



ARQUITETURA E CLIMA NO CONTEXTO DO SEMIÁRIDO NORDESTINO: RESPOSTAS CONSTRUTIVAS COM VISTAS AO CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Wevila Fontes Brandão Correia (1); Gianna Melo Barbirato (2)

(1) Arquiteta, Mestre pelo do PPGAU / DEHA/ UFAL, wevilafbc@labeee.ufsc.br

(2) Professora FAU/DEHA/UFAL, gmb@ctec.ufal.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Campus A. C. Simões, Cidade Universitária, Maceió - AL, Tel.: (82) 3214 1268

RESUMO

O presente artigo analisa estratégias para o condicionamento térmico passivo de habitações inseridas no contexto climático do semiárido, a partir da análise do clima de Mata Grande, cidade sertaneja do Semiárido Alagoano, com vistas à obtenção de respostas construtivas que busquem o conforto térmico e a eficiência energética. Foram analisados dados meteorológicos de Mata Grande, para confecção do seu perfil climático. Foram identificados parâmetros construtivos bioclimáticos, considerando as diferenças sazonais. Em seguida, foram realizados estudos comparativos em três cidades representativas das Zonas Bioclimáticas estudadas, Água Branca – AL (zona 05), Arcoverde - PE (zona 07) e Pão de Açúcar - AL zona (08). Percebeu-se que Água Branca e Pão de Açúcar se distanciam da realidade climática de Mata Grande, localidade que possui especificidades climáticas e projetuais semelhantes à Arcoverde, cidade semiárida pernambucana. Foram observadas similaridades entre as estratégias bioclimáticas recomendadas para a Zona 07 e as obtidas para Mata Grande, observando-se, porém, a necessidade da indicação de estratégias bioclimáticas voltadas para a época chuvosa. Por fim, conclui-se que a região sertaneja semiárida requer estratégias de condicionamento térmico individualizadas para as cidades que compõe 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 bioclimáticas; Semiárido nordestino.

ABSTRACT

This article aimed to analyze bioclimatic strategies for passive thermal conditioning of dwellings in the Semiarid region, from the climatic analysis of Mata Grande, AL, in order to identify constructive responses for thermal comfort purposes and energy efficiency. Firstly, climate profile of *Mata Grande* were determined. Constructive bioclimatic parameters were identified. A comparative studies among three representative cities of Bioclimatic Zones studied, Água Branca - AL (Zone 05), Arcoverde - PE (Zone 07) and Pão de Açúcar - AL (Zone 08). The results showed that Água Branca and Pão de Açúcar distance themselves from the climatic profile of Mata Grande, that has similar climatic characteristics and bioclimatic building design recommendations with Arcoverde. There was thus a possible inclusion for Mata Grande in the Bioclimatic Zone 07, however, it was observed the needs of bioclimatic strategies for this city in the rainy season. Finally, it is concluded that the Brazilian semiarid region needs individualized building design strategies for passive thermal conditioning that should be considered by the building designers, despite of the climatic generalization imposed by the NBR 15.220-3.

Keywords: Brazilian Bioclimatic Zoning, bioclimatic design strategies, semiarid Northeast region.

1. INTRODUÇÃO

O debate envolvendo eficiência energética e a sustentabilidade ambiental tem despertado no meio técnico da construção civil a preocupação com uma produção arquitetônica mais eficiente, que resulte na conservação

de energia e 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 com vistas à integração das edificações ao entorno, através do uso adequado de informações climáticas.

Para a correta 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.

No Brasil existem normas técnicas 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 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. No entanto, pesquisas recentes já mostram que há generalizações quanto à classificação climática de algumas cidades (PEREIRA; ASSIS, 2005; PASSOS, 2009).

Esse fato é particularmente agravado no contexto do semiárido brasileiro, onde há uma escassez de informações climáticas relacionadas ao condicionamento térmico passivo o que é preocupante devido à falta de dados meteorológicos que possam auxiliar na concepção de projetos urbanos e arquitetônicos.

Tendo como principal particularidade a ocorrência de períodos de estiagem, a região semiárida brasileira é marcada pela escassez e alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, não sendo rara a sucessão de anos seguidos de seca. 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 (MIN, 2007).

Na região Nordeste, o domínio do semiárido está longe de ser homogêneo. Sob o aspecto geoambiental, a região manifesta características distintas em cada localidade e 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 pela grande vulnerabilidade climática do semiárido nordestino. A junção destes fatores, torna o semiárido do Nordeste o mais suscetível ao risco de desertificação (CONTI, 2005).

Em Alagoas, dos 102 municípios, somente 08 estão inseridos no Zoneamento Bioclimático Brasileiro, sete inseridas na Zona 08 e 01 classificada como Zona 05. 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 nordestino 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 inclusa nesta Zona.

Deste modo, estudos baseados na climatologia aplicada voltados para o semiárido podem ser de grande valia. Informações climáticas mais específicas podem auxiliar arquitetos e urbanistas como ferramenta de apoio aos projetos de edificações e desenho urbano que visem o conforto ambiental e a eficiência energética do espaço habitado.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar estratégias bioclimáticas para habitações inseridas no semiárido nordestino, a partir do estudo do clima de Mata Grande, cidade localizada na mesorregião do Sertão do Semiárido Alagoano, com vistas à obtenção de respostas construtivas que busquem o conforto térmico, a eficiência energética e sustentabilidade do espaço construído nesse contexto climático.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos seguidos para o desenvolvimento do trabalho foram: tratamento e análise de dados meteorológicos da cidade de Mata Grande - AL; 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), com a análise comparativa do perfil climático de mais três cidades do semiárido: Água Branca – AL (zona 05), Arcoverde - PE (zona 07) e Pão de Açúcar - AL zona (08); e organização de uma síntese dos resultados, com recomendações de estratégias bioclimáticas sazonais para edificações habitacionais e projetos urbanos. Tais procedimentos serão descritos a seguir.

3.1. Tratamento e análise de dados climáticos da cidade de Mata Grande - AL

Foi elaborado um perfil climático a partir do tratamento e análise de dados meteorológicos obtidos através de uma estação automática do tipo agrometeorológica, localizada a barlavento, na longitude -37.74°, latitude: -9.12° e altitude 630m, 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 Ambientais, seis anos de registro (ano de 2006 a 2011) dos seguintes parâmetros: 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.

A partir da obtenção da série histórica meteorológica, foi utilizada a Estatística Descritiva para o tratamento e análise dos dados coletados, 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. Em seguida para análise dos dados de temperatura do ar, foi calculada a *temperatura média compensada (T_{mc})* 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 neutra para cada mês, segundo a equação 1 (AULICIEMS, 1982):

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

Equação 1

Onde:

T_n = temperatura neutra no interior dos espaços arquitetônicos;

T_e = temperatura média exterior para o mês considerado (°C).

3.1.1. Definição dos arquivos climáticos

Os métodos aplicados para obtenção dos arquivos climáticos foram: Dia Típico de Projeto, seguindo a metodologia de Sattler (1989) descrita por Goulart (1993), e mostrado na tabela 1; e Ano Climático de Referência com base em Stamper (1977) e Goulart et. al. (1998), mostrado na tabela 2.

Tabela 1: Seleção dos dias típicos de projeto para Mata Grande

	VERÃO	INVERNO
PÉRIODO	07/10/10 a 05/04/11	03/06/10 a 19/09/11
DIA DE REFERÊNCIA	08/11/10	26/07/10

Tabela 2: Valores de temperatura média mensal (°C) de Mata Grande - AL.

	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

3.2. Análise da Carta Bioclimática de Givoni e diagrama adaptado pela NBR 15220-3

Nessa etapa buscou-se identificar informações úteis para adequação de projetos inseridos no contexto climático de Mata Grande - AL a partir da análise das estratégias da Carta Bioclimática de Givoni (1992),

bem como as estratégias obtidas pela Carta *Adaptada* de Givoni, utilizada pela NBR 15.220-3, (ABNT, 2005).

Os arquivos climáticos obtidos pelo Ano Climático de Referência, bem como Dia Típico de Projeto de Mata Grande, foram inseridos no programa Analysis 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).

Foi realizada uma avaliação da série histórica de Mata Grande, segundo a Norma 15220-3 (ABNT, 2005), que utiliza dados mensais de temperatura e umidade do ar inseridos no Diagrama Adaptado de Givoni, de acordo com a metodologia descrita por Roriz et. al. (2000). 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.

3.3. Discussão da classificação da cidade de Mata Grande – AL segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Foram selecionadas cidades que representam as Zonas Bioclimáticas estudadas neste trabalho (05, 07 e 08). 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.

3.3.1. Escolha de cidades representativas das zonas bioclimáticas 5, 7 e 8

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. Considerou também a disponibilidade de dados meteorológicos. 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 Zona Bioclimática 05 e Zona Bioclimática 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).

- **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.

- **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.

A figura 1 a seguir mostra a localização das cidades e a classificação climática de cada uma segundo o IBGE (2011):

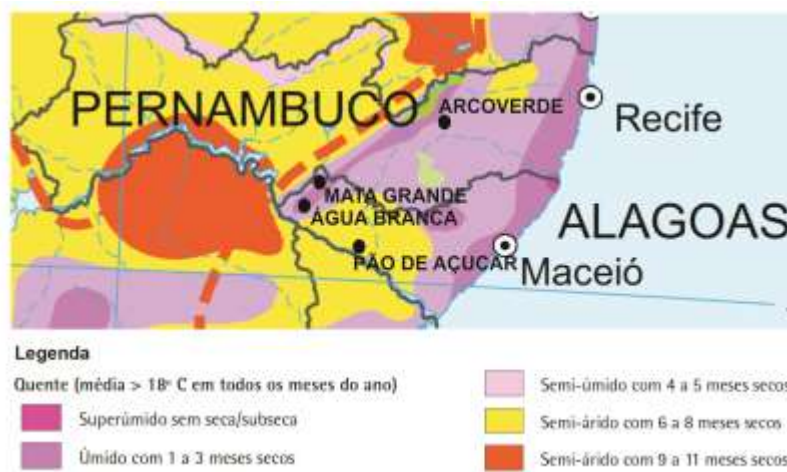


Figura 1 – Cidades selecionadas para o estudo. Fonte: Adaptado IBGE, 2011.

3.3.2. Análise comparativa dos dados climáticos das cidades

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).

3.3.3. 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 do Programa Analysis Bio (LABEEE, 2007). 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).

3.3.4. Análise comparativa das estratégias bioclimáticas das cidades

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 de Mata Grande - AL.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Caracterização climática da cidade de Mata Grande - AL

Após análise estatística dos dados climáticos de Mata Grande, percebe-se que 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 3 e a figura 2 a seguir mostram as variáveis climáticas obtidas a partir da análise estatística, para a cidade Mata Grande.

Tabela 3: Síntese das variáveis climáticas de Mata Grande

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

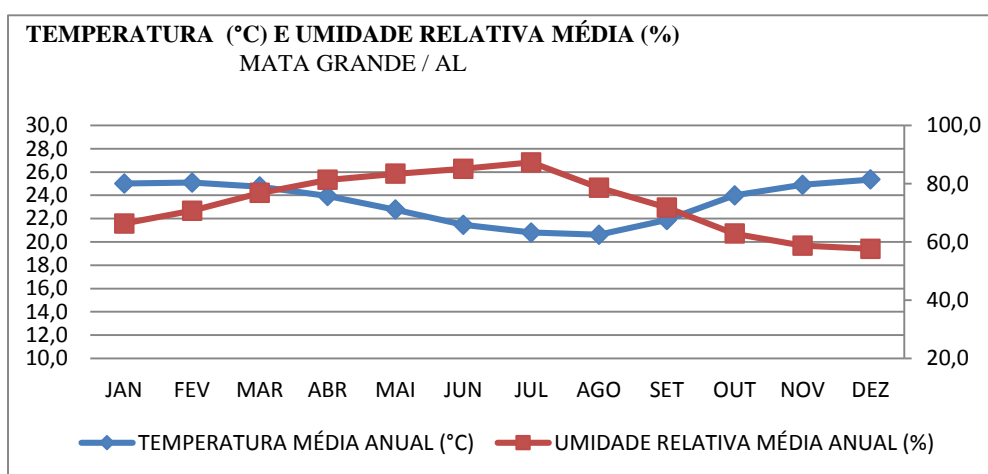


Figura 2: Gráfico das variáveis climáticas temperatura do ar e umidade relativa da cidade de Mata Grande

4.2. Estratégias Bioclimáticas recomendadas para Mata Grande - AL

A figura 3 a seguir apresenta os resultados das estratégias bioclimáticas obtidas para Mata Grande, seguindo-se os procedimentos metodológicos descritos no item 3.2.

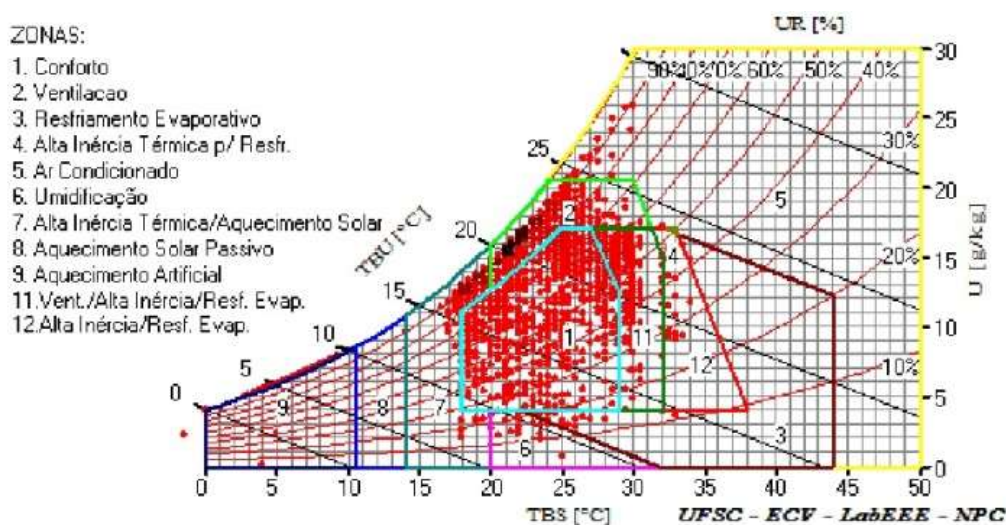


Figura 3: Carta Bioclimática gerada para Mata Grande contendo dados do ano climático de referência determinado (2010).
Fonte: Analysis BIO (LABEEE, 2007).

A Tabela 5 mostra o resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para os dias típicos na cidade de Mata Grande:

Tabela 5: Resumo das Estratégias Bioclimáticas indicadas para o dia típico de verão e inverno em 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%	
Dia típico de inverno de Mata Grande (nível 1%)			
Conforto			48%
Desconforto	Frio	Alta Inércia / Aquecimento solar: 48%	
		Aquecimento Artificial: 4%	

Foi confeccionada a carta bioclimática adaptada de Givoni para a cidade de Mata Grande, conforme o procedimento definido pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005), o que permitiu identificar o tipo climático da localidade (figura 4):

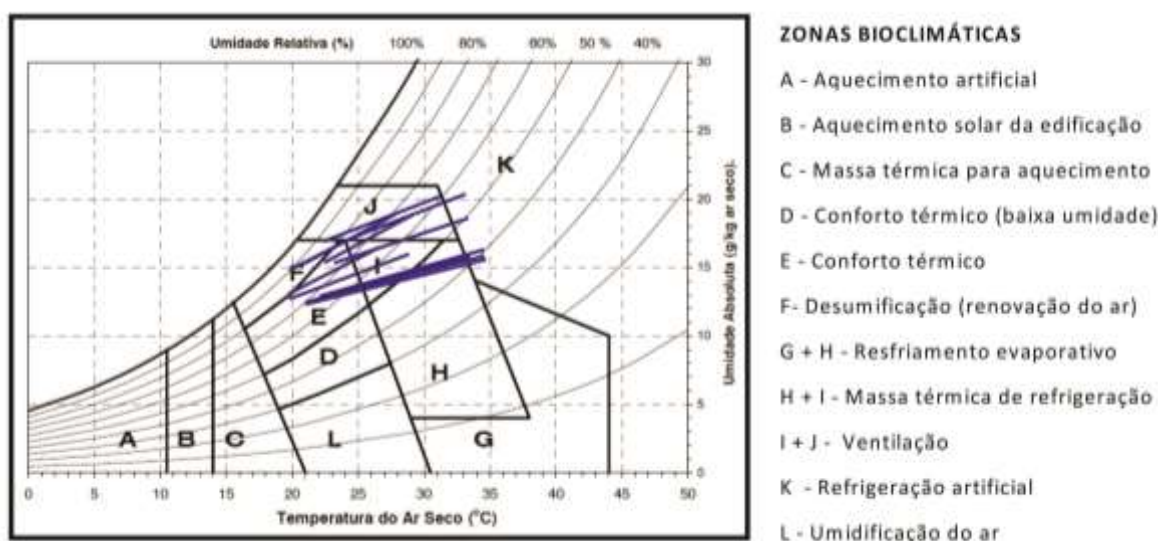


Figura 4: Carta Bioclimática Adaptada simulada para Mata Grande (AL). FONTE: Adaptado de Roriz et al (2000)

Baseando-se em Roriz et al (2000) 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). Estas zonas correspondem à sensação de estresse térmico de calor, e para tal são recomendadas, segundo a supracitada norma, estratégias como ventilação seletiva e massa térmica para refrigeração, soluções típicas de regiões com clima quente e seco.

4.3. Análise comparativa entre cidades semiáridas nordestinas

A Tabela 6 mostra a síntese climática para as cidades semiáridas analisadas, conforme procedimentos descritos no item 3.3:

Tabela 6: Comparação entre cidades semiáridas nordestinas (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 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

Percebe-se que Mata Grande, dependendo da variável meteorológica considerada, possui relações distintas com todas as cidades, aqui denominadas representativas.

Quanto à **temperatura média**, Mata Grande possui o menor valor máximo e o segundo maior valor mínimo. Entretanto, possui amplitude térmica sazonal igual à 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 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 à Água Branca (acima de 1000 mm), 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.

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

As estratégias bioclimáticas encontradas (figura 5) são recomendadas, para todas as cidades, 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.

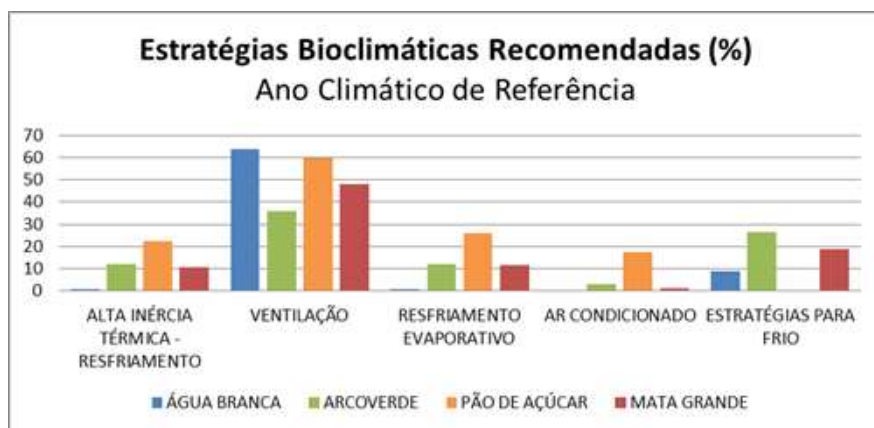


Figura 5: Comparação das estratégias bioclimáticas recomendadas para os anos típicos das cidades estudadas

Há desconforto provocado pelo frio principalmente em Mata Grande e em Arcoverde (19% e 26% das horas, respectivamente), sendo esse praticamente inexistente em Pão de Açúcar. Neste caso, é indicado 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.

4.4. Análise bioclimática por estação

Durante os **meses secos** (outubro a março), marcados principalmente pelo estresse térmico por sensação de calor, foram determinadas estratégias bioclimáticas como a **inércia térmica para resfriamento e a ventilação**, indispensáveis para Mata Grande 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**, para todas as cidades analisadas, principalmente em Pão de Açúcar, 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.

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).

4.5. Discussão geral dos resultados

Quanto às características climáticas, todas as cidades analisadas 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, 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.

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. Percebem-se muitas semelhanças entre Mata Grande e Arcoverde 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.

Em Mata Grande, um mesmo período pode apresentar especificidades climáticas que devem ser consideradas. Um dia referente ao verão, além de resfriamento, há ainda, durante a madrugada, necessidade de estratégias para aquecimento, o que já não é observado no dia típico de inverno, quando os valores de temperatura do ar não oscilam tão bruscamente, e para o qual é recomendado estratégias para aquecimento passivo, durante a madrugada.

Com base nos estudos realizados, a cidade de Mata Grande pode ser enquadrada na Zona Bioclimática 07. Esta afirmação é comprovada especialmente no verão (meses secos), período no qual as estratégias sugeridas pela NBR 15220 para a referida zona e as estratégias aqui levantadas são exatamente as mesmas: inércia térmica para o resfriamento, resfriamento evaporativo e ventilação seletiva. A tabela 6 mostra a síntese das estratégias recomendadas para as cidades analisadas:

Tabela 7: Resumo das Estratégias Bioclimáticas das cidades semiáridas estudadas

Estratégias recomendadas – Mata Grande - AL	
VERÃO	Inércia térmica para resfriamento Resfriamento evaporativo Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
INVERNO	Ventilação (principalmente de abril a julho) Inércia térmica para aquecimento
Estratégias Recomendadas – Água Branca	
VERÃO	Ventilação Vedações internas pesadas para resfriamento (inércia térmica) Resfriamento evaporativo
INVERNO	Ventilação Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Estratégias Recomendadas – Arcoverde	
VERÃO	Vedações internas pesadas para resfriamento (inércia térmica) Resfriamento evaporativo Ventilação seletiva Ar condicionado
INVERNO	Ventilação Vedações internas pesadas para aquecimento (inércia térmica)
Estratégias Recomendadas – Pão de Açúcar	
VERÃO	Ar condicionado Resfriamento evaporativo Ventilação seletiva
INVERNO	Ventilação

5. CONCLUSÕES

A análise das cidades semiáridas trouxe parâmetros importantes para o entendimento do seu clima e estratégias climáticas. Observou-se que, em se tratando de caracterização climática, há especificidades de cada cidade (como diferenciados acúmulos de precipitação, por exemplo), e certa uniformidade climática quanto aos dois períodos sazonais bem delimitados, para os quais cada cidade apresentou necessidades específicas. Ressalta-se a similaridade entre as recomendações para Arcoverde e Mata Grande, e o distanciamento dessas com Pão de Açúcar. Quanto 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.

As análises permitiram observar que Água Branca e Pão de Açúcar, cidades alagoanas que poderiam servir de referência para a indicação de estratégias de condicionamento térmico passivo para a cidade de Mata Grande, se distanciam da sua realidade climática; enquanto Arcoverde, cidade semiárida de Pernambuco, apresentou similaridades, principalmente quanto às recomendações bioclimáticas obtidas com o presente estudo, o que levou ao enquadramento 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 consequente o enquadramento de Mata Grande na referida zona. No entanto, as estratégias bioclimáticas encontradas possibilitaram, além da identificação de semelhanças, sobretudo no verão (período seco), a indicação de estratégias bioclimáticas voltadas para o inverno (período úmido), não consideradas pela norma para a Zona Bioclimática 07.

Apesar da classificação de Mata Grande na 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 necessita de estratégias individualizadas, confirmando resultados de pesquisas anteriores, de Passos (2009) e Martins et al. (2011).

Espera-se que este trabalho possa contribuir para o entendimento das características climáticas do semiárido, bem como suprir a necessidade de informações que auxiliem projetistas 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, DNMET, 1992. 84p.
- 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.
- 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.
- GIVONI, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, v.18, n.1, p. 11 – 23, 1992.
- 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).
- 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**.
- 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>
- MARTINS, T. A. L.; BITTENCOURT, L. S.; KRAUSE C. B. Contribuição ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro: Reflexões sobre o Semi-Árido Nordestino. 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.
- 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.
- 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.
- RORIZ, Mauricio; Ghisi, Eneidir; LAMBERTS, Roberto. **Um Zoneamento Bioclimático para Arquitetura no Brasil**. São Carlos, 7 p, 2000. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br>. Acesso em 10 jan. 2011.
- SATTLER, M. A. **Dias Climáticos Típicos para o Projeto térmico de edificações em Porto Alegre**. Porto Alegre: CIENTEC, 1989.
- STAMPER, E. **Weather Data**. ASHRAE Journal, february/77, pp.47.1977

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à FAPEAL – Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de Alagoas, pela bolsa de mestrado concedida.