

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

WEVILA FONTES BRANDÃO CORREIA

Arquitetura e Clima no Contexto do Sertanejo Semiárido : Estratégias Bioclimáticas para Cidade de Mata Grande - AL



MACEIÓ
2012

WEVILA FONTES BRANDÃO CORREIA

**Arquitetura e Clima no Contexto do Semiárido:
Estratégias Bioclimáticas para Cidade de Mata Grande – AL.**

Dissertação de mestrado apresentada a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profª Drª Gianna Melo Barbirato

MACEIÓ

2012

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- C824a Correia, Wevila Fontes Brandão.
Arquitetura e clima no contexto do semiárido: estratégias bioclimáticas para a cidade de Mata Grande-AL / Wevila Fontes Brandão Correia. – 2012.
170 f.: il.
- Orientadora: Gianna Melo Barbirato.
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2012.
- Bibliografia: f. 156-166.
Anexos: f. 167-170.
1. Arquitetura e clima. 2. Zoneamento bioclimático – Brasil. 3. Mata Grande (AL) – Microclima urbano. 4. Condicionamento térmico passivo. I. Título.

CDU: 728(813.5)

WEVILA FONTES BRANDÃO CORREIA

Arquitetura e Clima no Contexto do Semiárido: Estratégias Bioclimáticas para Cidade de Mata Grande – AL.

Dissertação de mestrado apresentada a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

APROVADA EM 26/10/2012

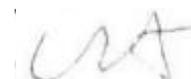
BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. GIANNA MELO BARBIRATO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL



Prof. Dr. LEONARDO SALAZAR BITTENCOURT
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL



Prof^a. Dr^a. CLÁUDIA MARIZ DE LYRA BARROSO-KRAUSE
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFRJ



Prof^a. Dr^a. JOSEMARY OMENA PASSOS FERRARE
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio e pelos créditos dados à minha formação. Primeiramente e, sobretudo ao Elvio, agora oficialmente meu marido, pelo amor, atenção e apoio dado em todos os momentos importantes da minha vida. Aos meus pais, Rosa e Gilson, que mesmo distantes fazem parte desta conquista. Aos meus segundos pais, Everaldo e Masé, sempre prestativos e presentes em minhas vitórias e derrotas. Ao meu cunhado Elder, pela convivência.

Aos meus amigos, principalmente Kamila, pela ajuda prestada, técnica e emocional, bem como por sua amizade verdadeira. Aos amigos do GECA que de alguma forma me ajudaram nesse trabalho, em especial à Ana Márcia e à Jordana pela antiga amizade, ao Silas e ao Alexandre pelas conversas sobre a vida. Aos amigos do DEHA, minha turma de mestrado, principalmente à Luciane, com quem pude conviver e dividir experiências.

Aos que colaboraram diretamente para realização deste trabalho. À Gianna Barbirato, não somente por ser minha orientadora, mas também minha amiga e *mãe da graduação*, pessoa que acompanhou minha história acadêmica e que sempre acreditou em meus esforços. À Isabela, por todo suporte técnico dado, inclusive pela autoria de um dos trabalhos que inspiraram essa pesquisa. Ao professor Manuel Toledo (*in memoriam*) pela simpatia e ajuda prestada. Ao departamento do INMET em Recife (PE) pela disponibilidade dos dados utilizados. À professora Iraci Pereira pelo auxílio em uma das etapas.

Por fim, às pessoas presentes de forma positiva em minha vida.

RESUMO

A região sertaneja do semiárido alagoano concentra grande parcela da população com condições precárias de habitação, o que torna necessária a busca de alternativas adequadas para a melhoria da qualidade ambiental dessas residências. As estratégias bioclimáticas apresentam resposta interessante ao problema, já que se dão através da adequação da arquitetura ao clima local. No Brasil, a norma técnica brasileira NBR 15.220-3 auxilia na escolha de estratégias para o condicionamento passivo das habitações. Porém esta norma apresenta limitações, seja no número reduzido de cidades brasileiras incluídas em seu Zoneamento Bioclimático, mecanismo de classificação climática, ou por meio de generalizações nas recomendações projetuais. Diante disso, esta dissertação se propôs a analisar o clima de Mata Grande, cidade localizada na região sertaneja do Semiárido Alagoano, de forma a identificar estratégias para o condicionamento térmico passivo de habitações inseridas nesse contexto climático, com vistas à obtenção de respostas construtivas que busquem o conforto térmico, a eficiência energética e sustentabilidade do espaço construído. A metodologia adotada tratou de métodos estatísticos e específicos voltados para o campo da Climatologia Aplicada à Arquitetura. Primeiramente, houve o tratamento e a análise de dados meteorológicos de Mata Grande, para confecção do seu perfil climático. Por meio da aplicação de métodos específicos foram identificados parâmetros construtivos bioclimáticos, considerando as diferenças sazonais. Em seguida, foi promovida uma discussão acerca da classificação de Mata Grande em uma das Zonas Bioclimáticas (05, 07 ou 08) da NBR 15220-3. Nessa etapa foram realizados estudos comparativos para a possibilidade de enquadramento da cidade, e para tal, foram selecionadas três cidades representativas das Zonas Bioclimáticas estudadas, Água Branca – AL (zona 05), Arcoverde - PE (zona 07) e Pão de Açúcar - AL zona (08), submetidas aos mesmos métodos que Mata Grande, a fim de obter informações para comparações entre a norma e a cidade objeto de estudo. Como resultado foi possível responder que Água Branca e Pão de Açúcar, presumíveis referenciais bioclimáticos, se distanciam da realidade de Mata Grande, localidade que possui especificidades climáticas e projetuais semelhantes à Arcoverde, cidade semiárida pernambucana. Além disso, foram notadas similaridades entre as estratégias bioclimáticas recomendadas pela referida norma para a Zona 07 e as levantadas para Mata Grande. Houve assim, um enquadramento de Mata Grande nessa zona, observando-se, porém, a necessidade da indicação de estratégias bioclimáticas voltadas para o inverno. Por fim, conclui-se que a região sertaneja semiárida estudada, apesar de certa similaridade climática, precisa de estratégias de condicionamento térmico individualizadas para as cidades que compõem essa região, pois cada uma delas apresenta peculiaridades climáticas que devem ser consideradas pelos projetistas, o que contraria as generalizações impostas pela supracitada norma.

Palavras-chave:

Zoneamento Bioclimático Brasileiro; Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo; Semiárido alagoano; Mata Grande.

ABSTRACT

The Semiarid region of *Alagoas* concentrates a large portion of the population with precarious quality of dwellings, which reinforce the importance of adequate building design alternatives for improving the environmental quality of dwellings in this region. The bioclimatic design strategies are an interesting answer to the problem, since they promote the climatic adaptation of architecture. In Brazil, the technical standard named NBR 15.220-3 enable the building designer to list bioclimatic strategies for building design, but it has limitations, due to the small number of Brazilian cities included in its Zoning. Thus, this dissertation aimed to analyze the climate of *Mata Grande*, a town included in the Semiarid region of *Alagoas*, in order to identify bioclimatic strategies for passive thermal conditioning of dwellings included in this climatic context, to obtaining constructive responses for thermal comfort purposes, energy efficiency and sustainability of the built environment. The methodology based on specific statistical methods for Applied Climatology in Architecture area. Firstly, meteorological data from *Mata Grande* for determination of local climate profile. Thus, constructive bioclimatic parameters were identified, applying specific methods, and considering seasonal climatic differences. Then a discussion about the classification of *Mata Grande* in one of the Bioclimatic Zones (05, 07 or 08) of NBR 15.220-3 was promoted, as soon as comparative studies as possibility of a possible inclusion of *Mata Grande* in one of the zones established by the Bioclimatic Zoning, and, finally, three representative cities of Bioclimatic Zones studied, *Água Branca - Alagoas* (Zone 05), *Arcoverde - Pernambuco* (Zone 07) and *Pão de Açúcar - Alagoas* (Zone 08), were selected and analyzed in order to obtain useful climatic information for subsidize comparisons between the technical standard and the study city. The results showed that *Água Branca* and *Pão de Açúcar*, even located in semiarid region of *Alagoas*, contrary to what was expected distance themselves from the climatic profile of *Mata Grande*, a town that has similar climatic characteristics and bioclimatic building design recommendations with *Arcoverde*, semiarid city of *Pernambuco*. Moreover, some similarities were noted between the bioclimatic strategies recommended by the Bioclimatic Zoning proposed by technical standard and resultant bioclimatic design strategies to *Mata Grande*. There was thus a possible inclusion for *Mata Grande* in the Bioclimatic Zone 07, however, was observed the necessity of providing bioclimatic strategies for this city in the winter season. Finally, it is concluded that the Brazilian semiarid region although has climatic similarities, needs individualized building design strategies for passive thermal conditioning, because it has climate features that in each of its composed cities, that should be considered by the building designers, which contradicts the climatic generalization imposed by the technical standard and Zoning.

Keywords:

Brazilian Bioclimatic Zoning; Passive Thermal Conditioning; Bioclimatic Strategies; Semiarid Region of *Alagoas*; *Mata Grande*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Carta Bioclimática desenvolvido por Olgay (1963).	27
Figura 2 - Modelo de Carta Bioclimática desenvolvido por Givoni (1967).	29
Figura 3 - Efeito da modulação devido à inércia térmica.	32
Figura 4 - Casa com pátio interno em Kashan, Irã. Espaço condicionado por resfriamento evaporativo. Presença típica de espelhos d'água e vegetação.	32
Figura 5 - Captador de vento utilizado na arquitetura tradicional árabe (badgir), Irã.	33
Figura 6 - Atividades avaliadas no ciclo de vida de uma edificação.	36
Figura 7- Edifícios certificados pelo selo <i>LEED</i> . (a) Ventura Corporate Towers Rio de Janeiro, RJ. (b) Rochaverá Corporate Towers, São Paulo - SP.	38
Figura 8 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro.	54
Figura 9 - Zona Bioclimática 05. (b) Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Santos, SP.	57
Figura 10 - (a) Zona Bioclimática 07. (b) Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Picos, PI.	58
Figura 11 - (a) Zona Bioclimática 08. (b) Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Belém, PA.	59
Figura 12 - Abertura (h) em beirais, para ventilação do ático.	60
Figura 13 - Localização das células com dados medidos.	61
Figura 14 - Carta bioclimática de Givoni (1992). (b) Carta bioclimática adaptada.	62
Figura 15 - Representação gráfica do clima.	63
Figura 16 - Percentagem de cada estratégia.	64
Figura 17 - Estratégias Bioclimáticas para Brasília.	64
Figura 18 - Região Nordeste, localização e limites.	70
Figura 19 - Mapa de diferenciações climáticas da região Nordeste.	72
Figura 20 - Estado de Alagoas, localização e limites.	73
Figura 21 - Distribuição espacial da precipitação média anual no Estado de Alagoas.	74
Figura 22 - Classificação climática de Alagoas e Pernambuco.	75
Figura 23 - Atual delimitação do Semiárido Brasileiro.	77
Figura 24 - Cidades semiáridas do Estado de Alagoas.	82

Figura 25 - Mapas esquemáticos: (a) Cidades semiáridas segundo o MIN, (b) mesorregiões climáticas do IBGE.	83
Figura 26 - Primeiros registros fotográficos de Mata Grande.....	85
Figura 27 - Localização do município de Mata Grande na porção sertaneja do semiárido do estado de Alagoas.....	86
Figura 28 - Principais localidades da Cidade de Mata Grande – AL. Fonte: Arquivo pessoal, 2010.....	86
Figura 29 - (a) Praça Nossa Senhora da Conceição (b) Passeio Público na entrada da cidade.	87
Figura 30 - Relevo da região nas proximidades da área urbana. Vista a partir do acesso pela rodovia AL-145.....	88
Figura 31 - Vista de uma porção da cidade de Mata Grande – AL. Predominância do padrão horizontal de ocupação.	88
Figura 32 - Imagem de satélite do ano de 2009. Malha urbana radial e trama urbana aleatória.....	89
Figura 33 - Presença de áreas verdes com árvores de médio e grande porte.....	89
Figura 34 - Casa colonial adaptada para utilização atual.	92
Figura 35 - Casas com fachadas originais modificadas (à esquerda). Figura 36 - Casas modernistas. Fonte: Arquivo pessoal, 2010 (à direita).	93
Figura 37 - Agrupamentos de casas define o traçado das ruas.....	93
Figura 38 - Quintais diversos.	94
Figura 39 - Vista panorâmica de uma parte da cidade.....	94
Figura 40 - Tipologia 01: residências com ponto comercial no pavimento térreo e habitação no pavimento superior. (a) Fachada principal; (b) 2º pavimento: sala de estar/jantar; (c) 3º pavimento: sala de TV.	95
Figura 41 - Tipologia 02: residência com garagem (área), pavimento térreo; zonas social, íntima e serviço no pavimento superior. (a) Fachada principal; (b) 1º Pavimento: sala de estar; (c) e (d) 1º Pavimento: cozinha.	95
Figura 42 - Casa de renda média. (a) Fachada principal e (b) sala de estar.....	96
Figura 43 - Casa típica de família de renda baixa situada em bairros periféricos. (a) Fachada Principal; (b) sala de estar.	96

Figura 44 - Exemplares de habitação popular criados pela COHAB na década de 1980.	97
Figura 45 - Exemplar de habitação COHAB. (a) Fachada principal; (b) sala de estar.....	97
Figura 46 - Presença de toldos nas fachadas.....	98
Figura 47 - (a) Estação agrometeorológica da cidade de Mata Grande. (b) Visão panorâmica da cidade a partir da torre da estação meteorológica.....	100
Figura 48 - Cidades selecionadas para o estudo.	107
Figura 49 - Gráfico do clima para a cidade de Mata Grande contendo dados médios, mínimos e máximos de uma série histórica (2006 a 2011) das variáveis: velocidade do ar, temperatura e umidade relativa do ar e precipitação (no gráfico de temperatura foi inserido o intervalo de conforto térmico de acordo com a temperatura neutra de Auliciems, (1982).	116
Figura 50 - Carta Bioclimática gerada para Mata Grande contendo dados do ano climático de referência determinado (2010).	118
Figura 51 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência de 1% para a cidade de Mata Grande.	121
Figura 52 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Mata Grande.....	122
Figura 53 - Carta Bioclimática Adaptada <i>simulada</i> para Mata Grande (AL).....	123
Figura 54 - Carta Bioclimática Adaptada de Teresina (PI) – ZONA 07.....	124
Figura 55 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência de 1% para a cidade de Água Branca.	137
Figura 56 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência e 1% para a cidade de Arcoverde.	138
Figura 57 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência e 1% para a cidade de Pão de Açúcar.....	139
Figura 58 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Água Branca.	140
Figura 59 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Arcoverde.....	141
Figura 60 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Pão de Açúcar.	142
Figura 61 - Carta Bioclimática apresentando as zonas de estratégias para Mata Grande	150

Figura 62 - Localização de Mata Grande (AL) na Zona 07.	150
--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aberturas para ventilação.	55
Tabela 2 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.	55
Tabela 3 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico passivo.	55
Tabela 4 - Critérios para classificação bioclimática.	65
Tabela 5 - Síntese das variáveis analisadas em Mata Grande, a partir de dados meteorológicos de uma série história (2006-2011) tratados estatisticamente.	115
Tabela 6 - Estatística de Temperatura do ar - Ano Climático de Referência de Mata Grande (ano de 2010).	117
Tabela 7 - Estatística de Umidade Relativa do - Ano Climático de Referência de Mata Grande (ano de 2010).	117
Tabela 8 - Síntese das estratégias recomendadas para Mata Grande, segundo a Carta Bioclimática de Givoni (1992).	118
Tabela 9 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para o dia típico de verão de Mata Grande.	121
Tabela 10 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para o dia típico de inverno de Mata Grande.	122
Tabela 11 - Frequência de ocorrência das horas analisadas para Mata Grande em cada uma das Zonas Bioclimáticas.	123
Tabela 12 - Valores percentuais da sensação térmica experimentada em cada hora analisada para a cidade de Mata Grande.	124
Tabela 13 - Síntese das variáveis analisadas para cidades (CPTEC, 2011; PASSOS, 2009).	128
Tabela 14 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico de verão de Água Branca.	138
Tabela 15 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico verão de Arcoverde.	138
Tabela 16 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico de verão de Pão de Açúcar.	139
Tabela 17 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico de inverno de Água Branca.	140

Tabela 18 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas o dia típico de inverno de Arcoverde.	141
Tabela 19 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas o dia típico de verão de Pão de Açúcar.	141
Tabela 20 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Água Branca.	143
Tabela 21 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Água Branca	144
Tabela 22 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Arcoverde.	144
Tabela 23 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Arcoverde.	145
Tabela 24 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Pão de Açúcar	146
Tabela 25 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Pão de Açúcar:	146
Tabela 26 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Mata Grande.	148
Tabela 27 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para Mata Grande.	150
Tabela 28 - Tipos de vedações externas para Mata Grande.	150
Tabela 29 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para Mata Grande.	150

LISTA DE QUADROS

Quadro 2 - Levantamento das estações meteorológicas em Alagoas nos anos 2008 e 2011.	42
Quadro 3 - Classificação Climática segundo IBGE para o estado Alagoas.....	74
Quadro 4 - Quantidade de municípios do Semiárido na área de atuação da SUDENE.....	79
Quadro 5 - Municípios da nova delimitação do Semiárido em 2005.....	81
Quadro 6 - Série histórica dos valores de temperatura média mensal em Mata Grande.....	103
Quadro 7 - Seleção dos dias típicos de projeto para Mata Grande.	103
Quadro 8 - Critérios para avaliação do uso de estratégias de condicionamento térmico passivo segundo GIVONI, 1992.	104

Sumário

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS.....	23
3. REVISÃO DOCUMENTAL.....	24
3.1. Arquitetura e clima	24
3.1.1. O bioclimatismo e a arquitetura.....	24
3.1.1.1. Principais modelos bioclimáticos	26
3.1.1.2. Estratégias bioclimáticas para o clima quente e seco.....	31
3.1.2. Ampliação de conceitos: arquitetura e sustentabilidade	34
3.2. Climatologia aplicada à arquitetura.....	39
3.2.1. Importância da climatologia para arquitetura	39
3.2.2. Levantamento de dados meteorológicos.....	41
3.2.3. Métodos de tratamentos de dados climáticos.....	43
3.2.4. Uso de informações climáticas no projeto de arquitetura e desenho urbano	49
3.3. Zoneamento Bioclimático Brasileiro	53
3.3.1. NBR 15.220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações de interesse social.....	53
3.3.2. Recomendações por Zona Bioclimática	56
3.3.3. Metodologia para definição das Zonas Bioclimáticas	60
3.3.4. Avaliações sobre o Zoneamento Bioclimático Brasileiro	66
4. CONTEXTUALIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: A CIDADE DE MATA GRANDE - AL	70
4.1. Climatologia da Região Nordeste	70
4.2. Climatologia do Estado de Alagoas.....	73
4.3. O Semiárido Brasileiro	76
4.3.1. O Semiárido no Nordeste	77
4.3.2. O Semiárido em Alagoas.....	81
4.4. A cidade de Mata Grande - AL.....	84
4.4.1. Origem e aspectos gerais	84
4.4.2. O microclima urbano	87
4.4.3. Caracterização da arquitetura habitacional	91

5. METODOLOGIA.....	99
5.1. Tratamento e análise dos dados climáticos de Mata Grande.....	99
5.1.1. Tratamento estatístico	101
5.1.2. Definição dos arquivos climáticos	102
5.2. Análise da carta bioclimática de Givoni (1992) e diagrama adaptado de Givoni pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)	103
5.2.1. Análise das estratégias bioclimáticas através do programa Analysis Bio e dos parâmetros de Givoni (1992).....	104
5.2.2. Análise das estratégias bioclimáticas através do diagrama adaptado pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005).....	105
5.3. Discussões acerca da classificação de Mata Grande segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro	105
5.3.1. Escolha das cidades representativas das Zonas 05,07 e 08	106
5.3.2. Análise comparativa dos dados climáticos das cidades representativas.....	107
5.3.3. Análise bioclimática por sazonalidade	107
5.3.1. Análise comparativa das estratégias bioclimáticas entre as zonas e Mata Grande.....	108
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	109
6.1. Caracterização climática de Mata Grande.....	109
6.1.1. Temperatura média do ar.....	109
6.1.2. Umidade relativa do ar	111
6.1.3. Precipitação	111
6.1.4. Velocidade e direção dos ventos.....	113
6.1.5. Síntese da caracterização climática.....	115
6.2. Estratégias bioclimáticas recomendadas	117
6.2.1. Carta Bioclimática de Givoni.....	117
6.2.2. Análise das estratégias a partir dos Dias Típicos de Projeto	120
6.2.3. Carta Adaptada de Givoni.....	123
6.3. Classificação de Mata Grande pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro	125
6.3.1. Análise comparativa da caracterização climática	125
6.3.2. Análise comparativa das indicações de estratégias bioclimáticas	129

6.3.3. Análise bioclimática por sazonalidade	131
6.3.3.1. Análise bioclimática por estação	131
6.3.3.2. Análise bioclimática por Dia Típico de Projeto.....	137
6.3.4. Análise comparativa das estratégias bioclimáticas entre as zonas e Mata Grande.....	143
6.4. Síntese dos resultados	146
6.5.1. Síntese das estratégias bioclimáticas para Mata Grande (AL)	150
6.5.2. Síntese das estratégias bioclimáticas para as cidades representativas	151
7. CONCLUSÕES	152
REFERÊNCIAS.....	156
ANEXOS.....	167

1. Introdução

Desde os primórdios da humanidade, o homem entendia a influência do clima como condicionante fundamental para construção do seu abrigo, e conhecimentos sobre a integração das construções ao entorno foram passados por gerações. Porém, se viu ao longo do tempo, a desconsideração destes valores, devido ao surgimento de inúmeras possibilidades construtivas. Cada vez mais, passou a ser crescente a demanda de edifícios climatizados artificialmente, que não levam em consideração as características climáticas e culturais de onde são inseridos.

Entretanto, o constante aumento do consumo de energia elétrica e os seus elevados custos, principalmente no setor residencial¹, além dos grandes impactos ambientais provocados por suas fontes, têm despertado recentemente, a preocupação com uma produção arquitetônica mais eficiente, que resulte na conservação de energia elétrica, além da otimização do conforto dos seus usuários.

Atualmente muito se discute sobre sustentabilidade na arquitetura, o que extrapola, de acordo com Gonçalves e Duarte (2007), questões de conforto ambiental e suas relações com a eficiência energética, considerando toda a vida útil do edifício. Entretanto, inicialmente, faz-se necessária, uma conscientização ambiental, na qual haja o esforço de se retomar a integração das edificações ao entorno, através do uso adequado de informações climáticas.

Desde os anos 1960, Olgay, aponta o clima como condicionante fundamental na concepção projetual, pois o homem também depende das condições climáticas que lhe proporcionem saúde física e mental, além da sensação de bem-estar. Diante disso, por meio da bioclimatologia, ciência que estuda a relação do clima (climatologia) aos seres humanos, Olgay (1963) desenvolveu a *carta*

¹ Pesquisas recentes apontam que somente no Brasil a demanda no uso da energia elétrica no setor residencial, segundo maior consumidor do país, vem subindo constantemente desde 2005 (de 4,4% em 2004 para 6,4% em 2010) (EPE, 2011).

bioclimática que relaciona dados climáticos aos limites do conforto térmico, a fim de identificar estratégias de projeto. Esta carta fora aprimorada por Givoni (1992), e até hoje é muito utilizada em estudos desse gênero.

Quando o bioclimatismo é aplicado na prática arquitetônica, fala-se em arquitetura bioclimática, ou seja, o uso de estratégias passivas de adequação climática responsáveis pela integração de fatores ambientais, humanos e os da própria edificação. Na arquitetura bioclimática, o edifício comporta-se como um organismo, que se adapta as condições externas, com o objetivo de fornecer ao ambiente construído sua eficiência energética, além de um alto grau de conforto higrotérmico.

Apesar do grande potencial existente por trás da produção bioclimática, há uma leitura errônea de que esta se refere a uma corrente arquitetônica, desprovida de intencionalidade plástica e formal (BITTENCOURT, 2003). Entretanto, tendências estilísticas não inibem o emprego de princípios bioclimáticos nos projetos, pois o arquiteto contemporâneo possui um vasto repertório de formas e sistemas construtivos que podem ser utilizados para harmonizar a edificação ao clima (BRAGA; AMORIM, 2009).

Para a retomada da utilização de estratégias bioclimáticas, diversas pesquisas e aplicações práticas sobre a climatologia voltada à arquitetura vêm tornando-se uma ferramenta eficaz. A climatologia aplicada é capaz de auxiliar no planejamento urbano e projeto de edificações, na busca de um equilíbrio entre o desenvolvimento e a observação das premissas ambientais, necessárias tanto para o meio ambiente, quanto para o homem.

O estudo das variáveis climáticas e sua relação com a edificação é indispensável, pois possibilita o entendimento físico dos vários processos climáticos relacionados à edificação, interferindo positivamente nas decisões de projeto. Além disso, pesquisas baseadas na climatologia aplicada à arquitetura visam informações essenciais para avaliações do desempenho térmico das edificações, nas quais é necessário saber como variam os elementos climáticos.

No Brasil existem normas técnicas baseadas nestes preceitos, que apontam estratégias bioclimáticas, com intuito de auxiliar na concepção arquitetônica de edificações residenciais mais eficientes. A norma técnica *Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*, NBR 15220-3 (ABNT, 2005), estabelece o *Zoneamento Bioclimático Brasileiro*, uma divisão do território nacional em oito zonas relativamente homogêneas quanto às estratégias bioclimáticas (Zona 01 a Zona 08).

Cada Zona Bioclimática traz recomendações de diretrizes construtivas e propõe estratégias bioclimáticas de condicionamento térmico passivo para as edificações, auxiliando na escolha de estratégias adequadas para diferentes regiões do país. Porém, existem somente 330 cidades brasileiras cujos climas foram classificados, e conseqüentemente, somente estas foram inseridas para fins de determinação das zonas.

Diversos autores como Bogo (2005), Pereira; Assis (2005), e Passos (2009), ao estudarem a adequação climática de algumas cidades no contexto climático da Zona Bioclimática 03, Minas Gerais e Alagoas, respectivamente, através de diretrizes projetuais indicadas por zona, observaram que apesar de suas vantagens, a referida norma apresenta, desde seu lançamento, possíveis falhas na inserção e na recomendação das estratégias bioclimáticas para as 330 cidades contempladas, o que pode influenciar negativamente, na adoção de estratégias de projeto inadequadas à região onde está inserida a edificação.

Além disso, Roriz et al. (2000), apontam que importantes limitadores dificultaram a delimitação de um zoneamento mais preciso, como a ausência de séries históricas de dados climáticos, além da escassez de estudos dessa temática em muitas das municipalidades brasileiras. Diante disso, métodos para estipular dados climáticos foram utilizados para minimizar o problema. No entanto, percebem-se generalizações quanto à classificação climática de algumas cidades.

Estes fatos são bem visíveis no estado de Alagoas, pois dos seus 102 municípios, somente 08 estão inseridos no *Zoneamento Bioclimático Brasileiro*: Água Branca, Anadia, Coruripe, Maceió, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Pilar e Porto de Pedras, todas estas inseridas na Zona 08, exceto Água Branca classificada

como Zona 05. Percebe-se então, uma generalização na classificação climática do estado, na qual há predominância da Zona Bioclimática 08.

No entanto, sabe-se que Alagoas, apesar de sua pequena extensão territorial (27.767 km²), possui ao longo do seu território, diferentes regiões com particularidades climáticas. Devido à irregularidade de precipitações anuais, o estado é classificado, segundo o IBGE, em três regiões climáticas ou mesorregiões: Leste Alagoano, Agreste Alagoano e Sertão Alagoano.

Sabe-se ainda que 38 municípios alagoanos pertencem ao semiárido nordestino², o que corresponde cerca de 46% da área do estado (MIN, 2007), e grande parte desses municípios está concentrada no Sertão Alagoano. Segundo Batista (2006), municípios semiáridos possuem condicionantes climáticas compatíveis com estratégias indicadas para Zona 07, porém, nenhuma cidade alagoana está incluída nesta Zona Bioclimática.

Martins et al (2011) destacam ainda, a existência de cidades semiáridas alagoanas com características climáticas híbridas, as quais necessitariam, para uma correta classificação, de estratégias projetuais recomendadas para zonas bioclimáticas compostas, que traduzam as características climáticas peculiares dessas cidades em estratégias mais adequadas.

Ainda há nesta região, uma escassez de informações climáticas relacionadas ao condicionamento térmico passivo. Este fato torna-se preocupante devido à falta de dados meteorológicos que possam auxiliar na concepção de projetos urbanos e arquitetônicos. Deste modo, estudos baseados na climatologia aplicada podem ser de grande valia, mas para tal, é necessária a prévia coleta, tratamento e análise desses dados, muitas vezes inacessíveis aos projetistas.

Quanto à rede de estações meteorológicas, Alagoas possui 11 estações ativas, sendo 06 destas convencionais e 05 automáticas (INMET, 2011). Atualmente os registros meteorológicos de algumas cidades alagoanas também podem ser

² A região semiárida é caracterizada por baixos índices pluviométricos, média anual inferior a 800 mm; índices de aridez inferiores a 0,5; e risco de secas maior que 60%. (MIN, 2007).

obtidos através de estações agrometeorológicas, estas sob responsabilidade do CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

Diante disso, para realização de estudos dessa natureza, existem apenas três cidades localizadas no semiárido sertanejo alagoano que possuem algum tipo de estação meteorológica: Mata Grande, Pão de Açúcar e Água Branca. Percebe-se assim, que a cidade de Mata Grande, mesmo possuindo 02 estações (convencional – INMET e agrometeorológica – CPTEC), não está incluída na classificação da referida norma. Também foi verificado que não existem estudos sobre estratégias bioclimáticas adequadas para esta cidade.

É importante ressaltar que, embora as cidades de Água Branca e Pão de Açúcar pudessem servir como uma referência para classificação de Mata Grande no Zoneamento Bioclimático Brasileiro existe certa dificuldade em eleger as melhores estratégias para esta, pois, apesar das semelhanças entre as três cidades: proximidade territorial, classificação climática, e altitudes semelhantes, estas estão localizadas em zonas distintas (Zona 05 e Zona 08, respectivamente). Ressalta-se ainda que, por se tratar de uma cidade semiárida, Mata Grande poderia ser classificada como Zona 07.

Além disso, a cidade em questão possui especificidades geoclimáticas particulares que conferem microclima local próprio. Deste modo, é importante trabalhar os dados meteorológicos existentes locais e identificar possíveis estratégias bioclimáticas que norteiem a concepção projetual, já que possui a cidade estações de coleta de registros meteorológicos, mas não há o tratamento dos seus dados climáticos.

Em consequência dessas constatações, este trabalho tem como foco a cidade de Mata Grande, com intuito de contribuir para o traçado de seu perfil climático, baseado no tratamento de dados climáticos existentes, de modo a estabelecer possíveis alternativas de condicionamento térmico passivo para as habitações locais e de regiões vizinhas, além do entendimento maior das especificidades da região semiárida sertaneja, de modo que estas sejam corretamente adaptadas ao clima local.

Por fim, espera-se ainda suprir a necessidade de informações climáticas mais específicas que possam auxiliar arquitetos e urbanistas no planejamento arquitetônico e urbanístico, além de demonstrar a importância da aplicabilidade de dados climáticos como ferramenta de apoio aos projetos de edificações e desenho urbano, que visam à eficiência energética e a sustentabilidade do espaço habitado e consequente melhoria de vida da população.

2. Objetivos

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar o clima de Mata Grande, cidade localizada na mesorregião Sertão do Semiárido Alagoano, de forma a identificar estratégias bioclimáticas para o condicionamento térmico passivo de habitações inseridas nesse contexto climático, a fim de contribuir com o conhecimento do clima semiárido nordestino, com vistas à obtenção de respostas construtivas que busquem o conforto térmico, a eficiência energética e sustentabilidade do espaço construído.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reunir, organizar e tratar dados climatológicos coletados nas estações meteorológicas apropriadas para a cidade de Mata Grande – AL para obtenção de seu perfil climático detalhado;
- Identificar informações bioclimáticas úteis para adaptação ao meio ambiente natural de edificações habitacionais locadas na região estudada;
- Discutir as possibilidades de adequação da cidade em estudo ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro proposto pela Norma NBR 15220-3, ABNT (2005).

3. Revisão documental

3.1. ARQUITETURA ADAPTADA AO CLIMA

Esta primeira parte da Revisão Documental refere-se à relação do Bioclimatismo e a arquitetura, a **Arquitetura Bioclimática** que trata do relacionamento das variáveis climáticas e o conforto humano, resultando em estratégias para prática projetual. Diante disso, são abordadas as estratégias bioclimáticas para o clima quente seco, contexto empírico desse trabalho. Ressalta-se também a importância hoje da **Sustentabilidade na Arquitetura** que busca minimizar os impactos ambientais durante todas as etapas da produção arquitetônica.

3.1.1. O bioclimatismo e a arquitetura

O bioclimatismo pode ser denominado como a ciência que estuda as relações do ambiente, seus fatores e elementos climáticos, com as sensações dos seres vivos. Assim, as questões bioclimáticas tratam das sensações humanas, fruto da relação homem – meio (exterior e interior), e buscam atender aos requerimentos humanos de conforto ambiental.

Quando o conceito *bioclimatismo* é utilizado na prática arquitetônica, considera-se o clima como um dos principais condicionantes projetuais, e fala-se em arquitetura bioclimática, ou seja, o uso de estratégias passivas de adequação climática (estratégias bioclimáticas) responsáveis pela integração de fatores ambientais, humanos e os da própria edificação.

Embora a resposta do bioclimatismo à arquitetura possa remontar a manifestações vernáculas, a expressão *projeto bioclimático* foi criada para expressar a arquitetura que busca satisfazer as exigências de conforto através do uso de técnicas e materiais atuais, de acordo com as condições climáticas locais (NEVES, 2006).

A arquitetura bioclimática não se diferencia significativamente em estilo arquitetônico da arquitetura convencional, ou seja, o estilo arquitetônico não é indicador e nem condição para que arquitetura seja bioclimática. Deste modo, as tendências estilísticas contemporâneas não dificultam e até mesmo favorecem a produção de projetos arquitetônicos bioclimáticos, pois permitem grande liberdade formal, estética e construtiva (BRAGA; AMORIM, 2009).

O próprio conceito de arquitetura bioclimática surgiu ainda nos anos 1960, criado pelo pesquisador Victor Olgyay. Em seu livro, *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism (1963)*, Olgyay indica o procedimento sistemático para adaptar as edificações, às exigências humanas e condições climáticas.

Já em 1976, o pesquisador Baruch Givoni procurou avaliar o requerimento humano de conforto através de índices de estresse presentes na obra: *Man, Climate and Architecture*. Além de Olgyay e Givoni, existem diversos autores que, igualmente, estabeleceram limites de conforto, tendo em vista as exigências higrotérmicas humanas. Dentre estes se destacaram: Evans 1980; Fanger 1972; Humphreys 1978; Lotersztain e Murature 1974; Mahoney 1971; Rivero 1985; Szokolay 1987; Vogt e Miller-Chagas 1970; (XAVIER; LAMBERTS, 1999).

Pesquisas que tratam das aplicações do bioclimatismo à arquitetura buscam condições satisfatórias de habitabilidade, apontando a relevância do comportamento do edifício como intermediário entre as relações de conforto humano e das variáveis climáticas. Então, torna-se necessário o estudo dessas variáveis, o que leva à transformação de simples parâmetros meteorológicos (temperatura do ar, umidade do ar, etc.) em ferramentas essenciais para elaboração de estratégias bioclimáticas.

Os dados climáticos locais, após correta aplicação, podem auxiliar o projetista com informações pertinentes, através da construção de zonas e limites de conforto e pela relação e análise desses dados. Apesar dos benefícios do conhecimento de cunho bioclimático, existem impasses em sua aplicação prática. Esse fato ocorre devido à dificuldade de transformação das informações obtidas,

através de variáveis ambientais, em informações práticas e de fácil assimilação para uso diário do arquiteto e projetista (COCH, 1998).

Os principais problemas para realização de estudos acerca do conforto ambiental envolvem tanto o levantamento, a identificação, como a interpretação de informações sobre diferentes fatores: humanos (dificuldade em identificá-los); climáticos (falta de dados climatológicos, ou da interpretação desses) e da edificação (falta de informações sobre todos os materiais disponíveis no mercado) (SABERI et al, 2005).

Contudo, métodos bioclimáticos, após sua correta interpretação, podem tornar-se ferramentas interessantes de auxílio ao projetista, pois simplificam o entendimento da adaptação do edifício ao clima, e ajudam na escolha das melhores estratégias a serem adotadas no projeto arquitetônico, já que consideram índices e zonas de conforto humano, estes indicados para cada particularidade climática.

3.1.1.1. Principais modelos bioclimáticos

Existem modelos capazes de auxiliar na escolha de estratégias de condicionamento passivo. Os chamados modelos bioclimáticos são confeccionados a partir de diagramas contendo dados climáticos, e são representados por gráficos, tabelas, ou índices de conforto. Estes dados são interpretados sob a ótica do conforto humano, com intuito de especificar as diretrizes para a construção, e assim maximizar o bom desempenho térmico das edificações (SABERI et al, 2005).

A carta bioclimática, por exemplo, é amplamente utilizada como um dos modelos de estratégias passivas de condicionamento térmico. Este modelo é estruturado através da inserção de variáveis climáticas em gráficos, e suas informações são interpretadas a partir de uma *zona de conforto*, região na qual, as condições internas de conforto são consideradas ideais (GIVONI, 1992).

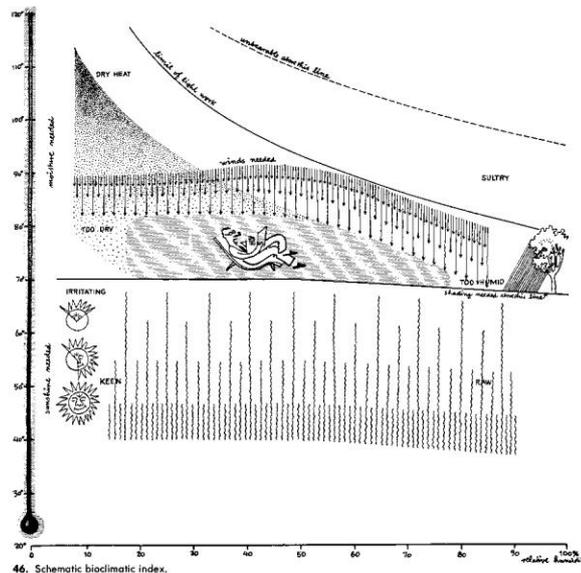
Deste modo, o projetista deve atentar para escolhas de estratégias bioclimáticas condizentes com a zona de conforto. Esta zona estabelece padrões que atendem às demandas humanas de conforto térmico, de todos os usuários de uma mesma edificação. Segundo Givoni (1992), a zona de conforto é interpretada

como um intervalo composto por condições climáticas aceitáveis para maioria das pessoas, ou seja, quando não se sente nenhum tipo de desconforto térmico, seja calor ou frio.

- Carta bioclimática de Olgay

Olgay (1963) foi o primeiro a desenvolver um diagrama bioclimático, apresentando uma zona de conforto humano. A carta bioclimática formulada por Olgay é estruturada a partir de um diagrama com valores de temperatura e umidade do ar, mas também considera a temperatura radiante média, velocidade do vento, radiação solar e resfriamento evaporativo, em relação ao conforto (ver figura 01).

Figura 1 - Modelo de Carta Bioclimática desenvolvido por Olgay (1963).



Fonte: OLGAY, 1998.

A metodologia para confecção da carta de Olgay envolve: coleta de dados climáticos; tabulação dos dados e construção de uma série de cartas mostrando a distribuição anual dos elementos climáticos como radiação e velocidade dos ventos; plotagem dos dados de temperatura e umidade do ar em um diagrama bioclimático.

Já, a sua interpretação, se dá através de uma zona de conforto que delimita condições ideais para os períodos do inverno e do verão. Além disso, as

regiões acima e abaixo da zona são entendidas como, respectivamente, situações superaquecidas e pouco aquecidas. Deste modo, ainda é especificada pelo gráfico, a quantidade de ondas longas desejáveis da radiação incidente, suficiente para elevar a temperatura média interna de ambientes (GIVONI, 1992).

Outro tipo de informação obtido nesta carta é a média diurna de condições de temperatura e umidade para cada mês, e em qualquer local, pois, estas informações podem ser plotadas na carta bioclimática, propiciando assim, um "diagnóstico" da extensão de situações: pouco aquecida, condições de conforto e superaquecidos, no dado edifício.

Apesar dos avanços obtidos a partir da pesquisa de Olgay, sua carta apresenta limitações quanto à sua aplicabilidade. De acordo com Givoni (1992), a utilização desse método é válida apenas para as condições exteriores as edificações, ou seja, a análise dos requerimentos fisiológicos é feita sob as condições climáticas externas. Assim, a falha ocorre devido à desconsideração do microclima dos edifícios, que geralmente apresentam temperaturas internas distintas em relação aos ambientes externos.

- Carta bioclimática de Givoni

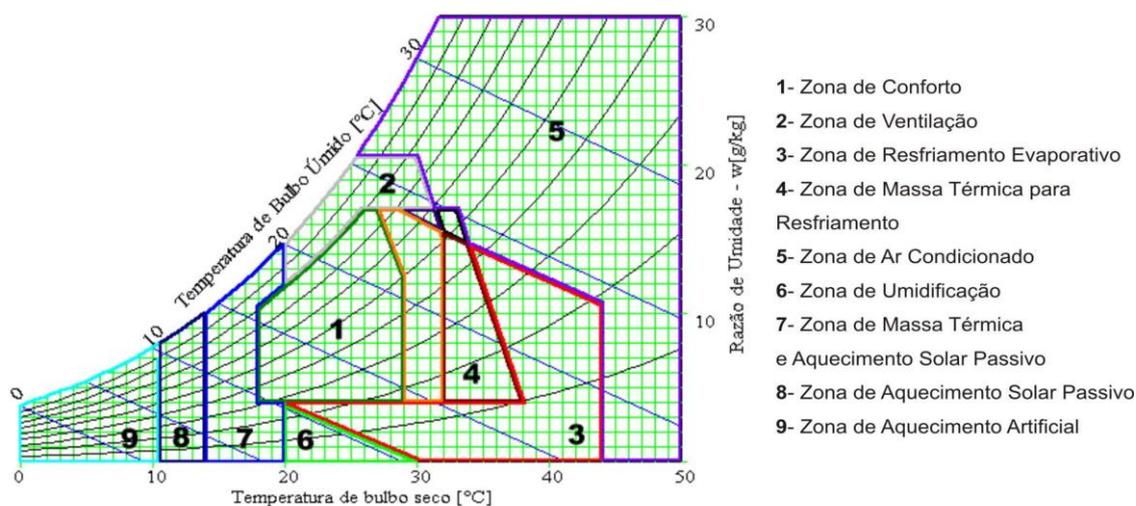
Como continuação dos estudos de Olgay, Givoni (1967) desenvolveu uma carta bioclimática que relaciona os requerimentos humanos ao microclima esperado no interior da edificação. Ele baseou seu estudo sobre a relação linear entre a amplitude de temperatura e pressão de vapor do ar exterior em várias regiões, para obtenção da zona de conforto.

Em sua metodologia, Givoni incorporou estratégias baseadas nas condições internas da edificação, envolvendo os seguintes passos: análise do clima; opções para aquisição de condições internas para conforto em climas quentes; plotagem das variáveis climáticas na carta psicrométrica (XAVIER; LAMBERTS, 1999).

A carta bioclimática de Givoni combina valores de temperatura, amplitude e pressão de vapor do ar, plotados no diagrama psicrométrico. Com base na relação

entre as variáveis climáticas utilizadas, são indicadas técnicas de condicionamento térmico passivo como resfriamento evaporativo, massa térmica, sistema de ventilação natural e aquecimento passivo (ver figura 02).

Figura 2 - Modelo de Carta Bioclimática desenvolvido por Givoni (1967).



Fonte: LAMBERTS; FIRMINO; PEREIRA 1998.

Assim, através desse modelo bioclimático é possível identificar estratégias bioclimáticas cujo emprego é recomendável para enquadrar as condições térmicas internas das edificações aos referidos limites de conforto. Os resultados permitem quantificar a porcentagem de horas situadas na zona de conforto ou fora dela (horas de desconforto) considerando-se as temperaturas na faixa de conforto ($18^{\circ}\text{C} \leq T \leq 29^{\circ}\text{C}$), conforme os limites fixados por Givoni (1992) (TORRES et al, 2009).

Portanto, a carta bioclimática, proposta por Givoni, procura facilitar a análise das características climáticas de uma determinada região, do ponto de vista do conforto humano relacionado ao microclima do edifício. Então, é relevante a utilização de cartas bioclimáticas na formulação de diretrizes para estratégias de condicionamento passivo para climas quentes, bem como os limites da aplicabilidade dessas estratégias.

- Método de Mahoney

O Departamento de Estudos Tropicais da Associação de Arquitetura de Londres, sob a coordenação de Carl Mahoney, desenvolveu um método simplificado

para adequação climática das edificações. O método Quadros de Mahoney pode ser aplicado durante toda a concepção projetual, na qual, o projetista realiza análises sistemáticas e obtém sínteses de soluções com base nos resultados da aplicação do método. Sua utilização é bastante simples, possibilitando determinar as especificações/exigências climáticas de edifícios a serem projetados.

Os *Quadros de Mahoney* são utilizados para analisar as características climáticas locais, e por meio dessas, são indicadas as recomendações de projeto, considerando suas especificidades. Consistem em uma análise dos dados climáticos locais, realizada em três diferentes quadros: *quadro 01* – registro de dados; *quadro 02* – análise das informações climáticas; e *quadro 03* – recomendações para projeto arquitetônico (KOENIGSBERGER et al, 1977).

Do ponto de vista das influências climáticas no projeto de edifícios, as recomendações não constituem um completo e contínuo processo de projeto, mas indicam estágios onde os fatores climáticos devem ser considerados em conjunto com os demais fatores de projeto. Para tal, são utilizados os seguintes parâmetros climáticos: temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e ventos predominantes (TORRES et al, 2009).

Segundo Roriz et al (2000), a principal vantagem deste método é que, para aplicá-lo, o projetista não precisa estabelecer hipóteses preliminares. Basta dispor das normais climatológicas locais, anotá-las em planilhas e compará-las com limites de conforto indicados para cada tipo de clima. Esta comparação permite ainda, identificar grupos de problemas climáticos dominantes e, para cada grupo, obter recomendações técnicas a serem consideradas durante o processo de projeto.

Entretanto, a desvantagem do método de Mahoney está em sua inadequação para análise de cidades localizadas em zonas de transições climáticas, ou seja, entre dois climas diferentes. Para solução deste problema, os Quadros de Mahoney foram remodelados por Harris (1999), através da TSN - *Teoria dos Sistemas Nebulosos (Fuzzy Systems Theory)*, o que permitiu a flexibilização do método, podendo ser aplicado mesmo em zonas de transição.

Estudos comparativos demonstram a eficiência dos dois métodos, o tradicional e remodelado, para aplicação em localidades com características climáticas distintas, sejam estas zonas de transição (TSN) ou não (Quadros de Mahoney). Autores como Sena et. al. (2003), comprovam que a utilização da Teoria dos Sistemas Nebulosos no estudo de uma localidade de transição climática, torna-se eficiente onde o método tradicional falha, pois é possível observar a gradação do comportamento climático das cidades com mais clareza que no método tradicional.

3.1.1.2. Estratégias bioclimáticas para o clima quente e seco

Nas regiões de clima quente e seco a adequação climática deve atentar para as características marcantes do clima: significativas oscilações diárias na temperatura do ar associadas ao baixo nível de umidade. Diante disso, Givoni (1997), aponta que o projeto de edificações, assim como o planejamento urbano, deve contemplar duas linhas de ação principais: minimizar o consumo de energia para climatização (conforto) e maximizar o uso de fontes naturais de energia disponíveis.

Em assentamentos urbanos de regiões áridas são comuns agrupamentos compactos de edificações, ruas estreitas e arranjos densos. Segundo Coch (1998), isto favorece a redução das superfícies edificadas expostas diretamente à radiação solar, além do aumento da inércia térmica, devido ao conjunto compactado. Há também, formação de sombra entre as edificações vizinhas, o que reduz o aquecimento das paredes, permitindo ao mesmo tempo, seu arrefecimento noturno.

Já na escala do edifício, o desempenho térmico em regiões de clima quente e seco deve promover: atraso térmico durante o dia no verão, resfriamento noturno nas noites de verão, penetração mínima de poeira, ventilação noturna durante o verão e aumento das temperaturas internas em relação às externas no inverno (GIVONI, 1994).

Uma importante técnica passiva de condicionamento, diante da alta amplitude térmica, é construção de edifícios com grande inércia térmica, para controle das trocas térmicas com o meio. Para tal, são confeccionadas paredes com grandes espessuras, geralmente de tijolos cerâmicos, adobe ou taipa (ver figura 03).

Já em seu exterior, as paredes devem ser claras e reflexivas para minimizar o aquecimento das superfícies e, por conseguinte, a transmissão do fluxo de calor para o interior da edificação.



Fonte: Bittencourt; Cândido, 2006.

Devido às dificuldades climáticas encontradas na região quente e seca, o uso de pátio interno constitui-se uma das principais estratégias construtivas. Este ambiente típico cria condições especiais no interior das construções, no qual a temperatura do ar é rebaixada e a umidade é incrementada (BITTENCOURT, CÂNDIDO, 2006). Segundo Alves (2005), nos pátios a resposta bioclimática é obtida pela integração de diferentes estratégias: o sombreamento através das varandas e vegetação, a ventilação através de um sistema integrado ao pátio e a umidificação através das fontes, chafarizes e lagos (ver figura 06).

Figura 4 - Casa com pátio interno em Kashan, Irã. Espaço condicionado por resfriamento evaporativo. Presença típica de espelhos d'água e vegetação.



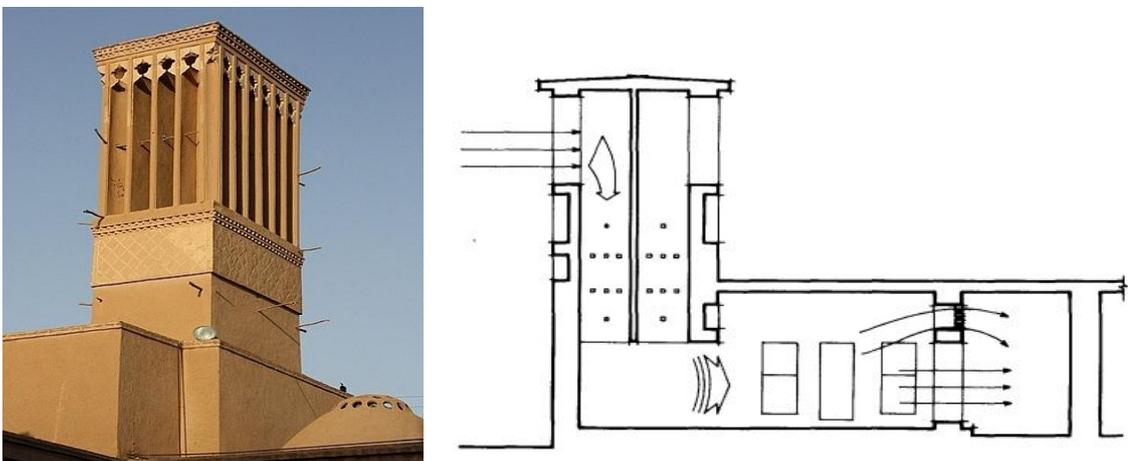
Fonte: Saberi et al, 2005.

É preciso ressaltar também a importância do tratamento das aberturas para evitar a penetração do fluxo de ar diurno (quente e seco), além de favorecer o resfriamento noturno da construção (COCH, 1998). Por conseguinte, o dimensionamento das aberturas deve ser efetuado considerando-se a necessidade de evitar a radiação solar nas horas mais quentes do dia e ao mesmo tempo permitir a penetração da luz natural necessária e a entrada do ar externo mais frio no período noturno, fazendo-se uso de elementos arquitetônicos ou da vegetação para proporcionar sombreamento (BATISTA, 2006).

Outro recurso utilizado para redução da radiação solar direta em climas secos consiste na utilização de elementos de proteção solar (beiras, telas, malhas, etc.) para as aberturas, paredes externas e até mesmo ambientes externos (COCH, 1998). Alpendres, varandas anteriores e posteriores também desempenha no tempo papel importante, pois além de garantir o sombreamento das aberturas, atuam como espaços de transição entre o interior e o exterior, eliminando quase que totalmente a insolação das paredes externas das residências (BITTENCOURT, CÂNDIDO, 2006).

Em relação à ventilação natural em regiões áridas, esta deve ser utilizada para renovação da qualidade do ar. Adotam-se então, captadores de vento localizados acima da cobertura (ver figura 05). Depois de capturar parte da corrente do vento, esses captadores redirecionam o fluxo de ar através de elementos molhados, aumentando a umidade do ar e reduzindo sua temperatura, além do alto teor de poeira (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).

Figura 5 - Captador de vento utilizado na arquitetura tradicional árabe (badgir), Irã.



Fonte: United Nations University Press. Disponível em:
<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80a01e/80A01E0Z.gif>. Acesso em: mai.2011.

As cobertas altas, de materiais leves, porém isolantes, são as mais indicadas. O emprego de coberturas verdes também é bastante eficaz na resistência às variações térmicas diárias. Esta pode representar um decréscimo de até 5°C na temperatura do ar nos ambientes internos e constituir-se em estratégia interessante se adequadamente aplicadas às edificações em climas quentes e secos (MORAES, 2004).

De forma geral, Batista (2006), listou, a partir de diversos autores [Watson, Labs (1992); Givoni (1994) e (1997), Santamouris, Asimakopoulos, (1996)], as principais estratégias de condicionamento térmico passivo recomendadas para climas quentes e secos:

- ✓ Controle do ganho do calor solar;
- ✓ Resfriamento através de perdas térmicas por radiação;
- ✓ Resfriamento evaporativo;
- ✓ Ventilação natural renovação da qualidade do ar;
- ✓ Uso da vegetação e de corpos d'água;
- ✓ Uso da inércia térmica do solo e coberturas ajardinadas para resfriamento das edificações.

3.1.2. Ampliação de conceitos: arquitetura e sustentabilidade

Entende-se como desenvolvimento sustentável, aquele capaz de atender às necessidades das atuais gerações sem comprometer os direitos das futuras gerações, no qual questões ambientais e escassez de recursos naturais fazem parte (MEIRIÑO, 2004). Desse modo, a relação entre arquitetura e sustentabilidade ocorre na medida em que o uso racional da energia elétrica em edificações garante a preservação dos recursos energéticos e ambientais, sem prejuízo ao progresso da humanidade.

É na forma como arquitetos e engenheiros se relacionam com esses temas que se dá a contribuição da arquitetura na sustentabilidade. Segundo Mulfarth (2002) cabe aos profissionais da construção civil, contribuições não só funcionais,

bioclimáticas e operacionais das edificações, mas principalmente quanto aos aspectos humanos. Nesta fase, a arquitetura dita sustentável, passa a ter um papel didático e de extrema e vital importância.

Diante disso, princípios da própria arquitetura bioclimática buscam a adequação do edifício às características climáticas locais. Porém, sua aplicação limita-se à escala do edifício, ou seja, não considera o impacto do edifício no meio ao qual estará inserido. Deste modo, faz-se necessária uma mudança no tratamento dado à construção, não se restringindo unicamente à promoção da eficiência energética por meio somente de estratégias passivas, mas também, esta deve atender aos outros tipos de impactos ambientais provocados, como por exemplo, a produção de resíduos.

Assim, é importante ressaltar que impactos ambientais não são causados apenas pela grande produção de energia elétrica. A indústria da construção civil - particularmente a construção, operação e demolição de edifícios - representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente (SILVA, 2003). A própria presença física do edifício e o modo como é utilizado durante sua vida útil, também alteram significativamente o meio ambiente.

Diante disso, a arquitetura sustentável cumpre o papel imposto pela demanda contemporânea da produção arquitetônica, expandindo sua preocupação, antes focada exclusivamente no processo de projeção, como exposto por Yannas (2003, p. 6):

Uma arquitetura sustentável não é um ideal fixo, mas um conceito em evolução para ser redefinido com o projeto (...). Precisamos ir além das soluções técnicas exercitadas pela prática atual e começar a estender o vocabulário arquitetônico para expressar a temporalidade dos ciclos naturais e operacionais de forma mais diversificada e criativa.

A sustentabilidade abordada no projeto da arquitetura contemporânea extrapola as questões de conforto ambiental e suas relações com a eficiência energética. Deste modo, a arquitetura sustentável deve fazer a síntese entre projeto, ambiente e tecnologia, dentro de um determinado contexto ambiental, cultural e socioeconômico, apropriando-se de uma visão de médio e longo prazos. Para Gordon (2000), o grau de sustentabilidade ecológica dos edifícios está relacionado

com sua integração com o meio ambiente em dois aspectos: o seu desempenho durante sua vida útil e o impacto de sua presença física.

A vida útil do edifício é entendida como um ciclo, o qual envolve toda sua cadeia produtiva “do berço ao túmulo”, desde a extração da matéria prima até o destino dos rejeitos ou do próprio produto (VOSGUERITCHIAN, 2006). Há uma complexidade e infinidade de fatores envolvidos desde a concepção até a demolição da edificação, estes atrelados ao nível de impacto causado por estas ações. Surgem assim, inúmeros questionamentos sobre o processo de projeto, que necessitam de mudanças metodológicas e práticas para introdução da sustentabilidade no exercício arquitetônico.

Os chamados indicadores de sustentabilidade podem auxiliar na concepção e na operação dos edifícios, além de atuarem como parâmetros de avaliação do nível de eficiência energética de novas edificações. Oliveira (2006) aponta que, sistemas de avaliação de processos e sistemas construtivos ditos sustentáveis devem levar em conta diversos fatores, já que, de um modo geral, o processo baseia-se em escolhas introduzidas em cada fase da definição do projeto, opções arquitetônicas, as suas qualidades ambientais e os custos envolvidos.

De acordo com Corcuera (2009), a avaliação do processo de construção, ou análise do ciclo de vida (ACV), trata da avaliação dos impactos ambientais associados a todas as atividades necessárias para que um produto cumpra a sua função (ver figura 08).

Figura 6 - Atividades avaliadas no ciclo de vida de uma edificação.



Fonte: CORCUERA, 2009.

As certificações constituem-se em um sistema de avaliação no qual é quantificado o grau de sustentabilidade de um projeto de acordo com determinados critérios de desempenho, que podem englobar desde consumo de energia até tópicos estritamente específicos, analisando o impacto ambiental destes (GOLÇALVES; DUARTE, 2007).

A avaliação e classificação de edifícios através de selos sustentáveis, apesar de não serem de caráter obrigatório, servem para estimular a produção de construções menos impactantes e mais econômicas. Segundo Barbosa (2010), um empreendimento construído dentro desses padrões pode reduzir entre 30% e 40% o consumo de energia, 50% o consumo de água, 35% a emissão de CO₂ e em até 90% o descarte de resíduos, além de garantir um ambiente interno mais saudável e produtivo.

Nos EUA e em países europeus já se faz o uso de certificação (etiquetagem) das edificações, possibilitando aos usuários optarem por edificações energeticamente eficientes, que, portanto contribuem para a conservação de energia e conseqüentemente para com o meio ambiente (MEIRIÑO, 2004). No Brasil, são aplicadas atualmente três certificações ambientais: o Selo Casa Azul CAIXA³, o Aqua⁴ e o Leed⁵

³ Como iniciativa da CAIXA ECONÔMICA FEDERAL com a colaboração do LABEEE, o Selo Casa Azul CAIXA classifica a sustentabilidade de projetos habitacionais brasileiros. Dividida nas classes, ouro, prata e bronze, tem como objetivo dar suporte aos projetistas e empreendedores na escolha de estratégias adaptadas para realidade habitacional do país. Para tal, considera-se 53 critérios em relação aos temas: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais.

⁴ Processo AQUA é a adaptação nacional da "*Démarche HQE*", da França. Para esta certificação o empreendedor da construção deve estabelecer o controle total do projeto em todas as suas fases: programa; concepção (projeto); realização (obra) e operação (uso). Os requisitos do SGE - **Sistema de Gestão do Empreendimento** exigem o comprometimento visado e acompanhamento, análise e avaliação ao longo do empreendimento. Os critérios de desempenho abordam a eco-construção, a eco-gestão e a criação de condições de conforto e saúde para o usuário (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2011).

⁵ O selo LEED ou Leadership in Energy and Environmental Design (Liderança em Energia e Design Ambiental) foi desenvolvido pelo *Green Building Council* dos EUA (USGBC), em 2000. Este selo fornece quadros para identificação e implementação de práticas e avaliações de edificações sustentáveis durante todo o ciclo da construção civil (concepção e construção, operações e manutenção). O LEED é flexível o suficiente para aplicar a todos os tipos de edifícios, bem como considera parâmetros como escolha do sítio, uso eficiente da água e energia elétrica, recursos construtivos, qualidade ambiental em interiores, etc. (USGBC, 2011).

(Leadership in Energy and Environmental Design), de origem americana. Há ainda os selos Sustentax⁶ e Procel Edifica⁷, ambos brasileiros (COELHO, 2010) (ver figura 07).

Figura 7- Edifícios certificados pelo selo *LEED*. (a) Ventura Corporate Towers Rio de Janeiro, RJ. (b) Rochaverá Corporate Towers, São Paulo - SP.



Fonte: Revista Técnica, 2010.

Apesar da amplitude do conceito de sustentabilidade ambiental, considera-se neste caso, a síntese entre conceitos arquitetônicos, fundamentos do conforto ambiental, técnicas construtivas e de operação predial, e a esperada eficiência energética. No entanto, Gonçalves e Duarte (2007), indicam que o

⁶ O "Selo SustentaX" é um programa voluntário que avalia os atributos essenciais, complementares e da sustentabilidade. A avaliação se dá além das questões ambientais previstas na ISO 14024, abrangendo características de salubridade e qualidade (funcional e ambiental) do produto, assim como as responsabilidades socioambientais e de comunicação com o consumidor. É importante ressaltar que este selo avalia componentes do edifício, e não edifício em si (SUSTENTAX, 2011).

⁷ O Procel Edifica é um subprograma recente do PROCEL (Programa de Conservação de Energia Elétrica) especialmente voltado à Eficiência Energética das Edificações – EEE, aliada ao Conforto Ambiental – CA. O *Procel Edifica* tem como objetivo estimular a etiquetagem de edifícios comerciais, de serviços e públicos, além dos residenciais, de acordo com sua eficiência energética. A etiquetagem se dá através da classificação das edificações, de acordo com três sistemas individuais de avaliação: iluminação, condicionamento do ar e envoltória do edifício (ELETROBRAS, 2011).

sucesso do desempenho ambiental e energético do edifício não pode ser garantido em nenhuma das etapas de projeto.

Apesar dos estudos detalhados de simulação das condições ambientais, o gerenciamento dos sistemas prediais, juntamente com o cumprimento dos padrões de ocupação previamente definidos e o comportamento e as expectativas dos usuários é que responderão pelo desempenho final do edifício.

3.2. CLIMATOLOGIA APLICADA À ARQUITETURA

Esta segunda parte da revisão trata da **climatologia como instrumento da arquitetura**, ou seja, **dados climáticos** utilizados como **ferramenta** para obtenção de **estratégias projetuais** voltadas à **sustentabilidade do espaço construído**. Além da sua importância, é discutido como podem ser levantados e devem ser analisados registros de parâmetros meteorológicos. São abordados os principais **métodos de tratamento**, bem como as **informações climáticas** obtidas nestes processos. Por fim, é realizado o **levantamento de pesquisas** sobre **adequação climática das edificações** por meio de **zonas climáticas**, estas mapeadas em diferentes regiões do planeta, objetivando uma breve discussão sobre a aplicação prática desse campo.

3.2.1. Importância da climatologia para a arquitetura

A climatologia pode ser definida como o estudo científico do clima que utiliza técnicas estatísticas para inferir informações climatológicas. Tradicionalmente, a aplicação da climatologia se dá principalmente no campo da agricultura e da aeronáutica (VIEIRA; PICULLI, 2009). Contudo, a importância da climatologia aplicada ao ambiente construído tem crescido de modo significativo.

Diante a conscientização de minimizar os impactos ambientais causados pela construção civil, segue a tendência de se projetar levando em consideração os fatores ambientais. Neste sentido, a correta adequação climática das edificações se caracteriza pela utilização de estratégias de condicionamento passivo, promovendo assim, a conservação de energia elétrica, além da preservação dos recursos naturais.

Sabe-se que o clima afeta a execução, a segurança, o conforto e desempenho energético de edificações. Portanto, o estudo da climatologia aplicada à arquitetura é indispensável em todas as fases do projeto arquitetônico, pois possibilita o entendimento físico dos vários processos climáticos relacionados à construção. Assim, melhores decisões poderão ser tomadas ainda no processo de projeção.

Segundo Siqueira et al (2005), este tipo de informação é essencial para avaliações do desempenho térmico das edificações, com a finalidade de produzir análises mais sofisticadas e detalhadas das edificações. Já que para tal, é necessário saber como variam os elementos climáticos.

É de fundamental importância para o projetista conhecer as variáveis climáticas que atuam sobre determinado sítio, de modo que todos os fatores e elementos climáticos possam ser aproveitados da melhor forma no projeto dos espaços, em benefício do homem. As informações climáticas, por meio da climatologia voltada ao ambiente construído vêm se tornando ferramenta eficaz na prática projetual.

Apesar de todos os benefícios obtidos para adequação climática das edificações através da utilização de dados climatológicos, ou seja, dados meteorológicos tratados, sabe-se da escassez dos próprios dados meteorológicos em todo o Brasil, pois o levantamento histórico destes dados, quando existentes, só pode ser realizado junto às estações meteorológicas.

Além do exposto, Bitan (1988) ressalta a importância de integrar elementos climatológicos ao planejamento e construção civil de uma forma sistemática, considerando os diferentes níveis de planejamento e etapas de projeto: planejamento regional; implantação do projeto a nível local; e planejamento de edificações individuais.

Em relação aos impactos na edificação, o melhor aproveitamento de informações climáticas é obtido por seu planejamento detalhado. Logo, todas as possibilidades e vantagens resultantes da integração de conhecimentos

climatológicos nos diferentes estágios do projeto, ressaltam a importância da climatologia aplicada à construção nos seguintes aspectos (GOULART, 1993):

- ✓ Uso de estratégias bioclimáticas;
- ✓ Escolha de técnicas construtivas adequadas;
- ✓ Materiais de construção com bom desempenho;
- ✓ Cores adotadas nas superfícies externas;
- ✓ Paisagismo escolhido;

Pesquisas e aplicações práticas baseadas na climatologia aplicada ao ambiente construído são importantes no intuito de disseminar estratégias bioclimáticas mais condizentes com a realidade local, sobretudo para edificações residenciais, para as quais devem ser buscadas alternativas para a melhoria das condições essenciais de habitabilidade, principalmente em regiões cujo clima foi pouco explorado.

3.2.2. Levantamento de dados meteorológicos

No Brasil, os principais órgãos operacionais de meteorologia que mantêm uma rede de observação em nível nacional são: *INMET* - Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; *DECEA* - Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) do Comando da Aeronáutica e a *DHN* - Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Comando da Marinha, ambos do Ministério da Defesa, além do *INPE* - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Ministério da Ciência e Tecnologia (INMET, 2011).

Para o registro dos dados climáticos, estes órgãos operam com diversos tipos de estações meteorológicas, que se diferenciam pela forma de registro e pelo tipo de parâmetros meteorológicos registrados. Para climatologia aplicada à arquitetura, interessam principalmente os parâmetros de temperatura do ar; umidade relativa do ar; precipitação; direção e velocidade dos ventos. Estes dados climáticos podem ser coletados em estações do tipo convencional; automática e/ou agrometeorológicas.

Uma estação meteorológica convencional registra continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc.), que são lidos e anotados em três diferentes horários do dia. As estações de superfície automática são ligadas a vários sensores desses mesmos parâmetros, que integram os valores observados minuto a minuto e os automaticamente, a cada hora (INMET, 2011). Já as estações agrometeorológicas registram os mesmos dados das estações meteorológicas acrescentando-se dados de temperatura do solo e conteúdo de água do solo.

Percebe-se ao longo dos anos que é crescente a implantação de estações de superfície automática. Isto é oportuno, pois possibilita registros mais detalhados e confiáveis dos parâmetros meteorológicos, já que estes são observados automaticamente, o que diminui margens de erros. Entretanto, as antigas estações convencionais, quando desativadas, não oferecem mais o registro dos parâmetros, o que implica a perda de séries históricas de dados climáticos, essenciais aos estudos aplicados à arquitetura.

No estado de Alagoas, por exemplo, este fato é observado através de uma comparação entre o levantamento das estações convencionais e automáticas sob responsabilidade do INMET, além de estações agrometeorológicas, sob responsabilidade da SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas, existentes nos anos de 2008 e 2011 (ver quadro 01).

Quadro 1 - Levantamento das estações meteorológicas em Alagoas nos anos 2008 e 2011.

ESTAÇÃO / ANO	CONVENCIONAL	AUTOMÁTICA	AGROMETEOROLÓGICA (AUTOMÁTICAS)
2011	Água Branca Maceió Palmeira dos Índios Pão de Açúcar Porto de Pedras	Arapiraca Coruripe Maceió Palmeira dos Índios Pão de Açúcar São Luiz do Quitunde	Mata Grande Santana do Ipanema Piranhas
2008	Maceió Porto de Pedras Palmeira dos Índios Major Isidoro Mata Grande Água Branca Pão de Açúcar	Arapiraca Pão de Açúcar Palmeira dos Índios	Mata Grande Santana do Ipanema

Fonte: Adaptado de PASSOS, 2009; SEMARH, 2011 e INMET, 2011.

As séries históricas de dados climáticos brasileiros, ou normais climatológicas, também podem ser obtidas através do levantamento das *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990*, publicado em 2009, que apresenta em valores das normais climatológicas correspondentes a este período, recalculadas para aproximadamente 400 estações meteorológicas da rede do INMET, incluindo médias históricas de diversos parâmetros meteorológicos, bem como mapas de médias mensais e anuais destes parâmetros.

3.2.3. Métodos de tratamento de dados climáticos

Para a correta adequação de projetos arquitetônicos e urbanísticos ao clima local, é necessário o entendimento por parte do projetista, da interação entre os elementos climáticos e o ambiente construído. Na escala do edifício, Goulart, Firmino e Lamberts (1998), comentam a importância deste tipo de conhecimento, pois as condições climáticas externas representam requisitos básicos para o projeto de sistemas de ar condicionado, cálculos simplificados do consumo de energia e para simulações mais detalhadas de energia em edificações.

A utilização dos parâmetros meteorológicos como ferramentas de projeto, requer primeiramente, o levantamento do registro dos dados climáticos, seguidos da análise, entendimento e aplicação prática desses. Neste sentido, Passos (2009) afirma que métodos de tratamento e análise de dados climáticos têm o objetivo de indicar estratégias bioclimáticas, ferramentas importantes que representam um bom indicativo de quais soluções são as mais adequadas à arquitetura do lugar.

É importante ressaltar a validade de se utilizar métodos para a adequada transformação de dados climáticos existentes, sobretudo em regiões cujas condições climáticas não foram abordadas. Atualmente, as poucas informações disponíveis se resumem às Normais Climatológicas de algumas localidades. A publicação oficial destas Normais em 2009 se refere ao período entre 1961 e 1990 e inclui somente 394 cidades, ou seja, aproximadamente 07% dos 5565 municípios brasileiros.

A transformação de simples registros meteorológicos em informações climáticas, voltadas aos profissionais da área, depende da utilização de metodologia específica, que auxilie no correto aproveitamento dos dados climáticos levantados. Isto requer um prévio tratamento estatístico ou métodos que modifiquem a grande quantidade de registros em ferramentas eficazes de trabalho.

Assim, além da dificuldade do levantamento dos dados, há necessidade do tratamento prévio para sua correta utilização nas pesquisas relacionadas às edificações. Diante desse impasse, muitas vezes, o clima é desconsiderado na prática arquitetônica, o que torna cada vez mais importante a análise adequada dos dados existentes.

Neste contexto, os dados climáticos são úteis em diferentes níveis e escalas de projeto, após análise e tratamento adequado, por meio de metodologia aplicada às informações climáticas voltadas para a arquitetura. Para avaliações do desempenho térmico de edificações geralmente são utilizados os métodos: Temperatura de Projeto (ASHRAE); Ano Climático de Referência ou TRY (Test Reference Year); Grau-dia e Grau-hora; Dia Típico de Projeto; Estatística Descritiva; e Interpolação de Dados Climáticos. Estes métodos serão brevemente discutidos abaixo:

- Temperatura de projeto - ASHRAE

O método aplicado pela ASHRAE (1993) consiste em selecionar temperaturas de projeto, e é baseado na suposição da futura repetição do nível de frequência de uma temperatura específica em um determinado período do tempo. Neste caso, considera-se uma série histórica de 15 anos de dados de temperatura do ar. Além disso, também são disponibilizadas informações referentes à predominância de ventos.

Basicamente, neste método são apresentados diferentes níveis de risco nos períodos do inverno e verão, considerando medições de parâmetros de temperatura do ar através do bulbo seco e bulbo úmido (no verão apenas). São selecionadas frequências de 1%, 2,5% e 5% para um intervalo de múltiplos riscos, pelas quais é possível decidir qual o nível de risco do projeto.

Segundo a ASHRAE (1993), as temperaturas de bulbo seco de projeto com a temperatura de bulbo úmido coincidente devem ser usadas para calcular cargas de refrigeração em edificações. Já as temperaturas de bulbo úmido de projeto são determinadas, a princípio, para uso em processos de resfriamento evaporativo, mas também podem ser usadas para calcular cargas de ventilação.

Para o Brasil, a ASHRAE apresenta características climáticas para algumas cidades. Para as condições de inverno são apresentadas a média dos extremos anuais de temperatura e as temperaturas de projeto para os níveis de frequência de ocorrência de 99% e 97,5%. Para as condições de verão, são apresentadas as temperaturas de projeto de bulbo seco e bulbo úmido para os níveis de frequência de ocorrência de 1%, 2,5% e 5%.

- Ano climático de referência (TRY)

Avaliações do desempenho térmico de edificações podem ser realizadas por meio de softwares como o *Energy Plus* (DOE, 2008) e o *Climate Consultant* (UCLA, 2008), e indicação de estratégias bioclimáticas como o *Analysis Bio* (LABEEE, 2007), que se utilizam os dados climáticos de um ano típico para análises bioclimáticas. O método *Test Reference Year* (TRY), ou ano climático de referência, é uma das fontes de ano climático. Trata-se da reunião de dados climáticos de um ano típico utilizado para a simulação do consumo de energia elétrica em edifícios.

Através do procedimento desenvolvido por Stamper (1997), são formados, a partir do ano climático de referência, arquivos com bancos de dados climáticos indispensáveis para simulações computacionais do desempenho térmico de edificações. Segundo Goulart, Firmino e Lambers (1998), este procedimento, utilizado para selecionar o ano climático para um local específico, é baseado na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano, somente:

O procedimento utilizado para selecionar o ano climático para um local específico é baseado na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano, somente. Para isto, os meses são classificados em ordem (...) analisando-se os valores médios mensais de temperatura do ar, anotando-se o mês mais quente e o mês mais frio, o segundo mês mais

quente e o segundo mês mais frio e assim por diante, conforme aparecem as maiores e as menores temperaturas médias mensais, respectivamente. Após fecharem os doze meses, repete-se a seqüência dos meses, porém invertendo-se o sentido de análise, ou seja, onde é quente passa a ser frio e vice-versa. Com isso, os anos que apresentarem temperaturas médias mensais extremas (mais altas ou mais baixas) poderão ser eliminados de acordo com o procedimento (GOULART, FIRMINO e LAMBERTS, 1998). Pg. 07.

Deste modo, o Test Reference Year (TRY), determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações. O TRY contém informações climáticas para as 8.760 horas do ano (GOULART, 1993).

- Graus-dia e Graus-hora

Graus-dia e Graus-hora são parâmetros climáticos que podem ser definidos como o somatório da diferença de temperatura, quando esta se encontra abaixo de uma temperatura base (T_b). Isso quer dizer que, no caso do método Graus-dia, quando a temperatura média diária for menor que T_b , calcula-se a diferença ($T_b - T$ média), somando-se estas diferenças, dia a dia, para todo o ano. Já para cálculo do método Graus-hora ocorre um processo semelhante, mas consideram-se as temperaturas horárias. Segundo a ASHARE (1993) estes métodos são bem simplificados e são utilizados para análise do consumo de energia das edificações, porém é importante ressaltar que, estes são apropriados se o uso da edificação e da eficiência do equipamento ar condicionado são sempre constantes.

- Dia típico de projeto

O Dia Típico de Projeto é uma ferramenta importante na determinação das exigências higrotérmicas de verão e inverno. Pode ser definido como um dia real caracterizado pela velocidade média predominante do vento e pelos valores horários de cada uma das seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar incidente em superfície horizontal (nebulosidade), direção e velocidade do vento (SIQUEIRA et al, 2005).

Desenvolvida por Sattler (1989), esta metodologia exige, para sua correta aplicação, uma série histórica de dados climáticos de pelo menos cinco anos. A obtenção dos dias típicos de projeto é feita por meio de um tratamento estatístico dos valores das médias, máximas e mínimas diárias dos parâmetros climáticos locais citados acima.

Para aplicação do Dia Típico de Projeto, em primeiro lugar, devem ser calculadas as temperaturas médias diárias para cada um dos dias do período de dados disponíveis, as quais serão distribuídas, em ordem crescente. (GOULART; FIRMINO e LAMBERTS, 1998). É selecionado então, o conjunto de dias de temperaturas médias mais elevadas (15% do número total de dias, aproximadamente), além dos dias de temperaturas médias mais baixas no período. Estes dias correspondem ao período quente e frio, e são chamados dias quentes e dias frios, respectivamente.

Do conjunto resultante, como aponta Goulart, Firmino e Lambers (1998), são verificadas as datas limites, a fim de determinar-se a abrangência dos períodos quentes e frios. Depois de reordenadas as temperaturas médias, são determinados os níveis de 1%; 2,5%; 5% e 10% para os dias quentes e os frios. Para cada nível, são selecionados os dias cujas temperaturas médias se situam imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência, e dentro de um intervalo representando 1% do número de dias do conjunto.

- **Análise estatística de dados climáticos**

A partir do estudo observacional de uma série histórica de dados meteorológicos, é possível, por meio da Estatística Descritiva, tratar e analisar os dados coletados, por meio da síntese e organização dessas informações, com o intuito de confeccionar perfis climáticos de eficiente visualização e fácil apreensão.

Geralmente são utilizados dados correspondentes aos parâmetros meteorológicos de temperatura do ar; umidade relativa do ar; precipitação; e vento. Estes dados são organizados para o total de dados do período anual, por meio dos seguintes termos:

- ✓ **Mín.** = valor mínimo absoluto;
- ✓ **Máx.** = valor máximo absoluto;
- ✓ **Média** = média aritmética;
- ✓ **Probabilidades** = frequência de ocorrência de valores iguais ou menores que aquele encontrado. São calculados os níveis de: 99%, 95%, 90%, 10%, 5% e 1%.

Goulart, Firmino e Lamberts (1998), complementam que para melhor caracterizar o comportamento dos ventos, além das informações acima, torna-se necessário a análise das velocidades associadas com a direção do vento. Para isso, as frequências de ocorrência de alguns intervalos de velocidades são computadas, mensalmente, para cada direção.

- Interpolação de dados climáticos

É frequente o problema enfrentado por arquitetos, urbanistas e projetistas que se deparam com a dificuldade de ter que projetar espaços para localidades sobre as quais não dispõem de qualquer informação climática. Em tais situações, a única alternativa é estimar o clima através de interpolação (RORIZ, 1999).

Como instrumento utilizado tradicionalmente no campo da matemática, a interpolação de dados se utiliza de diversos métodos. Quando simplificados, esses métodos adotam relações lineares que produzem resultados imprecisos. Entretanto, os métodos mais complexos precisam ser manipulados através de programas computacionais, gerando repostas de difícil compreensão. O método adotado por Roriz (1999) apresenta uma forma relativamente simples que, sem enquadrar-se em nenhum destes dois extremos, permite estimar, com razoável aproximação, diversos tipos de dados climáticos.

Essencialmente, por meio desse método, são estimados dados climáticos, resultantes de cálculos matemáticos, que utilizam dados existentes de cidades circunvizinhas. As cidades (células) que fazem parte do procedimento são classificadas em diferentes categorias, quanto a sua disponibilidade de dados: (00) nenhuma informação disponível; (01) apenas altitude conhecida; e (02) dados

disponíveis de altitudes, médias mensais de temperaturas máximas, temperaturas mínimas e umidades relativas.

Através da interpolação de Roriz, primeiramente é estimado o relevo da região em estudo. Em seguida, busca-se identificar equações de regressão nas quais a altitude é a variável independente, além de permitir a estimativa dos valores mensais de temperaturas e umidades para cédulas da categoria 01 (possui somente dados de altitude). Também por meio desta, é possível se obter as estimativas climáticas para as células da categoria 00 (não possui nenhum dado registrado).

3.2.4. Uso de informações climáticas no projeto de arquitetura e desenho urbano

Como visto, o tratamento de dados é de suma importância para a formulação de estratégias de adequação climática, em todos os níveis do projeto arquitetônico e desenho urbano. Diante disso, muitos estudos relacionados à temática foram desenvolvidos em diversas localidades do planeta. Destacam-se exemplos de pesquisas focadas na escala do edifício, nas quais, geralmente são propostos mapeamentos de zonas climáticas, que auxiliam principalmente, na escolha de soluções voltadas ao desempenho térmico e eficiência energética das edificações.

Evans e Schiller (1998) desenvolveram uma pesquisa com aplicação de dados climáticos para determinação de zonas climáticas em diferentes localidades da Argentina. Partindo da relação entre os elementos climáticos e condições desejáveis de conforto térmico, foi definido o mapeamento de seis zonas bioclimáticas. Assim, o zoneamento bioclimático argentino é baseado na relação *homem – edifício – clima* e estabelecido pela norma IRAM 11.603. A referida norma ainda aponta as características das zonas, seus limites geográficos e as recomendações de projeto adequadas para cada região. Já as zonas bioclimáticas indicam estratégias projetuais para otimização do desempenho térmico e conservação de eletricidade dos edifícios argentinos.

Roriz et al (2000), também realizaram estudos em âmbito nacional com o intuito de definir zonas climáticas. A metodologia aplicada foi baseada em dados

climáticos medidos ou dados estimados por meio de interpolação. Os autores apresentaram uma proposta de zoneamento bioclimático para o Brasil, que futuramente iria se desenvolver na esfera da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, como parte de um projeto de normalização sobre desempenho térmico de habitações populares.

Ogunsote; Prucnal-Ogunsote (2002) revisaram as definições já existentes para classificação climática da Nigéria. As classificações avaliadas foram baseadas em Evans (1980), além das tabelas de Mahoney. Os autores também desenvolveram um método para o zoneamento da região. Apesar das limitações quanto à disponibilidade de dados climáticos, a região foi classificada em seis zonas climáticas distintas: zona costeira, zona da mata, zona de transição, zona de savana, zona das montanhas e zona de semi-deserto, considerando assim, aplicações de estratégias para arquitetura local.

Com base em dados climáticos selecionados, Erell, Portnov e Etzion (2003), sugeriram o mapeamento de zonas climáticas para Israel, região pequena, mas com clima bastante variável. As zonas bioclimáticas propostas também apontam para aplicação de técnicas diferenciadas para arquitetura com vistas à eficiência energética.

Lam et al (2005), desenvolveram estudos em cinco cidades chinesas, com objetivos semelhantes. Pequim, Harbin, Kunming, Xangai e Hong Kong foram escolhidas por representar os cinco principais grupos climáticos da China: severamente frio; frio; verão quente com inverno frio; ameno; verão quente com inverno fresco. Foram tratados os dados climáticos a partir de bases de períodos de aproximadamente dez a quarenta anos. A partir de então, foram feitas análises estatísticas e aplicados métodos de gráfico aos dados obtidos, considerando três principais variáveis: temperatura de ar, radiação solar e condições dos ventos.

Já Saavedra (2007), pesquisou sobre as condições climáticas em dez cidades da Bolívia. A partir de uma série histórica de registros climáticos de quarenta anos, o autor classificou o clima de cada uma das cidades bolivianas selecionadas, propondo estratégias bioclimáticas para os projetos arquitetônicos locais.

Engin et al (2007), estudaram a adequação climática de habitações vernáculas na região norte da Turquia. Parâmetros meteorológicos como umidade do ar, condições de vento, radiação solar e precipitação foram selecionados e relacionados com aspectos como implantação; estrutura e materiais utilizados. Foi concluído que as grandes precipitações e o alto teor de umidade são fatores determinantes na escolha das técnicas construtivas locais, diferenciando a região de Eastern Black Sea, das demais regiões do país. Isso torna as construções vernáculas do norte turco, exemplo de arquitetura adequada ao clima.

Guan, Yang e Bell (2007), investigaram as correlações entre as variáveis climáticas das seis capitais australianas a partir de uma série histórica de dez anos. Foram analisados o TRY, Test Reference Year (Ano Climático de Referência), bem como o Typical Meteorological Year através de metodologias de análise de regressão a fim de investigar a existência de correlação entre as variáveis radiação solar, temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade do ar e vento. Este estudo serviu como base definição de zonas bioclimáticas australianas.

Atualmente, de acordo com o código de construções da Austrália (*BCA - Building Code of Australia*), o país possui oito zonas climáticas distintas: verão quente e úmido - inverno quente; verão quente e úmido - inverno ameno; verão quente e seco - inverno quente; verão quente e seco - frio inverno; zona temperada; zona pouco temperada; zona temperada e fresca; e zona alpina. Cada zona traz recomendações de estratégias projetuais baseadas na relação do clima externo com edifício nos aspectos: forma; orientação; e materiais construtivos. O governo do estado australiano de Queensland mantém o programa *Smart & Sustainable Homes*⁸, com objetivo de promover boas práticas para construção civil local, considerando os três pilares do desenvolvimento sustentável: ambiental, econômico e social.

De La Flor et al (2008), criaram uma classificação climática para regiões não inclusas nas regulamentações da EPBD (Energy Performance of Buildings). A

⁸ O programa *Smart & Sustainable Homes* é uma iniciativa do Departamento de Obras Públicas de Queensland – Austrália, com assistência da Academia de Práticas Arquitetônicas. Mais informações:< http://www.works.qld.gov.au/downloads/tdd/ss_house/qld_climate.pdf>.

metodologia, seguida foi primeiramente aplicada à região de Andaluzia, na Espanha, como forma de validação do método proposto. Esta consiste basicamente, através do software METERONORM, na geração de arquivos climáticos para em seguida, determinar zonas climáticas. Devido à inexistência de séries históricas climáticas, os autores trabalharam com o método de interpolação de dados climáticos.

No Brasil, Barbirato et. al. (2010), buscaram demonstrar a importância da adequada concepção de espaços a partir de diretrizes climáticas para o planejamento urbano, em duas pequenas cidades nordestinas do estado de Alagoas. Para tal, adotaram o Ano Climático de Referência, os Dias Típicos de Projeto, as Recomendações de Projeto – Método de Mahoney e a Carta Bioclimática de Givoni. Esta pesquisa permitiu a identificação do perfil climático dessas cidades, proporcionando também, a obtenção de diretrizes bioclimáticas para adequação dos assentamentos construtivos. Foi constatado que, a atual configuração urbana e os padrões construtivos adotados nas edificações locais correspondem a modelos inapropriados em relação às solicitações climáticas da região.

Por fim, perante a tentativa de levantar trabalhos sobre mapeamentos de zonas bioclimáticas, é possível perceber o quanto a área, em âmbito internacional, tem avançado ao longo dos anos. Por meio dos métodos de tratamento de dados climáticos, diversas localidades em diferentes países contam com informações projetuais pertinentes para prática da adequação climática do espaço habitado. No Brasil, nota-se o esforço de pesquisadores para se trabalhar da mesma forma. Observa-se ainda a tendência de trabalhos nacionais de levar em consideração a utilização do Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Porém, a dificuldade na obtenção dos dados climáticos e/ou a falta do tratamento destes tornam-se um impasse aos avanços no campo nacional. Apesar da existência do referido ZBB (tratado detalhadamente a seguir), o país necessita de estudos mais refinados sobre regiões climáticas, com intuito de traçar estratégias de projeto mais condizentes com as especificidades climáticas locais.

3.3. ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

A terceira e última parte da revisão documental refere-se ao **Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. Primeiro, é discutida a abordagem da **NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)**, norma brasileira de **desempenho térmico de habitações**, da qual o Zoneamento Bioclimático faz parte. São comentadas as **recomendações de estratégias e diretrizes projetuais** apontadas pela referida norma para **adequação climática** de edificações.

Em seguida são **detalhadas as recomendações** propostas para **zonas bioclimáticas 05, 07 e 08**, relevantes para este trabalho. Também é apresentada a **metodologia** utilizada para **definição do Zoneamento Bioclimático Brasileiro**, buscando esclarecer como se deu o mapeamento do território nacional para o enquadramento das cidades brasileiras nas zonas bioclimáticas. Por fim, são **pesquisados trabalhos** sobre o tema, **discutindo as experiências e principais conclusões dos autores** com base na aplicação da supracitada **norma**.

3.3.1. NBR 15220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social

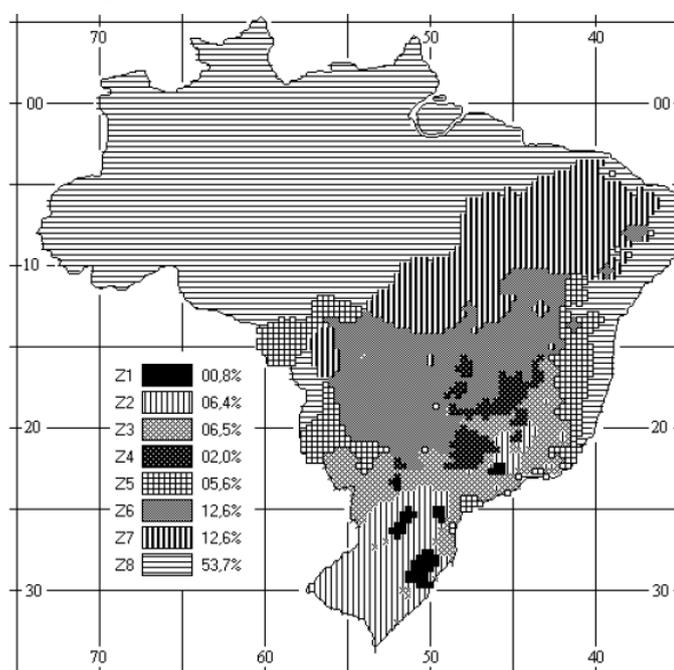
Com intuito de estabelecer requisitos mínimos aceitáveis de desempenho térmico para habitações populares, o Zoneamento Bioclimático Brasileiro surgiu como uma proposta de classificação climática para diferentes cidades do país. Esta pesquisa desenvolvida no âmbito da Comissão de Estudos sobre Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações e vinculada ao Comitê Brasileiro de Construção Civil da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), transformou-se em 2005, em parte da primeira norma brasileira referente ao desempenho térmico de edificações: *NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005)*.

A parte 03 da NBR 15.220 (ABNT, 2005), através do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, apresenta recomendações para adequação climática por meio do desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, aplicáveis na fase inicial do projeto. O ZBB trata-se de um mapeamento climático de diferentes regiões do país, que classifica 330 cidades brasileiras em oito zonas

bioclimáticas distintas (zona bioclimática 01 a zona bioclimática 08) de acordo com suas particularidades climáticas.

As oito zonas bioclimáticas são mostradas na figura acima (figura 10), na qual os números junto à legenda indicam as percentagens territoriais correspondentes a cada clima. A zona 8 (clima quente e úmido) ocupa 53,7% do país, englobando principalmente a região amazônica e o litoral nordeste. A região mais fria (zona 1) fica ao sul e representa apenas 0,8% do território (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 2000) (ver figura 10).

Figura 8 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Cada zona bioclimática traz diretrizes construtivas relativas às aberturas, paredes e coberturas, além do detalhamento de estratégias bioclimáticas, com base nos seguintes parâmetros e condições de contorno: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo parede externa e cobertura); e estratégias de condicionamento térmico passivo.

Deste modo, após a identificação da cidade a ser trabalhada pelo projetista em uma das zonas bioclimáticas, este deve atentar para as recomendações e diretrizes construtivas indicadas para adequação da edificação ao clima local. Estas recomendações são apresentadas em tabelas, que mostram

diretrizes relativas às aberturas para ventilação quanto ao seu dimensionamento; além de diretrizes construtivas relativas à transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes externas e coberturas (ver tabelas 01 e 02).

Tabela 1 - Aberturas para ventilação.

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Tabela 2 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Ainda é indicado, para cada zona, um conjunto de soluções projetuais para adequação climática de edificações. Assim, a referida norma traz o detalhamento de diferentes estratégias para o condicionamento térmico passivo. Para uma fácil compreensão do projetista as estratégias são nomeadas por letras do alfabeto e delineadas em uma tabela específica (ver tabela 04).

Tabela 3 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico passivo.

Estratégia	Detalhamento
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

3.3.2. Recomendações por Zona Bioclimática: Zonas 05, 07 e 08

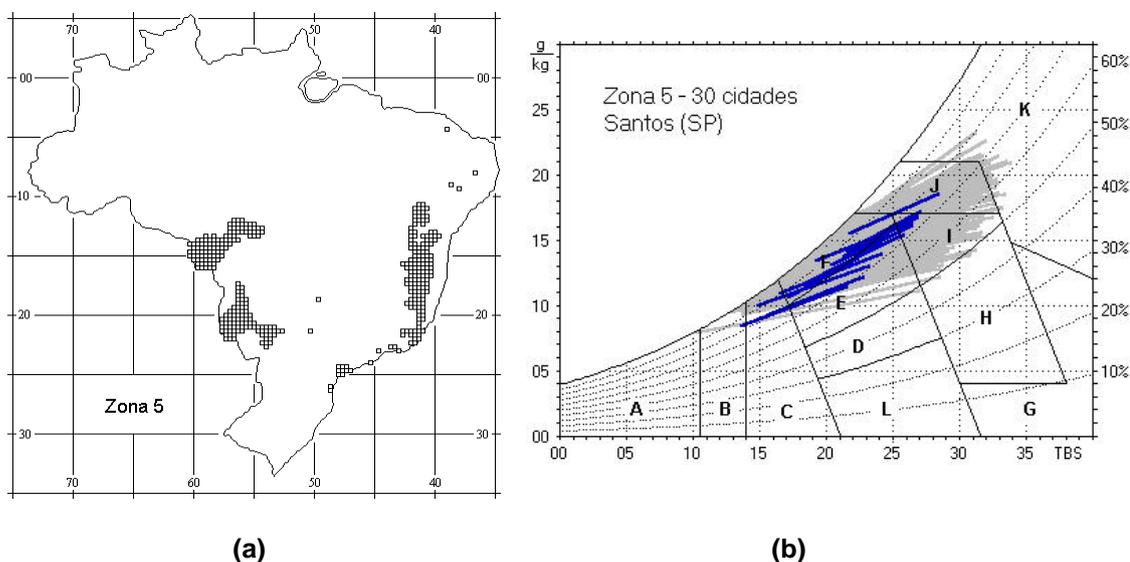
De acordo com Roriz et al (1999), cada zona bioclimática apresenta basicamente três grupos de recomendações. A primeira recomendação sugere limites para Transmitância Térmica, Atraso Térmico e Fator de Calor Solar de coberturas e paredes. Já a segunda indica as áreas de abertura para ventilação e o sombreamento de janelas. A terceira e última recomendação aponta estratégias bioclimáticas que aperfeiçoem as condições térmicas das habitações.

Como parte relevante para este trabalho, as **zonas 05, 07 e 08** são apresentadas a seguir:

- Zona Bioclimática 05

Na zona bioclimática 05 estão enquadradas 30 cidades brasileiras com características climáticas semelhantes às regiões de clima temperado. Esta zona abrange 5,6 % do território nacional: parte da região Sudeste, algumas poucas cidades da região Nordeste, além de cidades da região Centro-Oeste (ver figura 09). Destaca-se a cidade de Santos em São Paulo como modelo climático para indicação de estratégias projetuais.

Figura 9 - Zona Bioclimática 05. (b) Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Santos, SP.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Para as cidades classificadas em zona 05, a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) faz as seguintes recomendações:

- **Tamanho das aberturas** (percentual relativo à área do piso do ambiente considerado): **médias:** 15% A PISO < A ABERTURA < 25% A PISO;
- **Sombrear aberturas;**
- **Paredes leves refletoras:** Transmitância térmica $U \leq 3,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, Atraso térmico $\phi \geq 4,3 \text{ h}$ e Fator Solar $FS_o \leq 4,0$;
- **Cobertura leve isoladora:** Transmitância térmica $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, Atraso térmico $\phi \geq 3,3 \text{ h}$ e Fator Solar $FS_o \leq 6,5$;
- **Estratégias de condicionamento térmico passivo: estratégia J** - ventilação cruzada (durante o verão) e **estratégia C** - vedações internas pesadas para inércia térmica (durante o inverno).

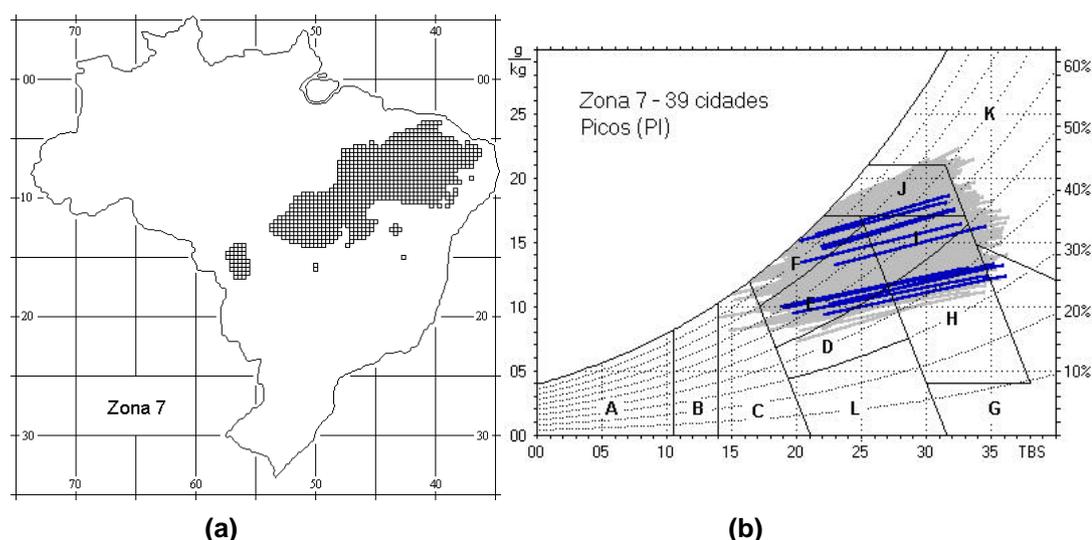
No estado de Alagoas, a cidade de Água Branca é a única classificada como pertencente à Zona 05.

• Zona Bioclimática 07

O mapeamento da zona Bioclimática 07 abrange parte da região semiárida brasileira, esta caracterizada por baixos índices pluviométricos, altas

temperaturas e grande risco de aridez do solo. Nesta zona estão enquadradas 39 cidades brasileiras, o que corresponde a aproximadamente 07% do Brasil, tendo a cidade de Picos no Piauí como modelo de padrão climático (ver figura 10):

Figura 10 - (a) Zona Bioclimática 07. (b) Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Picos, PI.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

As cidades pertencentes à zona 07 possuem características climáticas típicas de localidades de clima quente e seco, e para estas, as recomendações da NBR 15.220-3 são as seguintes:

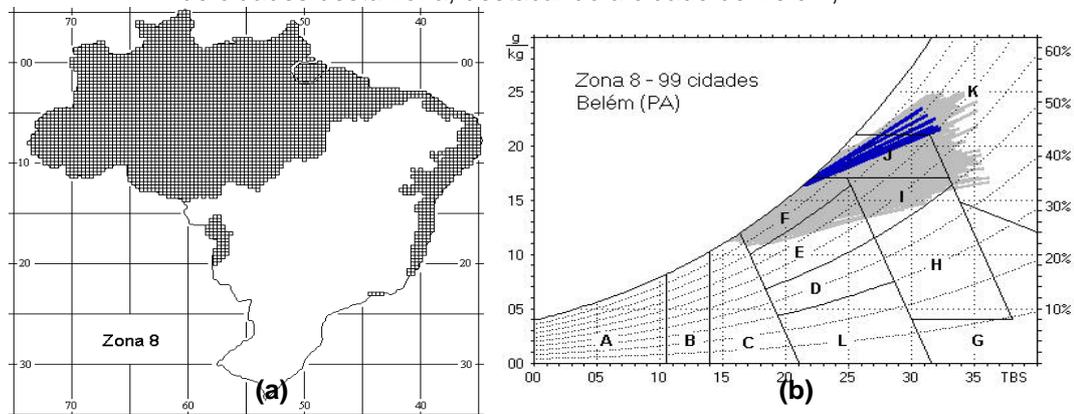
- **Tamanho das aberturas** (percentual relativo à área do piso do ambiente considerado): **pequenas:** $10\% A_{\text{PISO}} < A_{\text{ABERTURA}} < 15\% A_{\text{PISO}}$
- **Sombrear aberturas;**
- **Paredes pesadas:** Transmitância térmica $U \leq 2,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, Atraso térmico $\phi \geq 6,5 \text{ h}$ e Fator Solar $FS_{\circ} \leq 3,5$;
- **Cobertura pesada:** Transmitância térmica $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, Atraso térmico $\phi \geq 6,5 \text{ h}$ e Fator Solar $FS_{\circ} \leq 6,5$;
- **Estratégias de condicionamento térmico passivo:** **estratégia H** - resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; **estratégia J** - ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa).

No estado de Alagoas, não existem cidades classificadas como Zona 07.

- Zona Bioclimática 08

A Zona Bioclimática 08 é a de maior abrangência, pois cobre a maior parte do território nacional (aproximadamente 54%). Como visto, esta zona compreende uma grande faixa do litoral nordestino, além de grande parte da região amazônica. São noventa e nove cidades, cujo clima é classificado como quente úmido, tendo como modelo climático a cidade de Belém no estado do Pará (ver figura 11):

Figura 11 - (a) Zona Bioclimática 08. (b) Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Belém, PA.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

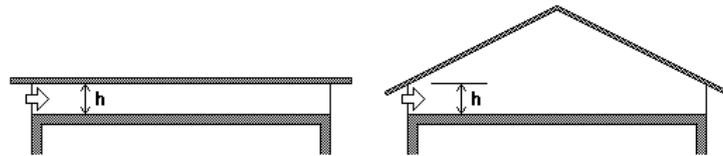
As cidades localizadas na zona 08 possuem características básicas típicas do clima quente e úmido: temperaturas consideráveis, altos índices pluviométricos de umidade do ar. Para estas, a referida norma recomenda:

- **Tamanho das aberturas** (percentual relativo à área do piso do ambiente considerado): **grandes:** $A_{ABERTURA} > 40\% A_{PISO}$
- **Sombrear aberturas;**
- **Paredes leves refletoras:** Transmitância térmica $U \leq 3,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, Atraso térmico $\phi \geq 4,3 \text{ h}$ e Fator Solar $FS_o \leq 4,0$
- **Cobertura leve refletora:** Transmitância térmica $U \leq 2,30 \text{ FT W/m}^2\cdot\text{K}$, Atraso térmico $\phi \geq 3,3 \text{ h}$ e Fator Solar $FS_o \leq 6,5$;
- **Estratégias de condicionamento térmico passivo:** estratégia J - ventilação cruzada permanente durante o período do verão.

Segundo a NBR 15220-3, para correta compreensão e aplicação das estratégias relacionadas à cobertura de edificações locadas em zona 08, é preciso ressaltar as seguintes observações:

1. Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios pré-estabelecidos, poderão ser aceitas na Zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas;
2. Na Zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências:
 - a. Contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos;
 - b. As aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas. Nestes casos, em função da altura total para ventilação (ver figura 14), os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela expressão 1.

Figura 12 - Abertura (h) em beirais, para ventilação do ático.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

$$(1) FT = 1,17 - 1,07 \cdot h - 1,04$$

Onde: FT igual ao fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8 (adimensional); h igual à altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros.

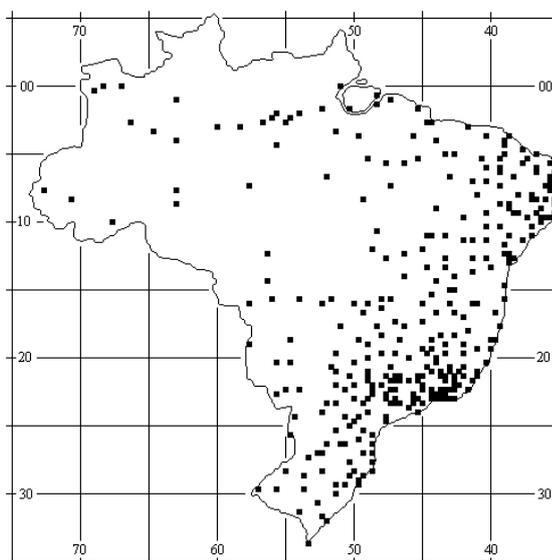
No estado de Alagoas, as cidades de Água Branca, Anadia, Coruripe, Maceió, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Pilar e Porto de Pedras, são classificadas como pertencentes à Zona 08.

3.3.3. Metodologia para definição das Zonas Bioclimáticas

Para esta classificação das cidades brasileiras nas diferentes zonas estabelecidas pela Norma 15.220-3 (ABNT, 2008), primeiramente o território nacional foi dividido em 6500 células, cada uma correspondendo a um quadrado com 36 km de lado, identificado pela posição geográfica e caracterizado pelas

médias mensais de temperaturas máximas e mínimas e das umidades relativas do ar (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999).

Figura 13 - Localização das células com dados medidos.



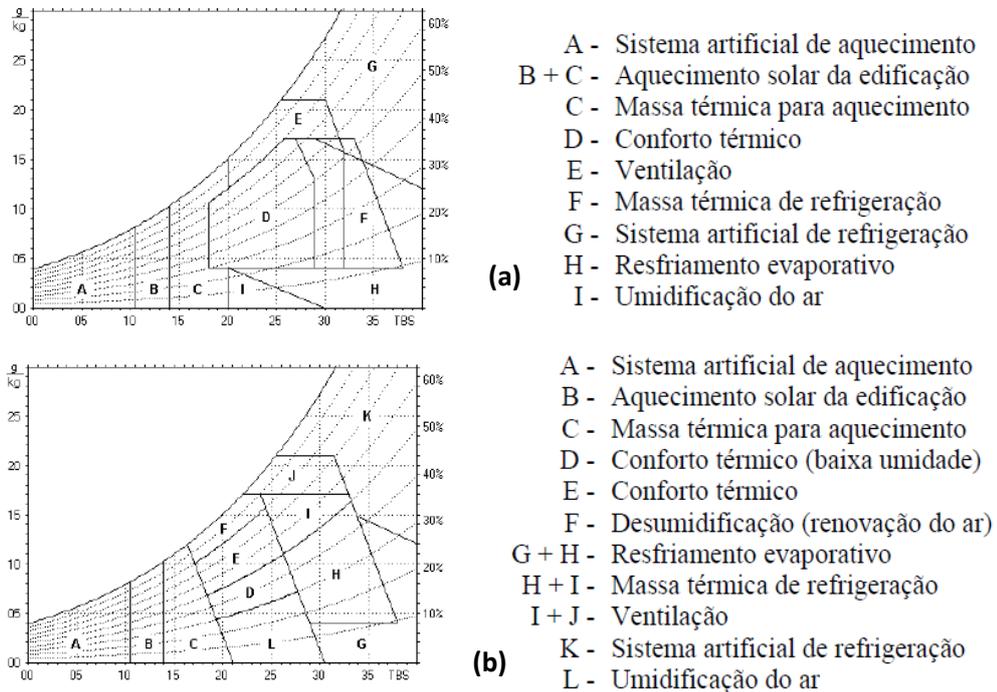
Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Como base de dados climáticos, contou-se com dados medidos e dados estimados por interpolação. Para 330 células os dados medidos foram levantados através das Normais Climatológicas do período de 1961 a 1990 em 206 cidades, além de outras fontes de registros climáticos de 1931 a 1960 para 124 cidades.

Para as demais células o clima foi estimado por interpolação, conforme procedimento apresentado por Roriz (1999). Neste, a estimativa dos valores das médias mensais de temperaturas máximas e mínimas considerou os valores de cada célula como médias ponderadas entre células vizinhas. Já os valores das médias mensais de umidade relativa foram obtidos através dos algoritmos das relações psicrométricas, e então, estes foram interpolados pelo mesmo procedimento adotado para as temperaturas. Finalmente, para cada célula, foram obtidas as umidades relativas correspondentes às temperaturas médias mensais (ABNT, 2005).

Em seguida, cada uma das células foi classificada quanto ao clima, através da aplicação de uma carta bioclimática adaptada de Givoni (1992). Segundo Roriz et al (1999), a carta de Givoni foi alterada para tornar o método mais sensível à realidade climática brasileira (ver figura 14).

Figura 14 - Carta bioclimática de Givoni (1992). (b) Carta bioclimática adaptada.



Fonte: RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999.

Isso porque, ao se aplicar os dados climáticos diretamente na carta original, verificaram-se incoerências no zoneamento resultante: localidades com climas semelhantes classificadas em zonas diferentes e outras com climas divergentes em uma mesma zona. Além disso, a faixa de temperaturas correspondente aos limites da zona de conforto é mais larga na carta de Givoni do que a proposta adaptada.

Sobre a carta adaptada foram classificados os climas de cada ponto do território brasileiro. Deste modo, para a carta bioclimática resultante foi utilizado um método que permitisse identificar o tipo climático de cada local. Para cada mês do ano e para cada localidade, os dados mensais de temperatura e umidade do ar foram representados por uma reta (ver figura 16) obtida da seguinte maneira:

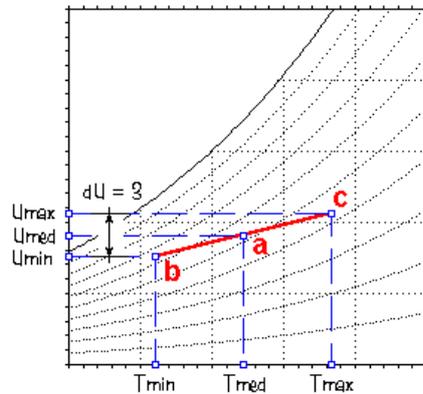
Dados de entrada:

Tmin = Temperatura média das mínimas ; **Tmax** = Temperatura média das máximas;

UR = Média mensal da Umidade Relativa.

Cálculo da temperatura média mensal: **Tmed** = $(Tmin + Tmax) / 2$

Figura 15 - Representação gráfica do clima.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Assim, para cada um dos diagramas de clima, anexos incorporados na própria NBR 15.220-3 mostram como foi realizada a continuação do procedimento:

1. Na interseção entre T_{med} e UR marca-se o ponto “a”, cuja correspondente umidade absoluta é considerada como média do mês (U_{med}). Conforme LAMBERTS et al (1997), a variação média diária da umidade absoluta do ar pode ser considerada igual a 3 gramas de vapor d’água por quilograma de ar seco. Assim, as seguintes expressões permitem estimar as umidades absolutas mínima e máxima:

Umin (umidade absoluta correspondente a T_{min}) = $U_{med} - 1,5$ (g vapor / kg ar seco)

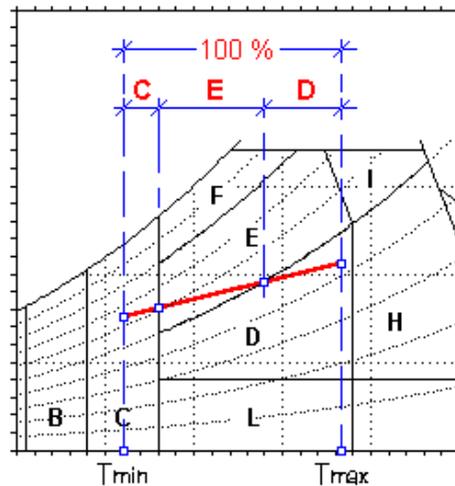
Umax (umidade absoluta correspondente a T_{max}) = $U_{med} + 1,5$ (g vapor / kg ar seco)

2. Localiza-se o ponto “b” na interseção entre as retas que passam por T_{min} e U_{min} e o ponto “c” na interseção entre as retas que passam por T_{max} e U_{max} . A reta “bc” é tomada como representativa de todas as horas de um dia médio do mês considerado. Calcula-se, então, a percentagem destas horas que corresponda a cada estratégia da Carta Bioclimática.

Como exemplo de aplicação, a referida norma apresenta a carta ao lado (ver figura 17), na qual, as horas mais frias do dia estão na região C (massa térmica para aquecimento), enquanto as mais quentes estão na região D. Como a reta inteira equivale a 100% do tempo, os segmentos C, E e D indicam, respectivamente, as percentagens das horas correspondentes a cada uma destas estratégias. Esta

operação é repetida para os 12 meses, obtendo-se, assim, as percentagens de cada estratégia acumuladas ao longo de um ano.

Figura 16 - Percentagem de cada estratégia

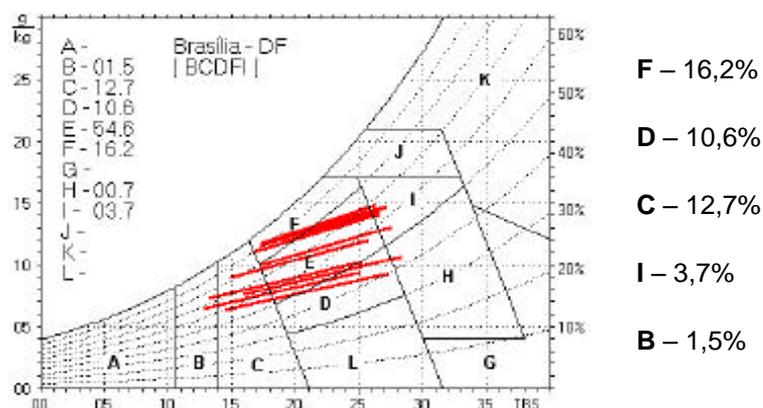


Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Por fim, para identificação das zonas bioclimáticas, as células foram agrupadas em conjuntos de mesma classificação climática. Os critérios para tal foram definidos para evitar um número excessivo de zonas. Já para a formulação de recomendações construtivas, especificadas de cada zona, foram consultadas estratégias de condicionamento térmico passivo, indicadas por Givoni (1992) com limites aceitáveis dos indicadores do desempenho térmico adaptados do Método de Mahoney (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999).

Como um segundo exemplo para facilitar o entendimento do procedimento utilizado, a NBR 15.220-3 traz o diagrama da cidade de Brasília:

Figura 17 - Estratégias Bioclimáticas para Brasília.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Deste modo, a carta acima (figura 19) apresenta o clima de Brasília, com as respectivas percentagens das horas/ano correspondentes a cada estratégia. Os valores menores que 01% foram desprezados. Em seguida, foram selecionadas as cinco principais estratégias, exceto a da região “E” (conforto térmico). No caso de Brasília, restariam as seguintes: B, C, D, F e I.

De acordo com a norma, estas letras, reunidas em ordem alfabética, definem o código “**BCDFI**” para o clima analisado. Este código permite a classificação de cada tipo de clima, em uma das oito Zonas Bioclimáticas, através dos critérios apresentados na tabela abaixo (tabela 04):

Tabela 4 - Critérios para classificação bioclimática.

Classificação							Zona	Nº Cidades
A	B	C	D	H	I	J		
Sim					Não	Não	1	12
Sim							2	33
	Sim		Não	Não			3	62
	Sim						4	17
		Sim	Não	Não			5	30
		Sim					6	38
				Sim			7	39
			Não				8	99

Legenda: Sim = presença obrigatória
Não = presença proibida

NOTAS:
1 As estratégias não assinaladas com **sim** ou **não** podem estar no código do clima, mas sua presença não é obrigatória.
2 Percorrer a tabela de cima para baixo, adotando a primeira zona cujos critérios coincidam com o código.

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Como mostrado acima, o clima de Brasília é identificado pelas letras BCDFI. Percorre-se, então, a tabela 04, de cima para baixo, procurando a primeira Zona cujos critérios aceitem esta sequência:

Zona 1: **A** é obrigatório e **I** e **J** são proibidos. Portanto, Brasília não faz parte desta Zona Bioclimática, pois não tem A e tem I.

Zona 2: **A** é obrigatório. Brasília não faz parte desta Zona Bioclimática, pois não tem A.

Zona 3: **B** é obrigatório e **D** e **H** são proibidos. Brasília tem D, portanto não faz parte desta Zona Bioclimática.

Zona 4: B é obrigatório. Como Brasília tem B, sua Zona Bioclimática é a 4.

3.3.4. Avaliações sobre o Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Desde o lançamento da proposta e aprovação do Zoneamento Bioclimático Brasileiro como parte da NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), referente ao desempenho térmico de edificações, diversas pesquisas foram desenvolvidas com intuito de discutir a classificação das cidades, bem como as recomendações de diretrizes e estratégias projetuais para o condicionamento térmico passivo de habitações populares.

Alguns autores como Bogo (2005) e Passos (2009), por exemplo, apontam que apesar de suas vantagens, esta norma apresenta, desde seu projeto, possíveis falhas na inserção e na recomendação das estratégias bioclimáticas para as cidades levantadas, o que pode influenciar negativamente, na adoção de estratégias bioclimáticas inadequadas à região onde está inserida a edificação.

Em seu trabalho referente à zona bioclimática 03, que engloba 62 cidades, Bogo (2005), identificou limitações quanto à ausência de diretrizes construtivas visando o controle solar no verão. Observou também, a ausência de recomendações de valores máximos de fator solar para elementos transparentes da edificação, bem como a definição de valores máximos admissíveis de transmitância térmica para coberturas. Além disso, o autor indica que a NBR 15.220-3 proporciona limitações quanto ao parâmetro de estratégias bioclimáticas recomendadas, além de apresentar a possibilidade de erros na distribuição das cidades para as zonas as quais estão inseridas:

A classificação de cidades numa mesma zona bioclimática com altitude e rigor térmico díspares, em parte é devido à falta de refinamento do zoneamento bioclimático, pela falta de dados climatológicos ou sua consideração para um maior número de cidades do território brasileiro (BOGO, 2005, pg. 04).

Pereira e Assis (2005) discutiram a classificação bioclimática de Belo Horizonte proposta pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro, baseando-se em dados climáticos fornecidos pelo 5º Distrito de Meteorologia de Minas Gerais, utilizados na elaboração de um arquivo digital do Ano Climático de Referência (TRY) para a

cidade. A partir da avaliação destes dados, foi realizada uma classificação bioclimática de Belo Horizonte, diversa da proposta pela referida norma, pelas possíveis falhas na inserção e na recomendação das estratégias bioclimáticas para a cidade. Como resultado foram propostos novos critérios para o projeto de edificações de interesse social em Belo Horizonte.

Cunha; Vaupel; Lüking (2005) analisaram paredes exteriores de edificações localizadas em Porto Alegre – RS, cidade enquadrada na zona bioclimática 03, no sentido da possibilidade de formação de mofo e bolor, considerando a referida norma como um dos parâmetros para a pesquisa. Os autores afirmam que embora as definições normativas objetivem manter a qualidade do ar interior das edificações existem ainda aspectos que devem ser aprofundados e revistos. Deste modo, resultados do trabalho mostraram que é necessária uma revisão do coeficiente de transmissão térmica para a zona bioclimática 03, no sentido de evitar a possibilidade de formação de mofo e bolor nas superfícies externas das paredes das edificações.

Batista (2006) investigou o campo de aplicação de estratégias de condicionamento ambiental passivo, recomendáveis ao clima quente e seco, em residências, através de estudos de caso realizados em Santana do Ipanema, sertão de Alagoas, considerando a visão dos usuários na análise do desempenho térmico das edificações. Para tal, baseou-se nas recomendações de estratégias e diretrizes projetuais propostas para a zona bioclimática 07, por considerar, juntamente com Ghisi (1999), um dos autores do zoneamento, que estas são as mais indicadas para o clima tratado.

Já Bastos; Barroso-Krause; Beck (2007) analisaram a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), quanto ao potencial da ventilação natural no Brasil. Para os autores, a norma não considera este potencial na divisão das zonas, o que pode acarretar em uma discordância entre as estratégias projetuais recomendadas e a disponibilidade dos ventos locais. Os autores realizaram uma classificação bioclimática diversa da proposta pelo ZBB e sugeriram que a divergência nos resultados deriva da extrapolação do diagrama de Givoni para todo o território

nacional (mesmo que adaptado), quando é sabido que os limites de conforto adotado pelo diagrama não são adequados aos climas quentes e úmidos.

Passos (2009) discutiu estratégias bioclimáticas para habitação localizadas nas diferentes Mesorregiões Geográficas do Estado de Alagoas. A escolha das três cidades se deu devido à localização destas em regiões distintas do estado (Leste, Agreste e Sertão Alagoano, respectivamente), porém com o mesmo enquadramento na zona bioclimática 08. A análise mostrou que a zona bioclimática 08 não contempla especificidades climáticas das cidades analisadas. A autora aponta o fato de que, grande parte dos dados climáticos utilizados tenha sido obtida através de interpolação tenha contribuído para esta generalização dessas estratégias. A inserção de dados específicos das localidades poderia gerar novas zonas intermediárias de classificação climática.

Recentemente, Martins et al (2011), realizaram um estudo de caso com um município situado no semiárido do Nordeste brasileiro, identificando as características climáticas ao longo de um ano típico, bem como as diretrizes bioclimáticas de projeto mais adequadas para região. Os autores identificaram a necessidade de se estabelecer no Zoneamento Bioclimático Brasileiro, zonas bioclimáticas compostas que traduzam as características climáticas peculiares da região, contemplando recomendação de diretrizes de projeto híbridas mais adequadas para a combinação de fatores climáticos.

Diante disso, pode-se afirmar que a utilização do Zoneamento Bioclimático é de suma importância para orientar projetistas sobre o uso de estratégias passivas e parâmetros construtivos para edificações, com intuito de contribuir significativamente para elevar os padrões de habitabilidade das diferentes regiões bioclimáticas do país. Porém, desde o início de sua formulação, os pesquisadores responsáveis pelo ZBB estavam cientes de eventuais imperfeições que seriam identificadas e corrigidas ao longo do tempo, através da experiência a ser proporcionada pela aplicação da norma.

É importante ressaltar que as falhas encontradas no Zoneamento Bioclimático não retiram o mérito de sua aplicação. Ao contrário disso, a conduta a ser tomada deve ser a de estimular mais pesquisas sobre a metodologia utilizada

para sua definição, bem como a análise das zonas bioclimáticas, do enquadramento das cidades nestas, além do refinamento das diretrizes e estratégias projetuais para correta adequação climática das edificações residenciais brasileiras.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: A CIDADE DE MATA GRANDE – AL.

4.1. Climatologia da Região Nordeste

O Nordeste do Brasil (NEB) possui uma extensão territorial de 1.554.257,0 km², e é composto por nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, estes ocupam 18,2% da área do país. A região Nordeste é considerada o terceiro maior complexo do país (IBGE, 2011).

O território nordestino posicionado geograficamente entre as latitudes 1° e 18° Sul e entre as longitudes 35° e 47° Oeste, limitando-se com as regiões Norte (a oeste), Centro-Oeste (a sudoeste), Sudoeste (ao sul), além de ser banhado pelo oceano Atlântico (ao norte e leste) (ver figura 18).

Figura 18 - Região Nordeste, localização e limites.



Fonte: Adaptado base cartográfica do IBGE (2011).

Apesar da localização, o NEB não apresenta características climáticas típicas das áreas equatoriais. Isso se deve a interação de diversos mecanismos físicos, singulares da região (CAVALCANTE et al, 2009). Segundo Nimer (1989), a

enorme extensão territorial; a posição geográfica; o relevo constituído por amplas planícies (baixadas litorâneas) e depressões, a latitude, além de sua continentalidade, quando somadas à conjugação de diferentes sistemas de circulação atmosférica, constituem os principais condicionantes do clima nordestino.

A climatologia do Nordeste é considerada uma das mais complexas do mundo, que reflete uma marcante variedade climática, do ponto de vista da pluviosidade, diferente das outras regiões brasileiras. Em uma visão geral, esta climatologia é traduzida em características predominantes, como o domínio de temperaturas elevadas, a insuficiência de chuvas, além da presença de clima semiárido (NIMER, 1989).

A pluviosidade em território nordestino, de acordo com Meneghetti e Ferreira (2009), é considerada como a sua principal variável meteorológica. Este fato se deve a uma variação interanual e sazonal que implica na quantidade de precipitação. O Nordeste possui um regime de chuvas complexo, no qual, os índices de pluviosidade são irregulares. Diante disso, é comum ocorrência de estações com presença de chuvas torrenciais, e outras com duração variável, com escassez de chuvas (CAVALCANTE et al, 2009).

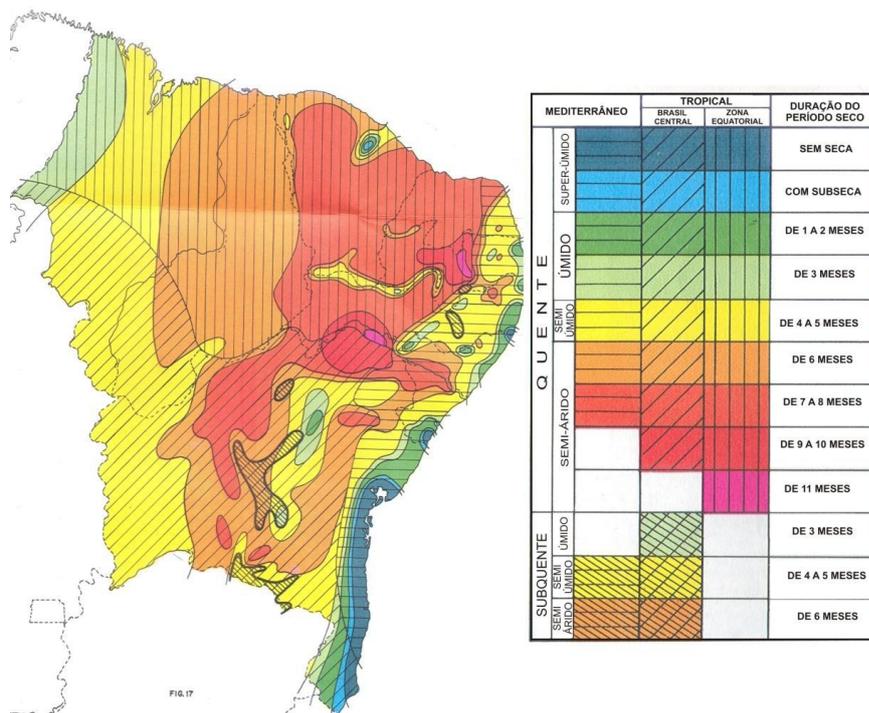
Em quase todo o NEB, há uma ocorrência de valores elevados das *médias anuais de temperatura* (entre 26 a 28°C). Porém, também existem localidades mais amenas, como o litoral nordestino (*médias anuais* variam entre 24 a 26°C), sobretudo nos estados de Alagoas e Pernambuco. Os valores das *médias mensais* de temperatura também são elevados, com uma variação da amplitude térmica média entre 5°C a menos 2°C (ocorrência no sul da Bahia ao litoral norte)

Os meses de junho e julho são, geralmente, os de temperaturas mais amenas. Estes meses são os mais representativos do inverno, época onde o sol encontra-se afastado do zênite e, por consequência, há uma menor radiação solar. Entretanto, novembro pode ser considerado o mês mais representativo da estação quente, no qual, as *médias diárias de temperaturas máximas*, dependendo da localidade, variam de 30 a 36°C, podendo ser mais elevadas em áreas sertanejas (maiores que 37°C) (NIMER, 1989).

A complexidade dos fatores supracitados, além dos elevados valores de temperatura do ar e um índice de precipitação que varia de 300 a 2000 mm faz do Nordeste, uma região com a presença de climas bastante diferenciados. São encontradas no Nordeste variedades contrastantes de clima, ou seja, classificações que vão desde superúmido até o clima quase desértico (MENEGETTI; FERREIRA, 2009).

A atual classificação abordada pelo IBGE, baseada em Nimer (1989), tem como base 04 modalidades climáticas distintas: clima superúmido, úmido, semiúmido e semiárido. Estes (por sua vez, compreendem 06 variedades: sem seca, com subseca, 1 a 2 meses secos, 3 meses secos, 4 a 5 meses secos, 6 meses secos, 7 a 8 meses secos, 9 a 10 meses secos e 11 meses secos (ver figura 19).

Figura 19 - Mapa de diferenciações climáticas da região Nordeste.



Fonte: NIMER, 1989.

Deste modo, diante a singularidade da climatologia nordestina, pode-se afirmar que tanto a irregularidade do regime pluviométrico, bem como a diversidade geográfica e sazonal da região, são os principais fatores que implicam nas condições de vida população local e no desenvolvimento da região.

4.2. Climatologia do Estado de Alagoas

De acordo com o IBGE (2011), Alagoas, o segundo menor estado brasileiro, possui 102 municípios, distribuídos em uma área de 27.767,661 Km² do território nacional. O estado alagoano está situado entre as latitudes 8°48'52" e 10°30'28" Sul e longitudes 35°09'09" e 38°14'15" Oeste. Limita-se ao norte pelo estado de Pernambuco, a leste pelo Oceano Atlântico, a sul por Sergipe a noroeste pela Bahia (figura 20).

Figura 20 - Estado de Alagoas, localização e limites.



Fonte: Adaptado base cartográfica do IBGE (2011).

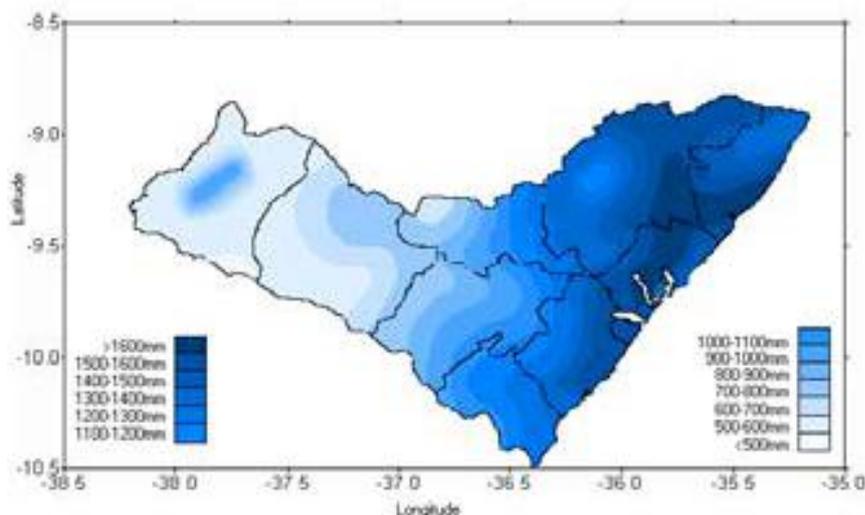
A ocorrência de chuvas em Alagoas se apresenta de forma irregular, tanto em intensidade, como em distribuição espacial. Diante disso, o IBGE classifica o Estado em três regiões climáticas ou mesorregiões: Leste Alagoano, Agreste Alagoano e Sertão Alagoano, de acordo com classificação do IBGE. Cada uma dessas mesorregiões é dividida, ainda, em microrregiões, apara fins estatísticos (ver quadro 03).

Quadro 2 - Classificação Climática segundo IBGE para o estado Alagoas.

MESORREGIÃO	LESTE ALAGOANO	AGRESTE ALAGOANO	SERTÃO ALAGOANO
MICRORREGIÕES	Litoral Norte Alagoano Maceió Mata Alagoana Penedo São Miguel dos Campos Serrana dos Quilombos	Arapiraca Palmeira dos Índios Traipu	Alagoana do Sertão do São Francisco Batalha Santana do Ipanema Serrana do Sertão Alagoano

Fonte: Adaptado de IBGE, 2011.

Deste modo, em Alagoas, a pluviosidade é a variável meteorológica mais marcante, pois a distribuição irregular das chuvas ocasiona diferenças significativas no clima das cidades alagoanas. De acordo com Figueiredo et al (2002), em uma visão geral, os totais pluviométricos apresentam um gradiente bastante acentuado do litoral em direção ao interior (ver figura 21).

Figura 21 - Distribuição espacial da precipitação média anual no Estado de Alagoas.

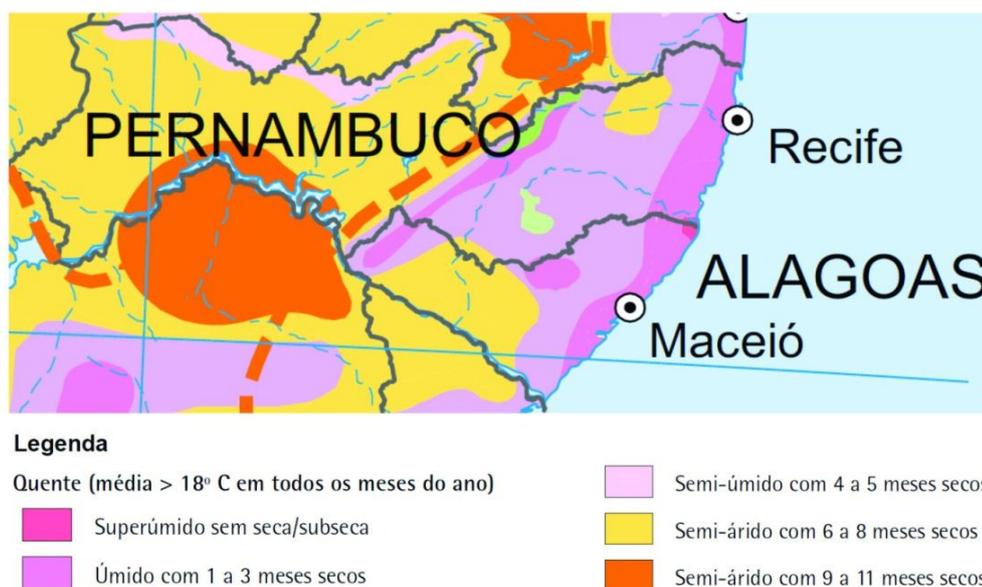
Fonte: FIGUEIREDO et AL, 2002.

A mesorregião Leste Alagoano (faixa litorânea) constitui basicamente um setor cujos totais anuais são bastante significativos na pluviometria do estado. Entretanto, as localidades mais para o interior, apresentam pluviosidade média anual mais baixa, quando comparada com localidades da estreita faixa litorânea. No Agreste Alagoano, região de transição (litoral e sertão), as localidades com os maiores valores pluviométricos estão localizadas em setores mais a leste, enquanto que as que apresentam o inverso estão mais à oeste, região mais seca (FIGUEIREDO et AL, 2002.).

Já no Sertão Alagoano, há um abrupto acréscimo de precipitação, pois apresentam índices de médias pluviiais bastantes generosos em se tratando de sertão. Possivelmente, esses valores são atribuídos ao relevo da região que proporcionam chuvas orográficas, fazendo com que seja a única mesorregião do Estado em que há um acréscimo de precipitação média anual em direção oeste (FIGUEIREDO et al, 2002.).

A classificação climática de Alagoas, propriamente dita, não difere da classificação utilizada para demarcar as mesorregiões. O IBGE delimita diferentes porções do estado em diversos tipos de clima, considerando principalmente, os índices de precipitação e umidade relativa do ar. Deste modo, o estado de Alagoas possui clima quente, porém, há uma heterogeneidade no que se refere à umidade e pluviosidade (ver figura 22).

Figura 22 - Classificação climática de Alagoas e Pernambuco.



Fonte: IBGE, 2011.

De acordo com a ilustração acima (figura 23), observa-se que a região litorânea é composta por localidades úmidas e superúmidas, com no máximo, 01 a 02 meses secos. No Agreste alagoano, porção central do estado, encontram-se disparidades em relação ao clima: enquanto na faixa situada perto do litoral estão concentradas localidades semiúmidas com períodos de 04 a 05 meses secos, nas áreas próximas ao Sertão, estão as semiáridas, com até 06 meses sem índices

consideráveis de pluviosidade. Porém, a escassez de chuvas acontece principalmente nas áreas próximas ao estado de Sergipe, onde há ocorrência de até 08 meses secos.

4.3. O Semiárido brasileiro

Tendo como principal particularidade a ocorrência de períodos de estiagem, a região semiárida é marcada pela escassez e alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, não sendo rara a sucessão de anos seguidos de seca. Isso se deve a combinação dos seguintes fatores climáticos e ambientais que condicionam o semiárido (SUDENE, 2011):

- ✓ Precipitações médias anuais iguais ou inferiores 800 mm;
- ✓ Insolação média de 2.800 h/ano;
- ✓ Temperaturas médias anuais 23 a 27 C;
- ✓ Regime de chuvas marcada pela irregularidade (espaço/tempo);
- ✓ Domínio do Ecossistema Caatinga (diversidade);
- ✓ Solos, maioria, areno-argilosos – pobres em MO;
- ✓ Cristalino – substrato dominante;
- ✓ Limitações pluviométricas e baixa retenção dos solos = rios temporários;
- ✓ Águas subterrâneas – bacias sedimentares ou cristalino, bacias sedimentares – boa vazão e qualidade.

A vegetação semiárida é predominantemente composta por caatingas que ostentam padrões fisionômicos e florísticos variados (MIN, 2005), mas é o relevo (altitude de até 1000 m) introduz as modificações ambientais mais expressivas. Em áreas mais elevadas, a semiaridez é atenuada pelo efeito orográfico, ocorrendo “brejos”. Já na periferia, ou agreste, formada por planaltos (altitudes entre 800 e 1000 m), é comum a ocorrência de uma “diagonal” úmida (750 a 1000 mm). Por outro lado, a escassez de chuvas (ocorrência de apenas 336 mm anuais) acentua-se principalmente, nas áreas com depressões (CONTI, 2005).

Em território brasileiro, o semiárido é típico em uma pequena porção do estado de Minas Gerais, porém, sua presença é acentuada em toda região Nordeste, onde se estende por cerca de 900.000 Km² (MI, 2005) (ver figura 23).

Figura 23 - Atual delimitação do Semiárido Brasileiro.



Fonte: Adaptado de MI (2005).

4.3.1. O Semiárido na Região Nordeste

Dentre os estados do Nordeste, os que detêm maior percentual de área no semiárido estão o Ceará, o Rio Grande do Norte e Paraíba, com 91,98 %, 91,69% e 89,65%, respectivamente. O domínio do semiárido nordestino está longe de ser homogêneo, sob o aspecto geoambiental, a região manifesta características distintas em cada localidade (MIN, 2005).

O Semiárido do Nordeste apresenta condições desfavoráveis em virtude do efeito orográfico de ressecamento. A insuficiência e os desvios anuais das precipitações, a reduzida capacidade de retenção de água, bem como a presença de ventos quentes e secos, são responsáveis por sua grande vulnerabilidade climática do semiárido nordestino. A junção destes fatores, torna, considerando todo

o espaço geográfico brasileiro, o semiárido do Nordeste, o mais suscetível ao risco de desertificação (CONTI, 2005).

Além das dificuldades impostas pelo meio natural, a região ainda enfrenta a degradação ambiental provocada pelas ações antrópicas. De acordo com a SUDENE (2011), Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, os recursos hídricos, além de precários, caminham para a insuficiência ou apresentam níveis elevados de poluição. Já os ecossistemas regionais, além de frágeis, são constantemente ameaçados, prejudicando a sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais, além dos riscos criados à ocupação humana.

Tendo em vista as precariedades identificadas no semiárido, existe, por parte do governo brasileiro, um histórico de intervenções na região, com intuito de fomentar, segundo o MIN (2005), Ministério da Integração Nacional, o seu desenvolvimento no que se refere à ativação de seu potencial de crescimento econômico, como também a diminuição das desigualdades inter-regionais ainda vigentes no país.

A primeira delimitação da porção semiárida presente em território nacional, considerando apenas localidades nordestinas, foi definida por competência da SUDENE pela lei nº 7.827/89 (BRASIL, 1989), a qual atendia exclusivamente um critério básico: o limite de precipitação pluvial média anual igual ou inferior a 800mm.

Posteriormente, entendendo a insuficiência de um único critério para definir a condição de semiaridez da determinada região, em 2004 o BNB, Banco do Nordeste do Brasil, encomendou à FUNCEME⁹, um estudo que ampliasse o número de variáveis capaz de melhor caracterizar a região semiárida da área de atuação do BNB¹⁰.

⁹ A FUNCEME (FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS) é uma referência regional neste tipo de pesquisa.

¹⁰ Área de atuação do BNB – Todos os Estados Nordestinos, mais Norte de Minas Gerais, Vale do Jequitinhonha e Norte do Espírito Santo.

Tendo como base a pesquisa concretizada pelo BNB, além do incentivo de diversas entidades, o MIN realizou uma redelimitação da área de abrangência do semiárido brasileiro. Para tal, foi instalado em 2004 o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), e com base em suas pesquisas, foram adotados três critérios básicos para nova delimitação:

1. Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
2. Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e evapotranspiração potencial no período entre 1961 e 1990;
3. Risco de seca maior que 60%, tomando como base o período entre 1970 e 1990.

Deste modo, estes critérios foram responsáveis pela ampliação da região, na qual foram incluídos mais 102 municípios aos 1.031 que já faziam parte do semiárido pela antiga classificação da SUDENE. Com esta atualização, a área oficialmente reconhecida como semiárido brasileiro foi acrescida de 8,66%, aumentando de 892.309 km² para 982.563 km².

Atualmente, todo o semiárido brasileiro continua recebendo incentivos da SUDENE (ver quadro 03), e como aponta o órgão, existem muitos desafios que deverão ser enfrentados para o seu pleno desenvolvimento:

- ✓ Demográfico (12,4 hab/km² em 70 e 21,6 em 2000);
- ✓ Ambiental (diversidade, extrativismo, desertificação);
- ✓ Escassez de Água (acesso, demanda > oferta);
- ✓ Econômico (transição urbana, agropecuária)
- ✓ Institucional (coordenação);
- ✓ Educacional;
- ✓ Sócio-cultural e Político.

Quadro 3 - Quantidade de municípios do Semiárido na área de atuação da SUDENE.

Quantidade de municípios do Semi-árido na área de atuação da SUDENE			
ESTADO	Qtd. municípios na área de atuação da SUDENE	Qtd. Municípios dentro do Semiárido	Qtd. municípios forado Semiárido
Maranhão	217 0 (0,00%)	0 (0,0%)	217 (100,00%)
Piauí	223	127 (56,95%)	96 (43,05%)
Ceará	184	150 (81,52%)	34 (18,48%)
Rio G. do Norte	167	147 (88,02%)	20 (11,98%)
Paraíba	223	170 (76,23%)	53 (23,77%)
Pernambuco	185	122 (65,95%)	63 (34,05%)

Alagoas	102	38 (37,25%)	64 (62,75%)
Sergipe	75	29 (38,67%)	46 (61,33%)
Bahia	417	265 (63,55%)	152 (36,45%)
Minas Gerais	168	85 (50,60%)	83 (49,40%)
Espirito Santo	28	0 (0,00%)	28 (100,00%)
TOTAL	1.989	1.133 (56,96%)	856 (43,04%)

Fonte: Adaptado de SUDENE, 2011.

É importante ressaltar que as discussões atuais sobre desenvolvimento regional, atentam principalmente para a sustentabilidade. Porém, o Semiárido brasileiro possui especificidades que devem ser respeitadas, pois há necessidade da quebra do paradigma para o desenvolvimento da região, quando privilegia suas potencialidades, ao contrário do que tem prevalecido historicamente.

Além da atuação direta da SUDENE, a região semiárida também conta com incentivos do INSA, *Instituto Nacional do Semiárido*, órgão criado em 2004, como Unidade de Pesquisa do Ministério da Ciência e Tecnologia, MCT. O INSA tem como principal função promover e divulgar pesquisas científicas e de desenvolvimento tecnológico direcionadas para o semiárido, pretendendo subsidiar a formulação de políticas públicas ao desenvolvimento econômico-social e acompanhar e difundir o conhecimento relativo desta região:

“Viabilizar soluções interinstitucionais para desafios de articulação, pesquisa, formação, difusão e políticas para o desenvolvimento sustentável do Semiárido brasileiro, a partir de uma filosofia que assume a semiaridez como vantagem” (INSA, 2005).

Existem ainda diversas parcerias governamentais para fomentar o desenvolvimento semiárido. O Portal do Semiárido, por exemplo, é uma plataforma digital criada com intuito de torna-se uma ferramenta de educação, informação e monitoramento da região. O objetivo central do Portal é a difusão de conhecimentos, experiências e alternativas práticas comprovadamente de sucesso no convívio com o semiárido que consigam aliar o desenvolvimento local à conservação ambiental (PORTAL DO SEMIÁRIDO, 2011).

4.3.2. O Semiárido em Alagoas

Em 1989, a delimitação do semiárido proposta pela SUDENE, apontou que o Estado de Alagoas possuía 35 municípios semiáridos, ou seja, 35 localidades cujo índice de precipitação anual eram inferior a 180 mm. Entretanto, em 2005, após a conclusão do *Relatório Final do GTI para nova delimitação*, foram incluídos ao semiárido alagoano, os municípios de Coité do Noia, Igaci e Quebrangulo (ver quadro 04).

Quadro 4 - Municípios da nova delimitação do Semiárido em 2005.

MUNICÍPIOS DA NOVA DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO EM 2005					
MUNICÍPIO	APÓS 2005	MUNICÍPIO	APÓS 2005	MUNICÍPIO	APÓS 2005
Água Branca		Igaci	x	Ouro Branco	
Arapiraca		Inhapi		Palestina	
Batalha		Jacaré dos Homens		Palmeira dos Índios	
Belo Monte		Jaramataia		Pão de Açúcar	
Cacimbinhas		Lagoa da Canoa		Pariconha	
Canapi		Major Isidoro		Piranhas	
Carneiros		Maravilha		Poço das Trincheiras	
Coité do Noia	x	Mata Grande		Quebrangulo	x
Craíbas		Minador do Negrão		Santana do Ipanema	
Delmiro Gouveia		Monteirópolis		São José da Tapera	
Dois Riachos		Olho D'água do Casado		Senado Rui Palmeira	
Estrela de Alagoas		Olho D'água das Flores		Traipú	
Girau do Ponciano		Olivença			

Fonte: Adaptado MIN, 2007.

Atualmente, Alagoas que ocupa 27.767,661 km² do território nacional, possui uma área de 12.687 km² classificada como semiárida (cerca de 46% de seu território). Dos seus 102 municípios do estado, 38 são semiáridos. Isso significa que aproximadamente 38% dos municípios alagoanos estão localizados em região com baixos índices pluviométricos, altos índices de aridez e grande risco de secas (ver figura 24).

Figura 24 - Cidades semiáridas do Estado de Alagoas.



Fonte: Adaptado MIN, 2005.

Como visto anteriormente, todo o semiárido brasileiro é suscetível ao processo de desertificação. Em Alagoas, de acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (2011), o risco se agrava em mais da metade do estado e se mostra de forma mais grave ou intensa na região do alto sertão. Segundo Francisco Campelo, coordenador do Programa de Combate à Desertificação, subsidiado pelo próprio MMA, o problema reside na área insuficiente de cobertura vegetal do estado (cerca de 15%). Além disso, há em Alagoas uma grande dependência da lenha como matriz energética, e praticamente não existem projetos de manejo sustentável.

É importante ressaltar que, assim como diversos estados em situação semelhante, Alagoas faz parte do *Plano de Ação Nacional de Combate à Desertificação*¹¹, *PAN - BRASIL*. A ideia é que os planos estaduais sejam transformados em lei para garantir sua implementação, independentemente de mudanças de governos. O PAN em Alagoas busca valorizar os polos produtivos e incorporar sistemas agroflorestais na produção, além de tentar recuperar áreas degradadas para promover a inclusão social e o desenvolvimento local (PAN-BRASIL, 2005).

¹¹ Em acordo com as diretrizes do Ministério do Meio Ambiente – política ambiental integrada; participação e controle social; desenvolvimento sustentável; e fortalecimento do Sistema Nacional de Meio Ambiente – o PAN-BRASIL, criado em 2004, procura integrar ações e programas dos vários ministérios, considerando demandas de governos locais, da sociedade, e, portanto, o pressuposto da democracia participativa (PAN-BRASIL, 2004).

- Estações meteorológicas no Semiárido sertanejo alagoano

Neste trabalho ressalta-se a utilização dos conceitos de Sertão Alagoano e Semiárido Alagoano. Comumente, sertão e semiárido são confundidos como sinônimos, porém, são considerações distintas. Em Alagoas, estas duas classificações servem como base para estudos de fins específicos: municípios da Mesorregião Sertão Alagoano, classificação do IBGE com utilidade estatística, baseada no regime pluvial irregular do estado; e municípios semiáridas alagoanos, esta utilizada pelo MIN, de caráter governamental, considerando os três critérios para delimitação do semiárido.

Diante disso, após levantamento e comparação da listagem das cidades classificadas como sertanejas e/ou semiáridas no Estado, constata-se que todas as cidades do Sertão Alagoano são semiáridas, entretanto, algumas cidades semiáridas estão localizadas no Agreste Alagoano (ver figura 25).

Figura 25 - Mapas esquemáticos: (a) Cidades semiáridas segundo o MIN, (b) mesorregiões climáticas do IBGE.



Fonte: Adaptado MIN, 2005 e IBGE, 2011.

Estas informações serviram como base para a identificação dos possíveis pontos de coleta de dados meteorológicos, imprescindíveis para realização de trabalhos fundamentados na climatologia aplicada à arquitetura. Assim, para futuras pesquisas voltadas ao Sertão do Semiárido Alagoano, conta-se com dados registrados em estações automáticas, convencionais e agrometeorológicas, estas sob responsabilidade do INMET e SEMARH – AL, respectivamente.

Atualmente, apenas 06 cidades semiáridas sertanejas possuem pelo menos um tipo de estação citada: Pão de Açúcar – estação automática; Água Branca, Mata Grande e Major Isidoro – estações convencionais; Santana do Ipanema, Piranhas e Mata Grande – estações agrometeorológicas automáticas (ver tabela 05)

TABELA - CLASSIFICAÇÕES DAS CIDADES ALAGOANAS E ESTAÇÕES EXISTENTES

CIDADES ALAGOANAS - COMPARAÇÃO : SEMI-ÁRIDAS - MESSOREGIÃO SERTÃO - ESTAÇÕES			CIDADES ALAGOANAS - COMPARAÇÃO : SEMI-ÁRIDAS - MESSOREGIÃO SERTÃO - ESTAÇÕES		
SEMI-ÁRIDAS	MESSOREGIÃO SERTÃO	ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS EXISTENTES	SEMI-ÁRIDAS	MESSOREGIÃO SERTÃO	ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS EXISTENTES
Água Branca	Água Branca	Água Branca	Mata Grande	Mata grande	Mata Grande
Arapiraca		Arapiraca	Minador do Negrão		
Batalha	Batalha		Monteirópolis	Monteirópolis	
Belo Monte	Belo Monte		Olho D'água das Flores	Olho D'água das Flores	
Cacimbinhas			Olho D'água do Casado	Olho D'água do Casado	
Carneiros	Carneiros		Oliveira	Oliveira	
Coité do Nória			Ouro Branco	Ouro Branco	
Craibas			Palestina	Palestina	
Delmiro Gouveia	Delmiro Gouveia		Palmeira dos Índios		Palmeira dos Índios
Dois Riachos	Dois Riachos		Pão de Açúcar	Pão de Açúcar	Pão de Açúcar
Estrela de Alagoas			Pariconha	Pariconha	
Girau do Ponciano			Piranhas	Piranhas	Piranhas*
Igaci			Poço das Trincheiras	Poço das Trincheiras	
Inhapi	Inhapi		Quebrangulo		
Jacaré dos Homens	Jacaré dos Homens		Santana do Ipanema	Santana do Ipanema	Santana do Ipanema*
Jaramataia	Jaramataia		São José da Tapera	São José da Tapera	
Lagoa da Canoa			Senador Rui Palmeira	Senador Rui Palmeira	
Major Isidoro	Major Isidoro	Major Isidoro	Traipú		
Maravilha	Maravilha		Canapi	Canapi	

Cidades para coleta de dados
 Cidades do Agreste Alagoano para coleta de dados
 Cidade objeto de estudo

Fonte: Adaptado do INMET (2011) e SEMARH-AL (2011).

É importante ressaltar que as cidades de Palmeira dos Índios e Arapiraca, apesar da localização aproximada, estão na porção Agreste, porém, poderiam servir como base de dados, dependendo do caso específico. Outro ponto a ser lembrado é que os registros climáticos utilizados nesta pesquisa são de medições realizadas no próprio objeto de estudo, a cidade de Mata Grande.

4.4. A CIDADE DE MATA GRANDE

4.4.1. Origem e aspectos gerais

O núcleo que deu origem à atual cidade de Mata Grande começou a ser povoado por volta de 1791, após construção de uma capela dedicada a Nossa Senhora da Conceição (MENDONÇA, 1955). Escrituras de 1808 documentavam o povoado como Mata do Pau Grande. A denominação Mata Grande, ocorreu apenas em 1835, quando a região foi anexada à comarca de Penedo. Em 1937, Mata

Grande foi elevada à categoria de vila, porém, perdeu a prerrogativa em 1846, sendo elevada novamente apenas em 1852.

Mata Grande passou a denominar-se Paulo Afonso em 1870, quando seu território abrangia a famosa Cachoeira de Paulo Afonso. Paulo Afonso só foi elevado à categoria de cidade em 1902, e voltou a denominar-se de Mata Grande apenas em 1929, por terem cassado os motivos que lhe deram o nome de Paulo Afonso. Atualmente no quadro de divisão administrativa do Estado, o município de Mata Grande é composto de apenas um distrito, o da sede.

Figura 26 - Primeiros registros fotográficos de Mata Grande.

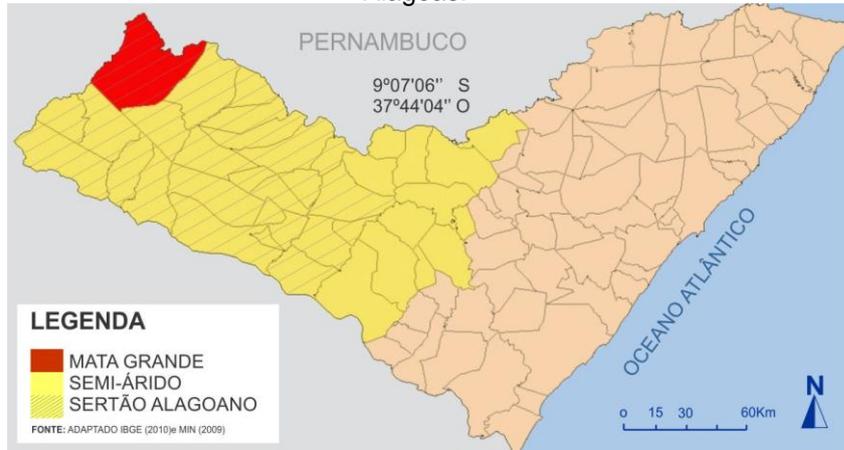


Fotos: Walter Medeiros, 1965.

Localizada no extremo NW do Estado de Alagoas, Mata Grande ocupa uma área 908,26 km², cerca de 3,8% do Estado, o que o torna o maior município alagoano em extensão territorial (IBGE, 2010). Mata Grande faz parte do semiárido alagoano, está inserida na mesorregião do Sertão Alagoano e na microrregião Serrana do Sertão Alagoano (figura 27). Seu clima, segundo classificação adotada pelo IBGE, é denominado quente semiúmido, com períodos de 04 a 05 meses secos.

A sede de Mata Grande tem uma altitude de 633 m acima do mar e coordenadas geográficas de 9°07'06" de latitude sul e 37°44'04" de longitude oeste (BRASIL, 2005). Já a área urbana tem aproximadamente 0,70 km², na qual residem cerca de 7.500 habitantes, ou seja, 30% de uma população de 24.720 habitantes (IBGE, 2010) (figura 27).

Figura 27 - Localização do município de Mata Grande na porção sertaneja do semiárido do estado de Alagoas.



Fonte: Adaptado MIN, 2005 e IBGE, 2011.

Um levantamento feito pelo *Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM*, constatou que a infraestrutura conta com 70% das vias pavimentadas e 100% iluminadas, porém, apenas 1.146 (21,00%) domicílios são atendidos pela coleta de lixo, evidenciando sérios problemas ambientais e de saúde pública para a população (BRASIL, 2005).

Figura 28 - Principais localidades da Cidade de Mata Grande – AL. Fonte: Arquivo pessoal, 2010.



Em termos de fonte de renda da população, as principais atividades econômicas são: comércio e serviços, na área urbana; agropecuária, atividades de extrativismo vegetal e silvicultura, na zona rural (BRASIL, 2005). Além dos benefícios como aposentadorias, pensões e bolsas provenientes de Programas Federais.

Em relação à existência de espaços públicos destinados ao convívio social, Mata Grande apresenta pequenas praças localizadas em diferentes pontos da cidade. Dentre os principais espaços públicos destacam-se a Praça Nossa Senhora da Conceição, situada em frente a Matriz Nossa Senhora da Conceição; o canteiro central do bairro Centro, local de convívio muito apreciado pelos habitantes; e o passeio público localizado na entrada da cidade (ver figura 29).

Figura 29 - (a) Praça Nossa Senhora da Conceição (b) Passeio Público na entrada da cidade.



Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

4.4.2.O microclima urbano

A cidade de Mata Grande pode ser caracterizada como uma configuração urbana localizada em uma região entre vales, ou seja, área situada ao fundo que acompanha as formações de aclave (ver figura 30). Esta forma de ocupação se deve ao relevo local que é predominante suave-ondulado, cortado por vales estreitos (altitude variando entre 600 e 1000 metros) (PARAHYBA; LEITE, 2007; BRASIL, 2005).

Figura 30 - Relevo da região nas proximidades da área urbana. Vista a partir do acesso pela rodovia AL-145.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2010.

A ocupação em Mata Grande tem predominância do padrão horizontal, que é apenas interrompido por algumas edificações institucionais e poucas residências com mais de dois pavimentos (ver figura 31).

Figura 31 - Vista de uma porção da cidade de Mata Grande – AL. Predominância do padrão horizontal de ocupação.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2010.

A malha urbana, segundo conceitos de Oliveira (1993), pode ser classificada como tentacular (radial). Nota-se, contudo, uma tendência ao paralelismo nas áreas mais consolidadas da cidade, que correspondem à região central. Já a trama é aleatória e descontínua, ou seja, há um maior adensamento no centro e maior espalhamento horizontal em direção aos limites do perímetro urbano (ver figura 32).

Figura 32 - Imagem de satélite do ano de 2009. Malha urbana radial e trama urbana aleatória.



Fonte: Google Earth, 2010.

Observa-se também que ainda existem muitas áreas não ocupadas, além de áreas com características de chácaras. Assim, a cidade ainda conta muitas áreas permeáveis às águas pluviais. Quanto à vegetação, o bioma predominante na região é a caatinga (IBGE, 2011), porém, há na área urbana a predominância de espécies árvores de médio e grande porte, em especial de frutíferas (ver figura 33).

Figura 33 - Presença de áreas verdes com árvores de médio e grande porte.



.Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Com base nestas informações, foi possível realizar uma caracterização qualitativa de Mata Grande sob o ponto de vista de categorias ambientais microclimáticas. Para tal, foram considerados, segundo metodologia de Oliveira (1993), os *atributos bioclimatizantes da forma urbana*. Pesquisas do autor avaliam a

relação entre a forma urbana e os componentes ambientais, buscando compreender seus impactos, e assim tratá-los.

Deste modo foram são analisados de forma qualitativa os *atributos bioclimatizantes* de Mata Grande, apontando qual a influência destes na qualidade dos recintos urbanos, sendo observadas características marcantes em relação ao microclima matagrandense:

- Relevo: declividade, conformação geométrica e altura relativa.

Devido à ocupação urbana se dá entre vales, a ventilação é favorecida, em princípio, somente nas regiões mais altas da cidade. Desta forma, as regiões do fundo do vale, por conta da conformidade desses (que funcionam como barreiras), impedem a penetração dos ventos nessas regiões.

A conformação geométrica da cidade se constitui de sítios côncavos, estreitos e altos. Segundo Oliveira (1993), essa conformação favorece a ocorrência de muito frio ou muito calor. No caso de Mata Grande, esses extremos se verificam nas variações mensais das temperaturas absolutas do ar.

- Solo-natureza

O solo predominante da cidade apresenta textura leve (arenosa e média) na superfície (PARAHYBA; LEITE, 2007). Segundo Oliveira (1993), terrenos arenosos possuem albedo alto e maior incidência de radiação, umidade baixa, inércia térmica média em áreas compactadas. Isso reforça a ocorrência da alta amplitude térmica diária.

- Formato: horizontalidade / verticalidade, densidade.

A malha urbana matagrandense é do tipo tentacular, o que propicia, de acordo com Oliveira (1993), maiores possibilidades de trocas térmicas com o meio. Já em relação à verticalidade, a cidade possui uniformidade na altura das edificações, que possuem, em sua maioria, 01 ou 02 pavimentos.

- Rugosidade: diversidade e diferencial de alturas, fragmentação.

Observa-se que na cidade há pouca variação na área ocupada pelas edificações. Mesmo com a existência de edificações de maior ou menor porte que o residencial, a predominância é do porte térreo residencial, as quais em sua maior parte não possuem recuos frontais, nem laterais. Assim, não há fragmentação do espaço urbano.

- Porosidade: tipo e continuidade da trama

Devido à conformação de trama aleatória, a orientação em relação à ventilação predominante varia muito em função de cada localidade da cidade. Tal configuração pode ser considerada desfavorável à penetração dos ventos predominantes. Porém, o relevo pode permitir a circulação do vento, pois as edificações estão localizadas em alturas diferentes entre si.

- Pisos/tetos-permeabilidade e áreas verdes

A maior parte da pavimentação das ruas é em paralelepípedo, porém, há uma tendência em modificá-la por asfalto, fato que já vem ocorrendo nos principais acessos da cidade. Isso que indica um padrão de urbanização que favorece a impermeabilização do solo. Caso este padrão se confirme ao longo dos anos, aponta-se para uma tendência à ocorrência de problemas decorrentes da impermeabilização, tais como os referentes à drenagem urbana.

Pode-se concluir diante de todos estes aspectos, tal como a forma de ocupação não consolidada, a topografia entre vales, além da orientação e conformação das ruas da cidade, podem influenciar a ocorrência de microclimas distintos, mesmo dentro da estreita faixa urbana, e, dessa forma, influenciar diferentes respostas no tratamento ambiental dos espaços urbanos.

4.4.3. Caracterização da arquitetura habitacional

Antes de tratar da caracterização arquitetônica de uma localidade, é necessário primeiramente, identificar suas tipologias arquitetônicas. Neste sentido, Emmitt (2002) aponta que as tipologias arquitetônicas traduzem o conhecimento

aplicado na prática de construir com a função de solucionar “problemas” recorrentes em um determinado momento histórico, levando-se em consideração as limitações técnicas, funcionais e econômicas de determinado local.

Atualmente, o processo contínuo de mudanças sociais é responsável pelo surgimento de inúmeras tipologias arquitetônicas, que seguem uma infinidade de inovações técnicas e estéticas. Segundo Oliveira (2006), isto não impede que uma tipologia predominante permaneça no contexto atual. As tipologias arquitetônicas podem se incorporar à tradição construtiva da população tornando-se representativas daquela cultura.

Assim, como diversas cidades alagoanas, Mata Grande ainda conserva características predominantes de sua origem. Estes traços, identificados por Silva (1991), são observados em exemplares arquitetônicos de séculos passados, ainda presentes no contexto local, adaptados para o uso atual (ver figura 34).

Figura 34 - Casa colonial adaptada para utilização atual.



Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Na arquitetura habitacional matagrاندense ainda são presentes características típicas de cidades sertanejas ancestrais. Observam-se, contudo, descaracterizações singelas sofridas por essas residências, sobretudo nas fachadas, que recebem cores e revestimentos variados (ver figura 35). Grande parte dos bairros também apresenta uma heterogeneidade de estilos arquitetônicos, resultado natural das diferentes formas de ocupação urbana ocorridas ao passar dos anos (ver figura 35).

Figura 35 - Casas com fachadas originais modificadas (à esquerda). **Figura 36** - Casas modernistas.
 Fonte: Arquivo pessoal, 2010 (à direita).



Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Outra herança identificada é a conformação do relevo urbano que ainda conserva uma malha urbana em fita, característica muito marcante, mesmo em si tratando de edificações residenciais mais recentes, estas apenas com pequenos recuos frontais, apoiadas umas às outras (ver figura 37).

Figura 37 - Agrupamentos de casas define o traçado das ruas



. Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Deste modo, as residências atuais ainda são construídas sobre os limites laterais dos terrenos. São poucas as edificações que possuem recuos, até mesmo os frontais, no entanto, é comum a existência de quintais (fundos). Esse fato leva a uma particularidade curiosa: parcelamentos que não seguem a “lógica de malha retangular” induzem soluções de planta mais “complexas”, as quais a própria extensão do terreno é norteadora do partido arquitetônico (ver figura 38).

Figura 38 - Quintais diversos.



Fonte: Arquivo pessoal, 2011.

A horizontalidade ainda é muito acentuada na cidade devido ao grande número de casas térreas. Nota-se que há uma tendência de verticalização, já que a maior parte das novas residências possui pelo menos dois pisos (ver figura 39).

Figura 39 - Vista panorâmica de uma parte da cidade.



Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Estas recentes edificações seguem um padrão construtivo de renda média e organização de planta similar, que podem ser divididos em duas tipologias típicas: *comércio-residência*; *garagem/depósito-residência*:

A tipologia *comércio-residência*, trata-se de edifício de pelo menos dois pavimentos, no qual um ponto comercial é instalado no pavimento térreo e a habitação no pavimento superior. Observa-se ainda no pavimento superior, um recuo frontal mínimo, este utilizado como varanda, ambiente muito apreciado pelos

moradores. Esta tipologia é encontrada no centro da cidade, região com maior setor comercial e de serviços (ver figura 40).

Figura 40 - Tipologia 01: residências com ponto comercial no pavimento térreo e habitação no pavimento superior. (a) Fachada principal; (b) 2º pavimento: sala de estar/jantar; (c) 3º pavimento: sala de TV.



Fonte: Arquivo pessoal, 2011.

Já na segunda tipologia, garagem/depósito-residência, o pavimento térreo possui um espaço destinado à garagem ou depósito (geralmente para aluguel), conhecido popularmente como “área”. Na habitação, as zonas social e/ou de serviço encontram-se na parte superior, bem como a zona íntima, também com a presença de varandas (ver figura 41).

Figura 41 - Tipologia 02: residência com garagem (área), pavimento térreo; zonas social, íntima e serviço no pavimento superior. (a) Fachada principal; (b) 1º Pavimento: sala de estar; (c) e (d) 1º Pavimento: cozinha.



Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Como exemplo de tipologia mais simplificada existente em Mata Grande, encontram-se moradias de famílias de renda média – baixa ou baixa. Estas residências estão situadas principalmente nos bairros periféricos e possuem um padrão construtivo barato, além de uma composição de fachada muito simples: porta e janela, algum revestimento ou pintura, além da simplicidade da solução da planta (ver figuras 42 e 43).

Figura 42 - Casa de renda média. (a) Fachada principal e (b) sala de estar.



Fonte: Arquivo pessoal, 2011.

Figura 43 - Casa típica de família de renda baixa situada em bairros periféricos. (a) Fachada Principal; (b) sala de estar.



Fonte: Arquivo pessoal, 2011.

Ainda é possível encontrar na cidade, exemplares de habitação popular da década de 1980, locados em diferentes bairros. Este padrão construtivo foi criado através da política habitacional da Companhia de Habitação Popular (COHAB), financiadas na época pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), hoje a CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (ver figuras 44 e 45).

Figura 44 - Exemplos de habitação popular criados pela COHAB na década de 1980.



Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Figura 45 - Exemplo de habitação COHAB. (a) Fachada principal; (b) sala de estar.



Fonte: Arquivo pessoal, 2011.

Quanto ao uso de estratégias de adequação ao clima local, identifica-se uma crescente preocupação em relação ao conforto térmico. Algumas residências da cidade seguem uma recente tendência ao uso de elementos de proteção solar, principalmente toldos, geralmente locados na janela dos dormitórios (ver figura 46).

Figura 46 - Presença de toldos nas fachadas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2010

5. Metodologia

Nesta seção é discutida a metodologia, bem como os procedimentos utilizados no desenvolvimento da pesquisa, a fim de atingir os objetivos propostos apresentados anteriormente.

Esse trabalho busca estabelecer relações entre as variáveis climáticas e a arquitetura habitacional no contexto da cidade de Mata Grande. Deste modo, é adotada metodologia fundamentada em métodos qualitativos, e quantitativos através da qual pretende-se discutir os parâmetros construtivos para as habitações adequadas ao contexto do semiárido sertanejo alagoano.

Os procedimentos metodológicos seguidos para o desenvolvimento do trabalho foram: tratamento e análise de dados meteorológicos da cidade de Mata Grande; identificação de estratégias de projeto adequadas à cidade em estudo; discussão acerca da possível classificação de Mata Grande em uma das Zonas Bioclimáticas (05,07 ou 08) da *NBR 15220-3 (ABNT, 2005)*; e organização de uma síntese dos resultados, com a elaboração de um quadro-síntese com recomendações de estratégias bioclimáticas sazonais para edificações habitacionais e projetos urbanos. Tais procedimentos serão descritos nos subcapítulos a seguir:

5.1. TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE MATA GRANDE

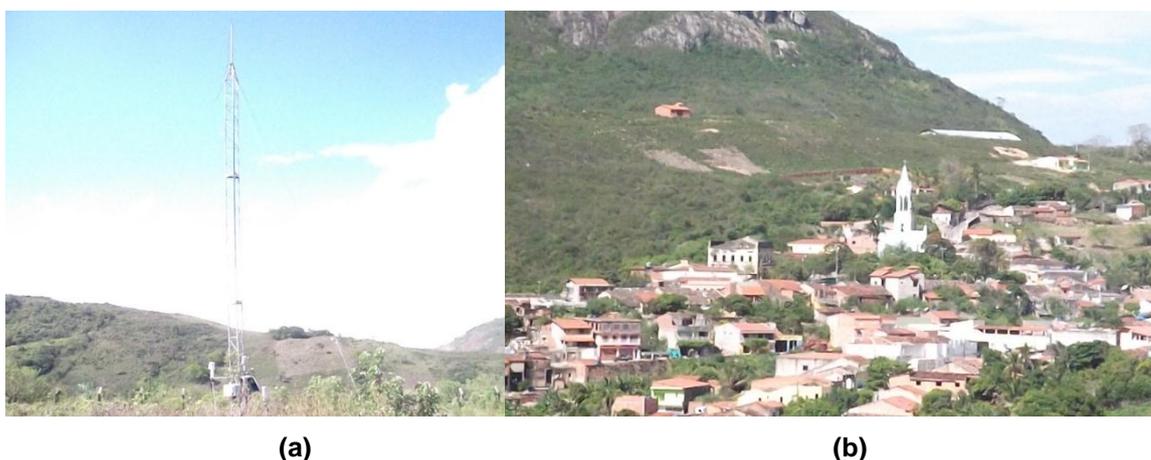
A primeira etapa do trabalho consistiu em elaborar um perfil climático detalhado, a partir do tratamento e análise dos dados meteorológicos levantados, para possível caracterização climática da cidade em estudo. Este perfil foi demonstrado através de gráficos representativos das seguintes variáveis meteorológicas: valores médios diários e anuais de temperatura do ar; valores de precipitação média mensal; direção e velocidade dos ventos predominantes; além da relação dos valores médios de temperatura e umidade do ar. Por fim, foi confeccionado um quadro com a síntese da caracterização climática de Mata Grande. Os procedimentos utilizados para o referido tratamento e análise são

detalhados nos tópicos seguintes. O levantamento e a aferição destes registros meteorológicos são explicitados a seguir.

Os dados coletados da cidade Mata Grande – AL, foram obtidos através de uma estação automática do tipo agrometeorológica, locada a barlavento, na longitude -37.74° , latitude: -9.12° e altitude 630m (ver figura 47). A torre do registro de dados está em operação desde o segundo semestre de 2005, sob responsabilidade do CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, com medições disponíveis no banco de dados do SINDA – Sistema Nacional de Dados Ambientais¹².

Através do levantamento obtido a partir desta fonte, foi possível a utilização de uma série histórica representada por seis anos de registro (ano de 2006 a 2011) dos parâmetros meteorológicos trabalhados: temperatura do ar; umidade relativa do ar; precipitação; direção e velocidade dos ventos. Esta série foi submetida a uma averiguação dos dados diários (08 medições por dia), de cada mês (janeiro a dezembro), ano por ano.

Figura 47 - (a) Estação agrometeorológica da cidade de Mata Grande. (b) Visão panorâmica da cidade a partir da torre da estação meteorológica.



FONTE: arquivo pessoal (2011).

É importante ressaltar também, a existência de alguns dados climáticos de Mata Grande presentes na publicação das Normais Climatológicas de 1969 a

¹² Dados meteorológicos disponibilizados em plataforma digital: < <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>>. Acesso em: jun.2011.

1991 (BRASIL, 1992). Estes dados foram coletados em uma estação meteorológica convencional instalada na cidade sob responsabilidade do INMET, mas atualmente desativada. Neste levantamento somente alguns parâmetros meteorológicos são apresentados: temperatura mínima, precipitação e direção dos ventos predominantes. Estes dados foram considerados insuficientes para a presente pesquisa, e por esse motivo, optou-se trabalhar com a série histórica de seis anos obtida pelo CPTEC.

Apesar da inexistência de dados climáticos antigos mais completos, acredita-se que por se tratar de uma configuração urbana de porte pequeno, Mata Grande não apresentou mudança expressiva ao longo dos anos. Pode-se afirmar uma atual, mas sensível, tendência a uma tímida verticalização (edificações de dois e três pavimentos) das novas edificações. Contudo acredita-se que esta não altera significativamente o perfil climático da cidade.

5.1.1. Tratamento Estatístico

A partir da obtenção da série histórica meteorológica, foi utilizada a Estatística Descritiva para o tratamento e análise dos dados coletados, sintetizando-os e organizando-os, conforme procedimentos utilizados por Passos (2009), de forma a definir um perfil climático de Mata Grande, buscando contribuir com a elaboração de futuros projetos urbanos e arquitetônicos com vistas à adequação ao clima local.

Todos os dados climáticos estudados foram separados por anos e em seguida por meses em planilhas diferenciadas no programa computacional Excel®. Foi realizada então, uma análise estatística, calculando as médias, medianas, máximas e mínimas, além dos totais de precipitação de cada horário.

Em seguida para análise dos dados de temperatura do ar, foi calculada a *temperatura média compensada (Tmc)* através de equação descrita nas Normas Climatológicas (BRASIL, 1992). Também foram calculados os dados de máxima temperatura absoluta, média máxima, média compensada, média mínima e mínima absoluta. Foram calculadas as médias mensais e anuais de temperatura e umidade relativa do ar, e elaborados gráficos de frequência de ocorrência dos dados. Por fim,

baseando-se nas temperaturas médias mensais registradas, foi calculada a temperatura neutra¹³ para cada mês, segundo a equação de Auliciems (1982):

$$T_n = 0,31T_e + 17,6^\circ\text{C} \quad (1)$$

Onde: **T_n** = temperatura neutra no interior dos espaços arquitetônicos; e **T_e** = temperatura média exterior para o mês considerado (°C).

Este intervalo foi incluído nos gráficos de temperatura, para fins de análise de situação de conforto térmico.

5.1.2. Definição dos arquivos climáticos

Os arquivos climáticos são utilizados para facilitar o emprego de dados meteorológicos como instrumento de análise de estratégias bioclimáticas para aplicação em projetos. Trata-se de arquivos de dados em formatos compatíveis com programas computacionais utilizados para investigação de estratégias de desempenho térmico adequadas ao contexto da cidade em estudo.

Os métodos aqui aplicados para obtenção dos arquivos climáticos foram o Ano Climático de Referência e o Dia Típico de Projeto, utilizados em seguida, em software específico:

- Ano Climático de Referência - Test Reference Year (TRY)

Este procedimento, baseado em Stamper (1977), segundo Goulart et. al. (1998), constitui-se de um arquivo de séries históricas disponíveis com dados horários de valores mensais de temperatura do ar para determinar o ano climático representativo de Mata Grande (ver quadro 05). Os dados obtidos e o total de registros horários foram utilizados em etapas posteriores, explicitadas no decorrer do presente capítulo.

¹³ Para definição da zona de conforto de uma carta bioclimática, utiliza-se o cálculo da temperatura neutra, proposto por HUMPPHREYS (1998), modificado por AULICIEMS (1983) e descrito por BITTENCOURT & CÂNDIDO (2006, p.20).

Quadro 5 - Série histórica dos valores de temperatura média mensal em Mata Grande.

TEMPERATURA MÉDIA MENSAL – MATA GRANDE (2006 A 2011)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2006	24,3	26,0	25,4	23,2	23,2	22,2	22,0	20,8	22,0	24,3	25,4	26,3
2007	25,6	25,1	23,8	23,1	22,5	21,1	20,5	19,9	21,2	23,1	24,8	25,0
2008	25,2	25,0	24,4	23,7	22,3	20,2	20,0	20,6	22,6	23,4	25,5	25,4
2009	25,8	25,1	25,9	25,2	23,0	21,5	21,0	21,2	22,9	25,1	25,1	25,6
2010	24,7	24,8	25,9	24,9	23,6	21,9	20,7	20,1	21,5	24,2	24,8	25,5
2011	24,4	24,5	23,1	23,5	22,0	21,9	20,6	21,1	21,0	23,9	23,8	24,3

- **Dia Típico de Projeto**

Foram calculados os dias típicos de verão e de inverno da cidade em estudo para a investigação de estratégias bioclimáticas sazonais diárias, informações que validam ainda mais a pesquisa. Para tal, foi seguida a metodologia de Sattler (1989) descrita por Goulart (1993), detalhada no item 1.2.3., considerando os dados do ano climático de referência para o cálculo do nível de frequência 1%, no qual, neste caso, os próprios dias de referência de verão e de inverno foram considerados como dias típicos de projeto (dias em que o valor da declinação solar é igual a média encontrada para a declinação solar do período quente e do período frio, respectivamente), como mostra o quadro a seguir:

Quadro 6 - Seleção dos dias típicos de projeto para Mata Grande.

SELEÇÃO DOS DIAS TÍPICOS DE PROJETO PARA MATA GRANDE		
	VERÃO	INVERNO
PÉRIODO	07/10/10 a 05/04/10	03/06/10 a 19/09/10
DIA DE REFERÊNCIA	08/11/10	26/07/10

5.2. ANÁLISE DA CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (1992) E DIAGRAMA ADAPTADO DE GIVONI PELA NBR 15.220-3, (ABNT, 2005)

Nessa etapa buscou-se identificar informações bioclimáticas úteis para adequação climática de projetos inseridos no contexto climático de Mata Grande a partir da análise das estratégias bioclimáticas da Carta Bioclimática de Givoni (1992), bem como as estratégias obtidas pela Carta *Adaptada* de Givoni, utilizada pela NBR 15.222-3, (ABNT, 2005):

5.2.1. Análise das Estratégias Bioclimáticas através do programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) e dos parâmetros de Givoni (1992)

O programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) permite obter as estratégias de passivas de projeto, através da avaliação de dados climáticos inseridos sobre uma Carta Bioclimática (GIVONI, 1992), diagrama psicométrico sobre o qual são representadas a zona de conforto térmico e outras zonas nas quais a sensação de conforto pode ser alcançada com intervenções arquitetônicas e urbanísticas.

Deste modo, arquivos climáticos obtidos pelo Ano Climático de Referência, bem como Dia Típico de Projeto de Mata Grande, foram inseridos no software Analisis Bio (LABEEE, 2007), e os valores médios de temperatura e umidade em Carta Bioclimática baseada em Givoni (1992). Foi obtido um relatório com as recomendações de projeto de condicionamento térmico passivo para cidade em estudo, durante todo o ano típico, além dos dias típicos de verão e inverno.

A fim de validar o potencial do uso das estratégias indicadas pelo Analysis Bio (LABEEE, 2007), os dados horários de temperatura e umidade foram avaliados com base nos limites de aplicação de cada estratégia sugeridos por Givoni (1992), conforme mostra o quadro 07 a seguir:

Quadro 7 - Critérios para avaliação do uso de estratégias de condicionamento térmico passivo segundo GIVONI, 1992.

ESTRATÉGIAS		Condicionantes para aplicação
		Pré-requisitos (variáveis ambientais)
CALOR	Ventilação diurna	Text < Tint Text < 32°C ou/e UR>80%
	Ventilação noturna + Massa Térmica para resfriamento	Text < Tint Text dia < 36°C Text noite < 20°C
	Resfriamento Evaporativo	TBS max ext < 44°C TBU max ext < 24°C
FRIO	Massa térmica e Aquecimento solar	14°C < Text < 20°C

FONTE: Lamberts et al (1997) apud Givoni (1992).

5.2.2. Análise das Estratégias Bioclimáticas através do Diagrama Adaptado pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Foi realizada uma avaliação da série histórica de Mata Grande, segundo a Norma 15.220-3 (ABNT, 2005), que utiliza dados mensais de temperatura e umidade do ar inseridos no Diagrama Adaptado de Givoni (explicitados no item 1.3.3.) de acordo com a metodologia descrita por Roriz et. al. (1999).

Para tal, foram utilizados os pares psicrométricos de temperatura de ar seco e umidade absoluta, das médias mensais sobre o diagrama adaptado de Givoni. Este procedimento foi baseado em Pereira e Assis (2005), com intuito de identificar de as porcentagens das estratégias de projeto estabelecidas, bem como o clima da localidade pela referida norma.

5.3. DISCUSSÕES ACERCA DA CLASSIFICAÇÃO DE MATA GRANDE SEGUNDO O ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO – NBR 15.220-3 (ABNT, 2005).

Essa etapa teve como objetivo promover uma discussão sobre as possibilidades de adequação da Mata Grande ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro, proposto pela Norma NBR 15220-3, ABNT (2005). Para tal, foram selecionadas cidades que representam as Zonas Bioclimáticas estudadas neste trabalho (05, 07 e 08), conforme detalhado a seguir.

A partir das cidades representativas de cada zona, foram levantadas informações climáticas e estratégias de projeto indicadas para cada uma, para compará-las com as informações e estratégias de Mata Grande, obtidas nas etapas anteriores. Todas estas informações foram analisadas e confrontadas, identificando semelhanças e/ou disparidades entre suas características climáticas com Mata Grande, bem como similaridades entre as estratégias bioclimáticas indicadas para cada zona pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), com as estratégias levantadas para a cidade em estudo.

Este procedimento foi realizado com o intuito de avaliar a adequação climática de cidade em estudo, para sua possível classificação ou não, em uma das

Zonas Bioclimáticas, além de identificar as melhores estratégias para condicionamento térmico passivo para a região:

5.3.1. Escolha das cidades representativas das Zonas 05, 07 e 08

Para análise comparativa das estratégias indicadas pelas Zonas Bioclimáticas estudadas, foram selecionadas três cidades representativas da porção sertaneja do semiárido nordestino, classificadas em zonas bioclimáticas distintas, conforme a Norma 15.220-3, ABNT (2005). A seleção utilizada levou em consideração dois critérios: semelhança climática e geográfica entre as cidades selecionadas e a disponibilidade de dados meteorológicos dessas cidades.

O primeiro critério apontou para cidades com mais de 03 meses secos, localizadas na região semiárida nordestina, na mesorregião Sertão. Já o segundo critério considerou a disponibilidade de dados meteorológicos levantados junto ao CPTEC e ao INMEP.

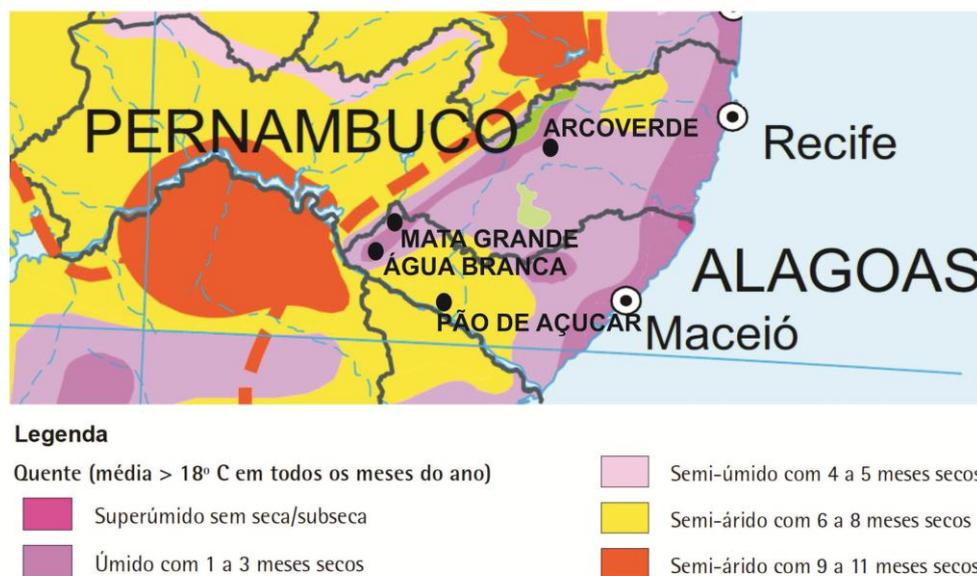
No entanto, verificou-se que nenhum dos municípios semiáridos alagoanos, que a princípio poderia se enquadrar na Zona 07, possui seu clima classificado no Zoneamento Bioclimático Brasileiro da NBR 15.220-3. Diante disso, foi escolhida como representante da zona 07 uma cidade mais próxima, localizada em Pernambuco, respeitando os critérios estabelecidos, além de cidades alagoanas representantes das Zonas Bioclimáticas 05 e 08:

- **Água Branca** (Zona 05): cidade do Semiárido nordestino localizada na mesorregião Sertão Alagoano, com altitude de 570m (sede). Segundo o IBGE, possui clima semiúmido com 1 a 3 meses secos. Estratégias recomendadas segundo a norma 15.220-3 (ABNT, 2005): CFI (item 1.3.2.).
- **Arcoverde** (Zona 07): cidade do Semiárido nordestino localizada na mesorregião Sertão Pernambucano, com altitude de 630m (sede). Segundo o IBGE, possui clima semiúmido com 4 a 5 meses secos. Estratégias recomendadas segundo a referida norma: FIH (item 1.3.2.).
- **Pão de Açúcar** (Zona 08): cidade do Semiárido nordestino localizada na mesorregião Sertão Alagoano, com altitude de 19m (sede). Segundo o

IBGE, possui clima semiárido com 6 a 8 meses secos. Estratégias recomendadas segundo a referida norma: FIJK (item 1.3.2.).

A ilustração a seguir mostra a localização das cidades e a classificação climática de cada uma segundo o IBGE (2011):

Figura 48 - Cidades selecionadas para o estudo.



Fonte: Adaptado IBGE, 2011.

5.3.2. Análise comparativa dos dados climáticos das cidades representativas

Foram estudados e registrados graficamente os dados das variáveis climáticas de temperatura e umidade do ar, obtidos a partir das séries históricas de dados climáticos de cada cidade representativa, além dos valores de precipitação. Estes gráficos foram utilizados em análises comparativas dos dados de temperatura e umidade do ano climático de referência das cidades representativas com os dados de Mata Grande, segundo procedimento utilizado por Martins et. al. (2011).

5.3.3. Análise bioclimática por sazonalidade

Para análise das estratégias bioclimáticas de cada cidade representativa, seus arquivos climáticos correspondentes (valores médios das séries históricas dos dados climáticos) foram inseridos na Carta de Givoni (1992), através software Analysis Bio (LABEEE, 2007), mesmo procedimento utilizado em Mata Grande. As

estratégias obtidas foram comparadas em conjuntos sazonais (seleção dos meses secos e meses úmidos) e dias típicos de projeto de verão e inverno, para melhor entender o comportamento do clima, a fim de identificar a existência de oscilações importantes das variáveis consideradas. Foram também considerados para validação das estratégias os parâmetros sugeridos por Givoni (1992) (ver quadro 07), conforme ocorrido em Mata Grande.

5.3.4. Análise comparativa das estratégias bioclimáticas entre as Zonas e a cidade de Mata Grande

Foi realizada uma análise comparativa das estratégias bioclimáticas recomendadas para os climas das cidades estudadas, bem como o conjunto de recomendações para condicionamento térmico passivo indicado pela referida norma para cada zona. Estas informações foram confrontadas com as obtidas da cidade objeto de estudo durante toda a investigação do trabalho.

6. Resultados e Discussões

Este capítulo refere-se às análises dos resultados obtidos nas etapas metodológicas da pesquisa.

6.1. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE MATA GRANDE

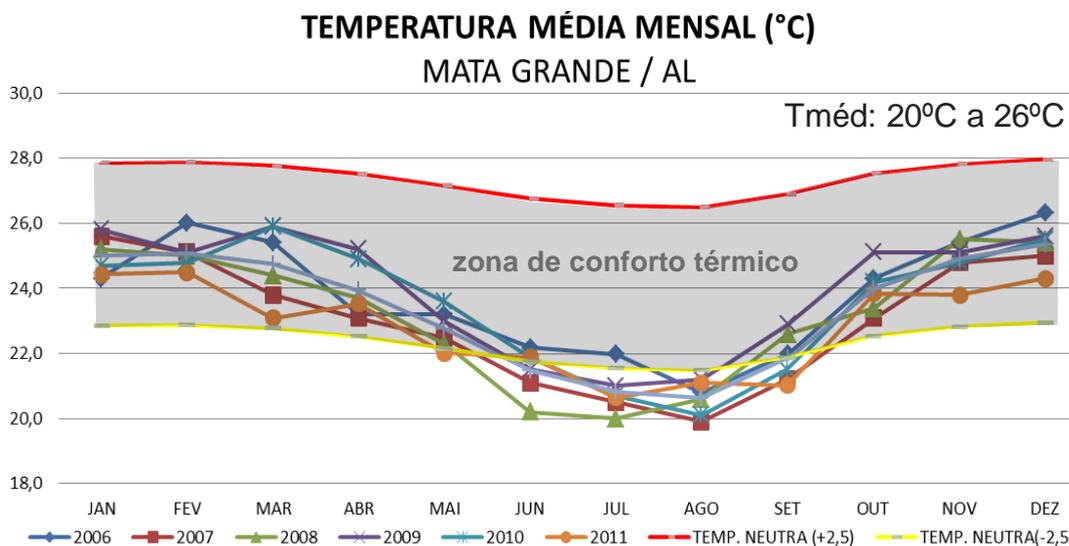
A partir do tratamento e análise da série histórica obtida da cidade de Mata Grande, foi possível traçar um perfil climático para a cidade. A análise estatística desses dados foi subdividida de acordo com as variáveis meteorológicas estudadas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos predominantes e precipitação.

6.1.1. Temperatura média do ar

Mata Grande possui temperaturas médias que variam, ao longo do ano, entre 20,5°C a 25,6°C. Normalmente, os meses de junho, julho e agosto possuem as temperaturas médias mais baixas, enquanto as temperaturas médias mais altas apresentam-se nos meses de setembro a março. No período analisado, a média mais baixa ocorreu no mês de agosto em 2007 (19,9°C), já a média mais alta ocorreu em dezembro de 2009 (28,0°C).

Por meio da equação de Auliciems (1982), foram calculados os valores de temperatura neutra (ver gráfico 01), e com base nestes, pode-se afirmar que as temperaturas médias mais altas, conseguem proporcionar possível conforto térmico, no interior das edificações, quanto à sensação térmica de calor, durante todo o ano. Entretanto, percebe-se também a provável percepção de desconforto por sensação de frio, já que as temperaturas médias mais baixas encontram-se abaixo da linha representativa da temperatura neutra mínima.

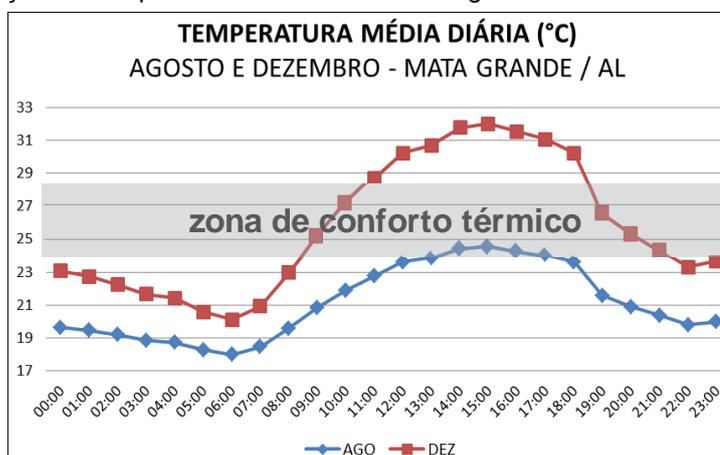
Gráfico 1 - Temperatura Média em Mata Grande - AL para os anos analisados, inserindo-se intervalo de conforto determinado pela temperatura neutra. Onde: $T_n \text{ máx} = \text{temperatura neutra} + 2,5^\circ\text{C}$ e $T_n \text{ mín} = \text{temperatura neutra} - 2,5^\circ\text{C}$.



Fonte de dados: CPTEC/INPE, 2011.

Quanto à amplitude térmica diária, esta é bem acentuada (14°C) se comparada à amplitude térmica sazonal ($5,1^\circ\text{C}$). Isso é comprovado partindo da observação dos meses extremos quanto à temperatura (agosto, mês mais frio e dezembro, mês mais quente) nos quais nota-se uma elevação diária da temperatura do ar. Durante o dia, no mês de dezembro, levando em consideração a zona neutra de conforto, há desconforto ocasionado por frio no início do dia, e por sensação térmica de calor, durante a tarde. Já no mês de agosto (inverno), há desconforto por frio na maior parte do dia, sendo o período 13h00min as 16h00min, exceção.

Gráfico 2 - Variação da temperatura média do ar ao longo do dia em Palmeira dos Índios-AL.

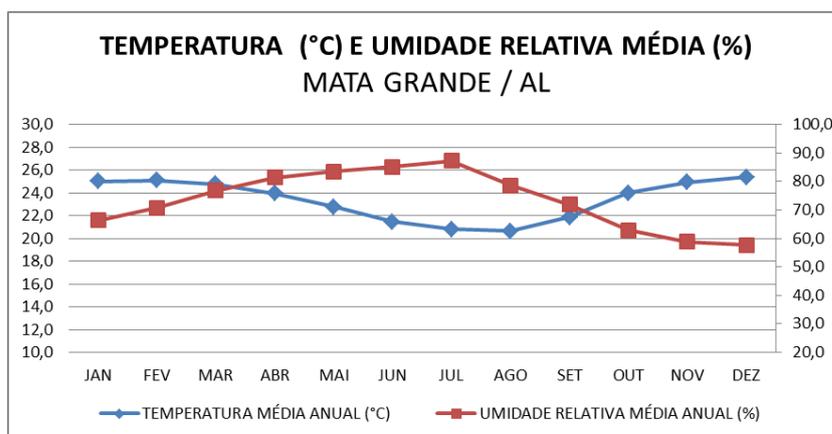


FORNTE: CPTEC/INPE, 2011.

6.1.2. Umidade Relativa do Ar

Durante o ano, Mata Grande apresenta umidade relativa do ar média que varia de 58 a 88%. O gráfico abaixo exibe a relação entre os valores médios da umidade relativa em conjunto com os valores de temperatura, dado importante para avaliações dos níveis de conforto higrotérmico.

Gráfico 3 - Valores médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar (%) a partir de uma série histórica de dados na cidade de Mata Grande



Fonte de dados: CPTEC/INPE, 2011.

Observa-se que o período mais úmido corresponde aos meses com temperaturas médias mais baixas (abril a setembro). Já o período mais seco, ou menos úmido, ocorre nos meses de temperaturas mais elevadas (outubro a março). Ressalta-se que valores médios de temperatura e umidade são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a temperatura do ar, menor a umidade relativa. Este comportamento também está relacionado ao volume de precipitação da cidade, este apresentado a seguir.

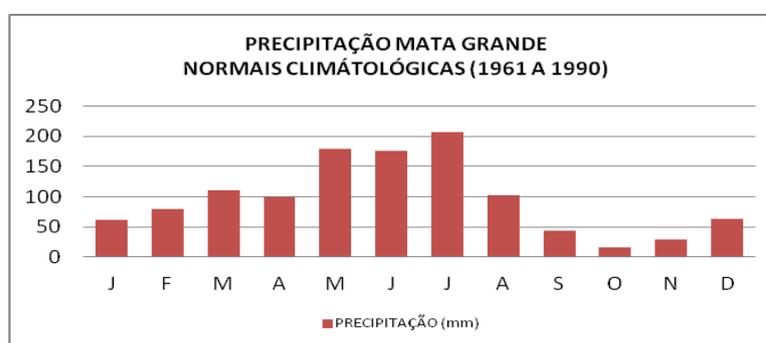
6.1.3. Precipitação

É importante destacar primeiramente, que em se tratando de uma cidade localizada no Semiárido Sertanejo Alagoano, Mata Grande apresenta um índice de média pluviométrica anual bastante generoso (1051,8mm). Este abrupto acréscimo de precipitação, segundo Figueredo et al (2002), se deve ao tipo de relevo encontrado na região, que proporciona chuvas orográficas, fazendo com que essa seja a única

mesorregião do Estado em que há um acréscimo de precipitação média anual em direção oeste.

Há em Mata Grande, concentração de grande volume pluviométrico, principalmente nos meses de maio a julho. De acordo com dados levantados das *Normais Climatológicas 1961 a 1990*, somente no mês de julho podem ocorrer na cidade, volumes de precipitação próximos a 210 mm, sendo, entretanto, outubro, o mês de menor ocorrência de chuvas (16,6mm) (BRASIL, 1992), o que ocasiona grande variação sazonal dos valores de precipitação (ver gráfico 04).

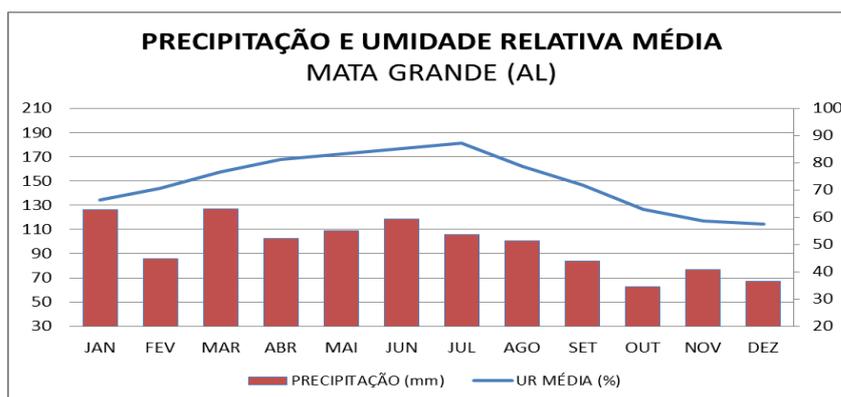
Gráfico 4 - Precipitação anual em Mata Grande - Normais Climatológicas 1961 a 1990.



Fonte de dados: INMET, 2007.

Assim, como há relação direta entre a umidade relativa e a temperatura do ar, ressalta-se a relação das variáveis umidade relativa média e precipitação, que neste caso, são diretamente proporcionais. Entretanto, considerando-se a série pluviométrica analisada, observa-se abaixo uma pequena interrupção dessa constante, referente aos meses de janeiro, março e julho o que pode ter sido ocasionado por falhas nas medições do período estudado.

Gráfico 5 - Relação da precipitação média mensal e umidade relativa média mensal a partir de uma série histórica de dados nas cidades de Mata Grande. Fonte de dados: CPTEC/INPE, 2011.

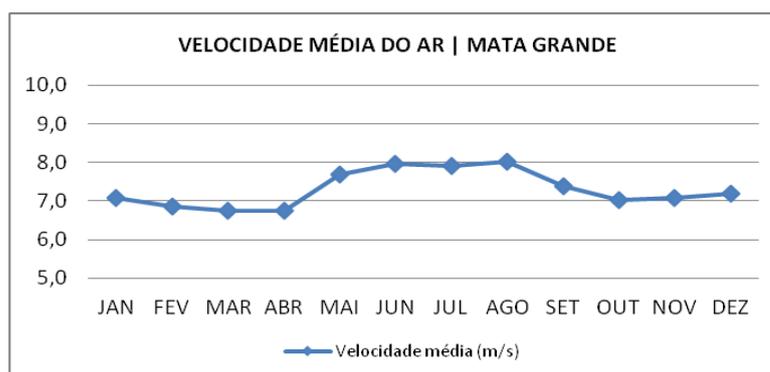


Percebe-se, contudo, que em geral, a relação de proporcionalidade entre as duas variáveis ainda permanece, ou seja, o período mais chuvoso apresenta altos índices de umidade relativa (cerca de 90%), enquanto o com menor precipitação, alcança valores mais baixos (cerca de 60%).

6.1.4. Velocidade e direção e dos ventos

O período que corresponde aos meses de maio a setembro possui a maior velocidade dos ventos em Mata Grande. Ressalta-se que os dados coletados para a confecção dos gráficos abaixo foram registrados por uma plataforma a 10m de altura do solo, o que pode ter resultado em valores elevados em se tratando de velocidade do vento (6,8 a 8 m/s).

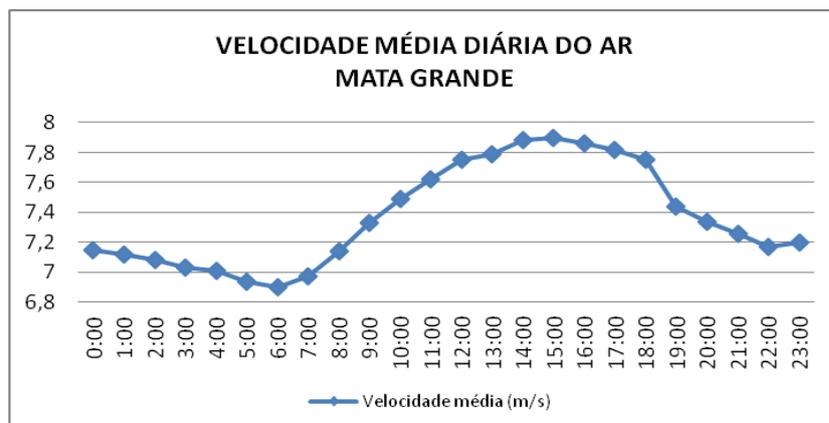
Gráfico 6 - Médias dos valores médios de velocidade do ar, obtidas a partir de uma série histórica de dados da cidade de Mata Grande.



Fonte dos dados: CPTEC/INPE, 2011.

Quanto ao comportamento diário dos ventos, foram considerados valores médios horários dos dias disponíveis na cidade. Observa-se que os valores mais elevados encontram-se entre as 12h00min e 18h00min, atingindo uma velocidade próxima a 8 m/s (medição a 10m do solo).

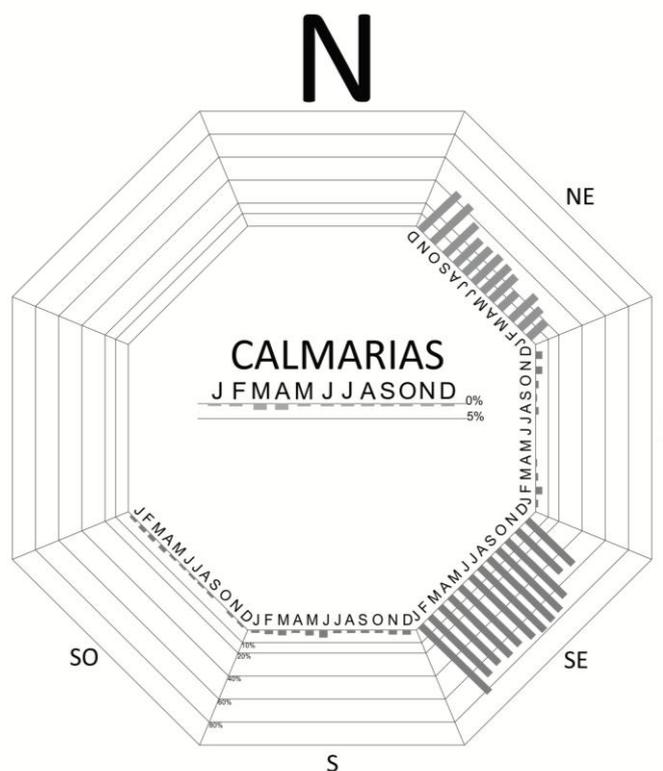
Gráfico 7 - Variação da velocidade média do ar ao longo do dia na cidade de Mata Grande



Fonte dos dados: CPTEC/INPE, 2011.

De acordo o gráfico abaixo, há predominância, durante todo o ano, dos ventos provenientes da direção sudeste; porém, há também a presença significativa dos ventos no quadrante nordeste, principalmente nos meses de novembro e dezembro, porém, não há uma frequência marcante de calmarias em nenhum período do ano.

Gráfico 8 - Frequência da direção dos ventos (em %) para a cidade de Mata Grande, confeccionada a partir de uma série histórica de dados.



Fonte de dados: CPTEC/INPE, 2011.

6.1.5. Síntese da caracterização climática

Após análise estatística dos dados climáticos de Mata Grande, percebem-se dois períodos sazonais distintos: meses secos e meses úmidos. O período seco ocorre entre os meses de outubro a março, e caracterizado por temperaturas médias moderadas (26°C), umidade relativa do ar aceitável (60%), baixo acúmulo de precipitação (19 mm) e ventilação proveniente do sudeste (6 m/s). Já os meses úmidos (abril a setembro), apresentam-se com temperaturas mais amenas (18°C), umidade relativa do ar elevada (90%), grande concentração de pluviosidade (até 210 mm por mês) e velocidade do ar alta (8 m/s).

A tabela 05 a seguir mostra a síntese das variáveis climáticas obtidas a partir da análise estatística, para a cidade Mata Grande:

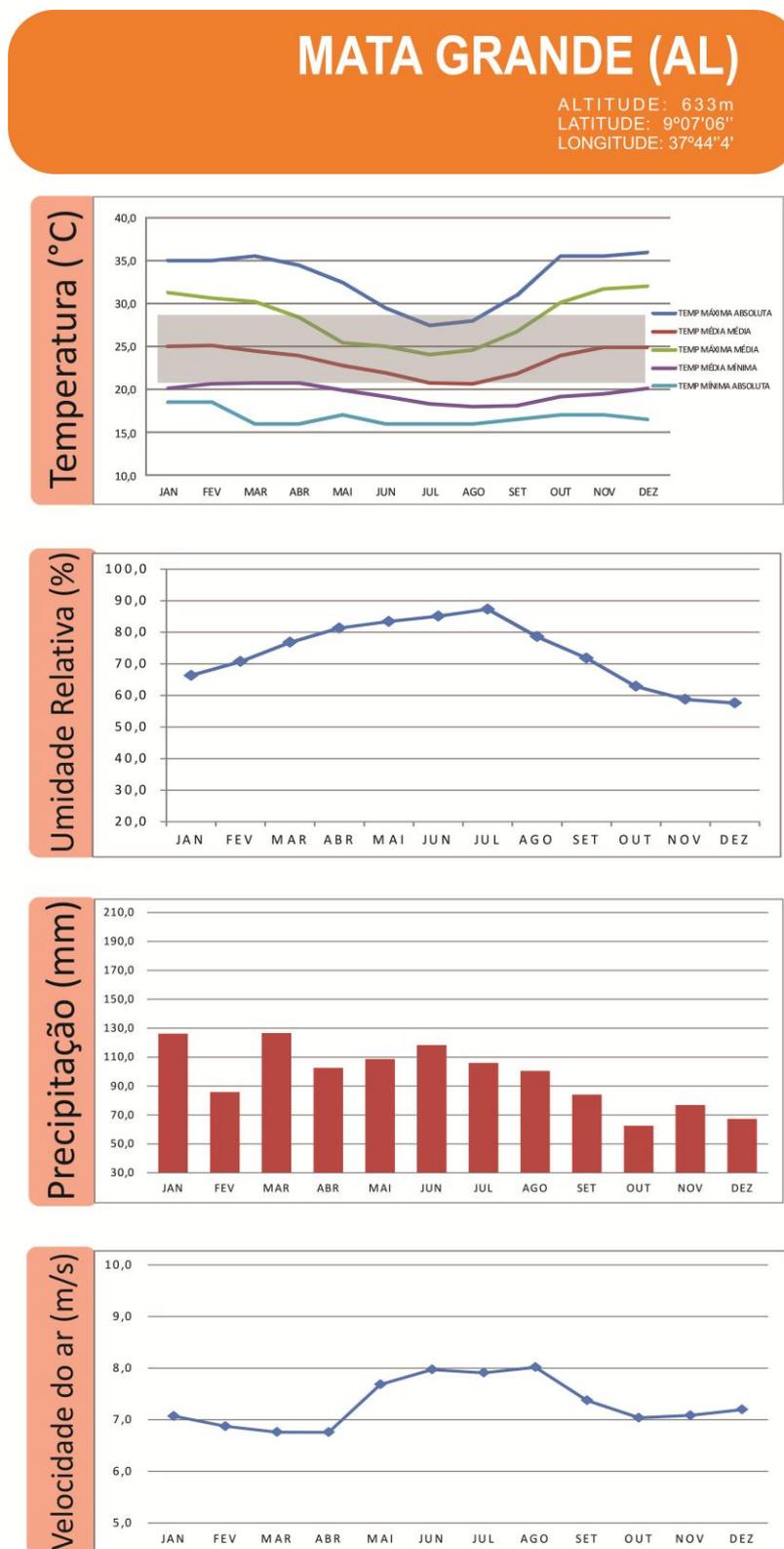
TABELA 05 - Síntese das variáveis analisadas em Mata Grande, a partir de dados meteorológicos de uma série histórica (2006-2011) tratados estatisticamente.

VARIÁVEIS CLIMÁTICAS – MATA GRANDE (AL)	
Temperatura do ar (°C)	19,9 a 26,3
Amplitude térmica sazonal (°C)	5,1
Amplitude térmica diária (°C)	14
Velocidade dos ventos (m/s)	6,2 a 9,0
Direção predominante	SE
Precipitação (mm)	60 a 205
Umidade relativa do ar (%)	57 a 87
Meses quentes e menos úmidos	Outubro a Março
Meses frios e úmidos	Abril a Setembro

Fonte de dados: CPTEC/INPE, 2011.

Tendo como base o trabalho proposto por Koenigsberger et al (1974), foram elaborados os gráficos do clima para a cidade, a partir das médias das séries históricas de dados (2006-2011) reunindo informações obtidas quanto a precipitação, umidade relativa e temperatura do ar e velocidade dos ventos. No trecho do gráfico referente à temperatura, apresentam-se as temperaturas: máxima absoluta, média das máximas, média compensada, média das mínimas e mínimas absolutas, nesta ordem, para Mata Grande (Figura 49).

Figura 49 - Gráfico do clima para a cidade de Mata Grande contendo dados médios, mínimos e máximos de uma série histórica (2006 a 2011) das variáveis: velocidade do ar, temperatura e umidade relativa do ar e precipitação (no gráfico de temperatura foi inserido o intervalo de conforto térmico de acordo com a temperatura neutra de Auliciems, (1982).



6.2. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS RECOMENDADAS

As estratégias bioclimáticas adequadas para a cidade de Mata Grande foram estabelecidas a partir da análise de duas fontes:

- Relatório emitido pelo programa computacional ANALYSIS BIO (LABEEE, 2007), no qual, foram plotados inseridos dados climáticos do Ano Climático de Referência e dos Dias Típicos de Projeto, no digrama bioclimático de Givoni (1992).
- Dados climáticos da série histórica inseridos sobre a Carta Bioclimática Adaptada, segundo metodologia proposta pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005).

6.2.1. Carta Bioclimática de Givoni

Foram plotados no digrama bioclimático de Givoni (1992), os dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar do ano de 2010, selecionado como Ano de Referência da cidade em estudo, a partir dos procedimentos descritos no capítulo anterior referente à metodologia. Seguem abaixo as informações utilizadas para análise dos dados de 2010 empregados nessa etapa do trabalho:

Tabela 6 - Estatística de Temperatura do ar - Ano Climático de Referência de Mata Grande (ano de 2010).

T (°C)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÁXIMAS	30,8	31,0	31,5	29,1	28,0	24,6	24,0	24,4	25,8	30,2	32,0	31,6
MÍNIMAS	20,4	21,1	21,3	21,4	20,6	19,7	18,5	17,6	18,1	20,0	19,4	20,2
MÉDIAS	24,7	24,8	25,8	24,9	23,6	21,9	20,7	20,1	21,5	24,2	24,8	25,3

Temperatura máxima do ar: 36,0°C em 03 de dezembro. Temperatura mínima do ar: 16,0°C em 20 de Agosto.

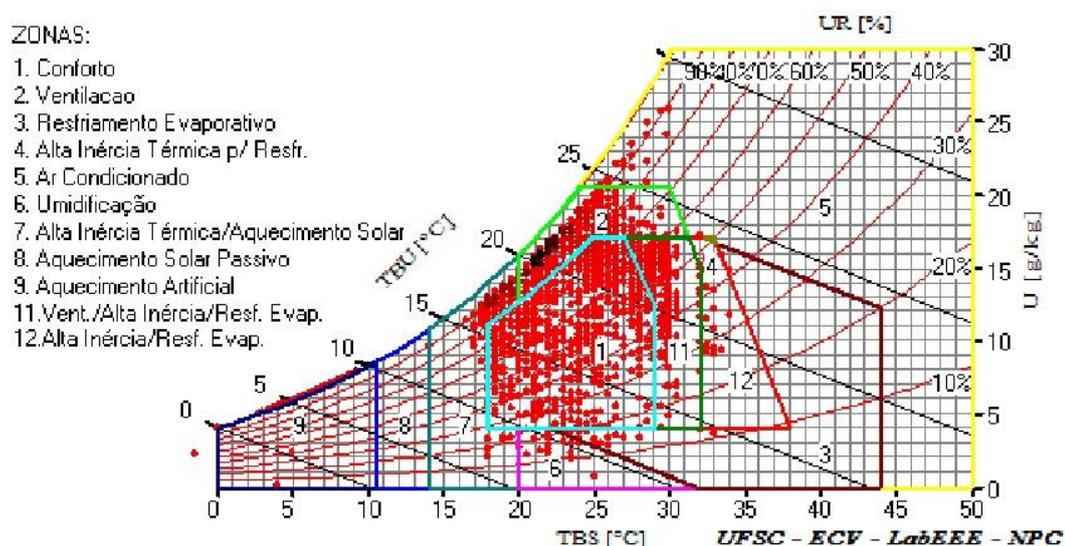
Tabela 7 - Estatística de Umidade Relativa do - Ano Climático de Referência de Mata Grande (ano de 2010).

UR (%)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	70,2	72,0	71,4	80,9	84,5	64,5	75,0	60,6	60,2	60,3	64,0	71,2

Seguindo o procedimento, foram inseridas no referido programa computacional, um total de 2895 horas para correta simulação, das quais 72,1%

representam situação de desconforto térmico e conseqüentemente, somente as 27,9% restantes apresentam situação de conforto (ver figura 50).

Figura 50 - Carta Bioclimática gerada para Mata Grande contendo dados do ano climático de referência determinado (2010).



Fonte: Analysis BIO (2011).

Para as horas desconfortáveis, durante o período de calor (52,4% das horas desconfortáveis), as recomendações foram: ventilação, alta inércia térmica para resfriamento, resfriamento evaporativo, além do uso de ar condicionado; e durante o período frio (19,7% das horas desconfortáveis), inércia térmica para o aquecimento solar e aquecimento artificial (ver tabela 08).

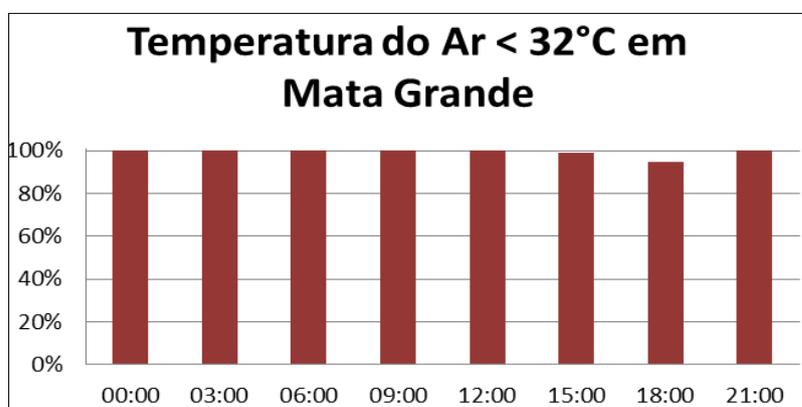
Tabela 8 - Síntese das estratégias recomendadas para Mata Grande, segundo a Carta Bioclimática de Givoni (1992).

Conforto		27.9%
Desconforto	Calor	Ventilação: 48.1%
		Alta Inércia p/ Resfriamento: 10.8%
		Resfriamento Evaporativo: 11.5%
	Ar Condicionado: 1.35%	
Frio	Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar: 10.8%	
	Aquecimento Artificial: 8.91%	
	Umidificação: 1%	

A partir desta análise, o potencial de aplicação de cada uma das estratégias recomendadas para Mata Grande foi avaliado através dos limites sugeridos por Givoni (1992).

Quanto ao aproveitamento da **ventilação natural**, verificou-se que, durante o verão, em 210 dias do ano de referência, as temperaturas são menores que 32°C nos horários entre 21h00min e 12h00min (ver gráfico 09).

Gráfico 9 - Frequência com que a temperatura externa do ar é inferior a 32 °C ao longo das horas em Mata Grande durante o verão do ano de 2010.



Fonte de dados: CPTEC/INPE, 2011.

Quando a temperatura externa excede 32°C é recomendável o resfriamento dos ambientes por meio da promoção do uso de **ventilação natural**, para qual é necessária, ventos de pelo menos 3,4 m/s a fim de amenizar essas temperaturas (GIVONI, 1992). Mata Grande possui grande potencial de ventilação natural, pois ultrapassa a velocidade de 07 m/s, sobretudo no intervalo entre 21h00min as 12h00min, horário no qual as temperaturas são superiores a 32°C em 10% dos dias analisados.

Entretanto, outras **estratégias complementares de resfriamento artificial**, como o uso de ventiladores ou até mesmo aparelhos de condicionamento de ar, são indicadas para o período da tarde, uma vez que a configuração morfológica da cidade desfavorece a circulação do ar em alguns locais, e, também, porque se deve evitar em climas quentes, o uso da ventilação diurna, quando a temperatura externa é superior à 32°C.

O relatório também apontou o **resfriamento evaporativo** como estratégia relevante. Os limites considerados por Givoni (1992) são que a temperatura de bulbo seco (TBS) máxima e a temperatura de bulbo úmido (TBU) máxima apresentem valores inferiores a 44°C e 24°C, respectivamente. Mata Grande mostrou-se favorável a essa estratégia, pois apresenta temperaturas inferiores ao sugerido pelo autor, e durante o verão, período mais seco, devido aos baixos índices de umidade relativa (cerca de 50%) e menor acúmulo de precipitação.

Avaliou-se também o potencial de uso da **alta inércia para resfriamento e aquecimento**. Considerando-se os limites de Givoni (1992), observa-se que o emprego desta estratégia é aplicável para todas as horas analisadas, pois a temperatura máxima diurna não excede 36°C (máximo de 34°C). Durante o verão recomenda-se o uso da massa térmica no verão, apenas em ambientes de uso diurno, pois nesse período as temperaturas noturnas geralmente são superiores a 20°C (em torno de 97% das horas analisadas). Já durante o inverno, o calor armazenado pela edificação durante o dia pode aquecer ambientes internos durante a noite, período mais frio do ano (temperaturas abaixo de 20°C).

Ressalta-se também que quando a temperatura do ar é menor que 27°C e umidade relativa é menor que 50%, recomenda-se a **umidificação dos ambientes** (GIVONI, 1992). Em Mata Grande essa estratégia é considerada irrelevante, já que apenas 1% das horas simuladas apresentou essas condições.

6.2.2. Análise das estratégias a partir dos Dias Típicos de Projeto

Devido ao comportamento climático sazonal diferenciado, foram estudadas as recomendações de projeto para o verão (meses secos) e o inverno (meses úmidos) em Mata Grande. Para tal, foram analisadas estratégias indicadas aos dias típicos de projeto, considerando o nível de frequência 1%, no qual foram utilizados os dados climáticos dos dias típicos de referência de verão e inverno, também inseridos na Carta de Givoni por intermédio do programa Analysis Bio (LABEEE, 2007).

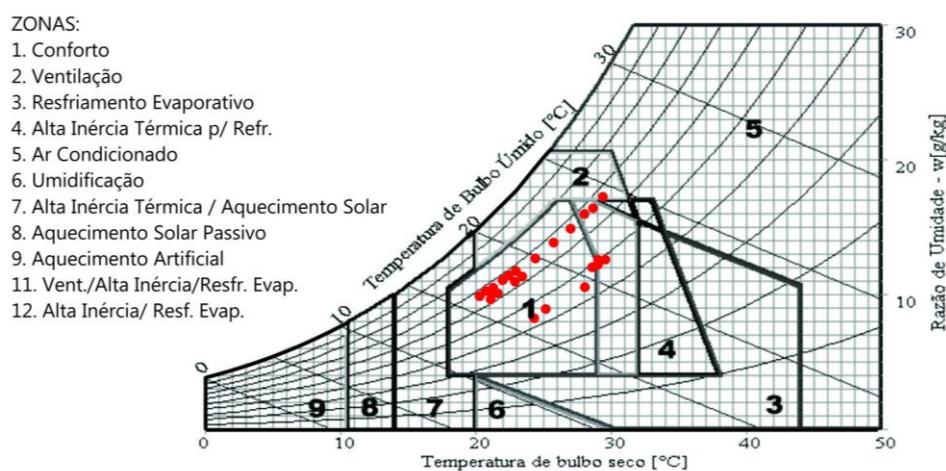
De acordo com os parâmetros sugeridos por Givoni (1992), o conforto térmico é encontrado quando a temperatura do ar estiver entre 18°C e 28°C, sem

ocorrência de ventilação. Em Mata Grande o dia típico de verão mostrou-se confortável em grande parte das horas, nos intervalos de 00h00min as 11h00min e 18h00min as 23h00min, ou seja, 76% do dia. Deste modo, 24% das horas restantes, são desconfortáveis principalmente por calor (20%), mas também, por frio (4%).

Tabela 9 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para o dia típico de verão de Mata Grande.

Dia típico de verão de Mata Grande (nível 1%)		
Conforto		76%
Desconforto	Calor	Ventilação: 20%
		Alta Inércia p/ Resfriamento: 16%
		Resfriamento. Evaporativo: 16%
	Frio	Alta Inércia term. Aquec.: 4%

Figura 51 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência de 1% para a cidade de Mata Grande.



Nas situações de **calor** do **dia típico de verão**, as quais a temperatura do ar ultrapassa 29°C, recomenda-se a **ventilação** (12h00min as 18h00min), a **alta inércia térmica para resfriamento** e o **resfriamento evaporativo**, também devido à umidade relativa baixa (inferior a 60%). Já para o **frio**, segundo Givoni (1992), indica-se a **alta inércia térmica para aquecimento** no momento em que a temperatura do ar é menor que 20°C, neste caso, 05h00min e 06h00min da manhã (tabela 09).

Em relação ao **dia típico de inverno**, a cidade mostrou-se **confortável** em praticamente metade das horas, ou seja, 48% das horas inseridas (11h00min as 19h00min). Sendo assim, 52% restantes das horas simuladas são desconfortáveis

somente pelo estresse térmico provocado por frio, devido às temperaturas baixas (inferiores a 20°C), período o qual se recomenda a **massa térmica para aquecimento solar**.

Figura 52 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Mata Grande.

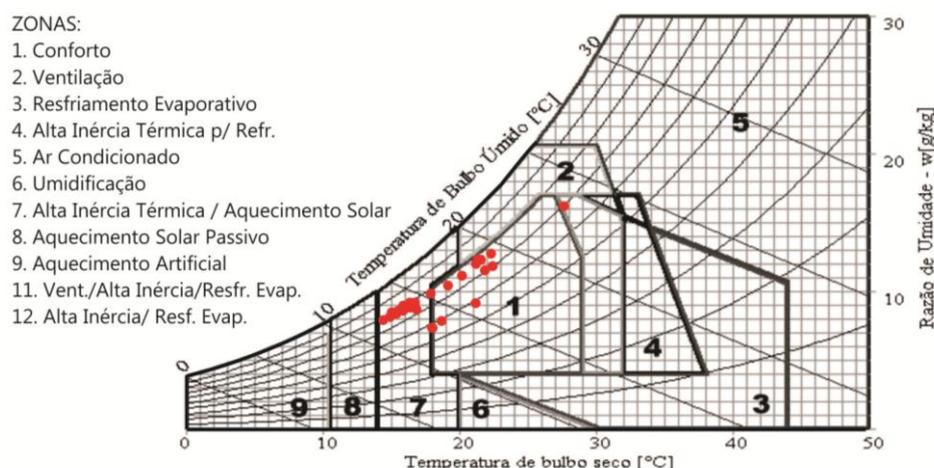


Tabela 10 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para o dia típico de inverno de Mata Grande.

Dia típico de inverno de Mata Grande (nível 1%)		
Conforto		48%
Desconforto	Frio	Alta Inércia / Aquecimento solar: 48%
		Aquecimento Artificial: 4%

- Síntese dos Dias Típicos de Projeto de Mata Grande

Como visto, Mata Grande apresenta, durante o **dia típico de verão**, grande intervalo de tempo com condições climáticas aceitáveis, ocasionando assim, conforto térmico durante maior parte do dia. Entretanto, devido à alta amplitude **térmica diária**, ressalta-se a necessidade, durante o **dia típico de verão**, do uso de estratégias distintas: como a **ventilação** em horários com temperatura do ar alta e umidade relativa do ar moderada (tarde e começo da noite).

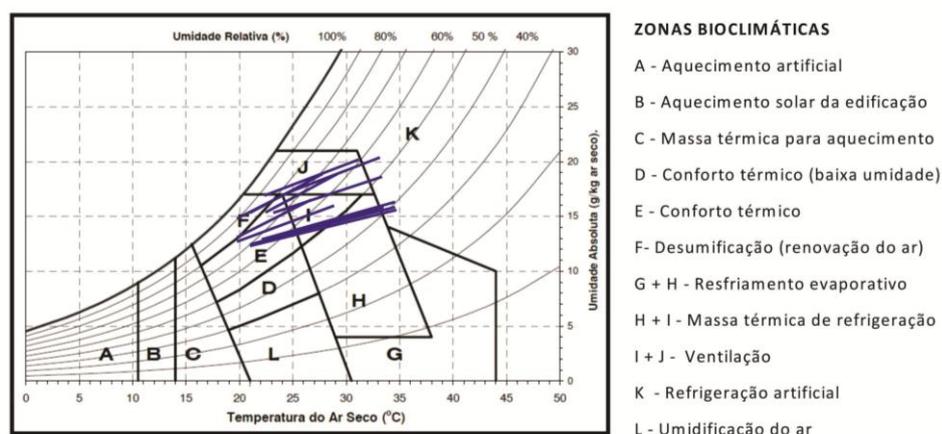
Quanto ao **dia típico de inverno**, foi visto que a cidade possui temperaturas bastante reduzidas (abaixo de 20°C), bem como umidade relativa elevada (acima de 60%). Consequentemente, é percebido que, há desconforto

térmico somente por frio em metade do dia, para a qual se indica estratégias como o **uso da massa térmica para o aquecimento solar**.

6.2.3. Carta Adaptada de Givoni

Por meio de valores estatísticos da série histórica trabalhada (2006 a 2011) plotados em diagrama psicrométrico, foi confeccionada a carta bioclimática adaptada de Givoni para a cidade de Mata Grande. Sobre esta carta, para cada mês do ano, os dados mensais de temperatura e umidade do ar foram representados por uma reta, conforme o procedimento definido pela NBR 15220-3 (ABNT, 2008), o que permitiu identificar o tipo climático da localidade (ver figura 53).

Figura 53 - Carta Bioclimática Adaptada *simulada* para Mata Grande (AL).



FONTE: Adaptado de Roriz et al (1999) e CPTEC – INMPE (2012).

Baseando-se em Roriz et al (1999) foi possível apresentar valores percentuais aproximados de ocorrência dos pares psicrométricos em cada Zona Bioclimática. Observou-se que as horas estimadas correspondentes a cada estratégia, indicam as zonas *H + I* (30%), *I + J* (51%), além da zona *E* (25%) (conforto térmico):

Tabela 11 - Frequência de ocorrência das horas analisadas para Mata Grande em cada uma das Zonas Bioclimáticas

FREQUENCIA DE OCORRÊNCIA EM ZONAS BIOCLIMÁTICAS (%)											
MATA GRANDE (AL)											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
0%	0%	0%	0%	25%	5%	0%	14%	19%	32%	5%	0%

A Tabela abaixo apresenta a possível sensação térmica experimentada durante o ano em valores percentuais:

Tabela 12 - Valores percentuais da sensação térmica experimentada em cada hora analisada para a cidade de Mata Grande.

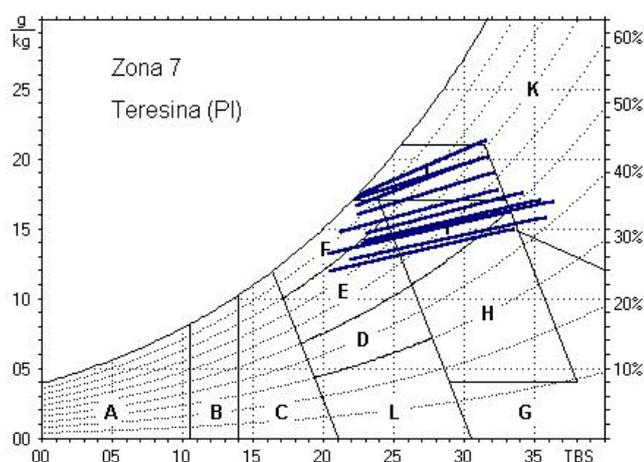
SENSAÇÃO TÉRMICA	ZONAS	ANO
FRIO	(A + B + C)	0%
CONFORTO	(D + E)	25%
CALOR	(I + J + G + H)	49%
ÚMIDO	(F + J)	21%
SECO	(G + H + L)	5%

Estas zonas correspondem à sensação de estresse térmico de calor, e para tal são recomendadas, segundo a supracitada norma, estratégias bioclimáticas como ventilação seletiva e massa térmica para refrigeração, soluções típicas de regiões com clima quente e seco:

- **H + I - Zonas de massa térmica de refrigeração:** Nesta zona é recomendável o uso de paredes com inércia térmica mais elevada, visando a reduzir no interior da edificação os picos na temperatura externa que ocorrem em que o ar está quente e seco.
- **I + J - Zonas de ventilação:** Zona caracterizada por temperatura e umidade do ar elevadas. Nesta zona, a sensação de conforto térmico também pode ser alcançada com a adequada ventilação dos ambientes;

Ressalta-se também, a semelhança da carta aqui produzida para Mata Grande com a carta bioclimática adaptada da cidade de Teresina – PI (ver figura 49), que indica diretrizes construtivas para a *Zona Bioclimática 07*, segundo Roriz et al (1999):

Figura 54 - Carta Bioclimática Adaptada de Teresina (PI) – ZONA 07.



Fonte: RORIZ et al; 1999.

6.3. CLASSIFICAÇÃO DE MATA GRANDE PELO ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

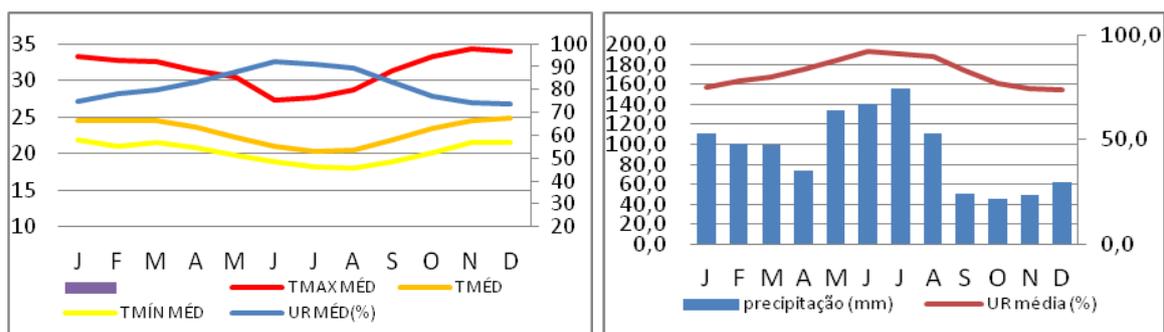
Este item promove uma discussão sobre a possibilidade de adequação de Mata Grande ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro, proposto pela NBR 15220-3, ABNT (2005). Para tal, foram selecionadas cidades representativas das Zonas Bioclimáticas 05, 07 e 08, pelas razões expostas na metodologia. Estas cidades foram comparadas quanto às suas características climáticas e estratégias bioclimáticas estabelecidas para cada uma delas com as mesmas informações obtidas sobre Mata Grande, com intuito de identificar semelhanças e/ou diferenças entre todas elas.

6.3.1. Análise comparativa da caracterização climática

- Água Branca (Zona 05)

Cidade do Semiárido nordestino, localizada na mesorregião Sertão Alagoano, Água Branca possui altitude de 570m (sede). Segundo o IBGE, possui clima úmido com 1 a 3 meses secos.

Gráfico 10 - Resumo dos dados climáticos para Água Branca. **a.** dados referentes a temperatura e umidade relativa do ar; **b.** dados combinando umidade e as médias de precipitação



. FONTE: CPTEC/INPE (2011).

Assim como Mata Grande, a cidade apresenta especificidades em seu relevo, o que acarreta grande acúmulo pluviométrico anual (1005,5mm) (FIGUEREIDO et al, 2002). O elevado volume de precipitação ocorre principalmente durante os meses de maio a julho, atingindo cerca de 160 mm somente no mês de junho, sendo, no entanto, o mês de outubro o de menor concentração de chuvas (45 mm), porém considerável.

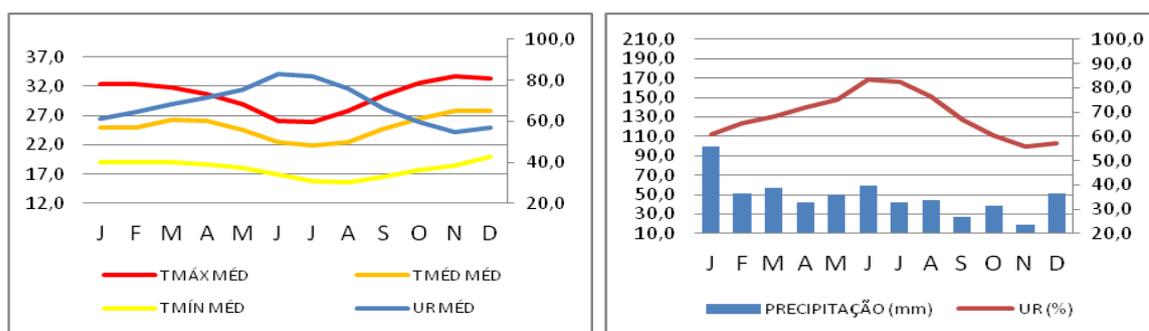
Os valores das médias da umidade relativa ar acompanham os altos índices de chuvas, e são elevados durante todo o ano (72 a 92%). Já a temperatura média se mantém entre 20,4°C e 24,8°C. Contudo, a temperatura média máxima pode alcançar 35°C em novembro, enquanto a temperatura média mínima, 18,3°C em julho.

Assim, o período que compreende os meses de outubro a março assume os maiores valores de temperatura média, os menores índices pluviométricos, além de umidade relativa um pouco mais baixa. Quanto ao período que abrange os meses de abril a setembro, ocorre o inverso, ou seja, encontram-se os menores valores de temperatura média mínima, grandes volumes de precipitação e elevados níveis de umidade relativa do ar.

- Arcoverde (Zona 07)

Arcoverde é uma cidade do Semiárido nordestino localizada na mesorregião Sertão Pernambucano, com altitude de 633m (sede), e possui clima semiúmido com 4 a 5 meses secos (IBGE, 2011).

Gráfico 11 - Resumo dos dados climáticos para Arcoverde. **a.** dados referentes a temperatura e umidade relativa do ar; **b.** dados combinando umidade e as médias de precipitação



FONTE: CPTEC/INPE (2011).

A cidade apresenta um moderado acúmulo anual de precipitação (cerca de 780 mm). Enquanto em abril ocorre o maior índice de pluviosidade (cerca de 140 mm), em outubro ocorre o menor (14 mm) (INMET, 2007). Percebe-se, porém, que na série histórica trabalhada (1999 a 2011), estes valores são diferenciados, sendo novembro, por exemplo, o mês que apresenta menor acúmulo de chuvas (19 mm).

Em relação à umidade relativa do ar, esta acompanha os moderados índices pluviométricos, e varia, durante o ano, de 55 a 85%. Já a temperatura média está entre 21,8°C a 26,8°C. O mês de dezembro possui a maior média de temperatura máxima (33,4°C), enquanto o mês de julho, a menor média mínima (15,8°C).

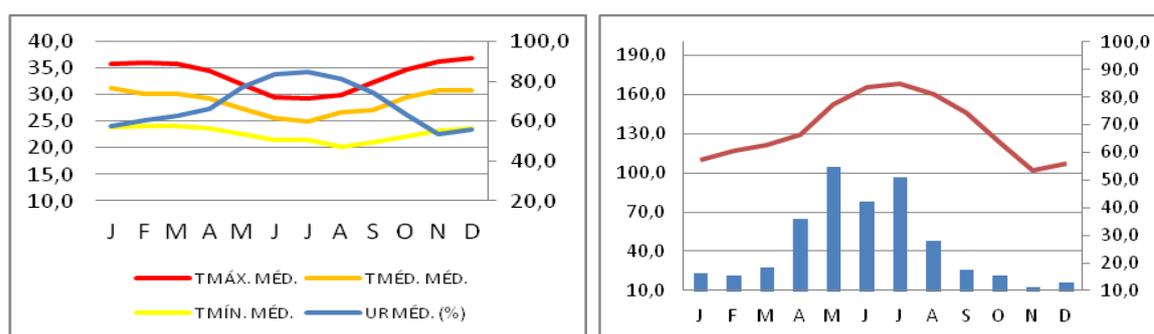
No geral, enquanto os meses de abril a setembro apresentam as menores temperaturas, o maior volume de precipitação e os maiores valores de umidade média durante o ano, no período entre os meses de outubro a março, observa-se situação inversa.

- Pão de Açúcar (Zona 08)

Pão de Açúcar é uma cidade do Semiárido Nordestino localizada na mesorregião Sertão Alagoano e possui altitude de 19m (sede). Segundo o IBGE, apresenta clima semiárido com 6 a 8 meses secos.

Os índices pluviométricos em Pão de Açúcar apresentam-se baixos e variam de 13 a 100 mm ao ano (novembro e maio, respectivamente). A umidade relativa do ar varia entre 53% a 85% durante o ano (PASSOS, 2009).

Gráfico 12 - Resumo dos dados climáticos para Pão de Açúcar. **a.** dados referentes a temperatura e umidade relativa do ar; **b.** dados combinando umidade e as médias de precipitação.



FONTE: PASSOS (2009).

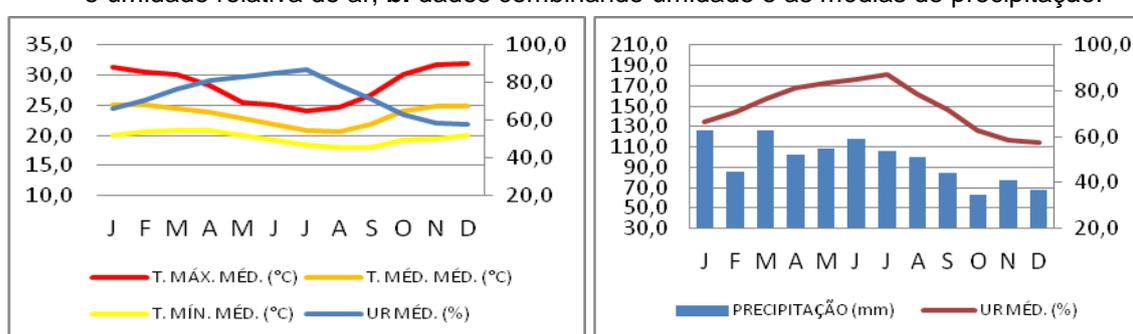
De acordo com a análise estática realizada por Passos (2009), a cidade apresenta índices elevados de temperatura média mensal, variando entre 23,6 °C e 32,6°C. Os valores mais baixos de temperatura média foram encontrados nos meses de junho e julho, e os mais altos nos meses entre novembro e março. A máxima temperatura média do período analisado (1997 a 2006) ocorreu no mês de

novembro de 1998 (33°C) e a mínima temperatura média mensal em julho de 2006 (23°C).

- Síntese da caracterização climática

Como observado no início do capítulo, a caracterização climática de Mata Grande possui especificidades que podem ser comparadas com informações semelhantes obtidas das cidades representativas estudadas:

Gráfico 13 - Resumo dos dados climáticos para MATA GRANDE. **a.** dados referentes a temperatura e umidade relativa do ar; **b.** dados combinando umidade e as médias de precipitação.



FONTE: CPTEC/INPE (2011).

Para tal estudo comparativo, foi confeccionada a tabela abaixo, com intuito de facilitar a visualização dos resultados levantados:

Tabela 13 - Síntese das variáveis analisadas para cidades (CPTEC, 2011; PASSOS, 2009).

VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	CIDADES / ZONAS BIOCLIMÁTICAS			MATA GRANDE
	ÁGUA BRANCA (05)	ARCOVERDE (07)	PÃO DE AÇÚCAR (08)	
Temp. média anual (°C)	20,4 a 24,8	21,8 a 26,8	23,6 a 32,6	19,9 a 26,3
T. méd. máx. mais alta (°C)	35	33,4	33	29
T. méd. mín. mais baixa (°C)	18,3	15,8	23	19,8
Amplitude tér. sazonal (°C)	5,1	5,0	8,1	5,1
Umidade Relativa méd. (%)	72 a 92	55 a 85	53 a 85	57 a 87
Precipitação anual (mm)	1005,5	779,6	540,6	1050
Meses úmidos	Abril a Setembro	Abril a Setembro	Abril a Setembro	Abril a Setembro
Meses secos	Outubro a Março	Outubro a Março	Outubro a Março	Outubro a Março

Em uma visão geral, percebe-se que Mata Grande não apresenta semelhanças climáticas com somente uma das três cidades apresentadas para fins

de comparação, ou seja, dependendo da variável meteorológica considerada, a cidade objeto de estudo possui relações distintas com todas as cidades, aqui denominadas representativas.

Em se tratando de **temperatura média**, Mata Grande possui característica singular, pois apresenta o menor valor máximo e o segundo maior valor mínimo. Entretanto, possui amplitude térmica sazonal igual a de Água Branca e muito próxima de Arcoverde, exceção feita a Pão de Açúcar, que tem maior valor de amplitude sazonal.

Quanto à **umidade relativa do ar**, nota-se similaridade de valores com as cidades de Arcoverde e Pão de Açúcar, enquanto Água Branca distancia-se do quadro pelo elevado índice de umidade. Apesar disso, Mata Grande exibe uma **concentração anual de precipitação** muito próxima a Água Branca (acima de 1000 mm), considerada bastante generosa, se comparada às duas outras cidades representativas.

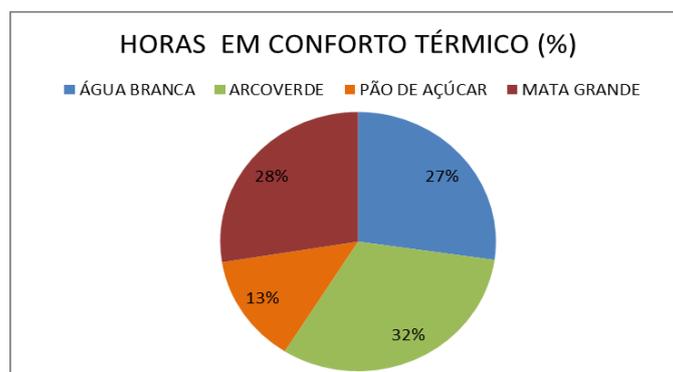
Por fim, os períodos denominados *seco* e *úmido* são iguais em todas as cidades estudadas, o primeiro ocorrido nos meses de abril a setembro e o segundo, nos meses de outubro a março.

6.3.2. Análise comparativa das indicações de estratégias bioclimáticas

Assim como em Mata Grande, dados climáticos do ano climático de referência das cidades representativas foram inseridos na Carta Bioclimática de Givoni (1992) pelo Analysis Bio (LabEEE, 2007), para análises comparativas das estratégias levantadas indicadas por porcentagem do total de horas inseridas no programa:

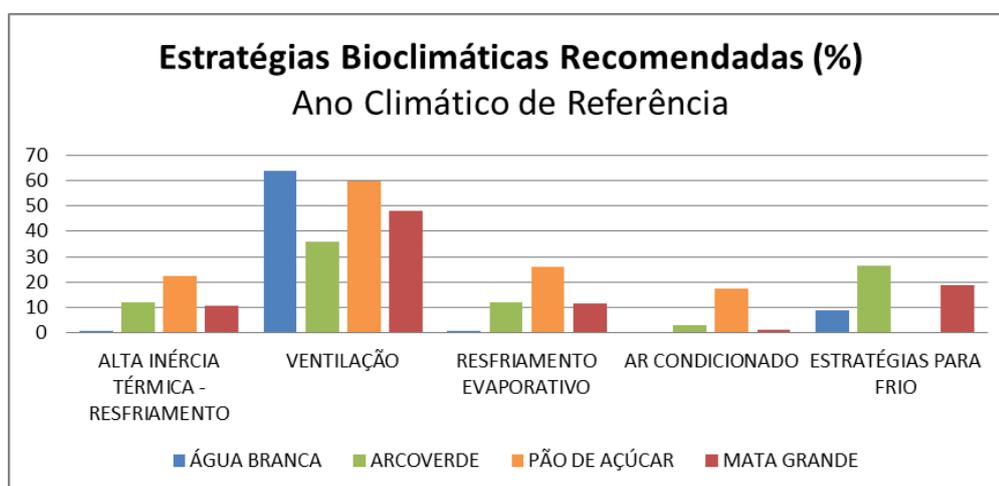
Todas as cidades analisadas apresentam conforto térmico em pelo menos mais de 10% das horas do ano climático de referência. Mata Grande exibe porcentagem de horas em conforto térmico de aproximadamente 28%, enquanto Arcoverde possui a maior porcentagem (32%) e Pão de Açúcar, a menor (13%) (ver gráfico 14).

Gráfico 14 - Comparação das horas em conforto térmico para os anos típicos das cidades de Mata Grande, Agua Branca, Arcoverde e Pão de Açúcar.



As estratégias bioclimáticas encontradas são recomendadas, em todos os casos, sobretudo face ao desconforto térmico provocado pelo calor, ou seja, intervalos com temperaturas elevadas e baixa umidade relativa, nos quais é indicada principalmente, a **promoção da ventilação e do resfriamento evaporativo**, além do **uso de condicionadores de ar**, especialmente em Arcoverde e Pão de Açúcar.

Gráfico 15 - Comparação das estratégias bioclimáticas recomendadas para os anos típicos das cidades de Mata Grande, Agua Branca, Arcoverde e Pão de Açúcar.



Há desconforto provocado frio principalmente em Mata Grande e em Arcoverde (19% e 26% das horas, respectivamente), sendo esse praticamente inexistente em Pão de Açúcar. Neste caso, o relatório obtido por intermédio do referido programa indica o uso da **alta inércia térmica para aquecimento** em Mata Grande, Arcoverde e Água Branca, devido às baixas temperaturas durante a madrugada.

Em geral, nota-se proximidade entre as estratégias bioclimáticas indicadas para Mata Grande e Arcoverde. Entretanto, todas as estratégias para Mata Grande apresentam porcentagem de exigência maior que em Arcoverde. Somente em se tratando de estratégia de ventilação, observa-se que a porcentagem de horas recomendadas é maior em Água Branca, Pão de Açúcar e Mata Grande, respectivamente.

6.3.3. Análise bioclimática por sazonalidade

Nesta etapa buscou-se estabelecer estratégias para os diferentes períodos climáticos de todas as cidades estudadas: *meses secos e meses úmidos*. Para tal, foram utilizadas as séries históricas de dados climáticos plotados em cartas bioclimáticas, como citado anteriormente. Foram confeccionados gráficos dos resultados obtidos para melhor visualização e análise desses. As estratégias bioclimáticas aqui levantadas, assim como para Mata Grande, foram analisadas segundo os parâmetros sugeridos por Givoni (1992) (ver quadro 09).

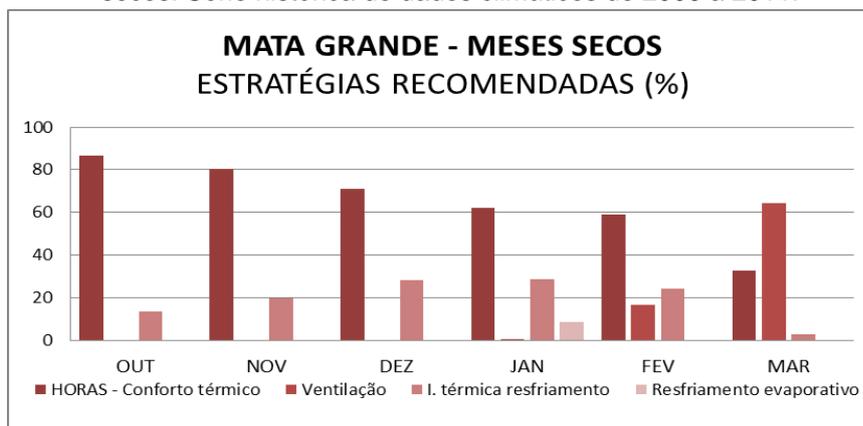
Além disso, devido à grande amplitude térmica diária dessas cidades, também foram inseridos na referida carta os **dias típicos de projeto de verão e inverno**, a fim de levantar estratégias mais específicas por período analisado, voltadas também para o uso de ambientes internos nos diferentes períodos do dia (manhã, tarde, noite e madrugada).

6.3.3.1. Análise bioclimática por estação

- Meses Secos

Durante o período que compreende os meses de outubro a março, a cidade de **Mata Grande** apresenta grande porcentagem de horas em conforto térmico (acima de 60% em quase todos os meses citados). Para as horas desconfortáveis por calor indicam-se estratégias para solucionar o estresse térmico, como a **inércia térmica para resfriamento** em todo o referido período, **resfriamento evaporativo** para janeiro e **ventilação seletiva** para o mês fevereiro e, sobretudo março.

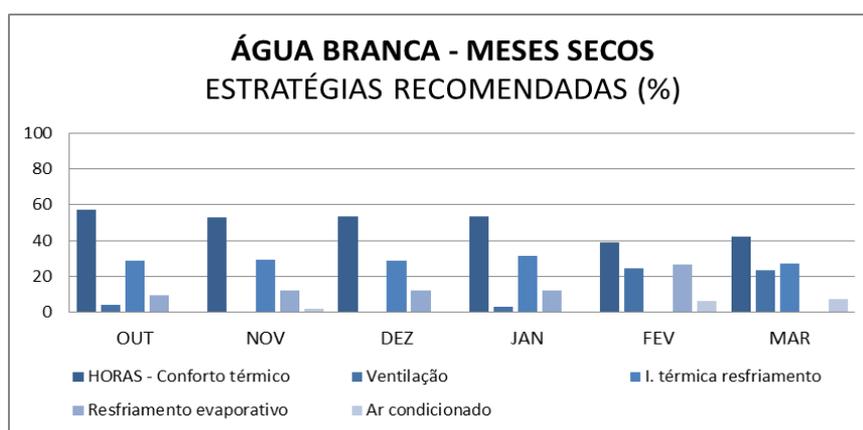
Gráfico 16 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Mata Grande nos meses secos. Série histórica de dados climáticos de 2006 a 2011.



FONTE: Adaptado de CPTEC – INPE, 2011, e programa Analysis Bio (LABEEE, 2007).

A cidade de **Água Branca**, assim como Mata Grande, apresenta grande porcentagem de horas em conforto térmico (acima de 40% em todos os meses citados). Para as horas desconfortáveis por calor indicam-se, **ventilação natural** e **inércia térmica para resfriamento** em todos os meses, **resfriamento evaporativo** (menos para março), e **o uso de ar condicionado** para novembro, fevereiro e março.

Gráfico 17 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Água Branca nos meses secos. Série histórica de dados climáticos 1999 a 2010.



FONTE: Adaptado de INMET, 2011 e programa Analysis Bio (LABEEE, 2007).

Já **Arcoverde** mostra considerável percentual de horas confortáveis, especialmente no período de dezembro a fevereiro (acima de 60%). Como observado no gráfico 17, a **inércia térmica para resfriamento** é a estratégia de maior recomendação para o período seco, seguida de **resfriamento evaporativo** e **uso de ar condicionado**, respectivamente. Os meses de outubro e novembro

apresentam ainda, sensação de desconforto térmico por frio, sendo indicada a **inércia térmica para aquecimento**.

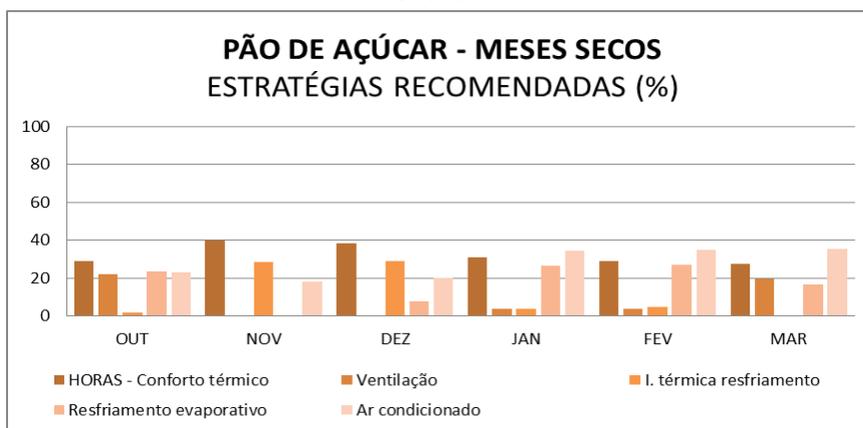
Gráfico 18 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Arcoverde nos meses secos. Série histórica de 1999 a 2011.



FONTE: Adaptado de CPTEC – INPE, 2011, e programa Analysis Bio (LABEEE, 2007).

A cidade de **Pão de Açúcar** apresenta o menor percentual de horas em conforto térmico (menos que 40% durante todo o período), sendo o restante desconfortável principalmente por calor. Estratégias bioclimáticas como o **uso de condicionadores de ar**, além de **resfriamento evaporativo** são indispensáveis em todo o período estudado, sendo os meses de novembro e dezembro propícios à promoção da **ventilação seletiva**.

Gráfico 19 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Pão de Açúcar nos meses secos.

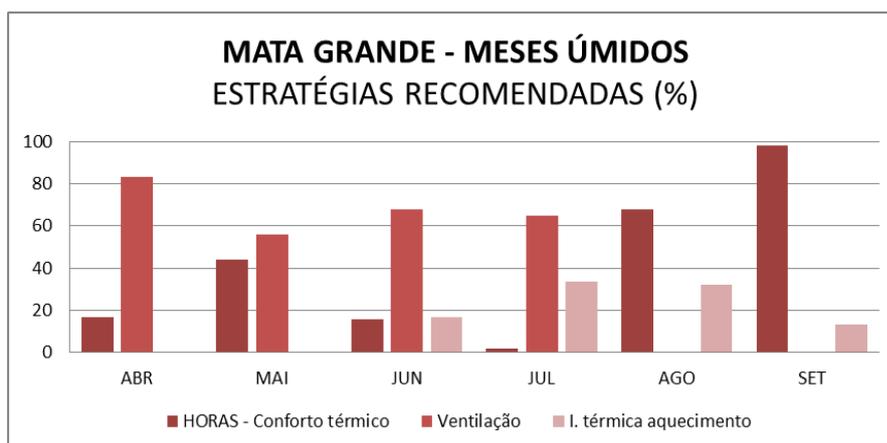


FONTE: Adaptado de PASSOS, 2009.

- Meses Úmidos

Quanto ao período que compreende os meses de abril a setembro, a cidade de **Mata Grande**, apresenta grande porcentagem de horas em conforto térmico somente nos meses de agosto e setembro (maior que 60%), enquanto em abril, junho e julho, apresentam uma redução (menor que 20% das horas simuladas). Durante o intervalo de abril a julho, recomenda-se, sobretudo, a **ventilação** como estratégia para diminuir o desconforto ocasionado pela umidade relativa elevada. Já o intervalo que compreende os meses de junho a setembro, também requer estratégia para diminuir o desconforto pelo frio, neste caso, a **inércia térmica para aquecimento**.

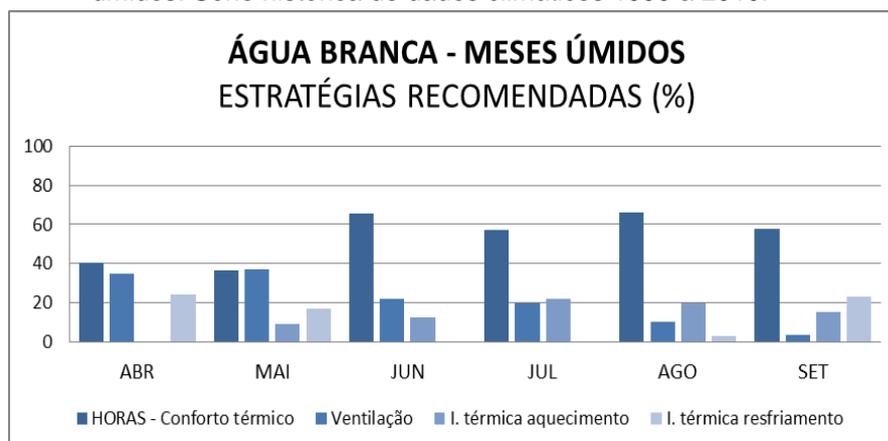
Gráfico 20 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Mata Grande nos meses úmidos. Série histórica de dados climáticos de 2006 a 2011.



FONTE: Adaptado de CPTEC – INPE, 2011, e programa Analysis Bio (LABEEE, 2007).

Água Branca apresenta grande porcentagem de horas em conforto térmico em quase todo o período analisado, sendo o intervalo de julho a setembro, o mais confortável (aproximadamente 60% das horas simuladas). A **ventilação** é indicada principalmente para os meses de abril e maio (maior que 30%), devido à umidade relativa elevada, além da **inércia térmica e do resfriamento evaporativo**, nos horários desconfortáveis por calor, sendo a **inércia térmica por aquecimento**, estratégia indicada para o frio, especialmente em abril, maio e setembro.

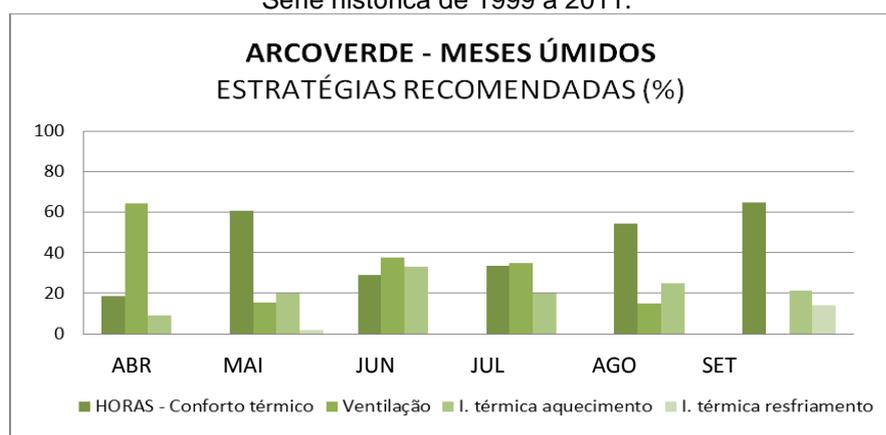
Gráfico 21 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Água Branca nos meses úmidos. Série histórica de dados climáticos 1999 a 2010.



FONTE: Adaptado de INMET, 2011 e programa Analysis Bio (LABEEE, 2007).

Já **Arcorverde**, assim como Mata Grande, apresenta maior porcentagem de horas em conforto térmico somente entre os meses de agosto e setembro (maior que 60%), enquanto em abril e julho, apresenta o menor (menor que 20% das horas simuladas). Durante o intervalo de abril a julho, recomenda-se, sobretudo, a promoção da **ventilação seletiva**. Já o intervalo de junho a setembro, requer a **inércia térmica para aquecimento** como estratégia para a diminuição da sensação de frio.

Gráfico 22 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Arcorverde nos meses úmidos. Série histórica de 1999 a 2011.

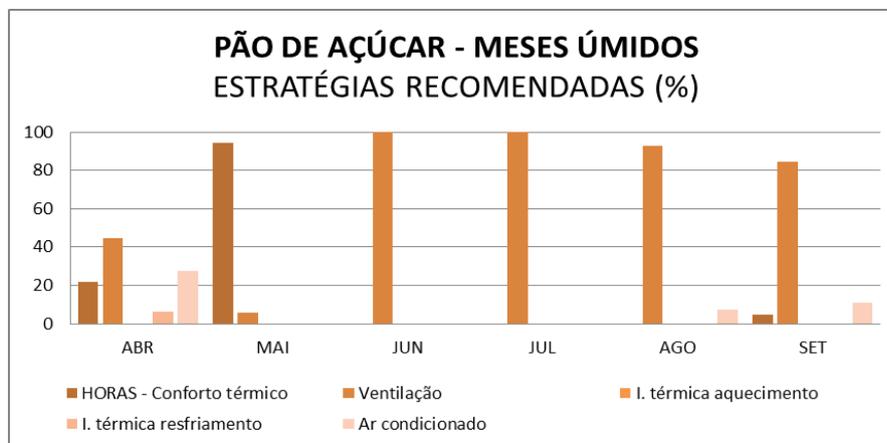


FONTE: Adaptado de CPTEC – INPE, 2011, e programa Analysis Bio (LABEEE, 2007).

Assim como nos meses secos, **Pão de Açúcar** apresenta o menor percentual de horas em conforto térmico, este significativo apenas no mês de maio (maior que 80%). Como visto nas outras cidades, a **ventilação natural** é a estratégia bioclimática de maior recomendação, sendo ressaltada neste caso, sobretudo em junho e julho, pois é totalmente

indicada (100% dos dados simulados). Já o **uso do ar condicionado** também é recomendado para os meses de abril, agosto e setembro.

Gráfico 23 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Pão de Açúcar nos meses úmidos.



Adaptado de PASSOS, 2009.

- Síntese das análises bioclimáticas por estação

Durante os **meses secos** (outubro a março), praticamente todas as cidades estudadas (menos Água Branca) mostraram maior número de horas em conforto térmico. Arcoverde é a cidade com maior índice de conforto térmico e consequentemente, apresenta a menor necessidade de estratégias bioclimáticas, enquanto Pão de Açúcar necessita do maior número de estratégias entre as cidades, devido ao seu pequeno percentual de horas em conforto térmico.

Para os **meses secos**, marcados principalmente pelo estresse térmico por sensação de calor, são sugeridas estratégias bioclimáticas como a **inércia térmica para resfriamento e a ventilação**, indispensáveis para Mata Grande, Água Branca e Arcoverde, sendo, contudo, o **resfriamento evaporativo** e o **uso de ar condicionado**, estratégias de maior relevância em Pão de Açúcar.

Já durante os **meses chuvosos** (abril a setembro), ressalta-se a promoção da **ventilação**, de suma importância para todas as cidades analisadas, principalmente em Pão de Açúcar. É importante destacar também que, durante o período úmido, as cidades de Mata e Arcoverde apresentaram comportamento parecido quanto à indicação das estratégias bioclimáticas, ou seja, **ventilação**, devido à umidade do ar elevada, para os meses de abril a julho, e **inércia térmica**

para aquecimento para o intervalo de junho a setembro, devido às baixas temperaturas externas, exceto sobre a inércia térmica para resfriamento indica para Arcoverde no mês de setembro.

A cidade de **Pão de Açúcar**, durante todo o ano, exibiu comportamento distinto das demais cidades analisadas, já que apresentou extrema necessidade de **ventilação**, sobretudo em junho e julho, além de recomendações como o **uso do ar condicionado** e **massa térmica para resfriamento** (abril, agosto e setembro).

6.3.3.2. Análise bioclimática por Dia Típico de Projeto

- Dia típico de verão

Como visto no item 4.2.2., a cidade de Mata Grande possui dia típico de verão confortável em 76% das horas inseridas. Já no período desconfortável, devido principalmente à amplitude térmica diária elevada, a cidade apresenta intervalos bem definidos: durante grande parte do dia requer estratégias para amenizar a sensação de calor, e durante a madrugada, estratégias para amenizar a sensação de frio.

A cidade de **Água Branca**, assim como Mata Grande, apresenta **dia típico de verão** confortável em maior parte das horas inseridas (64%) (ver figura 54). O desconforto térmico é causado principalmente por calor, para o qual se recomenda o uso da **ventilação natural para resfriamento**, durante a tarde (13h00min as 17h00min), quando a temperatura do ar excede 29°C e não ultrapassa 32°C.

Figura 55 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência de 1% para a cidade de Água Branca.

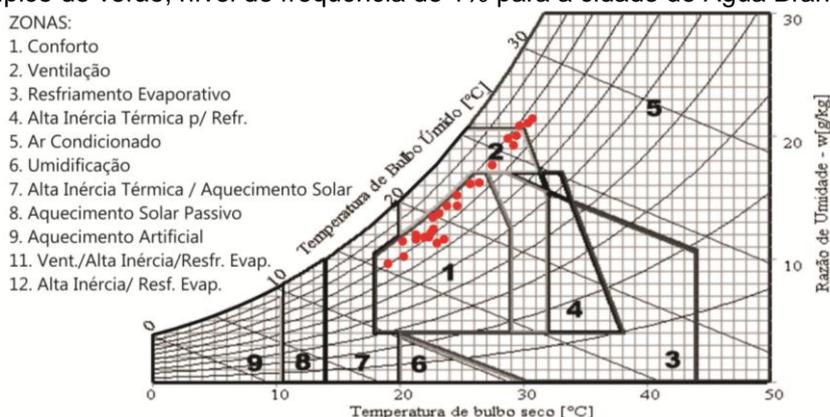


Tabela 14 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico de verão de Água Branca.

Dia típico de verão de Água Branca (nível 1%)		
Conforto		64%
Desconforto	Calor	Ventilação: 32%
	Frio	Alta Inércia tér. Aquec.: 4%

Já **Arcoverde**, apresenta em seu **dia típico de verão**, maior período de **desconforto térmico** (56% das horas inseridas), sobretudo pela sensação de calor, para qual se recomenda, especialmente, o **uso de condicionadores de ar** (no intervalo de 12h00min as 18h00min, no qual a temperatura do ar excede 32°C) e **ventilação natural** (devido à umidade relativa superior a 80%).

Figura 56 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência e 1% para a cidade de Arcoverde.

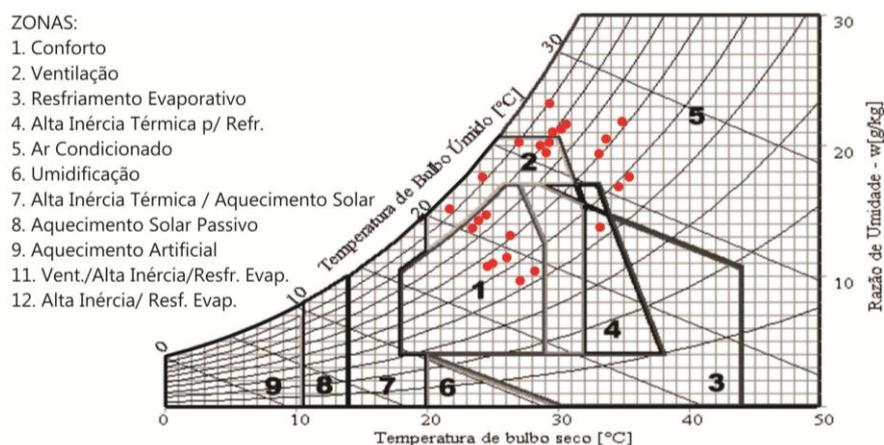


Tabela 15 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico verão de Arcoverde.

Dia típico de verão de Arcoverde (nível 1%)		
Conforto		44%
Desconforto	Calor	Ar condicionado: 32%
		Ventilação: 16%
		Alta Inércia p/ Resfriamento: 4%
		Resfriamento Evaporativo: 4%
Frio		Alta inércia ter. aquec.: 4%

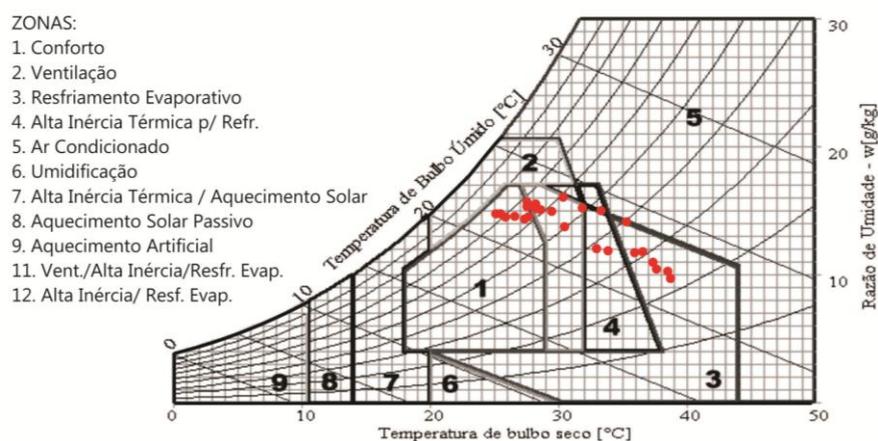
Pão de Açúcar apresenta o maior período de desconforto térmico no **dia típico de verão** entre as cidades analisadas (76%), sendo o **resfriamento evaporativo**, a estratégia mais recomendada. Isso se deve aos baixos índices de

pluviosidade e umidade relativa da cidade, os menores de todos estudados, favorecendo um clima mais seco.

Tabela 16 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico de verão de Pão de Açúcar.

Dia típico de verão de Pão de Açúcar (nível 1%)		
Conforto		24%
Desconforto	Calor	Resfriamento Evaporativo: 32%
		Alta Inércia p/ Resfriamento: 20%
		Ventilação: 4%
	Ar condicionado: 4%	
Frio	Alta Inércia ter. aquec.: 4%	

Figura 57 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, nível de frequência e 1% para a cidade de Pão de Açúcar.



• Dia típico de inverno

Como demonstrado, em **Mata Grande** o dia típico de inverno é desconfortável somente por frio em praticamente metade das horas inseridas (52%), e para estas foram indicadas estratégias de aquecimento interno, como a **alta inércia para aquecimento e o aquecimento artificial**.

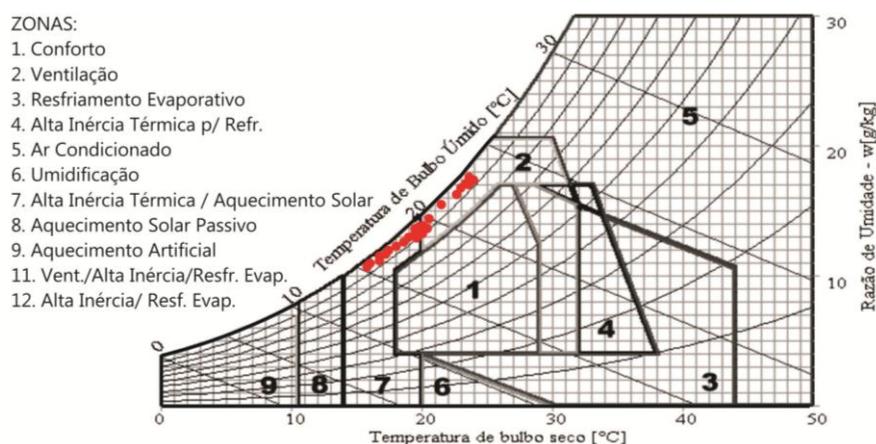
Água Branca é a única cidade estudada em que o dia típico de inverno é totalmente desconfortável, sobretudo quanto à sensação de frio (64%), a qual deve ser amenizada pela **alta inércia térmica e aquecimento solar**, momento em que a temperatura do ar é inferior a 20°C, neste caso, madrugada e manhã (00h00min a 10h00min). Já quanto ao desconforto térmico por calor, 36% restante das horas

analisadas, devido principalmente aos elevados valores de umidade relativa, recomenda-se a **ventilação** como estratégia bioclimática.

Tabela 17 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para o dia típico de inverno de Água Branca.

Dia típico de inverno de Água Branca (nível 1%)		
Conforto		0%
Desconforto	Calor	Ventilação: 36%
	Frio	Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar: 64%

Figura 58 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Água Branca.

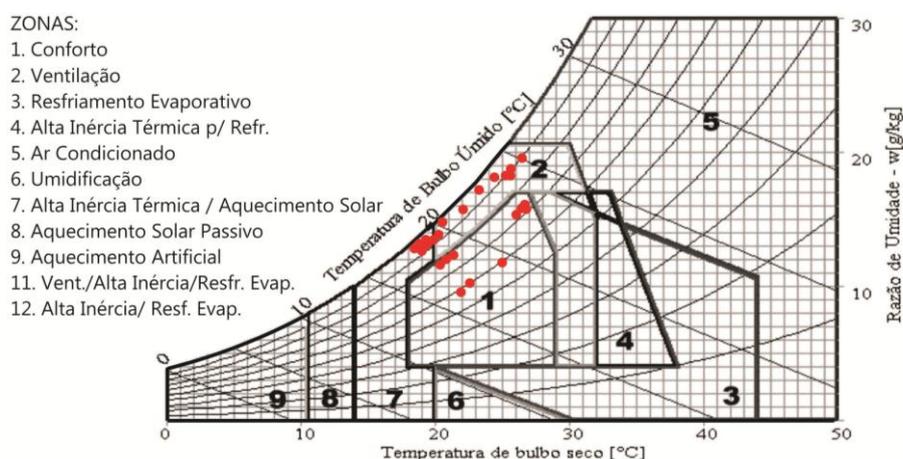


Em Arcoverde, o **dia típico de inverno** é confortável em somente aproximadamente 8 horas do dia, enquanto as 16 horas restantes são desconfortáveis por calor (24%) e por frio (40%). Durante a manhã e a tarde, indica-se a promoção da **ventilação natural**, já que a umidade relativa é elevada (superior a 80%); e para o período frio, madrugada, início da manhã e fim da noite, recomenda-se aquecimento interno por meio da **inércia térmica** e **aquecimento solar**, pois o intervalo que compreende os horários de 00h00min a 09h00min e 20h00min e 23h00min mostram temperaturas inferiores a 20°C.

Tabela 18 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas o dia típico de inverno de Arcoverde.

Dia típico de inverno de Arcoverde (nível 1%)		
Conforto		36%
Desconforto	Calor	Ventilação: 24%
	Frio	Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar: 40%

Figura 59 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Arcoverde.

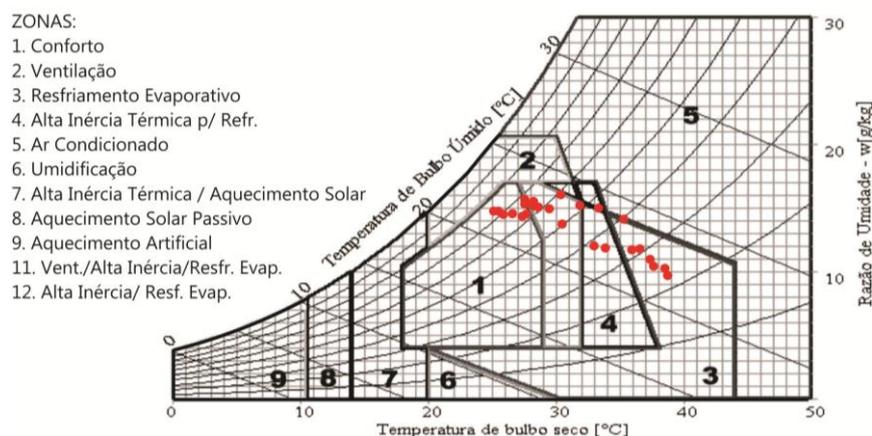


Para o dia típico de inverno, na cidade de Pão de Açúcar, 36% das horas foram consideradas confortáveis, 12% desconfortáveis por calor, para as quais se recomenda o **uso da ventilação** e 52% desconfortáveis por frio, para as quais se recomenda o uso de **massa térmica com aquecimento solar e aquecimento artificial**.

Tabela 19 - Resumo das estratégias bioclimáticas indicadas o dia típico de verão de Pão de Açúcar.

Dia típico de inverno de Pão de Açúcar (nível 1%)		
Conforto		36%
Desconforto	Calor	Ventilação: 12%
	Frio	Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar: 36%
		Aquecimento Artificial: 6%

Figura 60 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, nível de frequência de 1% para a cidade de Pão de Açúcar.



• Síntese das análises bioclimáticas por Dia Típico de Projeto

Para o **dia típico de verão**, a cidade de Mata Grande possui a maior porcentagem de horas confortáveis, Pão de Açúcar, o menor, enquanto Águas Brancas e Arcoverde, mostraram similaridades. Em todas as cidades estudadas há, no dia típico de verão, desconforto causando por calor e por frio, devido à amplitude térmica diária (tarde com temperaturas externas altas e madrugada com temperaturas baixas).

Durante o **dia típico de verão**, no intervalo da manhã, tarde e parte da noite, **Mata Grande** necessita de **alta inércia térmica para resfriamento**, **Águas Brancas** da promoção da **ventilação natural**, **Arcoverde** do uso do **ar condicionado**, e **Pão de Açúcar**, **resfriamento evaporativo**. Já para o intervalo da madrugada, há semelhança entre as cidades na estratégia bioclimática indicada (massa térmica e aquecimento artificial).

Quanto ao **dia típico de inverno**, a cidade de Mata Grande possui especificidades relevantes: maior número de horas confortáveis, e desconforto causando somente por frio (48% das horas analisadas, para as quais se recomenda **alta inércia térmica para aquecimento térmico**). Isso se deve à combinação de acúmulo de chuvas e, principalmente, aos valores mais baixos de temperaturas médias do ano.

Dentre as cidades tomadas como modelo, nenhuma se assemelha à Mata Grande, pois todas apresentaram, durante o **dia típico de inverno**, desconforto por

calor, sobretudo Água Branca (36%), cidade com nenhuma porcentagem de horas de conforto térmico durante o dia típico analisado. Ressaltam-se também as similaridades encontradas entre **Arcoverde** e **Pão de Açúcar**, como o mesmo intervalo de conforto térmico, além das mesmas recomendações de projeto para os diferentes períodos do dia (dia quente e madrugada fria).

6.3.4. Análise comparativa das estratégias bioclimáticas entre as Zonas e Mata Grande

Foi realizada uma análise comparativa entre as estratégias bioclimáticas levantadas por meio das séries históricas trabalhadas e o conjunto de recomendações indicado pela referida norma para cada zona. Essas informações foram confrontadas com as obtidas da cidade de Mata Grande, durante toda a investigação do trabalho.

- Água Branca (AL) – Zona Bioclimática 05

Como visto no capítulo 02, para a **Zona Bioclimática 05**, a norma 15.220-3 (ABNT, 2005) classifica localidades com períodos climáticos distintos, ou seja, *verão quente e úmido, e inverno frio*. Estratégias de condicionamento térmico passivo são indicadas para solucionar o estresse térmico causado tanto por calor, como por frio. Para Água Branca, a referida norma aponta, de maneira simplória, as estratégias **CFI**:

Tabela 20 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Água Branca.

Estratégias Recomendadas – NBR 15.220 – 3 – ZONA BIOCLIMÁTICA 05	
VERÃO (J + I)	1. Ventilação cruzada
INVERNO (C)	2. Vedações internas pesadas (massa térmica)

No entanto, como analisado em item anterior, por meio da série histórica de dados climáticos da cidade, foi possível identificar recomendações mais detalhadas e condizentes com a realidade climática local. A partir da série supracitada, baseando-se em uma síntese das informações trabalhadas acima,

pode-se afirmar que para Água Branca foram encontradas as seguintes recomendações bioclimáticas:

Tabela 21 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Água Branca

Estratégias Recomendadas – Série histórica (1999 a 2009)	
VERÃO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ventilação (principalmente em fevereiro e março); 2. Inércia térmica para resfriamento; 3. Resfriamento evaporativo.
INVERNO	<ol style="list-style-type: none"> 4. Ventilação (principalmente de abril a julho); 5. Inércia térmica para resfriamento e para aquecimento (vedações internas pesadas).

Nota-se que durante o verão (período seco), a **ventilação**, apesar de grande percentual de recomendação, inclusive indicação exclusiva da referida norma, não é estratégia suficiente para o período, sendo necessária a promoção da **inércia térmica para resfriamento**, além do **resfriamento evaporativo**.

Já para o inverno (período úmido), a **massa térmica** é de suma importância, não só para o aquecimento, como apontado pela norma, mas também para o resfriamento, além da **ventilação natural**, necessária devido à umidade relativa bastante elevada da cidade.

- **Arcoverde (PE) – Zona Bioclimática 07**

Já em relação à **Zona Bioclimática 07**, a norma 15.220-3 (ABNT, 2005) classifica cidades típicas de clima quente e seco, na qual todas as estratégias de condicionamento térmico recomendadas consideram somente o desconforto térmico ocasionado por calor. No caso de Arcoverde, a referida norma indica as seguintes estratégias bioclimáticas:

Tabela 22 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Arcoverde.

Estratégias Recomendadas – NBR 15.220 – 3 – ZONA BIOCLIMÁTICA 07	
VERÃO (H + J)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento 2. Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
INVERNO	<ul style="list-style-type: none"> • Não há recomendações

Assim como em Água Branca, de acordo com a análise da série histórica dos dados climáticos locais, Arcoverde possui especificidades para as quais é possível identificar recomendações mais detalhadas e condizentes com a sua realidade climática local:

Tabela 23 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Arcoverde

Estratégias Recomendadas – Série histórica (1999 a 2011)	
VERÃO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inércia térmica para resfriamento 2. Resfriamento evaporativo 3. Ventilação seletiva (principalmente em outubro, novembro e março). 4. Ar condicionado (em novembro, período em que as temperaturas são muito elevadas).
INVERNO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ventilação (principalmente de abril a julho) 2. Inércia térmica para aquecimento

Durante o verão, além das estratégias já apontadas pela supracitada norma, também se torna necessário o **uso do ar condicionado**, em pelo menos 13% das horas anuais, devido às temperaturas mais elevadas da cidade.

Quanto ao inverno, recomenda-se a promoção da **ventilação natural**, devido à elevada umidade do ar (superior a 80%), sobretudo nos meses citados, além da utilização da **massa térmica para o aquecimento** das edificações, devido às baixas temperaturas, sobretudo na madrugada, além da massa térmica para o resfriamento no mês de setembro.

- Pão de Açúcar (AL) – Zona Bioclimática 08

Para a **Zona Bioclimática 08**, a norma 15.220-3 (ABNT, 2005) engloba cidades com clima quente e úmido, nas quais é de suma importância a promoção da ventilação cruzada, durante todo o ano, devido à combinação das altas temperaturas e umidade relativa muito elevada. Entretendo, como visto, Pão de Açúcar, objeto de estudo dos trabalhos de Passos (2009) e Martins et al (2011), possui características distintas além das identificadas em localidades quentes e úmidas e por esse motivo não deveria ser classificada simplesmente como Zona 08.

Tabela 24 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Pão de Açúcar

Estratégias Recomendadas – NBR 15.220 – 3 – ZONA BIOCLIMÁTICA 08	
VERÃO (J)	1. Ventilação cruzada permanente
INVERNO	<ul style="list-style-type: none"> • Não há recomendações

Deste modo, as recomendações bioclimáticas para Pão de Açúcar são bem mais abrangentes do que o apontado pela norma. Estratégias como o **uso do ar condicionado** e **resfriamento evaporativo** são mais relevantes que a própria ventilação cruzada, única sugestão da referida norma. Além disso, a promoção da **ventilação** é de suma importância para o período chuvoso da cidade.

Tabela 25 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Pão de Açúcar:

Estratégias Recomendadas – Série histórica (1997 a 2008)	
VERÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Ar condicionado • Resfriamento evaporativo • Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
INVERNO	1. Ventilação (junho a agosto).

Em geral, foram encontradas discrepâncias entre o indicado pela referida norma e o levantado pelos dados climáticos. Foi possível identificar por meio das estratégias bioclimáticas encontradas para todas as cidades representativas, recomendações projetuais mais detalhadas e condizentes com a realidade climática local, sobretudo para o inverno.

6.4. Síntese dos Resultados

Sabe-se que a principal hipótese de toda pesquisa foi a possível classificação de Mata Grande em uma das Zonas Bioclimáticas (05,07 ou 08) do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, além da identificação da cidade que serviria como parâmetro na eleição de estratégias de condicionamento térmico passivo da região em estudo. Para promoção dessa discussão foram realizadas análises comparativas partindo da seleção de três cidades representativas, classificadas em cada zona, conforme a referida norma.

Quanto às características climáticas, Mata Grande não apresentou semelhanças com somente uma das três cidades representativas, sendo singular em relação à temperatura média (menor valor máximo e maior valor mínimo); semelhante à Arcoverde e Pão de Açúcar, quanto à umidade relativa do ar; e muito próxima a Água Branca em se tratando de grandes volumes de precipitação. Nesta região, pode-se afirmar que apesar das pequenas especificidades de cada cidade estudada, todas apresentaram similaridades em relação aos períodos sazonais: mesmos meses secos e meses chuvosos.

Quando consideradas as estratégias de projeto obtidas por meio dos Anos Climáticos de Referência de todas as cidades estudadas, notaram-se proximidades entre as estratégias bioclimáticas indicadas para Mata Grande e Arcoverde. Entretanto, houve em Mata Grande porcentagem de horas em desconforto térmico maior em que Arcoverde, e para tal situação, recomendou-se principalmente a promoção da ventilação, devido à umidade relativa da cidade.

Durante os meses secos praticamente todas as cidades estudadas apresentaram grande porcentagem de horas em conforto térmico, sendo Arcoverde a cidade com a maior porcentagem. Para o estresse térmico por calor foi sugerida a inércia térmica para resfriamento e a ventilação para Mata Grande, Água Branca e Arcoverde. Nos meses chuvosos ressaltou-se a promoção da ventilação em todas as cidades analisadas, sobretudo em Pão de Açúcar. Houve ainda semelhanças quanto às estratégias para Mata Grande e Arcoverde: ventilação, devido à umidade do ar elevada e inércia térmica para aquecimento, devido às baixas temperaturas externas.

Em todas as cidades estudadas ocorreu, devido à amplitude térmica diária, nos dias típicos de verão e de inverno, desconforto causando por calor e por frio. Nos intervalos com temperaturas superiores à 32°C, Água Branca precisou da ventilação natural, Arcoverde do uso de ar condicionado, e Pão de Açúcar, do resfriamento evaporativo, e na madrugada, houve similaridades entre as cidades (massa térmica para resfriamento). Já o dia típico de inverno, existiu desconforto por calor, sobretudo Água Branca, além de semelhanças entre Arcoverde e Pão de

Açúcar, como as mesmas recomendações de projeto para os diferentes períodos do dia (ventilação e inércia térmica para aquecimento).

Foi também realizada uma análise comparativa entre as estratégias bioclimáticas levantadas por meio das séries históricas trabalhadas das cidades representativas e o conjunto de recomendações indicado pela referida norma para cada zona (cidade). Essas informações também foram confrontadas com as obtidas de Mata Grande, durante toda a investigação do trabalho. Assim como nas cidades representativas (item 4.3.5.) foi elaborada uma tabela com a síntese das informações bioclimáticas obtidas por meio da série histórica de dados e dos dias típicos de projeto da cidade:

Tabela 26 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Mata Grande.

Estratégias Recomendadas – Série histórica (2006 a 2011)	
VERÃO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inércia térmica para resfriamento 2. Resfriamento evaporativo 3. Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
INVERNO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ventilação (principalmente de abril a julho) 2. Inércia térmica para aquecimento
Estratégias Recomendadas – Dias Típicos de Projeto	
VERÃO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ventilação 2. Alta inércia para resfriamento 3. Resfriamento evaporativo 4. Aquecimento artificial (madrugada - período do dia com as menores temperaturas)
INVERNO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inércia térmica para aquecimento 2. Aquecimento artificial

Quando comparadas as estratégias bioclimáticas resultantes dessa análise, percebem-se muitas semelhanças entre Mata Grande e Arcoverde (zona 07), durante todo o ano. Nos meses secos foram recomendadas praticamente as mesmas estratégias para diminuir o desconforto devido ao calor: massa térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo. O mesmo caso ocorreu nos meses úmidos: ventilação, para a umidade relativa elevada e inércia para aquecimento, para as baixas temperaturas externas.

É importante ressaltar também que, devido à grande amplitude térmica diária em Mata Grande (14°C), um mesmo período pode apresentar especificidades climáticas que devem ser consideradas. Como visto acima, o dia referente ao verão,

além das estratégias de resfriamento supracitadas, necessita ainda, durante a madrugada, de estratégias para aquecimento. Este fato já não é observado no dia típico de inverno, período de temperaturas mais amenas que não oscilam tão bruscamente, para qual é recomendado somente estratégias para aquecimento passivo, durante a madrugada (intervalo mais frio do dia).

Em se tratando do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, percebe-se o possível enquadramento de **Mata Grande** na **Zona Bioclimática 07**, confirmando o previsto no *item 4.2.1*. Esta afirmação é comprovada especialmente no verão (meses secos), período no qual as estratégias bioclimáticas sugeridas pela norma para a referida zona e as estratégias aqui levantadas são exatamente as mesmas: inércia térmica para o resfriamento, resfriamento evaporativo e ventilação seletiva.

Pode-se afirmar que Mata Grande, pode ser mais bem enquadrada na zona 07 que a própria cidade de Arcoverde, que requer maior número de estratégias bioclimáticas durante o verão (período seco). Entretanto, como observado acima, é possível refinar a recomendação dessas estratégias, indicações como ventilação e inércia térmica para aquecimento, principalmente para do inverno, período para qual não há indicações pela referida norma.

Diretrizes construtivas para Mata Grande (AL) – “Zona Bioclimática 07”

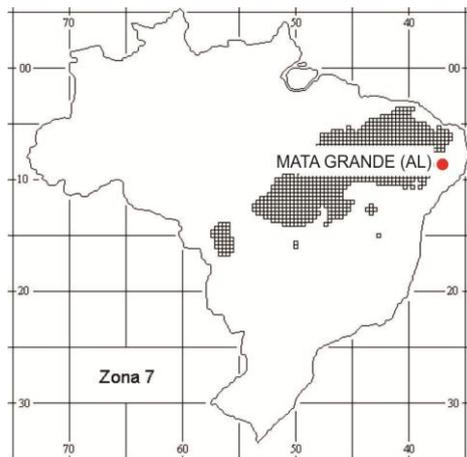


Figura 62 - Localização de Mata Grande (AL) na Zona 07.

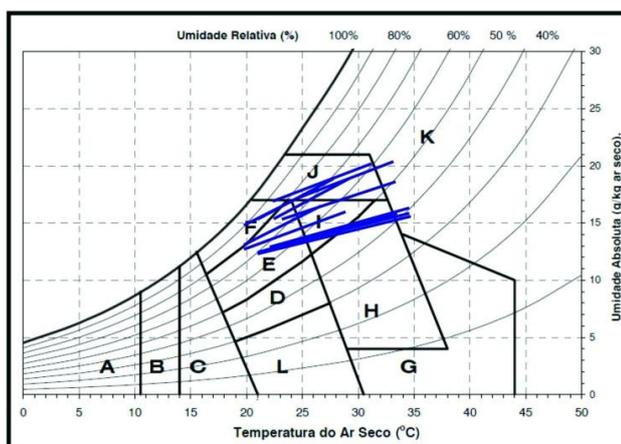


Figura 61 - Carta Bioclimática apresentando as zonas de estratégias para Mata Grande

Tabela 27 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para Mata Grande.

Abertura para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear as aberturas

Tabela 28 - Tipos de vedações externas para Mata Grande.

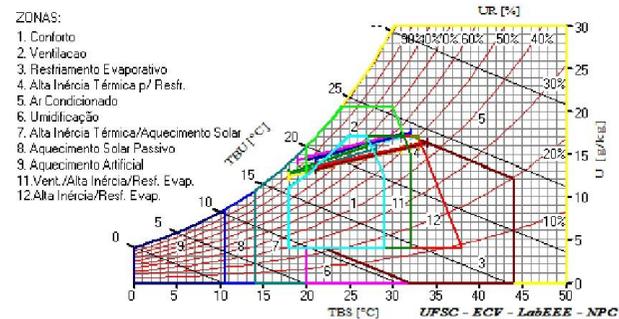
Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Pesada

Tabela 29 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para Mata Grande.

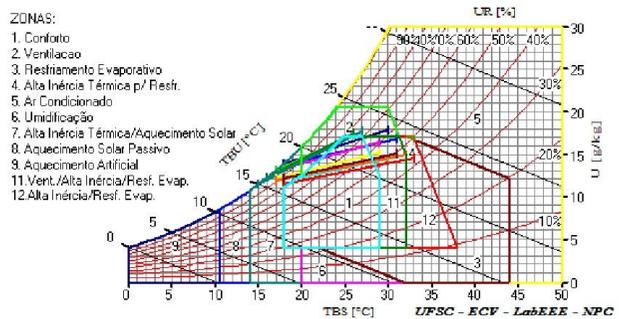
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Inércia térmica para resfriamento Resfriamento evaporativo Ventilação seletiva ¹⁴ (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	Ventilação (principalmente de abril a julho, período em que a umidade relativa do ar é superior a 80%). Inércia térmica para aquecimento

¹⁴ Para obtenção da ventilação seletiva são indicados dispositivos arquitetônicos (venezianas, elementos vazados, etc.) que controlam a ventilação durante o dia, para reduzir o ingresso de ar quente, e incrementam a ventilação noturna, aproveitando o ar mais fresco para resfriar o interior.

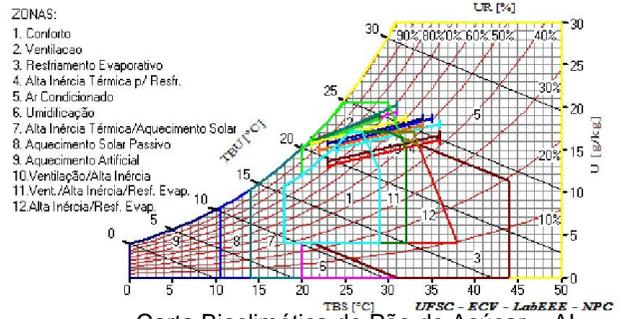
Diretrizes construtivas levantadas para as cidades representativas: Água Branca, Arcoverde e Pão de Açúcar.



Carta Bioclimática de Água Branca – AL



Carta Bioclimática de Arcoverde – PE



Carta Bioclimática de Pão de Açúcar – AL

ÁGUA BRANCA (AL)	
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Ventilação Vedações internas pesadas para resfriamento (inércia térmica) Resfriamento evaporativo
Inverno	Ventilação Vedações internas pesadas (inércia térmica)

ARCOVERDE (PE)	
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Vedações internas pesadas para resfriamento (inércia térmica) Resfriamento evaporativo Ventilação seletiva Ar condicionado
Inverno	Ventilação Vedações internas pesadas para aquecimento (inércia térmica)

PÃO DE AÇÚCAR (AL)	
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Ar condicionado Resfriamento evaporativo Ventilação seletiva
Inverno	Ventilação

7. Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar o clima de Mata Grande, cidade localizada na região semiárida alagoana, marcada pela presença dois períodos sazonais, um seco e outro úmido, nos quais ocorrem situações climáticas diversas. Há um grande acúmulo de precipitação anual, ultrapassando 1000 mm, além de temperaturas médias amenas, de 20°C a 27°C, condicionantes que tornam o clima local bem particular, apesar de uma região semiárida.

Para o levantamento de estratégias de condicionamento térmico para a cidade, foram utilizados dados climáticos de uma série histórica de seis anos. Estes dados, tratados e analisados por meio de métodos específicos, permitiram a coleta de estratégias bioclimáticas para diferentes períodos: o ano climático de referência, dias típicos de verão e inverno, além das estações seca e a úmida. Apesar da impossibilidade de obtenção de uma série histórica maior de dados, acredita-se que as Informações aqui obtidas a partir dos dados disponíveis, podem ser interpretadas e utilizadas por projetistas que buscam técnicas passivas de condicionamento para promover o conforto térmico e consequente eficiência energética das edificações.

Na identificação de recomendações projetuais para os diferentes períodos analisados, observou-se que, devido à elevada amplitude térmica diária da cidade, o dia típico requer, em diferentes horários, estratégias bioclimáticas diferenciadas. Foi percebida assim, a necessidade de estratégias distintas de condicionamento térmico: alta inércia térmica para resfriamento e ventilação seletiva durante o período seco (verão); bem como a alta inércia térmica para aquecimento e ventilação durante o período úmido (inverno).

Visando o melhor entendimento da realidade climática da região, a análise das cidades semiáridas de Água Branca - AL (zona 05), Arcoverde – PE (zona 07) e Pão de Açúcar - AL (zona 08), como parâmetro para escolha de estratégias projetuais adequadas à Mata Grande, trouxe resultados importantes para a pesquisa.

Observou-se que, em se tratando de caracterização climática, apesar das especificidades de cada cidade representativa (como diferenciados acúmulos de precipitação, por exemplo), há certa uniformidade climática na região estudada (porção semiárida formada pelas cidades representativas), na qual pode se falar em dois períodos sazonais bem delimitados, conforme ocorrido em Mata Grande. No entanto, as distinções esperadas são notadas pelas recomendações das estratégias bioclimáticas, essas levantadas por intermédio dos mesmos procedimentos utilizados para a cidade objeto de estudo.

Considerando o ano climático de referência das cidades representativas, notou-se que toda a região, apesar da porcentagem considerável de horas em conforto térmico, requer principalmente, a promoção da ventilação. Quanto aos períodos seco e úmido, cada cidade apresentou necessidades específicas. Porém, ressalta-se a similaridade entre as recomendações para Arcoverde e Mata Grande, e o distanciamento dessas com Pão de Açúcar. Em relação aos dias típicos de projeto, todas as cidades, devido à amplitude térmica diária elevada, solicitam estratégias bioclimáticas diferenciadas ao longo do dia, principalmente no verão, e por esse motivo não foram identificadas semelhanças projetuais.

Sobre a discussão acerca do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, foram apontadas observações importantes quanto às estratégias de condicionamento térmico indicadas pela NBR 15220 (ABNT, 2005) para as cidades representativas das zonas bioclimáticas. Por intermédio das recomendações encontradas no trabalho, mais adequadas à realidade climática local, destacou-se principalmente, a necessidade de estratégias projetuais para solucionar condições de estresse térmico causado por sensação de frio, válidas para toda a região semiárida estudada, confrontando, em parte, as sugestões da supracitada norma.

Diante da síntese dos resultados obtidos, foi possível responder à problemática que incentivou toda essa investigação. Como questionado inicialmente, Água Branca e Pão de Açúcar, cidades alagoanas que poderiam servir de referência bioclimática para a indicação de estratégias de condicionamento térmico passivo, devido às semelhanças entre essas e Mata Grande, se distanciam da sua realidade climática, enquanto Arcoverde, cidade semiárida de Pernambuco, apresentou

similaridades com Mata Grande, principalmente quanto às recomendações bioclimáticas obtidas com o presente estudo. O que leva ao enquadramento, em um primeiro momento, da cidade de Mata Grande na Zona Bioclimática 07.

Sabe-se que a classificação de Arcoverde no Zoneamento Bioclimático Brasileiro como cidade da zona 07, poderia ser suficiente para o conseqüente o enquadramento de Mata Grande na referida zona. No entanto, as estratégias bioclimáticas encontradas nesta pesquisa serviram como principal parâmetro de comparação com as recomendações da norma estudada, o que possibilitou a identificação de semelhanças entre essas e a supracitada zona, sobretudo no verão (período seco), além da indicação de estratégias bioclimáticas voltadas para o inverno (período úmido), não consideradas pela norma para a Zona Bioclimática 07.

Apesar da possibilidade da classificação de **Mata Grande** no Zoneamento Bioclimático Brasileiro como **zona bioclimática 07**, há particularidades projetuais que devem ser atendidas, como a indicação do tamanho das aberturas, por exemplo. Destaca-se também que toda a região semiárida estudada, apesar de certa uniformidade climática (Mata Grande e as cidades representativas), necessita de estratégias bioclimáticas individualizadas, o que contraria as generalizações impostas pela supracitada norma. Este fato confirma resultados de pesquisas anteriores, como Passos (2009) e Martins (2011) que apontam que Alagoas, mesmo sendo um estado de pequenas proporções territoriais, apresenta peculiaridades climáticas dentro de suas diversas regiões (devido a fatores locais) que devem ser consideradas pelos projetistas.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para o entendimento das características climáticas dessa porção semiárida, bem como suprir a necessidade de informações úteis, que auxiliem arquitetos e urbanistas na escolha de estratégias de condicionamento térmico compatíveis com a realidade climática local. Buscou-se também, demonstrar a importância da utilização de dados meteorológicos tratados como uma ferramenta de projeto capaz de refinar recomendações projetuais, tendo em vista, a eficiência energética e a sustentabilidade do espaço habitado, e conseqüente melhoria de vida da população.

Sugere-se, para trabalhos futuros, a busca de alternativas projetuais baseadas nas recomendações aqui apontadas, além do entendimento das particularidades climáticas da região sertaneja semiárida, por meio do tratamento e análise de registros de dados meteorológicos desse contexto ainda não tratados. Essas informações poderão servir para delimitação de um Zoneamento Climático mais realístico, contribuindo assim para definição das recomendações apontadas pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro, com vistas à melhor adequação climática de projetos arquitetônicos voltados para a região.

REFERÊNCIAS

AKUTSU, Maria; VITTORINO, Fulvio; AQUILINO, Marcelo de Mello; BRITO, Thiago Vasconcelos. **Dados climáticos da Cidade de São Paulo: Variações nos Últimos Anos.** In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro-SP, 2001.

ALVES, R. L. A. **O que é o pátio interno?** – parte 1 (1). Revista eletrônica Arquitextos – Vitruvius, 063.06 ano 06, set 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/436>>. Acesso em: mai.2011.

ASHRAE – **AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING.** ASHRAE Handbook of fundamentals. New York, 1993.

ASSIS, E. S. de. **Método Integrado de análise climática para arquitetura aplicado à cidade de Belo Horizonte – MG.** VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro-SP, 2001.

ASSIS, E. S. de. **Método Integrado de análise climática para arquitetura aplicado à cidade de Belo Horizonte – MG.** VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro-SP, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

AULICIEMS, A. **Psycho-Physiological Criteria for Global Thermal Zones of Building Design.** In: Proc. Of Inter. Biometeorology Congress in Journal of Biometeorology, supplement to vol. 26, 1982.

BARBIRATO, G. M.; TORRES, S. C.; PASSOS, I. C.; BARBOSA, R. V. R. Diretrizes Bioclimáticas para o Planejamento Urbano a partir da Aplicação de Metodologias de Análise do Clima Local. In: PLURIS 2010. **4º Congresso para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável.** Portugal, 2010.

BARBOSA, V. **Construções sustentáveis ganham mercado no Brasil**. Revista eletrônica Exame.com, Expansão verde, matéria publicada em 20/08/2010. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/noticia/construcoes-sustentaveis-ganham-mercado-brasil-589607/imprimir>>. Acesso em: mai.2011.

BATISTA, J. O. **A arquitetura e seu desempenho térmico no contexto do semi-árido alagoano: Estudos de caso em Santana do Ipanema – AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2006.

BITAN, A. **The methodology of applied climatology in planning and building**. Energy and Buildings. Volume 11, p. 1-10. Março 1988.

BITTENCOURT, L. S.; CANDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. Maceió: EDUFAL, 2006.

BRAGA, D. K; AMORIM C. N. D. Tendências Estilísticas da Arquitetura Contemporânea Brasileira e Bioclimatismo. In: **X Encontro Nacional e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Natal, 16 a 18 de setembro de 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, DNMET, 1992. 84p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por água subterrânea: Alagoas. Diagnóstico do Município de Mata Grande**. Recife: [S. ed.], 2005.

CARLO, J; LAMBERTS, R. **Processamento de Arquivos Climáticos para Simulação do Desempenho Energético de Edificações**. Florianópolis. SC: Departamento de Engenharia Civil, UFSC, 2005. Relatório.

CASTELNOU A. **Elementos da arquitetura. Apostila**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009. Disponível em:<http://eusouarquitecto.weebly.com/uploads/3/0/2/0/3020261/ta487_apostila_capa.pdf>. Acesso em jun.2011.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

COCH, Helena. **Bioclimatism in vernacular architecture**, Renewable and Sustainable Energy Reviews **2** (1-2) (1998), pp. 67–87.

COELHO, L. **Certificação Ambiental**. Revista eletrônica Téchne. Artigo 162.886, 2010. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/155/artigo162886-2.asp>>. Acesso em: mai.2011.

CONTI, J. B. **A questão climática do nordeste brasileiro e os processos de desertificação**. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, No 1. Pg.07, Dezembro de 2005.

CORCUERA, D. **Aspectos Ambientais e Energéticos dos Materiais e Tecnologias para a Construção Sustentável**. São Paulo, ANAB Brasil, 2009. Disponível em: <http://karlacunha.com.br/arquitetura-sustentavel/material-e-mao-de-obra/>. Acesso em: mai.2011.

CPTEC/SINDA – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / SINDA Sistema Nacional de Dados Ambientais – **Série histórica de Mata Grande (2006 a 2011)**. Disponível em: <<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>>. Acesso em: jun.2011.

DABAIEH, Marwa. Conservation of desert vernacular architecture as an inspiring quality for contemporary desert architecture: theoretical and practical study of Balat Village in Dakhla oasis. In: **Universitas 21 International Graduate Research Conference: Sustainable Cities for the Future Melbourne & Brisbane**. Nov 29 – Dec 5, 2009. Disponível em: <<http://www.universitas21.com/GRC/GRC2009/Dabaieh.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2011.

DE LA FLOR, F. J. S.; DOMINGUÉZ, S. A.; FÉLIX, J. L. M.; FALCÓN, R.G. **Climatic zoning and its application to Spanish building energy performance regulations**. In: Energy and Buildings. V. 40. P. 1984 – 1990. 2008. Disponível em <www.Elsevier.com/locate/enbuild>. Acesso em: mai.2011.

EMMIT, S. **Architectural Technology**. Blackwell Publishing: Feb 1, 2002. Disponível em: <http://books.google.com/books?ie=UTF8&vid=ISBN063206403X&id=K6togH6XBOIC&num=10&dq=TYPOLOGIES+%2B+Architectural+Technology&lpq=PR2&pg=PR3&printsec=3&sig=GvrELJWAWU_OK_SOpEwuW8wh4SWs> Acesso em: 10 novembro 2005.

ENGIN, N.; VURAL, N.; VURAL, S.; SÜMERKAN, M. R. **Eastern Black Sea Region – A sample of modular design in the vernacular architecture**. In: Building and Environmet. v. 42. pp. 2746-2761. 2007. Disponível em <www.sciencedirect.com>. Acesso em: mai.2011.

ENGIN, N.; VURAL, N.; VURAL, S.; SUMERKAN, M.R. **Climatic effect in the formation of vernacular houses in the Eastern Black Sea region**. Building and Environment **42** (2) (2007), pp. 960–969.

ERELL, E.; PORTNOV, B.A.; ETZION, Y. **Mapping the potential for climate-conscious design of buildings**. In: Building and Environmet. v. 38. pp. 271-281. 2003. Disponível em <www.sciencedirect.com>. Acesso em: mai.2011.

EVANS, M. **Housing, Climate and Comfort**. The Architectural Press, London, 1980.

EVANS, M.; SCHILLER, S. **Diseno Bioambiental y Arquitectura Solar**. Universidad de Buenos Aires, Serie Ediciones Previas, nº 9, 1988.

FIGUEIREDO, J. O. G. de R.; MOURA, M. A. L.; TENÓRIO, R.S.; QUERINO, C. A. S.; ALBUQUERQUE, J.K. **Aspectos da pluviometria anual, intranual e interanual nas mesorregiões e microrregiões de alagoas**. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIVONI, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, v.18, n.1, p. 11 – 23, 1992.

_____. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1997.

_____. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: Van Nostrand Reinhold publishing company, 1994.

GONÇALVES, Joana, DUARTE, Denise (2006). **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81 out./dez. (no prelo).

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: **V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**. Curitiba, 2003 p. 242. Acesso em mai.2011.

GOULART, S. G. V. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis – SC, 1993.

GOULART, Solange; LAMBERTS, Roberto. **Dados climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações**. In: **I Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído**. 1993.

GOULART, S. LAMBERTS, R., FIRMINO, F. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2ª edição. Florianópolis: NPC/UFSC, 1998.

HARRIS, A. L. N. C. **Metodologia baseada na Teoria dos Sistemas Nebulosos (Fuzzy Systems Theory) para o tratamento das informações subjetivas do projeto arquitetônico**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **Quem somos: missão**. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=60>. Acesso em 07. Out.2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Informações**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em jan.2011.

KOENIGSBERGER O. H. et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madri: Paraninfo, 1977. P 245-273.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. ANALYSIS Bio. Versão 2.1.3. UFSC – ECV – NPC – LABEEE, 2007. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>

LAM, J. C.; TSANG, C.L. YANG, L.; DANNY, H. W. Li. **Weather data analysis and design implications for different climatic zones in China**. Building and Environmet. v. 40. p. 277 – 296. 2005. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: mai.2011.

MACIEL, Alexandra A. **Integração de Conceitos Bioclimáticos ao Projeto Arquitetônico**. Tese (Doutor em Engenharia Civil)- Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

MARTINS, T. A. L.; BITTENCOURT, L. S.; KRAUSE C. B. Contribuição ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro: Reflexões sobre o Semi-Árido Nordeste. In: **XI ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Rio de Janeiro, Búzios, 2011.

MEIRIÑO, M. J. **Arquitetura e sustentabilidade**. Revista eletrônica Arqtextos, Vitruvius, 047.05, ano 04 04, abr 2004. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/04.047/595>. Acesso em: mai.2011.

MENDONÇA, D. **Monografia do Município de Mata Grande**. Maceió: Casa Ramalho Editora, 1955.

MENEGHETTI, G. T.; FERREIRA N. J. **Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1685-1689.

MIN. Ministério da Integração Nacional. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. **Nova delimitação do semiárido brasileiro** - 2005. Disponível em <<http://bd.camara.gov.br>>. Acesso em 05 de novembro de 2009.

MIN. Ministério da Integração Nacional. **Cartilha Nova delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. 2007. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/desenvolvimentoregional/publicacoes/delimitacao.asp>>. Acesso em 07. Out.2011.

MORAIS, C. S. de. **Desempenho térmico de coberturas vegetais em edificações na cidade de São Carlos - SP**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, 2004. 106p.

MULFARTH, R.C. K. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental. Vol 01**. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

MURAKAMI, S; IKAGA, T. **Environmental Assessment of Vernacular Architecture through CASBEE**. Keio University Press.Institute for Building Environment and Energy Conservation (IBEC): Japão, 2008. Disponível em: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/document/Vernacular_Architecture_brochure.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2011.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. IBGE, 1989.

O. OGUNSOTE; B. PRUCNAL-OGUNSOTE. **Defining Climatic Zones for Architectural Design in Nigeria: A Systematic Delineatio**. Journal of Environmental Technology 1(2) 2002 1 – 14. 2002. Department of Architecture, Federal University of Technology, Akure, 2002.

OLIVEIRA, P.M. **Metodologia do desenho urbano considerando os atributos bioclimatizantes da forma urbana e permitindo o controle do conforto ambiental, do consumo energético e dos impactos ambientais**. Brasília: Universidade de Brasília, UNB, Brasília-DF, 1993.

OLIVEIRA, T. F. C. S. **Sustentabilidade e arquitetura: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas. Maceió - AL, 2006.

PAN-BRASIL. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Cartilha PAN-BRASIL. Disponível em: <<http://www.aspan.org.br/riodbrasil/pt/documentos/PAN.pdf>>. Acesso em 07. Out.2011.

PARAHYBA, R. da B. V.; LEITE, A.P. **Solos do Município de Mata Grande – Estado de Alagoas**. Embrapa Solos. Circular técnica 39. Rio de Janeiro: [S.ed.], 2007. Disponível em <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao2.html>> Acesso em 15dez. 2010.

PASSOS, I. C. S. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas. Maceió - AL, 2009.

PEREIRA, I.; ASSIS, E. S. de. Discussão da Classificação Bioclimática de Belo Horizonte Proposta pelo Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações. **In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió-AL, 2005.

PEREIRA, I. **Novas metodologias para simulação energética de edificações: Estudo de Caso**. 176 p. Jan, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares) – Departamento de Engenharia Nuclear, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 2004.

PORTAL DO SEMIÁRIDO. **O Semiárido**. Disponível em: <<http://www.semiarido.org.br/texto/1/0/quem-somos>> Acesso em 07. Out.2011.

RAMOS, A.M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF: INMET, 2009. Versão ampliada e revista em CD. Acesso em jan.2011.

RORIZ, Mauricio; Ghisi, Eneidir; LAMBERTS, Roberto. **Um Zoneamento Bioclimático para Arquitetura no Brasil**. São Carlos, 7 p, 2000. Disponível em: <www.labee.ufsc.br>. Acesso em 10 jan. 2011.

RORIZ, M. **Um Método para Interpolação de Dados climáticos**. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza-CE, 1999.

SAAVEDRA, J. E. C. **Caracterizacion Climatica para el Diseño Bioclimático en la Vivienda. Caso de diez ciudades de Bolivia**. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto-MG, 2007.

SABERI, O.; SANEEI, P.; JAVANBAKHT, A. **Thermal Comfort in Architecture**. NCEUB - Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2005. Disponível em: <<http://nceub.commoncense.info/uploads//Saber.pdf>>>. Acesso em 20 fev. 2011.

SATTLER, M. A. **Dias Climáticos Típicos para o Projeto térmico de edificações em Porto Alegre**. Porto Alegre: CIENTEC, 1989.

SEMARH. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas. **Combate à Desertificação**. Disponível em:< <http://www.semarh.al.gov.br/programas/combate-a-desertificacao>>. Acesso em 07. Out.2011.

SENA, C. B.; CHENG, L.; HARRIS, A. L. N. C. Análise Climática das Regiões do Estado de São Paulo – Estudo Comparativo entre o Método de Mahoney Tradicional e o Remodelado através da Teoria dos Sistemas Nebulosos – Parte I. In: **VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e III Conferência Latino Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações (COTEDI)**. Curitiba, PR, Brasil, 2003.

SIQUEIRA, Tulio Cesar Pessotto Alves; AKUTSU, Maria; LOPES, Jarbas Ibraim Esperidião e SOUZA, Henor Artur de. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações**. Rem: Rev. Esc. Minas [online]. 2005, vol.58, n.2, pp. 133-138. ISSN 0370-4467. doi: 10.1590/S0370-44672005000200007.

SILVA, M. A. da. **Arquitetura moderna: a atitude alagoana**. Maceió: SERGASA, 1991.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação**. 3ª edição revisada e atualizada. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121 p.

SILVA, Vanessa Gomes da. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

STAMPER, E. **Wheather Data**. ASHRAE Journal, february/77, pp.47.1977

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Área de Atuação da SUDENE - O Semiárido Nordestino**, 2011. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/site/extra.php?cod=130&idioma=ptbr>> Acesso em 07. Out.2011.

TOLEDO FILHO, M. da R.; AZEVEDO, C.D.S. **Estudo da sensação térmica no município de Mata Grande, Alagoas**. Disponível em <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/94_70156.pdf> Acesso em 15dez. 2010.

VASCONCELLOS, B. C.; MOTTA, A. L. T. S., 2008. Indicadores de sustentabilidade em edificações. In: **IV Congresso Nacional de Excelência de Gestão. Responsabilidade Socioambiental das Organizações Brasileiras**. Niterói, RJ, Brasil, 31 de julho, 01 e 02 de agosto de 2008. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg4/anais/T7_0057_0287.pdf> Acesso em: 15 fev. 2011.

VIEIRA, L; PICULLI, F. J. **Meteorologia e climatologia agrícola: notas de aula**. Universidade Estadual do Maringá, Engenharia Agrícola, Cidade Gaúcha – PR, 2009. Disponível em: <<http://www.dea.uem.br/disciplinas/meteorologia/meteorologia8.pdf>>. Acesso em: mai.2011.

VOSGUERITCHIAN, A. B. **A abordagem dos sistemas de avaliação de sustentabilidade da arquitetura nos quesitos ambientais de energia, materiais e água e suas associações as inovações tecnológicas**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2005.

XAVIER, A. P. P.; LAMBERTS, R.. Proposta de zona de conforto térmico obtida a partir de estudos de campo em Florianópolis. In: **V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente**

Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1999.

YANNAS, S. Towards Environmentally-Responsive Architecture. **In: PLEA 2003 - The 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture**. Santiago – CHILE, November 2003. Paper Code PL01-UK29 Page 6.

ANEXOS

ANEXO A - Dados Climáticos de Água Branca (AL) - Série Histórica 1999 A 2009.

UMIDADE RELATIVA MÉDIA – ÁGUA BRANCA (AL)												
ANO/MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1999	63,5	65,8	65,5	66,5	79,8	87,1	86,4	85,9	77,4	79,3	76,7	73,8
2000	73,7	78,5	79,9	81,8	88,3	90,1	88,2	85,5	80,8	71,9	69,4	63,2
2001	68,2	65,7	73,6	73,2	71,8	87,0	91,6	88,2	77,5	74,3	67,4	73,6
2002	85,8	81,7	77,6	77,7	86,6	93,2	90,1	91,2	81,0	73,9	73,4	75,3
2003	79,8	80,6	79,2	88,1	87,6	84,1	78,8	78,1	78,5	70,6	78,5	71,0
2004	83,7	88,0	83,9	88,7	83,0	93,9	92,5	92,3	87,1	78,0	73,5	72,9
2005	77,7	72,0	82,3	89,1	95,3	95,5	93,5	94,3	84,8	77,2	75,2	77,6
2006	72,8	NULL	79,6	83,6	92,0	96,1	95,5	89,9	82,6	78,1	74,4	72,3
2007	72,7	94,0	91,6	89,4	94,1	94,4	93,8	92,2	88,0	78,1	73,0	73,2
2008	73,8	75,0	87,3	91,0	93,6	94,0	94,9	92,6	85,7	80,4	72,7	74,1
2009	72,9	79,5	77,1	86,7	95,9	96,5	96,6	95,9	89,8	84,1	83,8	85,9
MÉDIA	75,0	78,1	79,8	83,3	88,0	92,0	91,1	89,6	83,0	76,9	74,4	73,9

FONTE: INMET (2010).

TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA – ÁGUA BRANCA (AL)												
ANO/MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1999	25,3	25,3	25,6	24,9	23	21,3	20,3	20,3	21,6	22,3	23,9	24,4
2000	24,6	24,3	24,3	23,8	22,6	21,2	20,5	20,8	21,8	23,4	24,6	24,4
2001	24,0	25,1	24,5	23,7	24,4	21,0	20,2	19,7	22,1	23,4	24,5	24,4
2002	23,1	23,4	23,7	23,6	22,3	20,8	20,8	20,5	22,4	23,4	24,5	25,2
2003	24,3	24,6	24,6	21,4	20,7	21,4	22,2	23,2	23,8	25,2	24,0	25,2
2004	24,1	23,9	24,4	24,4	22,0	20,7	20,2	20,4	21,2	23,7	24,7	24,9
2005	25,2	NULL	25,0	23,8	22,1	21,0	19,7	19,9	21,5	23,4	24,5	24,2
2006	24,4	NULL	25,3	24,6	22,3	20,4	19,8	20,4	21,6	23,7	24,7	25,4
2007	25,6	NULL	22,8	23,2	21,8	20,7	20,1	19,6	20,4	22,5	24,2	24,5
2008	24,6	NULL	23,9	23,4	21,7	20,3	19,3	20,0	21,6	22,9	24,7	24,9
2009	25,2	NULL	25,6	24,0	22,1	21,4	20,8	20,7	22,2	24,2	24,6	24,9
MÉDIA	24,6	24,4	24,5	23,7	22,3	20,9	20,4	20,5	21,8	23,5	24,4	24,8

FONTE: INMET (2010).

ANEXO B - Dados Climáticos de Arcoverde (PE) - Série Histórica 1999 A 2011.

TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA – ARCOVERDE (PE)												
ANO/MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1999	25,3	25,0	27,2	26,8	23,9	23,5	22,5	23,6	25,5	25,6	27,5	26,8
2000	24,7	25,0	26,7	25,2	24,9	23,1	22,9	23,3	23,8	26,6	27,9	26,6
2001	24,0	24,5	27,0	25,6	27,3	22,5	21,7	21,1	25,1	25,8	28,1	28,3
2002	23,1	23,2	26,0	25,7	24,9	22,3	23,0	23,6	26,0	26,7	28,1	28,3
2003	26,1	24,5	27,6	27,2	25,4	23,2	22,7	25,2	25,2	26,8	27,7	28,5
2004	25,0	25,8	26,2	26,6	25,2	21,7	20,4	21,9	24,5	27,6	28,0	28,1
2005	26,1	25,9	27,7	26,4	23,4	21,8	20,9	21,6	25,0	27,3	28,4	26,3
2006	24,5	25,0	27,9	25,8	23,1	21,5	21,5	23,2	25,3	27,5	28,3	29,0
2007	25,8	25,2	24,4	25,6	23,8	22,3	21,7	21,7	23,3	26,1	27,3	27,5
2008	25,2	25,1	22,1	25,9	24,6	22,9	21,0	20,2	24,6	24,4	26,6	28,5
2009	25,2	25,1	22,1	25,9	24,6	22,9	21,0	20,2	24,6	24,4	26,6	28,5
2010	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
2011	23,7	24,6	25,3	24,3	23,1	20,1	19,6	21,7	22,1	24,0	25,2	27,8
MÉDIA	24,8	24,8	25,7	25,7	24,4	22,4	21,7	22,4	24,5	25,9	27,2	27,5

UMIDADE RELATIVA MÉDIA – ARCOVERDE (PE)												
ANO/MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1999	52,4	58,9	57,8	55,0	70,9	68,0	72,6	65,5	59,0	62,0	54,2	60,0
2000	66,4	63,9	67,6	74,6	73,2	80,4	83,2	77,2	72,7	59,2	54,7	60,0
2001	58,3	56,0	64,8	68,6	58,1	83,2	83,7	79,1	61,4	63,3	55,1	57,9
2002	78,6	71,1	72,1	70,6	75,0	85,5	76,2	71,9	58,4	55,7	52,3	56,1
2003	54,4	63,7	64,6	61,9	71,4	75,7	74,3	64,1	66,1	58,4	56,0	53,6
2004	73,5	77,6	68,7	67,4	72,0	87,3	86,0	80,8	69,9	56,4	54,1	53,6
2005	54,9	59,0	63,4	73,9	84,9	87,7	84,4	81,0	65,7	55,6	54,7	62,6
2006	57,5	59,4	65,5	76,5	83,3	86,5	84,6	74,4	62,1	56,8	52,9	54,2
2007	54,1	67,7	82,2	75,5	84,0	83,1	82,3	79,3	73,2	59,9	56,3	56,6
2008	57,4	61,9	78,1	81,0	89,5	88,1	88,0	82,3	69,2	62,3	53,8	56,5
2009	57,4	61,9	78,1	81,0	89,5	88,1	88,0	82,3	69,2	62,3	53,8	56,5
2010	65,3	73,3	69,5	80,8	66,6	90,3	88,0	83,2	72,4	68,0	59,3	58,6
2011	59,6	70,5	66,8	80,1	70,5	86,7	88,5	78,2	74,3	67,1	66,1	57,9
MÉDIA	60,8	65,0	69,2	72,8	76,1	83,9	83,1	76,9	67,2	60,5	55,6	57,2

FONTE: CPTEC/INPE (2011).

ANEXO C - Dados Climáticos de Pão de Açúcar (AL) - Série Histórica 1997 a 2008.

TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA – PÃO DE AÇÚCAR (AL)												
ANO/MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1997	29,7	28,8	28,8	26,8	25,8	25,3	23,9	24,2	26,6	28,8	29,7	30,1
1998	30,6	31,1	31,4	30,3	28,3	25,5	25,4	25,1	26,6	28,3	30,7	30,2
1999	30,2	29,9	30,6	29,4	26	24,9	23,9	24,4	26,6	27,8	27,8	29
2002	27,6	28	29	28,5	27,1	25,2	25,3	25,2	27	28,1	29,7	29,9
2003	30,9	29,9	30	29,8	28,5	25,9	25,2	25,9	27,1	28	28,8	29,9
2004	29,1	29,1	29,4	29,5	28,2	25,2	25,1	25,1	26	28,4	29,6	29,7
2005	30,3	30	30,4	28,5	26,7	25,4	24,3	24,2	26,1	28	29,6	29
2006	29	30,8	28,8	29,2	26,5	25	24,2	24,9	26,1	27,9	29,2	29,9
2007	NULL	29,8	27,8	28,1	26,3	25,1	24,6	24,4	25,4	27,2	29,1	29,2
MÉDIA	29,7	29,7	29,6	28,9	27,0	25,3	24,7	24,8	26,4	28,1	29,4	29,7

UMIDADE RELATIVA MÉDIA – PÃO DE AÇÚCAR (AL)												
ANO/MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1997	57,3	64,3	67,3	75,3	83,3	82,3	86,4	82,4	71,0	60,2	57,3	64,3
1998	44,3	55,3	56,0	58,6	67,9	85,0	82,4	78,5	73,3	59,8	44,3	55,3
1999	48,2	52,5	50,3	57,2	76,6	81,8	87,1	84,1	78,8	73,4	48,2	52,5
2000	65,9	62,2	62,4	69,2	79,2	85,9	87,6	84,3	83,3	NULL	65,9	62,2
2004	71,3	68,8	64,7	66,8	71,5	82,9	76,0	76,5	70,7	56,4	71,3	68,8
2005	55,5	60,9	61,9	69,2	80,4	81,8	83,8	79,8	67,0	56,2	55,5	60,9
2006	59,3	60,2	76,5	68,9	82,3	86,1	91,9	83,5	78,2	75,1	59,3	60,2
MÉDIA	57,4	60,6	62,7	66,5	77,3	83,7	85,0	81,3	74,6	63,5	57,4	60,6

FONTE: PASSOS (2009) apud INMET (2008).

