



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# DIRETRIZES CONSTRUTIVAS PARA CIDADE EM CLIMA SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO EM ARAPIRACA-AL<sup>1</sup>

SILVA, M. F. (1); RODRIGUES, E. R. S. (2); BARBOSA, R. V. R. (3)

(1) UFAL, e-mail: monica\_fers@hotmail.com; (2) UFAL, e-mail: esteffany.ufal@gmail.com; (3) UFAL, e-mail: rvictor@arapiraca.ufal.br

### RESUMO

Projetar considerando o clima local permite melhorar a eficiência energética em edifícios enquanto possibilita aos usuários usufruir de conforto térmico a baixo custo. Arapiraca, situada no Agreste alagoano, possui poucas pesquisas sobre bioclimatologia. Em 2008, instalou-se em Arapiraca uma estação automática do INMET permitindo estudos mais aprofundados do clima e da bioclimatologia na cidade. Esta pesquisa pretende nortear a produção arquitetônica coesa com as condições climáticas locais. A metodologia consistiu em três fases: caracterização do perfil climático de Arapiraca, por meio de tabulação e tratamento estatístico dos dados climáticos obtidos pela estação do INMET; análise das recomendações construtivas sugeridas pelas Planilhas de Mahoney e análise das estratégias construtivas pela Carta de Givoni, gerada pelo programa Analysis BIO®. As indicações dadas pelas tabelas de Mahoney foram apenas para resfriamento passivo, enquanto que a Carta também indicou estratégias para aquecimento, embora as principais tenham sido ventilação, resfriamento evaporativo e alta inércia para resfriamento. Os resultados complementam recomendações do ZBB, já que este é genérico. Baseando-se nas variantes climáticas, notou-se que Arapiraca possui duas estações: quente e úmida; e quente e seca. Esta pesquisa obteve êxito em traçar estratégias bioclimáticas para Arapiraca, podendo ser utilizada como base por profissionais interessados em arquitetura bioclimática.

**Palavras-chave:** Arapiraca. Carta bioclimática. Planilhas de Mahoney.

### ABSTRACT

Design considering the local climate improves energy efficiency in buildings while enabling users to take advantage of thermal comfort at low cost. Arapiraca, located in Alagoas Agreste, has little research on bioclimatology. In 2008, an automatic station of INMET was settled in Arapiraca allowing further study of climate and bioclimatology in the city. This research aims to guide the cohesive architectural production with the local weather conditions. The methodology consisted of three phases: characterization of the climate profile of Arapiraca through tabulation and statistical treatment of climatic data obtained by INMET station; analysis of constructive recommendations suggested by Mahoney Tables and analysis of constructive strategies in the Charter of Givoni generated by Analysis BIO® software. The indications given by Mahoney Tables were only passive cooling, while the charter also indicates strategies for heating, although the major were ventilation, evaporative cooling and high inertia for cooling. The results complement ZBB's recommendations since this is generic. Based on the climatic variations, it was noted that Arapiraca has two seasons: hot and humid; and hot and dry. This research was successful in tracing bioclimatic strategies to Arapiraca and can be used as a basis for professionals interested in bioclimatic architecture.

<sup>1</sup> SILVA, M. F.; RODRIGUES, E. R. S.; BARBOSA, R. V. R. Diretrizes construtivas para cidade em clima semi-árido: estudo de caso em Arapiraca-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

**Keywords:** Arapiraca. Bioclimatic chart. Mahoney Tables.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção arquitetônica de Arapiraca, cidade situada na mesorregião do Agreste alagoano, na maioria dos casos, não foi pensada considerando o contexto climático local. A inadequação com este acarreta no desconforto térmico dos usuários dessas edificações.

“A arquitetura possui um papel importante na busca pela produção de espaços mais sustentáveis que visem o conforto ambiental dos usuários.” (PASSOS, 2009). Para isto, “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.” (CORREA, BARBIRATO, 2013).

Uma vez que se sabe que o comportamento térmico modifica na medida em que a morfologia dos espaços é alterada (ROCHA, SOUZA, 2011), é importante haver um planejamento adequado ao clima local.

Para dar subsídio aos profissionais na concepção de projetos, existem programas que, baseados nos dados climáticos de cada localidade, dão diretrizes projetuais bioclimáticas que, “fazendo uso da tecnologia que se baseia na correta aplicação dos elementos arquitetônicos, pretendem fornecer ao ambiente construído, um alto grau de conforto higrotérmico, com baixo consumo energético”. (BOGO, PIETROBON, BARBOSA, GOULART, PITTA, LAMBERTZ, 1994).

Arapiraca é uma cidade relativamente jovem e possui poucas pesquisas acerca de estratégias bioclimáticas para a mesma. Até pouco tempo, os profissionais da região não possuíam ferramentas para nortear o projetar na cidade, mas, a partir de 2008, foi implantada uma estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) no município, o que possibilitou obter-se dados climáticos da cidade, úteis para serem aplicados em instrumentos de auxílio projetual como o Método de Mahoney Tradicional e a Carta Bioclimática de Givoni, por meio do programa Analysis BIO.

Esta pesquisa tem como objetivo traçar estratégias bioclimáticas para o município de Arapiraca baseando-se nas indicações das planilhas de Mahoney e do software Analysis BIO levando-se em consideração o perfil climático preliminar da cidade indicado pelos dados obtidos de maio de 2008 a abril de 2015.

## 2 METODOLOGIA

O município de Arapiraca, objeto desta pesquisa, localiza-se na mesorregião do Agreste Alagoano, na parte central do Estado, entre a latitude 9°75'25'' Sul e longitude 36°60'11'' Oeste. Abrange uma área de 345,655 km<sup>2</sup>, possui uma população estimada de 231.053 habitantes e densidade demográfica de 600,83 hab./km<sup>2</sup>, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2010).

Os procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa consistiram em três fases distintas: caracterização do perfil climático de Arapiraca, análise das recomendações construtivas indicadas pelas Planilhas de Mahoney e análise das recomendações construtivas pela Carta de Givoni.

## **2.1 Perfil climático de Arapiraca**

Esta fase se desenvolveu em quatro etapas. A primeira etapa correspondeu à revisão bibliográfica e documental relativa ao clima e à região Agreste de Alagoas. Nesta etapa, foram levantados dados do comportamento dos elementos do clima, caracterização do perfil climático e clima urbano.

Concomitante à etapa de revisão bibliográfica, foi feito levantamento e tabulação dos dados climáticos de Arapiraca no período de maio de 2008 a abril de 2015. Estas informações foram obtidas por meio da estação meteorológica do INMET (Latitude: -9.80417°, Longitude: -36.6189°, Altitude: 241.00m) com o objetivo de consolidar banco de dados climático para o município de Arapiraca. Estes dados correspondem aos valores horários das seguintes variáveis: temperaturas do ar (máxima, mínima e instantânea), umidade do ar (máxima, mínima e instantânea) e precipitação. Os dados de ventilação não foram tratados neste trabalho porque são, isoladamente, objeto de outra pesquisa.

Na terceira etapa, foi feito tratamento estatístico que consistiu na obtenção das máximas, mínimas e médias diárias e mensais dos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, totais pluviométricos diárias e mensais. A partir dos dados mensais obtidos, foram geradas as médias de cada variável (temperatura mínima, média, etc.) para cada mês do ano durante o período de 7 anos: maio de 2008 a abril de 2015.

Por fim, foram gerados gráficos com comportamento das variáveis analisadas em escala temporal mensal, cujas análises permitiram compreender o perfil climático do município de Arapiraca.

## **2.2 Planilhas de Mahoney**

Após o tratamento estatístico, as Planilhas de Mahoney foram preenchidas com os dados de Arapiraca (médias mensais do período de maio de 2008 a abril de 2015) quanto à temperatura média máxima, temperatura média mínima, amplitude média, umidade relativa média máxima, umidade relativa média mínima, umidade relativa média, grupo higrométrico, precipitação pluviométrica média, limites de conforto diurno mínimos e máximos, stress térmico diurno, limites de conforto noturno mínimos e máximos e stress térmico noturno, além da maior e da menor temperaturas médias, a temperatura média anual a amplitude térmica média anual e a precipitação pluviométrica anual, conforme requerido pela planilha, a fim de se obter as recomendações construtivas.

### 2.3 Carta Bioclimática de Givoni

Concomitantemente à fase anterior, foi feita análise com o banco de dados climáticos para se obter o TRY (Ano Climático de Referência), necessário para a utilização no Analysis BIO.

O TRY é identificado a partir de uma metodologia que utiliza somente as temperaturas médias mensais de uma série de anos proposta. Neste caso, de 2009 a 2014. Os bancos de dados climáticos de 2008 e de 2015 não foram considerados por não possuírem todos os meses. Desse modo, organizou-se todas as temperaturas médias mensais do período de 2009 a 2014, baseando-se na metodologia de Tavares (2011), como visto na tabela 1.

Tabela 1 – Temperaturas médias mensais de Arapiraca do período de 2009 a 2014

<b>Ano</b>	<b>Mês</b>											
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>2009</b>	26.41	25.77	26.38	26.12	24.19	23.27	22.71	22.49	25.50	27.36	27.84	26.56
<b>2010</b>	25.66	26.03	26.71	25.79	24.75	23.43	22.33	21.76	22.43	24.61	25.25	26.06
<b>2011</b>	25.55	25.79	27.01	25.17	23.74	22.91	21.82	22.11	22.17	24.31	24.49	25.66
<b>2012</b>	25.43	25.22	25.28	24.98	24.48	23.17	22.02	21.64	22.61	23.66	25.84	26.04
<b>2013</b>	26.61	26.58	26.85	26.00	24.36	23.46	22.48	22.23	23.33	24.64	25.52	25.89
<b>2014</b>	25.32	25.73	26.18	25.89	24.03	23.15	22.36	22.11	23.02	23.62	25.07	25.43

Fonte: Autoria própria

A seguir, foi verificado qual o mês mais quente entre todos os dados disponíveis, assim como o mês mais frio. Observou-se que o mês com a temperatura média mais alta foi novembro de 2009, enquanto que o mês com a temperatura média mais baixa foi agosto de 2012. Estas informações foram anotadas nas duas primeiras colunas da tabela 8 e então estes dois meses foram então eliminados da análise restando apenas 10 meses. O procedimento foi repetido restando apenas 8 meses e assim sucessivamente até que todos os meses do ano fossem selecionados como pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2 – Seleção de meses para determinação do TRY

<b>CONDIÇÃO</b>	<b>ANO</b>	<b>CONDIÇÃO</b>	<b>ANO</b>
Nov mais quente	2009	Nov mais frio	2011
Ago mais frio	2012	Ago mais quente	2009
Out mais quente	2009	Out mais frio	2014
Jul mais frio	2011	Jul mais quente	2009
Mar mais quente	2011	Mar mais frio	2012
Set mais frio	2011	Set mais quente	2009
Jan mais quente	2013	Jan mais frio	2014
Jun mais frio	2011	Jun mais quente	2013
Fev mais quente	2013	Fev mais frio	2012
Mai mais frio	2011	Mai mais quente	<b>2010</b>
Dez mais quente	2009	Dez mais frio	2014

Abr mais frio	2012	Abr mais quente	2009
---------------	------	-----------------	------

Fonte: Autoria própria

Após a organização das informações dos meses extremos na ordem em que apareciam nas duas primeiras colunas da tabela 2, a condição oposta foi verificada para cada um dos meses encontrados, ou seja, para novembro, que foi selecionado como mês mais quente, foi verificado o novembro mais frio entre todos os dados disponíveis e assim por diante. Estas informações foram anotadas na terceira e quarta colunas da tabela 2.

Utilizando a sequência de 12 pares de meses selecionados e seguindo a ordem em que estes apareceram, o ano ao qual o mês de temperatura extrema pertencia foi eliminado. Assim, como 2009 foi o primeiro ano a aparecer por possuir o mês mais quente (novembro), este ano foi eliminado da escolha do TRY. Em seguida, apareceu 2012 com o mês mais frio (agosto) sendo eliminado também e assim sucessivamente. O último ano a aparecer é determinado como TRY. Neste caso, o ano foi 2010.

Para que pudesse ser utilizados no programa Analysis BIO, os dados deste ano foram tabulados num arquivo único com o programa Microsoft Excel®, convertidos em arquivos no formato CSV e, então, inseridos no Analysis BIO. Este programa determina as estratégias bioclimáticas mais adequadas para cada localidade baseando-se na Carta Bioclimática de Givoni.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

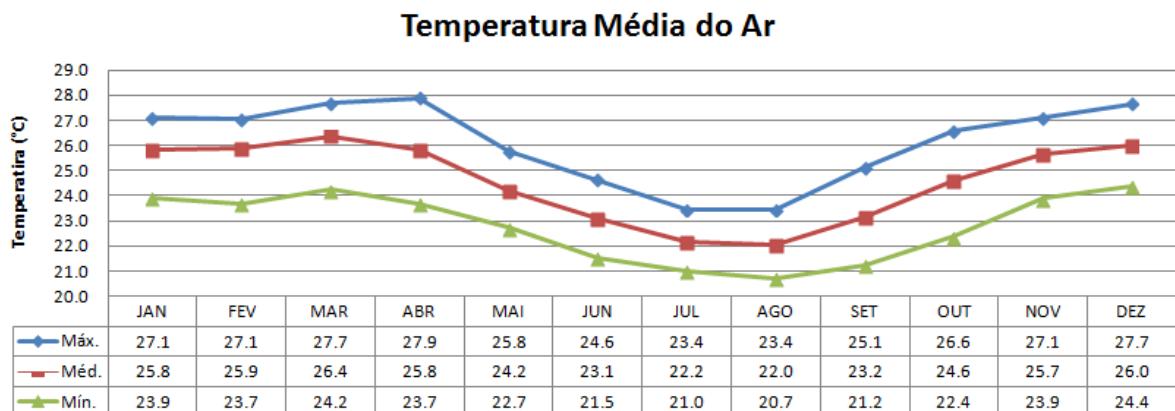
#### 3.1 Análise da caracterização climática de Arapiraca

Abaixo são apresentados os resultados obtidos a partir do tratamento e das análises dos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação climática automática localizada no município de Arapiraca-AL.

##### 3.1.1 Temperatura do ar

Sabe-se que dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar é a que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre a maioria dos processos fisiológicos que ocorrem no ser humano. O gráfico abaixo mostra o comportamento das temperaturas médias, registrados no município de Arapiraca para o período de maio de 2008 a abril de 2015.

Gráfico 1 – Temperatura média do ar



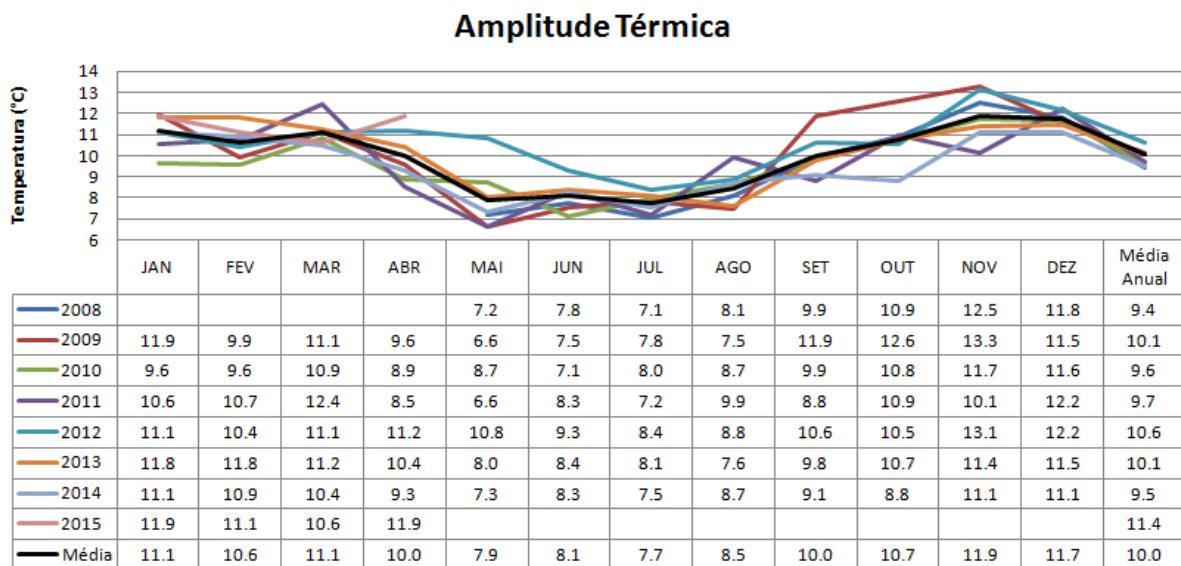
Fonte: Autoria própria.

Analisando o gráfico 1, constataram-se temperaturas mais baixas entre os meses de agosto, julho, setembro e junho, respectivamente, com valores médios mínimos de 20,7°C, 21°C, 21,2°C e 21,5°C. O gráfico 1 mostra ainda que os meses mais quentes foram dezembro, março e abril, respectivamente, os quais apresentaram valores próximos de 28°C. A temperatura média variou entre 22°C e 26,4°C.

### 3.1.2 Amplitude térmica

O Gráfico 2 mostra a variação da amplitude térmica mensal e a média anual.

Gráfico 2 - Variação da amplitude térmica



Fonte: Autoria própria.

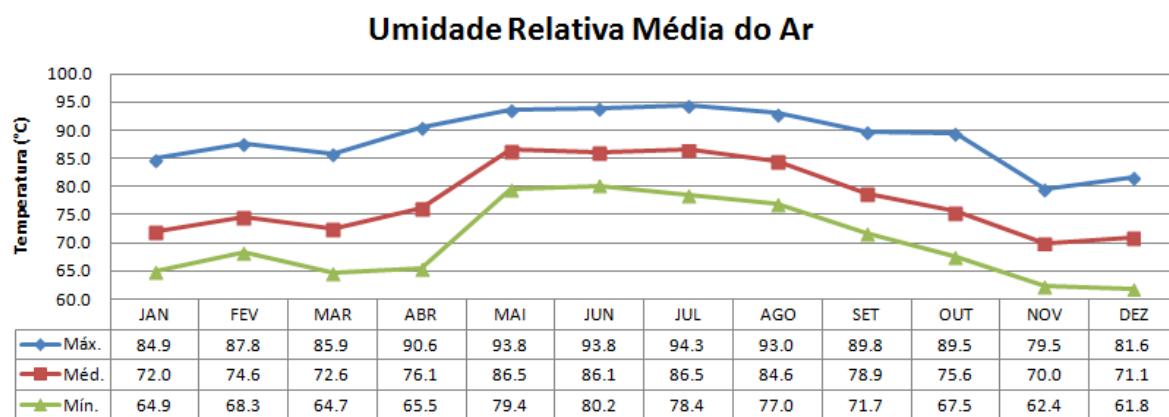
Sabe-se que a amplitude térmica é caracterizada pela diferença entre a maior e a menor temperatura do ar registrada, em um determinado período de tempo. Dessa forma, é possível notar que o gráfico 2 mostra a diferença de amplitude térmica entre os anos, sendo visível que, a partir do mês de julho, há um notável acréscimo no valor da amplitude térmica.

Nos meses de maio, setembro, outubro e novembro, a amplitude média variou de forma significativa ao longo dos 6 anos analisados, mas em geral a amplitude térmica média mensal se manteve entre 8°C e 12°C, com exceção de abril e julho, com médias de 7,9°C e 7,7°C, respectivamente.

### 3.1.3 Umidade do ar

O gráfico 3 representa os valores de variação da umidade relativa do ar ao longo dos sete anos estudados - maio de 2008 a abril de 2015. Os dados dos meses de maio e junho de 2012 foram ignorados nos cálculos de umidade relativa por apresentarem lacunas que influenciam os resultados obtidos.

Gráfico 3 - Comportamento da variável umidade relativa média do ar



Fonte: Autoria própria.

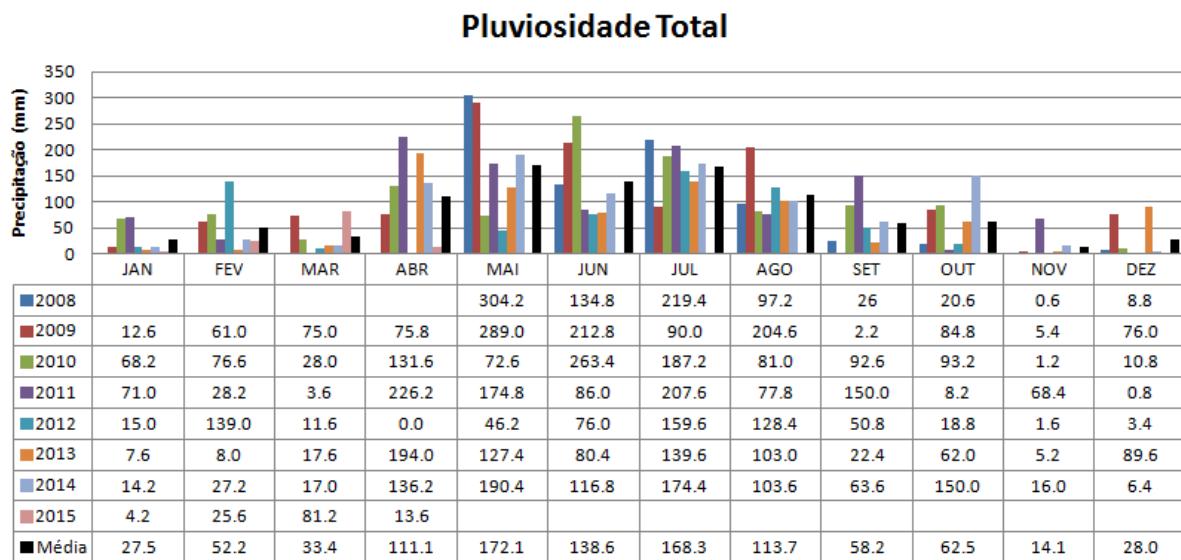
Com base na análise dos dados do gráfico 3, foi possível perceber que o comportamento da umidade relativa do ar apresenta valores mais altos entre os meses de maio a agosto (com percentual de umidade relativa média acima de 80%) e mais baixos no período de novembro e março, período que coincide com altas amplitudes térmicas e baixos valores de precipitação. Outubro pode ser considerado o início da estação seca em (período em que os menores índices de umidade média mínima ficam abaixo dos 70%).

O gráfico mostra ainda que o máximo valor médio de UR foi apresentado no mês de julho com média de 94,3%, enquanto que o mínimo valor médio foi apresentado no mês de dezembro com média de 61,8%.

### 3.1.4 Pluviosidade

O gráfico abaixo mostra os totais pluviométricos mensais no período de maio de 2008 a abril de 2015.

Gráfico 4 - Comportamento pluviométrico avaliado ao longo dos anos



Fonte: Autoria própria.

Arapiraca mostra-se com uma pluviosidade irregular, onde os totais pluviométricos anuais variam bastante ao longo dos anos. A variação da precipitação pode ser observada no gráfico 4, em que a distribuição das chuvas no município de Arapiraca mostra-se com um regime de chuvas concentradas principalmente nos meses de maio, junho e julho, apresentando valores que chegaram a passar de 300 mm (maio de 2008).

A análise permitiu ainda observar que maio foi o mês mais chuvoso (média de 172,1mm), seguidos do mês de julho (168,3mm) e junho (138,6mm), confirmando a dinâmica regional. Ainda em relação ao gráfico 8, foi possível analisar outras características em relação ao comportamento pluviométrico. Novembro, dezembro, janeiro e março foram os meses que não apresentaram registros de chuvas acima de 100 mm.

### 3.2 Recomendações construtivas e urbanísticas a partir das Planilhas de Mahoney

Em seguida, foi realizada a verificação das recomendações construtivas para Arapiraca segundo as Planilhas de Mahoney, conforme os quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6 abaixo:

1 – Quanto às características climáticas da região:

Quadro 1 – Características climáticas da região

	Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1	Temperatura Média Máx. (Tx)	32,6	32,3	33,0	31,9	29,0	28,0	26,8	27,0	29,1	31,1	32,8	33,1	→ 33,1 $T_{\max}$
10	Limites de conforto diurno	mín	23	23	23	22	22	22	22	22	23	23	23	↓
		máx	29	29	29	27	27	27	27	27	29	29	29	
11	Stress térmico diurno	Q	Q	Q	Q	Q	Q	C	C	Q	Q	Q	Q	
2	Temperatura Média Mín. (Tn)	21,4	21,7	21,9	22,0	21,1	19,9	19,1	18,6	19,1	20,3	20,9	21,4	→ 18,6 $T_{\min}$
12	Limites de conforto noturno	min	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	↓
		máx	23	23	23	22	22	22	22	22	23	23	23	25,8 $TMA$
13	Stress térmico noturno	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	↓ 14,5 $AMA$
3	Amplitude Média Mensal = $T_x - T_n$	11,1	10,6	11,1	10,0	7,9	8,1	7,7	8,4	10,0	10,8	11,9	11,7	
4	Umidade Relativa Média Máx (URx)	94,9	95,4	94,9	95,3	96,2	96,0	96,8	96,6	95,1	93,9	92,1	94,2	
5	Umidade Relativa Média Mín (URn)	41,0	43,7	41,8	47,8	59,8	59,9	62,3	58,7	50,2	45,8	38,7	38,9	
6	Umidade Relativa Média (UR)	67,9	69,5	68,3	72,5	78,0	77,9	79,5	77,6	72,6	69,8	65,4	66,5	
7	Grupo Higrotérmico (GH)	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	
8	Precipitação Pluviométrica Média	27,5	52,2	33,4	111,1	172,1	138,6	168,3	113,7	58,2	62,5	14,1	28,0	979,7 $PPA$
9	Direção dos ventos	dominantes secundários												

TMA: Temperatura Média Anual =  $T_{\max} + T_{\min} / 2$ AMA: Amplitude Térmica Média Anual =  $T_{\max} - T_{\min}$ PPA: Precipitação Pluviométrica Anual =  $\Sigma$  Precipitação Pluviométrica Média Mensal

Quadro 2 – Diagnóstico – Carta de limites de conforto

UR (%)	GH	TMA ≤ 15º C		15º < TMA < 20º C		TMA ≥ 20º C	
		Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite
< 30	1	21-30	12-21	23-32	14-23	26-34	17-25
30 – 50	2	20-27	12-20	22-30	14-22	25-31	17-24
50 – 70	3	19-26	12-19	21-25	14-21	23-29	17-23
> 70	4	18-24	12-18	20-25	14-20	22-27	17-22

Quadro 3 – Classificação do Stress Térmico

Stress térmico	
intervalo	sensação
< limite de conforto	F (frio)
Dentro do limite de conforto	C (confortável)
> limite de conforto	Q (quente)

2 – Quanto aos indicadores climáticos:

Quadro 4 – Classificação dos Indicadores

Indicador	Stress térmico	GH	A.M.M.	Chuva
H1	QDIURNO	4		
	QDIURNO	2/3	< 10°C	
H2	CDIURNO	4		
H3				> 200 mm
A1		1/2/3	> 10°C	
A2	QNOTURNO	1/2		
	QDIURNO/CNOTURN O	1/2	> 10°C	
A3	FDIURNO/FNOTURNO			

Quadro 5 – Indicadores

	Característica principal	JAN	FEV	MA R	ABR	MAI	JUN	JUL	AG O	SET	OUT	NO V	DEZ
H1	A VENTILAÇÃO é essencial				X	X	X			X			
H2	A VENTILAÇÃO é desejável								X	X			
H3	Proteção contra CHUVA												
A 1	INÉRCIA TÉRMICA	X	X	X							X	X	X
A 2	Área para dormir ao AR LIVRE												
A 3	Proteção contra o FRIO												

O Quadro 5 apontou que a maior quantidade de meses encontra-se classificada no indicado A1 (6 meses), seguido do indicador H1 (4 meses) e, por fim, do indicador H2 (2 meses). O resultado apresenta-se coerente, haja vista que os meses o período de outubro a março corresponde aos meses mais quentes do ano na cidade, e os meses de julho e agosto aos meses mais frios.

Esse resultado foi transposto para o Quadro 6, no qual foi possível identificar as recomendações arquitetônicas.

Quadro 6 – Recomendações construtivas

TOTAL DE INDICADORES						RECOMENDAÇÕES ARQUITETÔNICAS	
ÚMIDO			ÁRIDO				
H1	H2	H3	A1	A2	A3		
4	2	-	6	-	-		
<b>1. TRAÇADO OU IMPLANTAÇÃO</b>							
			0 a 10			1.1 Edifícios orientados segundo eixo longitudinal Leste-Oeste (fachadas principais com orientação Norte-Sul), a fim de reduzir a exposição ao Sol.	
			11 ou 12		5 a 12	1.2 Plantas compactas com pátios internos.	
					0 a 4		
<b>2. ESPAÇAMENTO ENTRE CONSTRUÇÕES</b>							
11 ou 12						2.1 Grandes espaçamentos para favorecer a penetração do vento.	
2 a 10						2.2 Como acima, mas com proteção contra vento quente ou frio.	
0 ou 1						2.3 Distribuição compacta.	
<b>3. CIRCULAÇÃO DE AR</b>							
3 a 12						3.1 Edifícios com orientação simples, aberturas que permitam circulação de ar permanente: ventilação cruzada.	
1 ou 2			0 a 5				
			6 a 12			3.2 Edifícios com orientação dupla, circulação de ar cruzada, aberturas de ar controláveis.	
0	2 a 12						
	0 ou 1					3.3 Basta renovação higiênica do ar.	
<b>4. DIMENSÕES DAS ABERTURAS</b>							
			0 ou 1		0	4.1 Grandes: 40% a 80% das fachadas correspondentes à direção predominante do vento.	
					1 a 12	4.2 Médias: 25% a 40% da superfície das paredes.	
			2 a 5				
			6 a 10			4.3 Intermediárias: 20% a 35% da superfície das paredes.	
			11 ou 12		0 a 3	4.4 Pequenas: 15% a 25% da superfície das paredes.	
					4 a 12	4.5 Médias: 25% a 40% da superfície das paredes.	
<b>5. POSIÇÃO DAS ABERTURAS</b>							
3 a 12						5.1 Abertura nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento.	
1 ou 2			0 a 5				
			6 a 12			5.2 Como acima, mas também nas paredes internas.	
0	2 a 12						
<b>6. PROTEÇÃO DAS ABERTURAS</b>							
				0 a 2		6.1 Proteger da insolação direta.	
			2 a 12			6.2 Proteger da chuva.	
<b>7. PAREDES E PISOS</b>							
			0 a 2			7.1 Construções leves, baixa inércia térmica.	
			3 a 12			7.2 Construções maciças, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.	

**8. COBERTURA**

10 a 12			0 a 2			8.1 Leve (pouca inércia), superfície refletora, uso câmara de ar.
			3 a 12			8.2 Leve e bem isolada.
0 a 9			0 a 5			8.3 Maciça, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.
			6 a 12			

**9. ESPAÇOS EXTERIORES**

			1 a 12			9.1 Espaço para dormir ao ar livre.
			1 a 12			9.2 Adequada drenagem para a chuva.
			3 a 12			9.3 Proteção contra chuvas violentas.

As recomendações construtivas de acordo com os indicadores são as seguintes:

Quadro 7 – Quadro síntese das recomendações construtivas e urbanísticas segundo a Planilha de Mahoney para a cidade de Arapiraca-AL

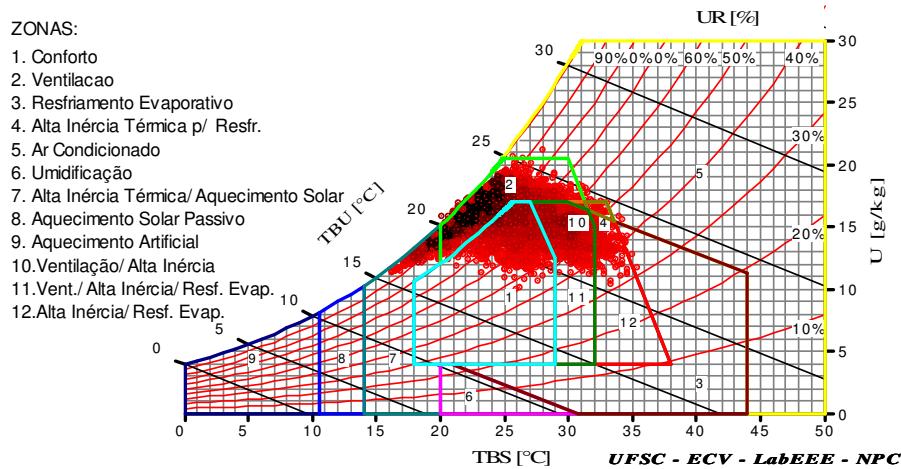
Parâmetros	Recomendações
1. Traçado ou implantação	Os edifícios devem ser orientados segundo eixo longitudinal Leste-Oeste, com as fachadas principais na orientação Norte-Sul, a fim de reduzir a exposição ao Sol.
2. Espaçamento entre construções	Os edifícios devem prever grandes espaçamentos entre si, mas com proteção contra vento quente ou frio.
3. Circulação de ar	Edifícios com orientação simples, com aberturas que permitam circulação de ar permanente favorecendo a ventilação cruzada.
4. Dimensão das aberturas	As aberturas devem ser intermediárias, com área equivalente entre 20% a 35% da área da fachada, nas fachadas voltadas à direção predominante do vento.
5. Posição das aberturas	Abertura nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento.
6. Proteção das aberturas	As aberturas devem ser protegidas da insolação direta.
7. Paredes e pisos	As construções devem ser maciças, com tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.
8. Cobertura	A cobertura da edificação deve ser leve e bem isolada.

Fonte: Autoria própria

### 3.3 Estratégias bioclimáticas indicadas pelo programa Analysis BIO

Os dados climáticos horários de 2010 foram inseridos no software Analysis BIO gerando a carta bioclimática abaixo:

Figura 1 - Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis BIO (LABEEE, 2007) com dados do TRY (2010) para a cidade de Arapiraca



Fonte: Analysis BIO

As principais estratégias bioclimáticas a serem utilizadas de acordo com o relatório gerado pelo programa para a cidade de Arapiraca podem ser vistas na tabela 3:

Tabela 3 – Estratégias bioclimáticas indicadas pelo programa Analysis BIO para a cidade de Arapiraca-AL

ESTAÇÃO \ INDICAÇÕES	PARA CALOR				PARA FRIO ALTA INÉR. TÉRM./ AQUEC. SOLAR
	VENTILAÇÃO	ALTA INÉRCIA P/ RESFR.	RESFR. EVAPORATIVO	AR CONDICIONADO	
PRIMAVERA	71.50%	24.50%	24.40%	0.05%	3.61%
VERÃO	81.10%	29.40%	28.60%	0.32%	0.00%
OUTONO	91.10%	14.80%	13.90%	0.36%	0.27%
INVERNO	49.10%	0.23%	0.23%	0.00%	20.70%

Fonte: Autoria própria

Pode-se observar que as estratégias mais indicadas são ventilação, resfriamento evaporativo e alta inércia para resfriamento. Todas estas estratégias são indicadas para praticamente todo o ano com um percentual relativamente alto. As outras estratégias sugeridas também podem ser consideradas pelo projetista, porém, devido ao predomínio do clima quente, as estratégias recomendadas para o frio possuem um percentual de indicação muito baixo, logo as estratégias sugeridas para o calor serão mais eficientes.

A ventilação é a principal estratégia indicada. Isso se deve ao fato do clima das cidades ser quente durante todo o ano. A ventilação cruzada é importante por resfriar o ambiente por meio do processo de convecção.

Já a massa térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo reduzem as diferenças de temperaturas entre o dia e a noite devido à alta inércia térmica da massa térmica para resfriamento e na água utilizada no

resfriamento evaporativo. São estratégias indicadas para Arapiraca devido a sua continentalidade, isto é, o fato de a cidade estar relativamente distante do mar ou grandes porções de água resulta em uma maior amplitude térmica durante o dia devido à umidade mais baixa do ar.

Munidos das recomendações obtidas por meio das Planilhas de Mahoney e do Analysis BIO, os projetistas da região podem fazer uso das mesmas para melhorar a qualidade de suas edificações.

#### **4 CONCLUSÃO**

Com base no estudo das características e das variantes climatológicas locais é possível observar que a cidade de Arapiraca possui um clima composto basicamente de duas estações, que podem ser descritas como: úmida, período em que as temperaturas do ar são menos elevadas, a umidade relativa do ar é alta e a amplitude térmica apresenta pequena variação entre o período noturno e diurno; e seca, quando as temperaturas atingem níveis relativamente altos, a umidade do ar é menor e a amplitude térmica entre o período noturno e diurno é significativamente alta.

Por meio da análise obtida pelas Planilhas de Mahoney, observa-se que o clima de Arapiraca (incluindo dia e noite) dentro do limite de conforto é de 58,3%, isto é, durante 58,3% do tempo os edifícios da cidade não precisam de energia para que o clima natural promova um ambiente construído interno confortável. Este índice relativamente alto de conforto é resultado do período noturno, cujo está 100% do tempo em conforto. Se analisado apenas o período diurno, 83,3% do tempo foi de desconforto por calor.

A relação de desconforto por calor é de 41,7%, ocorrendo apenas durante o dia, de setembro a junho. Ou seja, durante este período, o clima de Arapiraca não pode promover um ambiente construído interno confortável sem gasto de energia. Desta forma, as exigências construtivas para Arapiraca indicadas pelas tabelas de Mahoney tem apenas estratégias de resfriamento passivo. Arapiraca não apresentou desconforto por frio.

Contudo, as planilhas de Mahoney têm certas limitações. “A desvantagem do Método de Mahoney Tradicional está na inadequação desse método para análise em regiões com características transitórias” (SENA, 2004). O clima de Arapiraca é quente, de modo que seus habitantes não apenas tem certa adaptação ao calor, como também tem menos tolerância no ambiente frio. Logo, pode haver algum erro para a avaliação do inverno em que o desconforto por frio pode ser maior que o 0% sugerido.

Esta observação se confirma quando verificadas as estratégias sugeridas pelo programa Analysis BIO, que indica estratégias para o frio, embora em baixo percentual. A maioria das estratégias tem por fim diminuir o calor.

Esta pesquisa alcançou seu objetivo de traçar estratégias bioclimáticas para o município de Arapiraca, podendo as recomendações serem utilizadas como embasamento para profissionais que pretendam projetar de acordo com a bioclimatologia. Porém, deve-se repetir este trabalho quando uma

quantidade maior de dados estiver disponível a fim de se obter resultados mais fieis à realidade.

## REFERÊNCIAS

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social.** Rio de Janeiro, 2005.
- BOGO, A. PIETROBON, C. E. BARBOSA, M.J. GOULART, S. PITTA, T. LAMBERTZ, R. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Núcleo de Pesquisa em Construção - Departamento de Engenharia Civil. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico.** Relatório. Santa Catarina, 1994. Disponível no endereço eletrônico <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/RP\\_Bioclimatologia.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf)>. Acesso em 07 de outubro de 2013.
- CORREIA, Wevila Fontes Brandão; BARBIRATO, G. M. **Arquitetura e clima no contexto do Semiárido Nordestino: Respostas construtivas com vistas ao conforto térmico e eficiência energética.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12. Brasília, 2013. Anais... Brasília: 2013 (CD-ROM). 1972 p.
- IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Arapiraca:** Informações completas. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=270030&search=alagoas%20arapiraca>>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- PASSOS, I. C. S. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas : estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar.** 2009. 173 f. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2009.
- ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L. **Contribuição da vegetação e permeabilidade do solo para o ambiente térmico em avenidas de fundo de vale.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11. Búzios, 2011. Anais... Búzios: ANTAC, 2011 (CD-ROM).-619.
- SENA, C. B. **Análise comparativa entre o Método de Mahoney Tradicional e o Método de Mahoney Nebuloso para caracterização do clima no projeto arquitetônico** / C.B. Sena. – São Paulo, 2004. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.
- TAVARES, L. R. **Eficiência Energética em Edificações: Aplicação do RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – na cidade de Uberlândia-MG.** Brasília, 2011. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 2011.