA 5) para adequar a realidade brasileira: os limites de temperatura foram inclinados e distribuídos à esquerda e à direita da zona de conforto; a zona de conforto foi dividida em 2 subzonas, zona D com umidades relativas do ar entre 30 e 50% e a zona E entre 50 e 80%; a estratégia de ventilação ficou com duas zonas J e I, aplicando a altas temperaturas com altas umidades e possibilitando distinguir a ventilação noturna da permanente; a curva de umidade relativa passa a existir de acordo com o limite inferior de umidade da zona de conforto e por último temos a criação da zona F, que recomenda a substituição do ar úmido interior pelo ar úmido exterior, atribuindo menos taxa de ventilação (RORIZ, 1999).

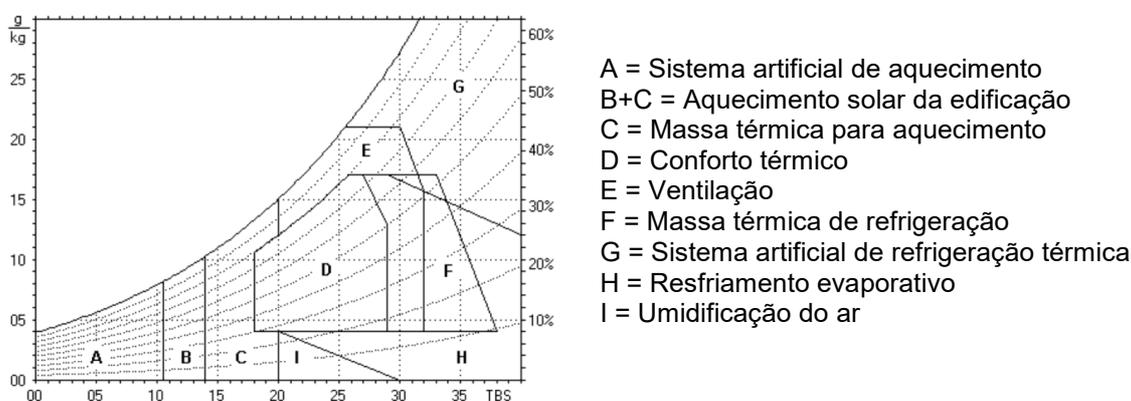
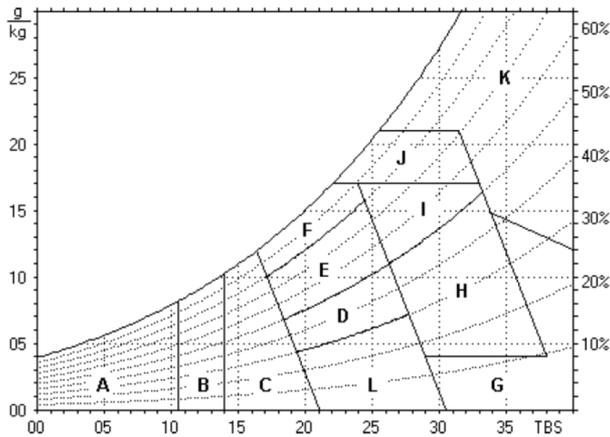


Figura 5 – Carta Bioclimática Original e suas estratégias de condicionamento Térmico Passivo

Fonte: RORIZ, 1999, p. 3.



- A = Sistema artificial de aquecimento
- B+C = Aquecimento solar da edificação
- D = Massa térmica para aquecimento
- E = Conforto térmico (baixa umidade)
- F = Conforto térmico
- G+H = Desumidificação (renovação do ar)
- H+I = Resfriamento evaporativo
- I+J = Ventilação
- K = Sistema artificial de refrigeração
- L = Umidificação do Ar

Figura 6 – Carta Bioclimática Adaptada e suas estratégias de condicionamento Térmico Passivo

Fonte: RORIZ, 1999, p. 4.

Segundo RORIZ, a carta bioclimática original resultou em um zoneamento, onde climas admitidos como distintos foram agrupados em uma mesma zona e climas semelhantes em zonas diferentes, no caso de Formosa/GO, os limites da zona de conforto ultrapassam em ambos os lados (FIGURA 7), o que mostra que em certos períodos quentes a carta original não reconhece em algumas cidades.

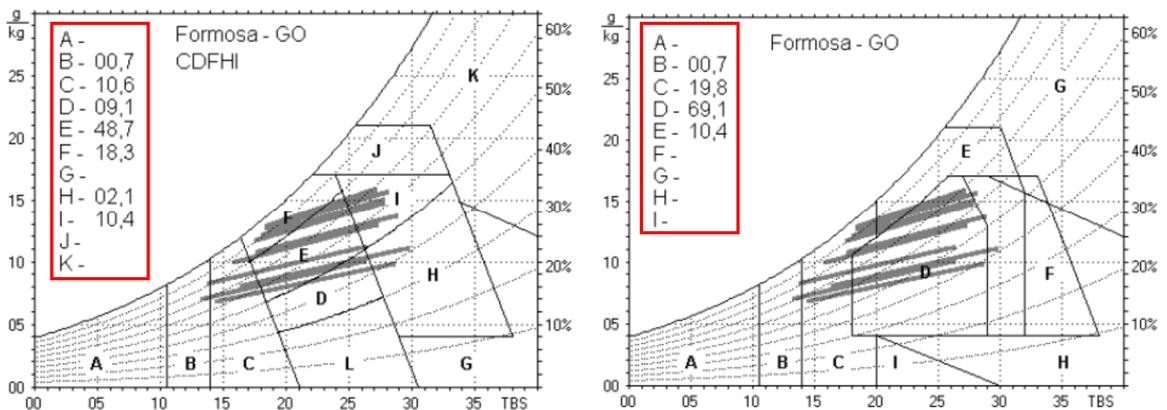


Figura 7 – Carta Bioclimática Adaptada (direita) e Carta Bioclimática Original (esquerda)

Fonte: RORIZ, 1999, p. 7 (realce feito pelo autor)

De acordo com a carta adaptada, encontramos estratégias (CDFHI) que irão mostrar qual será a classificação do clima da cidade em uma das oito Zonas Bioclimáticas e as mesmas ajudaram a encontrar os limites de indicadores do desempenho térmico de cobertura, paredes externas e as recomendações quanto ao dimensionamento e sombreamento de aberturas. E por fim, pode-se saber quais são as estratégias bioclimáticas correspondentes a cada zona, para o verão e o inverno.

Zona	A	B	C	D	H	I	J
1	SIM					NÃO	NÃO
2	SIM						
3		SIM		NÃO	NÃO		
4		SIM					
5			SIM	NÃO	NÃO		
6			SIM				
7					NÃO		
8				NÃO			

Quadro 2 – Critérios para classificação bioclimáticas

Fonte: RORIZ, 1999, p. 6 (realce feito pelo autor)

LEGENDA: SIM – PRESENÇA OBRIGATÓRIA

NÃO – PRESENÇA PROIBIDA

Na FIGURA 7, a cidade de Formosa em Goiás ao analisarmos a carta adaptada notou que foram lançados os dados climáticos no decorrer do ano e obtivemos as seguintes estratégias BCDEFHI na carta adaptada e na carta de Givonni as estratégias BCDE. De acordo com a QUADRO 2, para acharmos o zoneamento é preciso que a zona coincida com as estratégias obtidas na carta, no caso algumas zonas tem a restrição de condicionamento e outras têm a presença obrigatória de condicionamento. A zona 6 foi a encontrada por ter o condicionamento “C” (massa térmica para aquecimento) obrigatório e o restante não seria obrigatório, mas não é proibido.

Zona	Coberturas recomendadas	Transmitância (U, em W/m <sup>2</sup> .K)	Atraso Térmico (φ, em horas)	Fator Solar (FS, em %)
1 a 6	Leves e isoladas	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	$FS \leq 6,5$
7	Pesadas	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	$FS \leq 6,5$
8	Leves e refletoras	$U \leq 2,30 \times FT^*$	$\varphi \leq 3,3$	$FS \leq 6,5$

Quadro 3 – Limites aceitáveis de indicadores do desempenho térmico de coberturas

Fonte: RORIZ, 1999, p. 9 (realce feito pelo autor)

\*FT é um fator de correção que admite transmitâncias mais altas em coberturas com áticos ventilados (ABNT, 1998).

O Fator de Calor Solar é determinado pela equação:  $FS = 100.U.a.Rse$  (%)

Onde: U = transparência, a = absorvância, Ser = resistência superficial externa.

Após achar o zoneamento da cidade, os QUADRO 4 à 6 vão auxiliar no desempenho térmico da cobertura da edificação, que neste caso será leve e isolada onde as escolhas do tipo de cobertura e do material irão fazer a diferença para que a temperatura fique agradável no interior da edificação, essa regra pode ser aplicada na parede externa, acrescentando *brise-soleil* para auxiliar no controle da insolação.

Zona	Paredes externas recomendadas	Transmitância (U, em $W/m^2.K$ )	Atraso Térmico ( $\phi$ , em horas)	Fator Solar (FS, em %)
1 e 2	Leves	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS \leq 5,0$
3, 5 e 8	Leves e refletoras	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS \leq 4,0$
4, 6 e 7	Pesadas	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS \leq 3,5$

Quadro 4 – Limites aceitáveis de indicadores do desempenho térmico de paredes externas

Fonte: RORIZ, 1999, p. 9 (realce feito pelo autor)

Zona	Área de abertura para ventilação (A = % da área do piso)	Sombreamento das aberturas
1, 2 e 3	Média: $15\% < A < 25\%$	Permitir sol durante o período frio
4, 5 e 6	Média: $15\% < A < 25\%$	Sombrear
7	Pequena: $10\% < A < 15\%$	Sombrear
8	Grande: $A > 40\%$	Sombrear

Quadro 5 – Recomendações quanto ao dimensionamento e sombreamento

Fonte: RORIZ, 1999, p. 9 (realce feito pelo autor)

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
Verão		J	J	H, J	J	H, J	H, J	J, K
Inverno	A, B, C	A, B, C	B, C	B, C	C	C		

Quadro 6 – Estratégias bioclimáticas correspondentes à cada zona, para verão e inverno

Fonte: RORIZ, 1999, p. 10 (realce feito pelo autor)

NOTA: De acordo com a tabela 5 as zonas significam:

H – Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento;

J – Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa);

C – Vedações internas pesadas (inércia térmica).

## 2.1 Normas Técnicas para Edificações Residenciais

Atualmente, além da NBR 15220, temos mais normas que auxiliam um projeto e/ou obra residencial, comercial e industrial a obter um desempenho térmico e outros requisitos para que a edificação tenha um ciclo de vida útil prolongado. Abaixo estão relacionados duas que estão diretamente ligadas ao assunto deste trabalho.

### 2.1.1 NBR 15575

Esta Norma é voltada para o desempenho da edificação, foi publicada em 2013, onde faz com que a obra seja executada de acordo com o que foi especificado em projeto para que tenha uma vida útil, o que implica que a empresa modifique sua metodologia para atender as necessidades do usuário em diversos requisitos e podemos dar um grande passo para igualar a nível internacional, que já é bem difundido entre eles. Os requisitos são divididos da seguinte forma: estabilidade estrutural, segurança contra incêndio, **desempenho térmico**, acústico, lumínico, conforto tátil e antropodinâmico, dentre outros.

Embora o tema seja complexo, é simples de ser entendido, mas na prática há diversos fatores que podem influenciar, como as tecnologias usadas que serão especificadas no projeto. Os projetistas devem conhecer todo o processo do produto, o que nos leva a um entrave, pois a maioria destes produtos não tem seus desempenhos divulgados e as empresas de pequeno porte não utilizam deste meio, fazendo com que o país fique obsoleto em relação aos outros países, principalmente os europeus.

### 2.1.2 RTQ's

O INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, em 1984 pôs em pauta uma discussão sobre programas de avaliação de desempenho com foco de racionalizar o uso de energia elétrica de forma a: conceder a concorrência justa entre marcas; estimular a melhoria contínua da qualidade; informar e proteger o consumidor; facilitar o comércio exterior, possibilitando o incremento das exportações; fortalecer o mercado interno; e agregar valor às marcas. Para pôr isso em prática foi criado um selo em 1993 através de um decreto, que mostra ao consumidor o gasto energético do produto que ele quer adquirir, orientando-o na hora de escolher o melhor produto.

O PBE, Programa Brasileiro de Etiquetagem, coordenado pelo INMETRO que utiliza a Etiqueta Nacional de Desempenho para prestar informações aos consumidores sobre o desempenho dos produtos. E seus objetivos são: prover informações úteis que influenciem a decisão de compra do consumidor, como o desempenho do aparelho e estimular a competitividade da indústria.

A partir desse exemplo e da eficácia do programa com relação a outros produtos, o PBE, trabalha em conjunto com o Plano Nacional de Energia (PNE2030), cujo objetivo é a redução do consumo da época em 10% por meio de ações de eficiência energética; e também com o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) para etiquetar edificações (Procel), o que é bem tardio em relação aos países da Europa por utilizarem a etiquetagem de eficiência energética a mais tempo.

Os RTQ's, Regulamento Técnico de Qualidade, são regulamentos que servem para definir a etiquetagem de eficiência energética aplicados em edifícios comerciais, públicos e residenciais. Esses definem uma metodologia para classificar a edificação que esteja na fase de projeto ou in loco de acordo com a sua envoltória, iluminação e condicionamento de ar; por meios de métodos prescritivos ou de simulação para atender as normas da ABNT.

Foram criados manuais para ajudar na aplicação: o RTQ-R para residências unifamiliares e multifamiliares e o RTQ-C para edifícios comerciais, de serviços e públicos; onde apresenta procedimentos para alcançar níveis mais elevados de eficiência energética nas edificações para obter uma etiqueta que diz o quanto a edificação é eficiente. Isso não quer dizer que ela é definitiva, pois pode ser melhorada ao longo do tempo com novas tecnologias adquirindo hábitos para aumentar o ciclo de vida útil da construção e reduzindo ao máximo os desperdícios.

### 3 LEVANTAMENTOS DE PESQUISAS QUE PORPORCIONARAM COMENTÁRIOS/CRÍTICAS À NORMA

Na década de 90 para os dias atuais, a partir do momento que a Norma ia sendo usada com mais frequência, notou-se que o zoneamento de algumas cidades não encaixava por causa da diferença do clima. Alguns trabalhos de pesquisadores foram publicados com intuito de aperfeiçoar a Norma. Este levantamento foi feito a partir da pesquisa dos artigos gerados entre os anos de 1990 a 2012 nos ENTAC<sup>1</sup>, ENCAC<sup>2</sup> e CBEE<sup>3</sup> e a compilação de acordo com o tema deste trabalho.

#### 3.1 Estudo Mineiro para o Zoneamento

Este Artigo (GONÇALVES, et al. 2005) trata-se de resultados preliminares de um estudo para o zoneamento bioclimático de Minas Gerais, com base nas Tabelas de Mahoney, onde há um questionamento sobre a análise climática e as recomendações arquitetônicas, aplicadas a um projeto de HIS que viabilize o uso racional de energia.

GONÇALVES, et al., fazem um convênio entre a CEMIG, PUC-MINAS, UFMG e CEFET-MG para a elaboração das diretrizes citadas acima; o projeto é iniciado em agosto de 2002 e tem uma duração prevista para quatro anos e nesta etapa serão definidas as localidades representativas de cada região climática de Minas Gerais.

O método para classificação do zoneamento bioclimático do estado é baseado nas Tabelas de Mahoney, mas de acordo com ASSIS (2001) o ideal seria cruzar os dados de várias localidades, no entanto, o único local que dispõe de um índice de conforto validade é a cidade de Belo Horizonte. Para a classificação, foram utilizados os dados climatológicos mensais de temperatura média das máximas e das mínimas, umidade relativa média e pluviosidade, referente a setenta e nove cidades e ainda foi acrescentado os dados de mais doze cidades do entorno do estado.

---

<sup>1</sup> Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

<sup>2</sup> Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

<sup>3</sup> Congresso Brasileiro de Educação Especial

A partir desta aplicação, os dados foram agrupados treze grupos, que depois sofreram um novo reagrupamento e totalizando em cinco grupos com características semelhantes entre si.

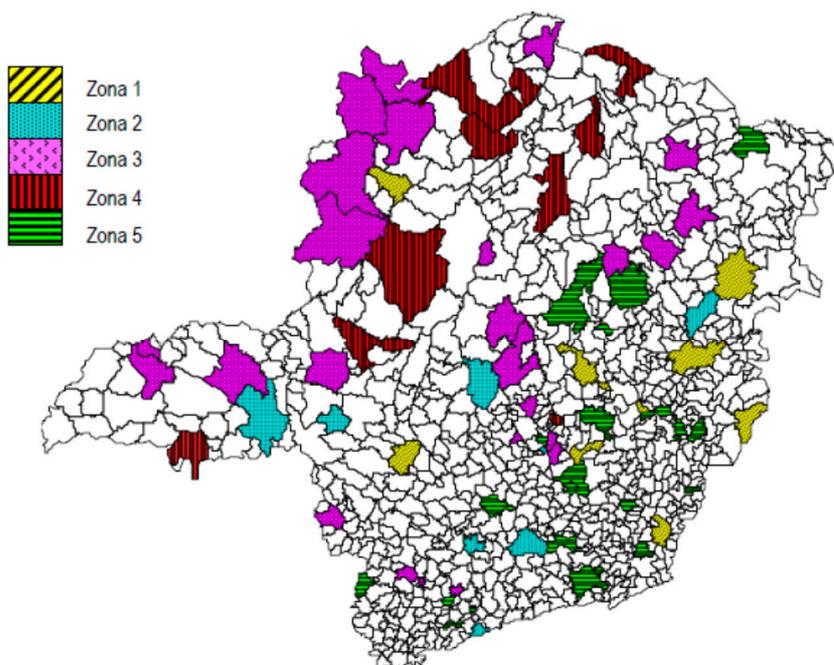


Figura 8 – Zoneamento Bioclimático preliminar

Fonte: Gonçalves, et al., 2003.

Para cada grupo foram criadas recomendações de acordo com a implantação; forma; ventilação; abertura, suas posições e proteção; parede e pisos e tratamento da superfície externa.

Com estes resultados, observa-se que não tem relação com a classificação climática de Koppen para o estado de Minas Gerais e por outro lado uma vez estabelecido o zoneamento bioclimático, poderá ser estudado os conjuntos de soluções com base nas recomendações criadas.

### 3.2 Discussão de estratégias através de estudo de caso

Este Artigo (PEREIRA; ASSIS, 2005) trata-se de uma discussão das diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo da NBR 15220-3 (2005), que avalia em específico um projeto arquitetônico original do Centro de

Demonstração e Pesquisa Aplicada em Eficiência Energética, CDPAEE/UFMG<sup>4</sup> (FIGURA 9) em Belo Horizonte com a utilização do *software* EnergyPlus<sup>5</sup>.

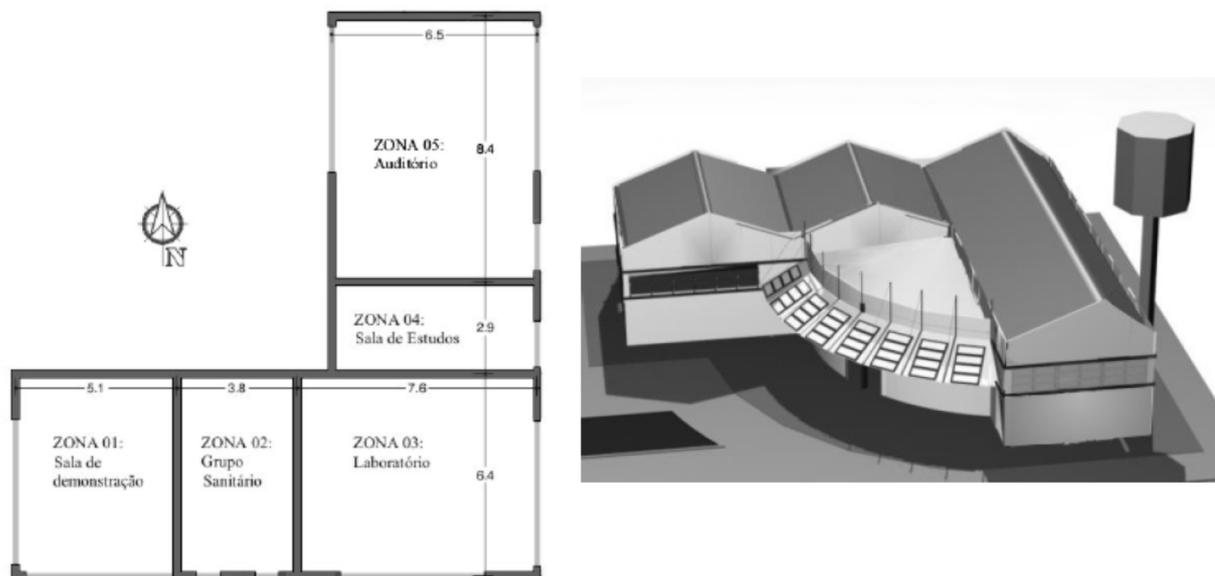


Figura 9 – Planta do CDPAEE (direita) e maquete eletrônica do CDPAEE (esquerda)

Fonte: Pereira, 2005.

PEREIRA e ASSIS tem como área de abrangência as HIS<sup>6</sup> e utiliza dos seguintes dados: NBR 15220-3; Diagrama de Givoni e tabela de Mahoney; para gerar gráficos conforme o Diagrama de Givoni e fazer simulação computacional.

As simulações são feitas anualmente, considerando o ano climático citado acima, selecionando as médias semanais no período que ocorrem temperaturas extremas (12 de janeiro, como período extremo quente e 07 de julho, como período extremo de frio) e tem como objetivo avaliar qual é o desempenho ambiental deste sistema, pela influência da inércia térmica das paredes e a avaliação dos materiais propostos pela Norma.

<sup>4</sup> O sistema construtivo do Centro concebe em estrutura metálica com vedações externas em chapas metálicas com núcleo de poliestireno expandido (EPS).

<sup>5</sup> Programa para análise do desempenho de edificações, que simula a carga térmica e análise energética de uma edificação e seus sistemas. Criado a partir dos programas BLAST e DOE-2 e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos.

<sup>6</sup> Habitações de Interesse Social

Portanto é explicado que o desempenho de paredes com inércia térmica conjugadas com coberturas isoladas, é recomendado de acordo com as Tabelas de Mahoney e na Zona Bioclimática 4 da NBR 15220-3, o uso em residências localizadas com clima semelhante a Belo Horizonte e os resultados das simulações são demonstrados por gráficos, onde cada cômodo do projeto (FIGURA 9) é estudado separadamente e comparado com e sem ocupação de acordo com suas características mencionadas.

Portanto o valor do coeficiente global de transferência de calor ( $U$ , em  $W/m^2.k$ ) para coberturas é maior do que o valor apropriado pela Belo Horizonte, sugerido pela Norma, porque os ambientes avaliados conservam-se muitos frios no inverno e muito quentes no verão para coberturas e para as paredes a variação depende da relação entre a carga térmica e o volume de ar do ambiente (baixa ocupação).

E com os resultados obtidos, é demonstrado que não podemos aplicar os métodos adotados para edificações comerciais, pois a variação de temperatura externa para a interna no verão não é significativa e não atinge a zona de conforto térmico no Diagrama de Givoni e as soluções de condicionamento passivo previstas na Norma não são suficientes para gerar o conforto térmico nos ambientes internos.

### 3.3 Discussão da classificação bioclimática de Belo Horizonte

Este Artigo (PEREIRA; ASSIS, 2005) trata-se de uma discussão da classificação bioclimática de Belo Horizonte proposta pelo projeto de norma de desempenho térmico de edificações, que elabora uma classificação bioclimática da cidade de Belo Horizonte e propõem novos critérios para o projeto de edificações de interesse social.

PEREIRA e ASSIS propõem uma nova classificação bioclimática e utiliza dos seguintes dados: NBR 15220-3; Diagrama de Givoni; tabela de Koppen e arquivo digital do ano de referência; para gerar uma avaliação estatística por meio de tabelas, adaptar o Diagrama de Givoni e criar recomendações para projetos arquitetônicos de HIS em Belo Horizonte.

Ao fazer a seleção do Ano Climático de Referência (TRY)<sup>7</sup> com dados a partir do ano de 1986 até 2000 cedidos pela Estação Padrão de Belo Horizonte<sup>8</sup>, foram usados os dados do ano de 1995 transformados em tabelas, onde a cidade de Belo Horizonte foi classificada como Aw<sup>9</sup> o que difere da classificação de Koppen que é Cwa<sup>10</sup> e que pode ter se ocasionado pelo efeito estufa e o crescimento urbano.

Com estes dados, e mais o Diagrama de Givoni adaptado por Roriz na Norma, foram plotados os pares psicométricos de temperatura de ar seco e úmido nos períodos de verão e inverno para cada zona bioclimática.

Portanto perceberam que ao comparar os dados obtidos, o clima de Belo Horizonte tinha um percentual superior a 50% das horas na zona de conforto e que na Norma o percentual era de estresse térmico de frio e calor. No entanto, as divergências dos resultados comparando com a Norma eram muitos a ponto de ter que mudar a classificação da Zona Bioclimática 3 para a 4, logo a cidade de Belo Horizonte não passaria a enquadrar com os climas de cidades litorâneas como Florianópolis e Santos e sim ao clima semiárido como o de Brasília, gerando assim recomendações para projeto arquitetônico na cidade (QUADRO 7).

---

<sup>7</sup> Test Reference Year, arquivos com dados climáticos horários de um ano típico usado por softwares de simulação de desempenho térmico e/ou energético.

<sup>8</sup> Estação de Lourdes, 5° Distrito de Meteorologia.

<sup>9</sup> Tropical úmido e seco ou savanas, temperaturas médias mensais superiores a 18°C, com estação seca no período do inverno.

<sup>10</sup> Tropical chuvoso, com distinto seco e temperatura do mês mais frio abaixo do de 18°C.

Zona	Zona Bioclimática 3	Zona Bioclimática 4
<b>Dados</b>	Normais Climatológicas	Ano Climático de Referência
<b>Cidades na mesma zona</b>	Florianópolis, Santos	Brasília
<b>Diagrama</b>	Figura 3	Figura 4 e Figura 5
<b>Recomendações para o verão</b>	J) Ventilação cruzada	H) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos em que a temperatura interna seja superior à externa)
<b>Recomendações para o inverno</b>	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
<b>Paredes</b>	Leves refletoras, com coeficiente global de transmissão térmica: $U \leq 3,60 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e atraso térmico: $\phi \leq 4,3$ horas	Pesadas, com coeficiente global de transmissão térmica: $U \leq 2,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e atraso térmico: $\phi \geq 6,5$ horas;
<b>Coberturas</b>	Leve e isolada, com coeficiente global de transmissão térmica: $U \leq 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e atraso térmico: $\phi \leq 3,3$ horas	Leve e isolada, com coeficiente global de transmissão térmica: $U \leq 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e atraso térmico: $\phi \leq 3,3$ horas
<b>Aberturas p/ ventilar</b>	Médias: $15\% < A < 25\%$ Permitir sol durante o inverno	Médias: $15\% < A < 25\%$ Sombrear aberturas

Quadro 7 – Recomendações para projetos arquitetônicos na cidade de Belo Horizonte

Fonte: Pereira, 2005.

### 3.4 Zoneamento Bioclimático X Potencial Eólico Brasileiro

Este Artigo (BASTOS; KRAUSE; BECK, 2007) trata-se de uma análise da Norma e a divisão estabelecida no zoneamento por conta do potencial regional dos ventos que não é considerado, além de discutir e propor um mapa de distribuição regional dos ventos.

BASTOS; KRAUSE; BECK, utilizam dados e informações dos Atlas Eólicos, entre 2001 e 2005 a partir das velocidades médias anuais e direções preferenciais, bem como características de rugosidade dos terrenos que são divididas por regiões: Bacia Amazônica Ocidental e Central, Bacia Amazônica Oriental, Zona Litorânea Norte-Nordeste, Litoral Nordeste-Sudeste, Elevações Nordeste-Sudeste, Planalto Central e Planaltos do Sul (FIGURA 10).

Com base na distribuição das regiões eólicas, foi sobreposto as zonas definidas pela Norma e observou uma variação significativa entre elas, principalmente onde estão as regiões da Amazônia, Nordeste e parte Leste do país. Desta forma, para cada região, foram definidos termos eólicos e observou que muitas vezes a temática da

ventilação natural nas edificações de clima tropical é deixada de lado na fase de projeto e suas características climáticas são determinantes para dar conforto higrotérmico aos usuários e eficiência energética às edificações.



Figura 10 – Mapa do Brasil com a distribuição regional de ventos em meso-escala

Fonte: Bastos; Krause; Beck, 2007.

### 3.5 Aperfeiçoamento dos Resultados no Estado de Minas Gerais

Este Artigo (ROCHA; ASSIS; GONÇALVES, 2009) apresenta o aperfeiçoamento de resultados do zoneamento bioclimático para o estado de Minas Gerais, agregando dados regionais de vento e também uma análise comparativa dos resultados obtidos com os da Norma, utilizando dos seguintes dados: NBR 15220-3; tabela de Mahoney; RNA-Clima e mapas do INPE; para criar recomendações para o projeto arquitetônico em Minas Gerais a partir da superposição dos ventos na Norma.

ROCHA; ASSIS; GONÇALVES, ao aplicar os pontos do território mineiro obtidos no simulador climático (RNA), obteve 16 grupos que apresentavam semelhanças nas recomendações de projeto de acordo com a Norma. Logo, foi feito um novo reagrupamento a partir da comparação das características de cada zona e chegando a um resultado de 4 zonas bioclimática no estado de Minas Gerais, sendo as zonas 1 e 2 mais significativas.

A partir deste resultado, são feitas recomendações arquitetônicas baseadas nas tabelas de Mahoney partindo de três aspectos fundamentais: implantação, tipo de envoltória e aberturas para ventilação e para completar foi sobreposto o mapa de ventos, gerando um empasse por causa da grande diversidade de ventilações nas zonas 1 e 2 ocasionando a possível criação de subáreas com as mesmas características, enquanto nas outras zonas necessitaria de complementação de dados da direção predominante.

Sugerem que com a utilização das tabelas de Mahoney e os dados seriam uma complementação nos resultados para edificações a fim de potencializar o uso da ventilação natural, porém, os pontos negativos são o reagrupamento gerando 4 zonas bioclimática contra 6 zonas bioclimática geradas pela Norma, nos levando a um limitador de recomendações e a resultantes onde quase não apresentaram nenhuma semelhança com a Norma.

### 3.6 Análise comparativa entre resultados gerados por diferentes Normas Brasileiras

Este Artigo (LOURA; ASSIS; BASTOS, 2011) trata-se de uma análise comparativa entre a NBR 15575:2008 e o RTQ-R (PROCEL), fim de obter direcionamentos que possam contribuir com as discussões relativas à revisão da NBR 15220-3 a partir de um estudo de caso situado na cidade do Rio de Janeiro (Zoneamento Bioclimático 8).

Como objeto de estudo, foi adotada uma edificação multifamiliar localizada no bairro de Taquara, zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, em que foram obtidos os

valores médios de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância da composição das paredes, esquadrias e cobertura. Estes resultados foram sintetizados em tabelas com pré-requisitos no zoneamento bioclimático 8 de acordo com os termos físicos e de envoltórias, e utilizando primeiro o método RTQ-R e depois a norma.

Os resultados obtidos pelo RTQ-R, indica que a edificação teve nível B de desempenho e que para chegar ao nível A, a cobertura fosse modificada, poderia sofrer uma melhoria geral em todas as unidades. Já os resultados da Norma, a cobertura também não atenderia os critérios de transmitância propostas por ela e a avaliação seria que não atenderia os critérios mínimos exigidos.

Portanto os resultados são bem diferentes entre si, por um lado a edificação ganhou um conceito considerado bom de acordo com os parâmetros do RTQ-R e no caso da Norma não conseguiu alcançar a classificação mínima, isso pode gerar dificuldades principalmente no desenvolvimento de produtos para atender a construção civil, causando problemas na hora da etiquetagem ser incompatível com o desempenho térmico, precisando de um estudo mais rigoroso nos outros zoneamentos com a norma e a etiquetagem.

### 3.7 Reflexões sobre o Semiárido Nordestino

Este Artigo (MARTINS; BITTENCOURT; KRAUSE, 2012) trata-se de examinar o zoneamento bioclimático brasileiro com foco no semiárido nordestino por meio de simulação computacional de acordo com as diretrizes construtivas recomendadas pela Norma, avaliando e discutindo os resultados obtidos a partir dos seguintes dados: NBR 15220-3; mapas do INPE; Diagrama de Givoni e arquivo digital do ano de referência.

Ao fazer a seleção do Ano Climático de Referência (TRY) com dados a partir do ano de 1997 até 2010 cedidos pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LabEEE – UFSC) e pelo INMET transformados em tabelas para as cidades de Maceió, Pão de Açúcar e Petrolina, foi modelada uma HIS (FIGURA 8) de acordo

com a Norma abrangendo somente as zonas bioclimáticas 7 e 8 considerando os seguintes parâmetros: tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas e vedações externas, tomando como base um padrão de ocupação de quatro pessoas por edificação com aproximadamente 63 m<sup>2</sup>.

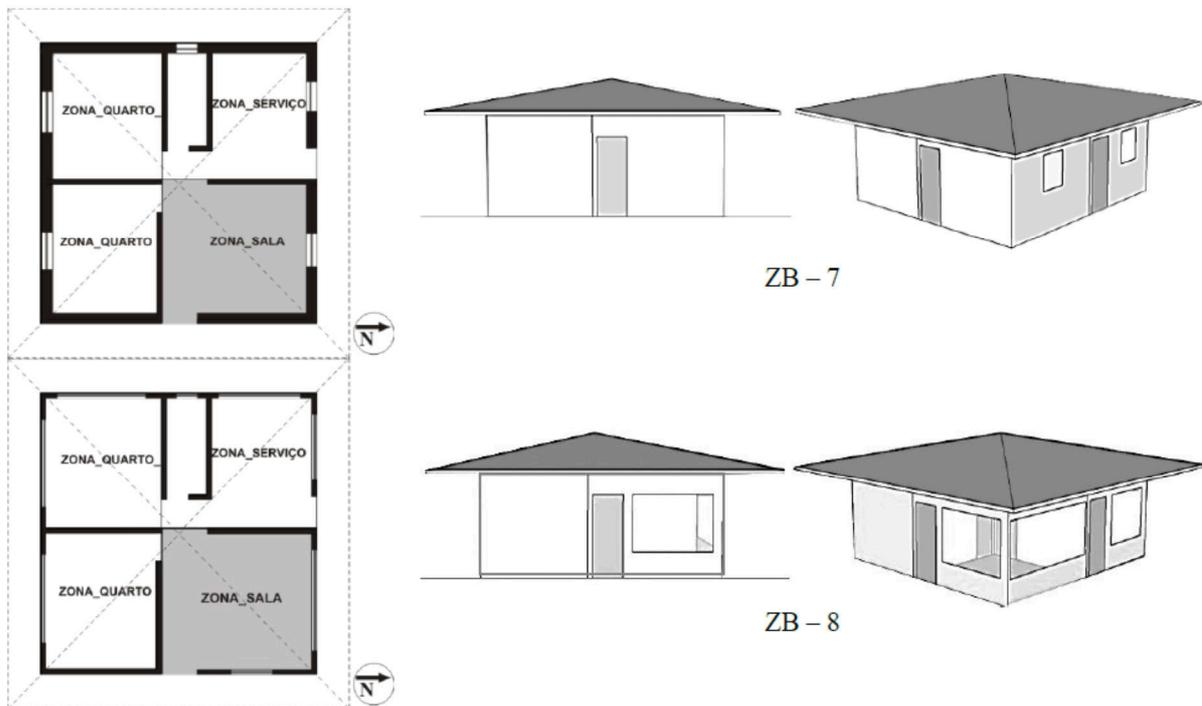


Figura 11 – Planta esquemática com as zonas térmicas consideradas no estudo de simulações, fachadas e perspectivas da habitação popular de referencia para as duas zonas bioclimáticas investigadas

Fonte: Martins, Bittencourt e Krause, 2005.

Martins *et al.* (2005) perceberam que a avaliação por simulação computacional foi conforme as prescrições da Norma, mas dependendo da época do ano poderia existir uma zona de transição entre as estudadas e principalmente que a cidade de Pão de Açúcar, além de outras cidades da mesma mesorregião tem características que se assemelham a zona bioclimática 7 e não a 8 onde se enquadra atualmente. Por isso sugeriram a criação de subzonas ou um zoneamento sazonal, de forma a permitir a visualização de estratégias e diretrizes para cada estação climática (verão e inverno) e a especificar materiais construtivos para melhor adequação das mudanças de fase, mas para isso acontecer tem que suprir a carência de estações meteorológicas automáticas e disponibilidade de dados confiáveis.

## 4 PROPOSTAS DE REVISÃO DO ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

Neste item veremos que Roriz, depois de 13 anos de pesquisa e questionamentos com vários arquitetos, engenheiros e outras pessoas ligadas ao tema do zoneamento; RORIZ elabora duas propostas de revisão do Zoneamento Bioclimático, a partir de alguns aspectos que foram discutidos desde a realização do primeiro encontro sobre a Normalização em Uso Racional de Energia e Conforto Ambiental em Edificações: utilização das normais climatológicas em aproximadamente 300 municípios; o zoneamento foi proposto para HIS, mas tem sido usado para qualquer tipo de edificação; os limites para obter a localização de cada zona baseados na Carta Bioclimática de Givonni e as Tabelas de Mahoney; e as críticas apresentadas por causa da imprecisão na caracterização climática das cidades brasileiras.

RORIZ coloca à disposição estas pesquisas em seu *site*<sup>11</sup>, além de um programa RevZbBr onde o usuário pode alterar e avaliar os resultados em qualquer ponto do país das três propostas criadas por ele e salvos em arquivos TXT que pode ser aberto em vários programas, e duas bases de dados: uma com os dados climáticos de 411 municípios para utilizar no programa Energyplus e a outra são as médias de temperaturas mínimas e máximas de 1592 localidades (1116 de estações e 476 por satélite), mais alguns por interpolação no programa Kriging. O único ponto negativo é que não há como saber sobre o grupo de discussão, se existe ou não e como temos acesso aos outros profissionais que participam.

### 4.1 Primeira Proposta

RORIZ avalia e discute os resultados obtidos a partir dos seguintes dados da terminologia das médias mensais mínimas e máximas do ar; amplitudes térmicas e médias anuais da temperatura do ar e da amplitude térmica, obtidos pelo INMET, por regressão linear múltipla e interpolação.

---

<sup>11</sup> [http://www.roriz.eng.br/zoneamento\\_10.html](http://www.roriz.eng.br/zoneamento_10.html)

No grupo do INMET, são usados 400 municípios com as temperaturas mínimas e máximas de anos atípicos calculados nos períodos de 2000 a 2010 de estações automáticas; 22 municípios por estações convencionais e 188 municípios por Normais Climatológicas no período de 1961 a 1990. Estes dados correspondem a 11% dos 5.564 municípios existentes em todo Brasil. Já os valores obtidos por regressão linear múltipla, são utilizados os 4954 municípios restantes, cuja suas bases foram calculadas com dados de 575 municípios que proporcionaram as melhores correlações e descartadas 6% dos 610 referentes ao grupo do INMET (FIGURA 9). E os valores obtidos por interpolação, foram feitos por falta de dados referentes às altitudes, as regressões anteriores não foram aplicadas em pontos fora das sedes municipais; e então foi dividido o território brasileiro em 233.455 células, que foram utilizadas no programa Surfer-9<sup>12</sup> usando o método Kriging<sup>13</sup>.

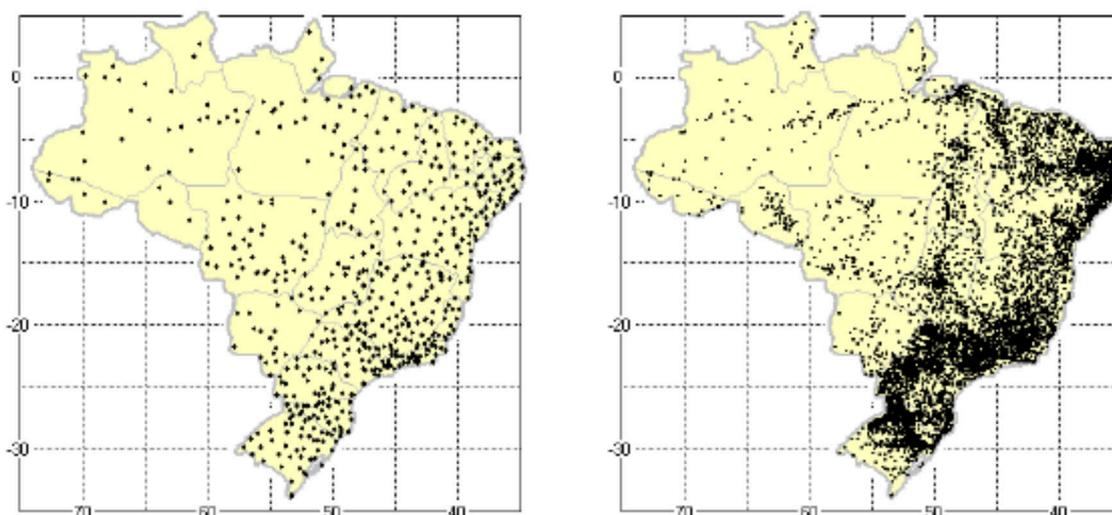


Figura 12 – Sedes dos 610 municípios do Grupo do INMET (à esquerda) e Sedes dos 5564 municípios brasileiros (à direita)

Fonte: Roriz, 2012.

Os critérios para definição das Zonas Bioclimáticas foram divididos de acordo com a diversidade climática em relação ao comportamento térmico e energético de edificações, RORIZ diz que os critérios são excessivamente rigorosos, por isso

<sup>12</sup> GOLDEN SOFTWARE, 2010

<sup>13</sup> Kriging é um método de regressão usado em geoestatística para aproximar ou interpolar dados. A teoria foi desenvolvida por Daniel G. Krige e pelo matemático francês Georges Matheron, na década de sessenta.

resultam em uma grande quantidade de zonas e devido as “Ilhas de Calor”, dois bairros de uma mesma cidade podem apresentar climas distintos.

Ao classificar o clima, Ele usa quatro parâmetros: a média anual da temperatura do ar; a diferença entre a maior e a menor temperatura média mensal, a média anual da amplitude térmica e a diferença entre a maior e a menor amplitude térmica mensal. A partir desses resultados e dos dados do grupo do INMET, foi criada uma tabela (QUADRO 8) com vinte zonas que tem diferenças na abrangência e na distribuição geográfica.

			TmedAno ≤ 20		20 < TmedAno ≤ 26		TmedAno > 26
			dT ≤ 8.4	dT > 8.4	dT ≤ 5.4	dT > 5.4	
			A1	A2	B1	B2	C1
AmedAno ≤ 10	dA ≤ 2.3	D1	Z1: A1D1	Z5: A2D1			
	dA > 2.3	D2	Z2: A1D2	Z6: A2D2			
AmedAno > 10	dA ≤ 2.3	E1	Z3: A1E1	Z7: A2E1			
	dA > 2.3	E2	Z4: A1E2	Z8: A2E2			
AmedAno ≤ 10	dA ≤ 3.6	D1			Z9: B1D1	Z13: B2D1	
	dA > 3.6	D2			Z10: B1D2	Z14: B2D2	
AmedAno > 10	dA ≤ 3.6	E1			Z11: B1E1	Z15: B2E1	
	dA > 3.6	E2			Z12: B1E2	Z16: B2E2	
AmedAno ≤ 10	dA ≤ 4.2	D1					Z17: C1D1
	dA > 4.2	D2					Z18: C1D2
AmedAno > 10	dA ≤ 4.2	E1					Z19: C1E1
	dA > 4.2	E2					Z20: C1E2

Quadro 8 – Hipótese do conjunto de critérios para definição das Zonas Bioclimáticas

Fonte: Roriz, 2012.

Os resultados obtidos foram transformados em gráficos a partir das temperaturas médias anuais >10 ou ≤ 10 e depois de acordo com o QUADRO foram lançados no mapa (FIGURA 13 à 15) da seguinte forma: zonas com temperaturas médias anuais abaixo de 20°C que correspondem às 01 a 08, as zonas entre 20 e 26°C que correspondem as 09 a 16 e as zonas acima de 26°C que correspondem as 17 a 20.

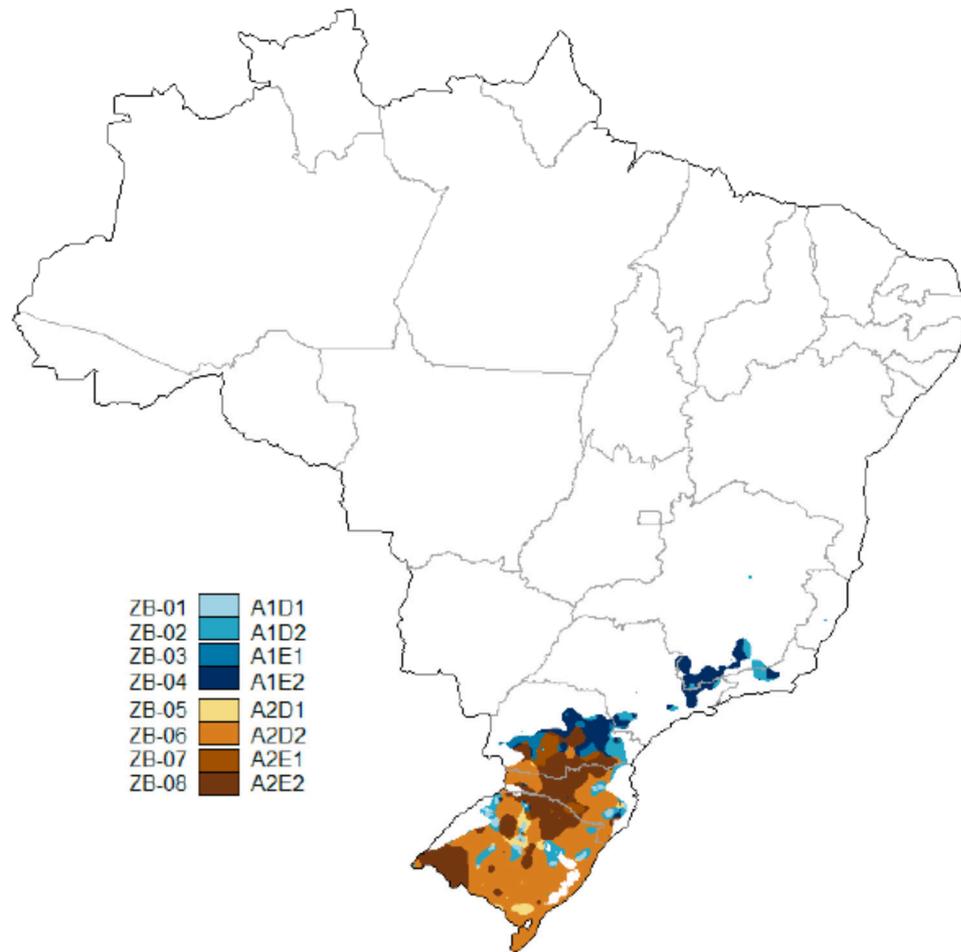


Figura 13– Zonas com temperaturas médias anuais abaixo de 20°C

Fonte: Roriz, 2012.

Contudo, RORIZ, diz que os mapas ficam muito confusos quando as altitudes são consideradas e no caso de cidades que tem várias estações do INMET, como o Rio de Janeiro por exemplo, em alguns bairros foram classificados em três zonas distintas. Ele levanta além destas questões, a principal que o método adotado possa ser incluído na Norma: a substituição no cálculo da Umidade pela Amplitude Térmica e a permissão que diferentes tipos de edificações, não só as HIS, usem recomendações distintas.

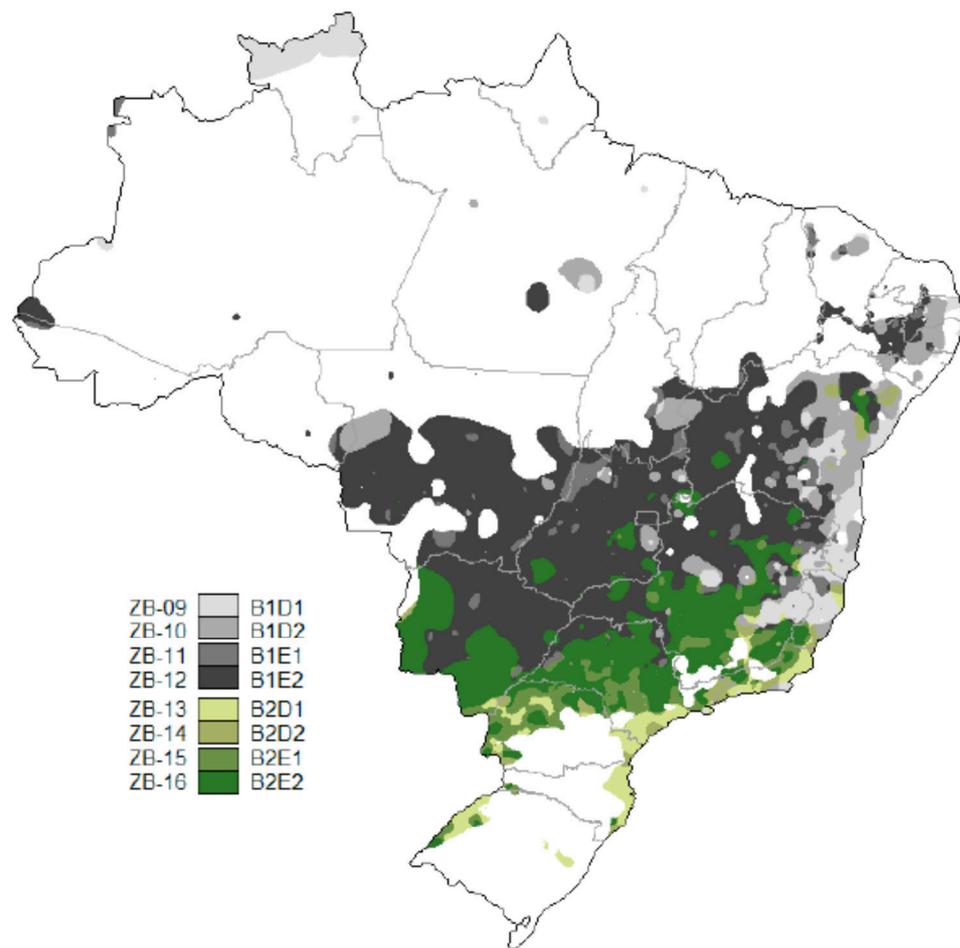


Figura 14 – Zonas com temperaturas médias anuais entre 20 e 26°C

Fonte: Roriz, 2012.

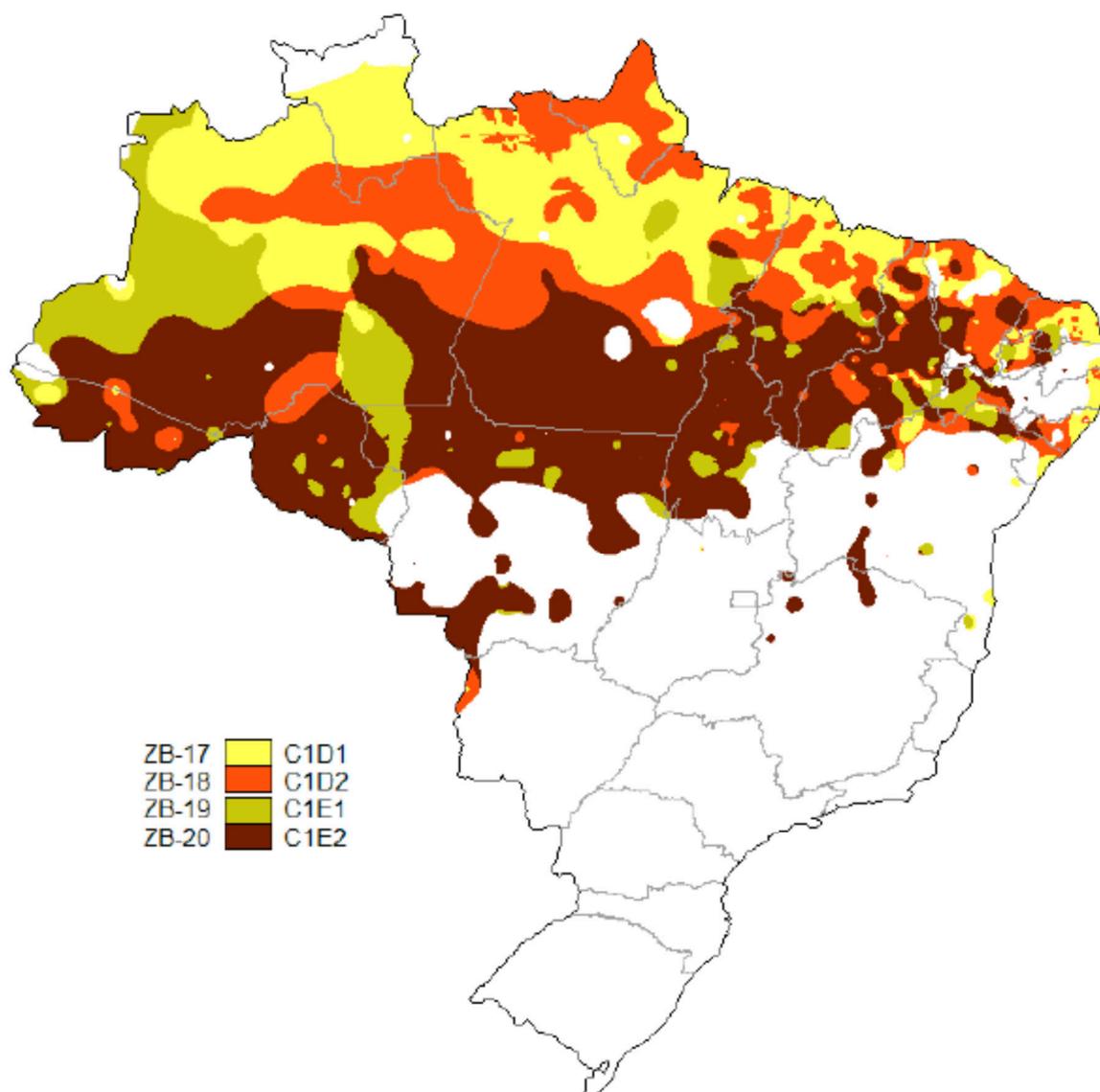


Figura 15 – Zonas com temperaturas médias anuais acima de 26°C

Fonte: Roriz, 2012.

## 4.2 Segunda Proposta

RORIZ substituiu a proposta anterior por esta, usa as críticas e sugestões mais pertinentes que foram discutidas na primeira proposta para preencher as lacunas. Esta aumenta o número de pontos medidos que era de 610 e passa a ser de 1.281, onde as temperaturas que não tinham dados foram medidas por meio de satélite e depois sofreram interpolação, chegando a fazer uma compatibilização em diferentes períodos.

Código da fonte	Número de lugares	Fonte
1	345	Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990). Edição revista e ampliada (BRASIL, 2009)
2	237	Arquivos EPW (EnergyPlus Weather File) que constam da base da ANTAC (RORIZ, 2012)
3	37	Normais Climatológicas do Brasil (1931-1960). (BRASIL, 1969)
4	19	Estações convencionais do INMET (período entre 2000 e 2010)
5	306	Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento [www.agritempo.gov.br/].
6	151	CIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Estado de São Paulo. [www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline]
7	6	SIMEHGO - Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás [www.simego.sectec.go.gov.br]
8	3	SEPLAN-MT - Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Mato Grosso [www.zsee.seplan.mt.gov.br]
9	3	Dissertação de Mestrado de Maria da Graça Pimentel, UFPEL, 2007 [http://www.ufpel.edu.br/meteorologia/pos-graduacao/dissertacoes]
10	9	SIMGE - Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais [www.simge.mg.gov.br/base_dados/index.html]
11	168	Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente [http://hidroweb.ana.gov.br/]

Quadro 9 – Fontes dos dados adotados de Tmax e Tmin

Fonte: Roriz, 2012.

As terminologias são as mesmas utilizadas anteriormente e os dados são obtidos pelas fontes que estão demonstrados em forma de tabela (QUADRO 9) e no caso das regiões que não tem seus dados monitorados, RORIZ adotou as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas medidas pela NASA.

As lacunas foram preenchidas por meio de observação do comportamento das cidades mais próximas e as suas variações das médias mensais, como no exemplo citado pelo autor ao considerar algumas cidades mineiras (TABELA 1). Suponhamos que para calcular os dados da Cid1 que estão faltando na coluna H (TABELA 2), basta calcular as médias mensais da coluna F com as outras cidades próximas e depois determinar o fator FT dado pela equação:  $FT(m) = [Med(m) - Min] / Amp$ , onde  $FT(m)$  é o fator mensal de definição da curva típica de variação das temperaturas (Coluna G) e  $Med(m)$  são as médias mensais das temperaturas. Posteriormente, basta determinar a equação da regressão linear e estimar as temperaturas desconhecidas, por meio da equação da regressão (GRÁFICO 1).

Número	Lugar	Latit.	Longit.	Altitude
1	Cambuquira	-21.85	-45.3	950
2	Caxambu	-21.967	-44.933	959
3	Ouro Fino	-22.283	-46.367	926
4	Passa Quatro	-22.383	-44.967	920

Tabela 1 – Cidades mineiras para efeito de cálculo

Fonte: Roriz, 2012.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Mês	Cid1	Cid2	Cid3	Cid4	Médias	FT	Cid1	Estim
Jan	17.4	16.9	16.7	16.9	16.83	0.985	17.4	
Fev	17.7	16.9	17.1	16.9	16.97	1.000	?	17.6
Mar	17.0	15.7	16.1	16.1	15.97	0.885	?	16.8
Abr	14.6	13.8	14.2	13.8	13.93	0.653	14.6	
Mai	12.0	10.2	11.5	10.2	10.63	0.275	12.0	
Jun	11.2	8.2	10.5	8.2	8.97	0.084	?	11.1
Jul	10.5	7.4	10.0	7.3	8.23	0.000	?	10.5
Ago	12.2	9.1	11.2	8.7	9.67	0.164	?	11.7
Set	13.9	11.7	13.4	11.3	12.13	0.447	13.9	
Out	15.6	14.3	14.2	14.3	14.27	0.691	15.6	
Nov	16.3	15.2	15.4	15.4	15.33	0.813	16.3	
Dez	17.1	15.9	16.2	16.5	16.20	0.912	17.1	
Amp (Max-Min) =					8.73			

Tabela 2 – Exemplo de preenchimento dos dados faltantes nas bases climáticas

Fonte: Roriz, 2012.

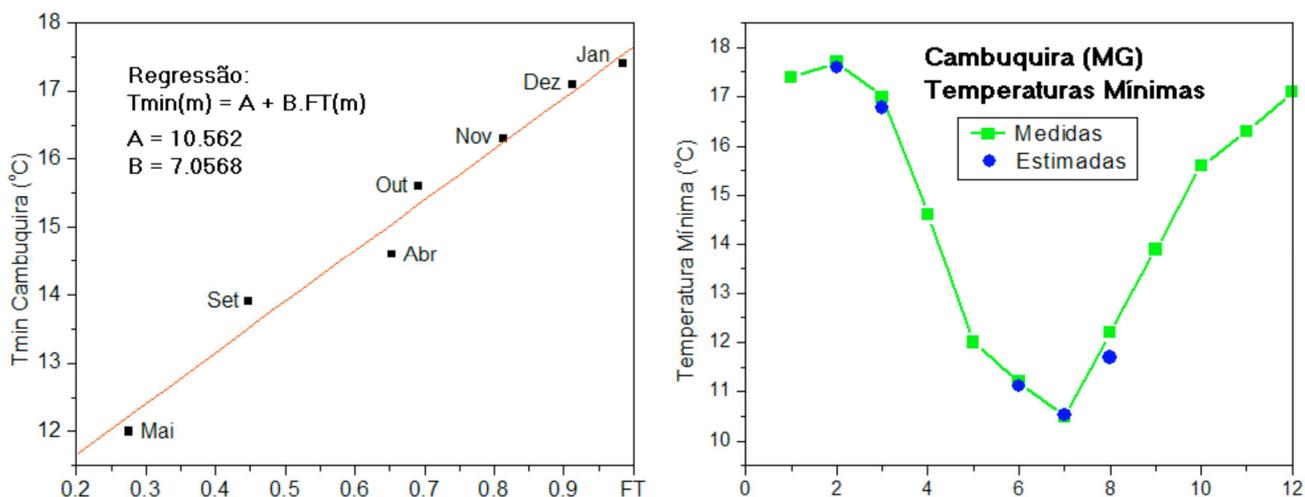


Gráfico 1 – Exemplo da equação de regressão e suas estimativas

Fonte: Roriz, 2012.

A partir do preenchimento das lacunas, começa o processo para compatibilização entre os dados monitorados nos vários períodos, através de um método que identifica as taxas anuais de variação das temperaturas típicas de cada região do país (Mudanças climáticas Globais), que depois será aplicada no ano de 2010 para gerar critérios ao definir o zoneamento.

RORIZ, fala que chegou a dois parâmetros (QUADRO 10) para classificar, pois a classificação dos zoneamentos tinha que ter abrigo a diversidade climática de forma que poderia ser usada por quase todas as áreas e por ter alguns critérios rigorosos, chegaria a um ponto em que dois bairros de uma mesma cidade poderiam estar em climas distintos, as famosas “Ilhas de Calor” ou poderiam dificultar o entendimento nas diferenças do zoneamento por conta de critérios genéricos. Após calculados os valores de GhC e GhF, são definidas 16 Zonas Bioclimáticas, de acordo com os intervalos (FIGURA 17).

Portanto, Roriz criou cinco intervalos tanto para o verão quanto para o inverno com um limite de conforto térmico entre 18°C e 28°C e com os resultados obtidos a partir dos gráficos gerados foi classificando cada cidade em um zoneamento: 01 para o mais frio, até 16 para o mais quente (FIGURA 17); e ocorrendo assim em zoneamentos de clima frio encontrar cidades de clima razoavelmente de clima quente e vice e versa.

PARÂMENTRO 01		PARÂMENTRO 02			
Proporcional ao total anual de graus-horas de calor		Proporcional ao total anual de graus-horas frio			
$GhC = \sum_{m=1}^{12} T_{max}(m) - 28$ Se $T_{max}(m) > 28^{\circ}C$ $T_{max}(m)$ = Média das temperaturas máximas do mês "m"		$GhF = \sum_{m=1}^{12} 18 - T_{min}(m)$ Se $T_{min}(m) < 18^{\circ}C$ $T_{min}(m)$ = Média das temperaturas mínimas do mês "m"			
Diagrama de Givoni com intervalo entre 18 e 28°C, sendo 18°C o limite inferior da zona de conforto e 28°C uma média entre os limites superiores para diferentes taxas de umidade.					
GhC	GhF				
	>65	45-65	25-45	5-25	≤5
≤5	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5
5-25	ZB6	ZB7	ZB8	ZB9	ZB10
25-45	-	-	ZB11	ZB12	ZB13
45-65	-	-	-	ZB14	ZB15
>65	-	-	-	-	ZB16

Quadro 10 – Parâmetros para classificação dos Zoneamentos Climáticos

Fonte: RORIZ, 2012, p. 8.

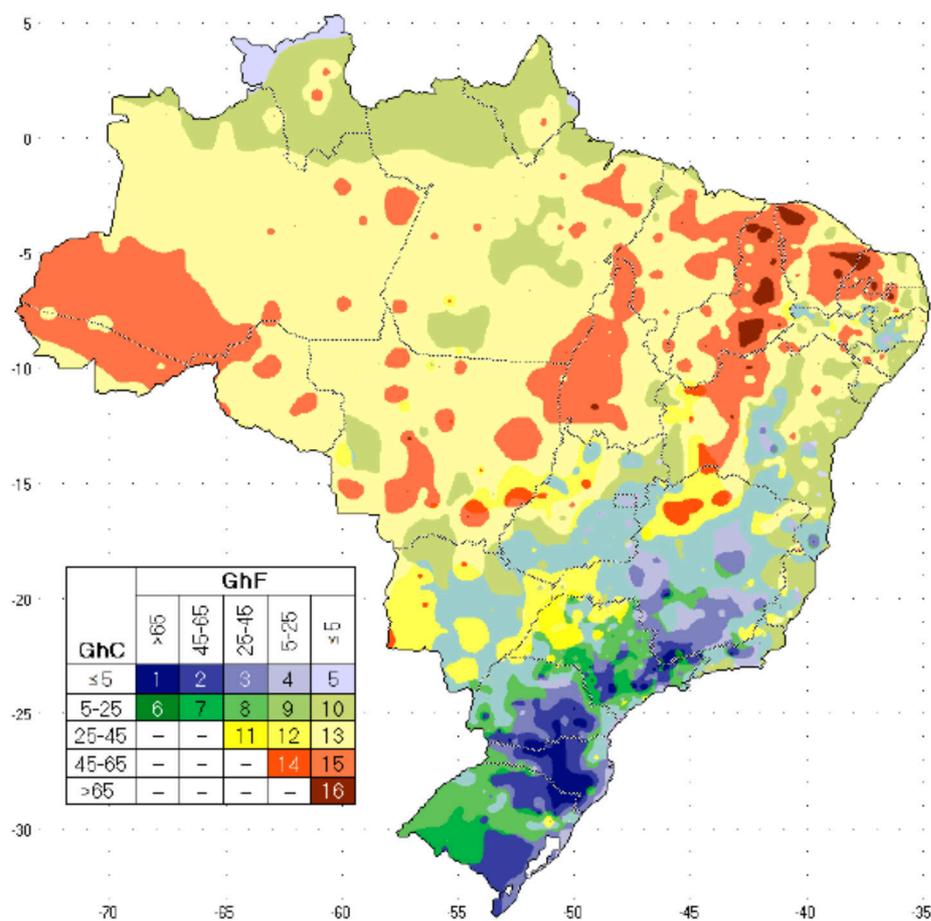


Figura 16 – Mapeamento do Zoneamento Bioclimático do Brasil

Fonte: Roriz, 2012.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento, com a análise das pesquisas citadas neste trabalho, são identificadas críticas/comentários em dois tópicos principais: o clima e os parâmetros climatológicos. A partir das identificações desses tópicos em suas pesquisas, alguns autores apontam um problema em comum: a adequação e a revisão da norma.

O clima tem sua lacuna gerada em torno principalmente da falta de base de dados climatológicos de algumas cidades para ser compilada a interpolação dos mesmos para confecção de gráficos e dar prosseguimento na pesquisa, o que acaba ocorrendo uma discrepância no resultado com o respectivo zoneamento em que se enquadra o objeto simulado. PEREIRA, após simular um edificação que está presente no zoneamento 3, conclui que a mesma não deveria fazer parte desta zona e sim da zona 4, pois as cidades que a englobam tem um tipo de clima distinto entre si.

Os parâmetros climatológicos são obtidos a partir de uma base de dados correta e é determinante na utilização das metodologias construtivas para adequação do conforto térmico do usuário à edificação de destino. Há um entrave, pois algumas das técnicas ou materiais não adaptam ao clima, ou o projetista não sabe como especificá-la, ou se for para um uso que não seja residencial não existe uma norma relacionada ou específica, ocasionando a interrupção da pesquisa. BASTOS, KRAUSE, BECK; dizem que para um clima tropical deve ser acrescentados parâmetros hidrotérmicos na ventilação natural e deve ser subdividido entre inverno e verão, para confecção dos parâmetros adequados.

As novas propostas para a norma elaborada por RORIZ tentam sanar as lacunas da má distribuição climatológica das cidades em seus zoneamentos. Na primeira a captação de dados climatológicos é menor que a segunda, onde Ele pelo processo de interpolação usa os dados obtidos e cria gráficos das temperaturas médias para verão e para inverno para cada cidade brasileira.

Na Norma há oito zonas, RORIZ abandona todas estas e cria 16 novos zoneamentos que vão desde o clima muito frio passando pela zona de conforto que é delimitada entre 18°C e 28°C até chegar ao clima mais quente. Esta pesquisa é dividida em duas propostas onde o que diverge são a quantidades de cidades analisadas, seu objetivo é enquadrar as cidades que apresentarem o mesmo clima em um zoneamento.

No entanto, algumas cidades acabaram tendo seu clima classificado em mais de uma zona, podendo algumas chegar a três zoneamentos distintos e isso se dá por conta das “ilhas de calor”, uma mudança térmica de uma área urbanizada onde a umidade do ar, da precipitação e do vento sofrem alterações decorrentes das alterações na paisagem feitas pelo o homem.

Entretanto, mesmo com uma nova proposta de reestruturação da Norma na classificação dos zoneamentos, são necessárias que as diretrizes construtivas também sofram uma reformulação e adequação às novas zonas criadas. Todos os critérios para a classificação bioclimática, indicadores de desempenho térmico de coberturas e paredes externas, recomendações quanto ao dimensionamento e sombreamento; e principalmente as estratégias bioclimáticas para inverno e verão tem que ser pensado e levado em conta na hora de projetar, pois agora a Norma não estará tratando somente de habitações sociais. Mas poderá incluir todo e qualquer tipo de edificação seja ela residencial comercial ou industrial, existente ou a ser projetada, com ou sem etiquetagem de eficiência energética.

Por conta de todas essas questões geradas em torno do Zoneamento Bioclimático em vigor, pode-se dizer que é necessário uma revisão a partir da nova proposta abordada por RORIZ, para que esta seja coerente com a NBR 15575 e RTQ's e possa ser aplicada ao projeto de novas edificações para se alcançar a eficiência energética na edificação.

Espera-se com este trabalho, colaborar para que a discussão sobre a NBR 15220-3 seja levada adiante e os problemas apontados possam ser desenvolvidos em outros trabalhos.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BASTOS, L. E. G.; KRAUSE, C. B.; BECK L. Estratégias da Ventilação Natural em Edificações de Interesse Social e Norma ABNT 15220-3: Zoneamento Bioclimático X Potencial Eólico Brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., Ouro Preto, 2007. **Anais...** p. 172-180.

GONÇALVES, W. B.; RIBEIRO, M. A.; ASSIS, E. S.; ZAMORANO, L. G.; TORRES, I. A.; BUONICONTRO, L. S.; DINIZ, A. S. A. C. Estudo de Zoneamento Bioclimático para o Estado de Minas Gerais com Base nas Tabelas de Mahoney - Considerações sobre a Metodologia e Resultados Preliminares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Curitiba, 2003. **Anais...** p. 241-248.

Loura, R. M.; Assis, E. S., Bastos, L. E. G. Análise Comparativa entre Resultados de Desempenho Térmico de Envoltórias de Edifício Residencial Gerados por Diferentes Normas Brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Rio de Janeiro, 2011. **Anais...**

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 7. ed. rev. amp. São Paulo: Atlas, 2007.

Martins, T. A. L.; Bittencourt, L. S.; Krause, C. M. L. B. Contribuição ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro: Reflexões Sobre o Semiárido Nordeste. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2012, Porto Alegre. **Anais...** p. 59-75.

PEREIRA, I.; ASSIS, E. S. Discussão da Classificação Bioclimática de Belo Horizonte Proposta Pelo Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Maceió, 2005. **Anais...** São Paulo: ANTAC/UFAL, 2005a. p. 1490-1498.

PEREIRA, I.; ASSIS, E. S. Discussão das Estratégias Propostas Pelo Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações através de Estudo de Caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** São Paulo: ANTAC/UFAL, 2005b. p. 1480-1489.

ROCHA, A. P. A.; ASSIS, E. S.; GONÇALVES, W. B. Zoneamento Bioclimático do Estado de Minas Gerais: Aperfeiçoamento dos Resultados. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2009, Natal. **Anais...** p. 800-809.

MARTINS, T. A. L.; BITTENCOURT, L. S.; KRAUSE, C. M. L. B. Contribuição ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro: Reflexões sobre o Semiárido Nordeste. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4 a 6., 2012, Porto Alegre. **Anais...** v.12, n. 2, p. 59-75.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1999.

RORIZ. Uma proposta de revisão do Zoneamento Brasileiro. In: I ENCONTRO NACIONAL SOBRE NORMALIZAÇÃO EM USO RACIONAL DE ENERGIA E

CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 2012, Florianópolis. São Paulo: ANTAC/UFAL, 2012.

RORIZ. Segunda proposta de revisão do Zoneamento Brasileiro. In: I ENCONTRO NACIONAL SOBRE NORMALIZAÇÃO EM USO RACIONAL DE ENERGIA E CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 8., 2012, Florianópolis. São Paulo: ANTAC/UFAL, 2012.