XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE CLIMÁTICA E DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS PARA O MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN

Cecília de Amorim Pereira (1); Lília Caroline de Morais (2); Eduardo Raimundo Dias Nunes (3)
(1) Discente do curso de Arquitetura e Urbanismo, ce.amorim09@gmail.com
(2) Discente do curso de Arquitetura e Urbanismo, liliacaroline.m@gmail.com
(3) Arquiteto e Urbanista, Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo, eduardo.dias@ufersa.edu.br
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Sociais Aplicadas e Humanas, Laboratório de Conforto Ambiental, Rodovia BR-226, Pau dos Ferros-RN, 59900-000

RESUMO
A arquitetura bioclimática busca a elaboração de ambientes agradáveis, adaptados às condições naturais que o local oferece, ao mesmo tempo em que reduz o consumo de energia e os impactos ambientais causados pela construção civil. Este estudo, consiste no monitoramento climático da cidade de Pau dos Ferros, no Rio Grande do Norte, realizado por meio de uma estação meteorológica localizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), durante os meses de novembro e dezembro de 2018 e os meses de janeiro e fevereiro de 2019, com o intuito de contribuir para a formação de uma base de dados sobre a cidade, uma vez que não existem esses dados disponíveis para consulta. A NBR 15220-3 (ANBT, 2005) apresenta a divisão do território brasileiro em 8 zonas bioclimáticas e fornece os dados climáticos de 330 cidades, bem como as soluções construtivas adaptadas para cada zona bioclimática, tornando-se assim, um importante conjunto de diretrizes a serem seguidas na busca do conforto térmico das edificações, porém, o município cuja pesquisa foi realizada não está entre as cidades apresentadas pela norma. O monitoramento, considera características como a temperatura e umidade do ar, pressões atmosféricas relativa e absoluta, velocidade e direção dos ventos e volume de chuvas, e, também será importante para definir quais estratégias bioclimáticas, são eficazes para as construções de Pau dos Ferros, tendo como apoio a NBR 15220-3 (ANBT, 2005). Dessa forma, será possível criar uma bibliografia que sirva de suporte para os estudantes e profissionais da construção civil no processo de concepção de edifícios e escolha de materiais adequados para a realidade do município e, também, para outros estudos futuros acerca deste tema.
Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática, Estratégias Bioclimáticas, Carta Bioclimática.

ABSTRACT
The bioclimatic architecture seeks the elaboration of pleasant environments adapted to the natural conditions that the site offers, while at the same time reducing the energy consumption and environmental impacts caused by construction. This study consists of the climate monitoring of the city of Pau dos Ferros, in Rio Grande do Norte, through a meteorological station located at the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), during the months of November and December 2018 and the months of January and February 2019, with the intention of contributing to the formation of a database oh the city, since this data is not available for consultation. The NBR 15220-3 (ANBT, 2005) presents the division of the Brazilian territory into 8 bioclimatic zones and provides the climatic data of 330 cities, as well as the constructive solutions adapted to each bioclimatic zone, thus becoming an important set of guidelines to be followed in the search of the thermal comfort of the buildings, however, the municipality whose research was carried out is not among the cities presented by the standard. The monitoring considers characteristics such as air temperature and humidity, relative and absolute atmospheric pressures, speed and direction of the winds and rainfall volume, and will also be important to define which bioclimatic strategies are effective for the constructions of Pau dos Ferros, supported by NBR 15220-3 (ANBT, 2005). In this way, it will be possible to the create a bibliography to support students and professionals in the construction process in the design of buildings and choose materials suitable for the reality of the municipality and for future studies on this subject.
Keywords: Bioclimatic Architecture, Bioclimatic Strategies, Bioclimatic Chart.

1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro, em virtude de sua larga extensão, abrange uma ampla diversidade climática e muitas particularidades regionais (MARTINS; BITTENCOURT; KRAUSE, 2012) diretamente relacionadas a fatores como sol, chuva, relevo, correntes de ar e vegetação. Estas são características de extrema importância na arquitetura bioclimática, que tem como finalidade obter o conforto térmico e baixo consumo energético por meio do uso adequado de elementos arquitetônicos na edificação (ONGARATTO *et al.*, 2018).

Segundo Ongaratto *et al.* (2018), o conhecimento das condições climáticas externas para se estabelecer requisitos básicos visando a redução do consumo energético e o aumento do conforto do usuário é premissa básica para a elaboração de projetos. Cunha (2006) aborda que é critério básico para a arquitetura considerar o local, a história e a cultura regional.

Na prática, o que ocorre é uma padronização na concepção dos projetos, ou seja, independentemente do lugar e de suas características climáticas, segue-se uma mesma lógica de projeto de maneira que, posteriormente, essas edificações passam a oferecer condições insatisfatórias de clima interno, tendo consequências no conforto, saúde e eficiência energética (ROSELUND *apud* ONGARATTO, 2018, p. 02) aumentando a utilização de estratégias de climatização artificial para que se proporcione as mínimas condições de conforto.

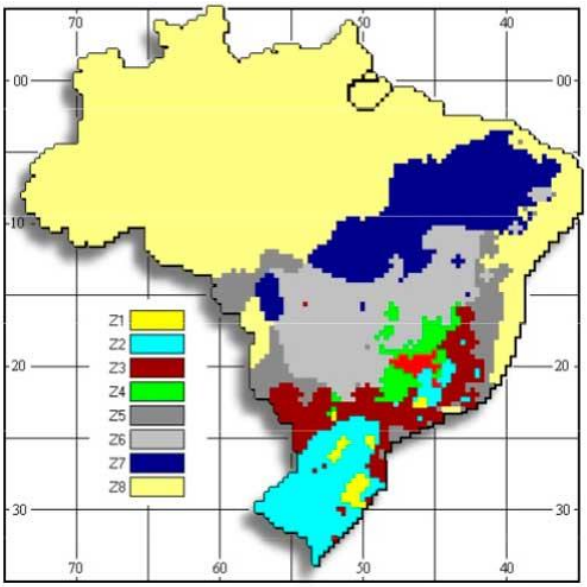


Figura 1 - Zonas Biolcimáticas Brasileiras (ABNT, 2005)

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que trata do zoneamento bioclimático brasileiro (Figura 1), reúne dados climáticos de 330 cidades, zonas de conforto térmico humano, estratégias construtivas e de condicionamento térmico e divide o território brasileiro em 8 zonas bioclimáticas, com o objetivo de estabelecer parâmetros construtivos que devem proporcionar conforto térmico às edificações habitacionais. Porém, o município de Pau dos Ferros, localizado no interior do Rio Grande do Norte, não está incluído neste mapeamento, sendo necessário considerar os dados da cidade com características climáticas mais próximas, neste caso, Jaguaribe, no Estado do Ceará, que está localizada na zona bioclimática 7.

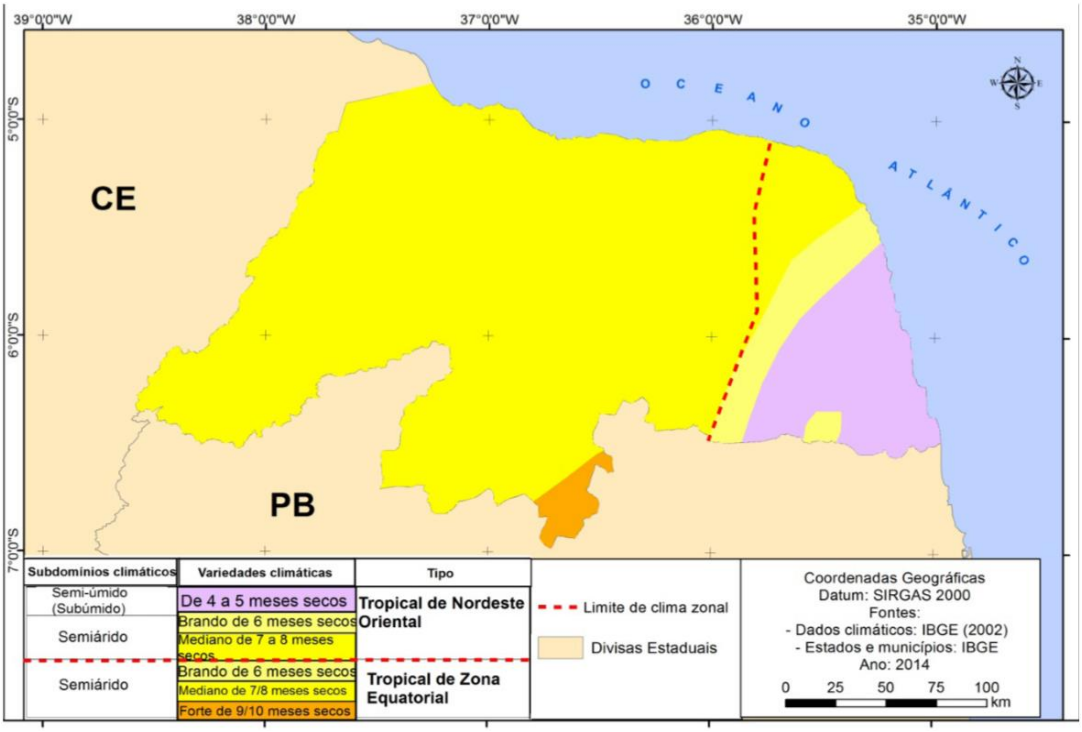


Figura 2 – Mapas de Climas do Rio Grande do Norte, de Nimer (1979) (IBGE, 2002 apud DINIZ; PEREIRA, 2015).

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) também apresenta uma carta bioclimática adaptada a partir da sugerida por Givone (1992), com zonas climáticas classificadas de A a L, com suas respectivas estratégias construtivas. A metodologia utilizada na definição do zoneamento apresentado pela norma utiliza os dados das 330 cidades cujos dados climáticos foram divulgados pelos Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e, a partir delas, foram definidos estimados os climas de outras cidades, por meio de interpolação, o que provoca uma imprecisão na classificação dessas cidades, além das variações regionais, como abordado por Amorim e Carlo (2017). Dessa forma, é possível encontrar outros estudos sobre cidades que não fazem parte das 330 catalogadas pelo Inmet, como, por exemplo, os trabalhos de Martins, Bittencourt e Krause (2012), Ongaratto *et al.* (2018), Amorim e Carlo (2017), entre outros, que visam contribuir com análises e reflexões acerca do zoneamento bioclimático proposto pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

O município de Pau dos Ferros se estende por 260 km² e está situado a 196 metros de altitude, apresentando latitude a 6°6'9" Sul e longitude a 38°12'33" Oeste, e possui clima semiárido, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Figura 2).

Estudos que tratam de zoneamento bioclimático mostram-se como importante elemento de melhoria para o entendimento dos climas locais e, consequentemente, para o ato de projetar de forma adequada (AMORIM; CARLO, 2017). Diante disso, este trabalho se justifica pela necessidade de informações climáticas sobre a cidade de Pau dos Ferros, uma vez que, apesar da proximidade das características climáticas, diferentes locais podem se comportar de maneira diferente. Com essas informações será possível verificar se as estratégias estabelecidas para a zona bioclimática 7 são eficazes para a edificações de Pau dos Ferros e apontar, para os profissionais da construção, quais são as diretrizes mais adequadas para serem seguidas no momento do projeto.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo coletar dados climáticos da cidade de Pau dos Ferros, durante o período de, no mínimo, 12 meses, com o auxílio de uma estação meteorológica, compará-los com os dados fornecidos pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005), para a Zona Bioclimática 7, e propor estratégias construtivas adequadas para o local. Além disso, visa contribuir para a criação de uma base de dados para consulta, já que a NBR 15220-3 (ANBT, 2005) não possui este município fixado.

3. MÉTODO

A pesquisa foi iniciada dezembro de 2018 e será realizada em três etapas: coleta de dados climáticos da estação meteorológica implantada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, organização desses dados em planilhas Excel, em andamento, e análise comparativa com as diretrizes estabelecidas pela NBR 15220-3 (ANBT, 2005) para a Zona Bioclimática 7.

3.1. Coleta dos dados climáticos da estação meteorológica



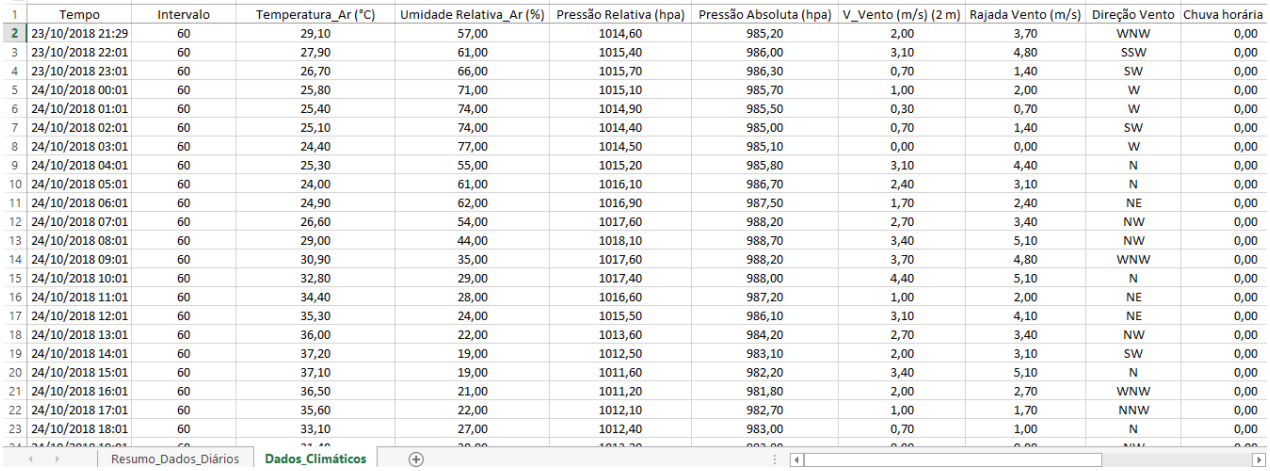
A Estação Meteorológica POLITERM (POL-108D) (Figura 3), da qual foram coletados os dados do estudo, está localizada no Centro Multidisciplinar da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em Pau dos Ferros. Conforme pode ser verificado no endereço eletrônico da instituição (https://engcivilpaudosferros.ufersa.edu.br/estacao-meteorologica-cmpf/), a estação fornece, de forma automática, o registro das variáveis de precipitação pluviométrica, umidade do ar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento, e pressões atmosféricas relativas e absolutas, a cada 1 hora. Esses dados são enviados para uma central de processamento eletrônico e podem ser obtidos na forma de um arquivo do Excel.

Figura 3 - Estação Meteorológica (UFERSA, 2019).

3.2. Organização dos dados em planilhas Excel

A estação meteorológica fornece os dados climáticos em forma de planilha no Excel, porém, esses dados são apresentados todos em uma única planilha (Figura 4) e, além disso, após um período os dados antigos são

apagados para a inserção dos novos. Dessa forma, houve a necessidade de organizar esses dados em novas planilhas a fim de não perder os dados que serão posteriormente apagados e facilitar a análise.



	Tempo	Intervalo	Temperatura_Ar (°C)	Umidade Relativa_Ar (%)	Pressão Relativa (hpa)	Pressão Absoluta (hpa)	V_Vento (m/s) (2 m)	Rajada Vento (m/s)	Direção Vento	Chuva horária
2	23/10/2018 21:29	60	29,10	57,00	1014,60	985,20	2,00	3,70	WNW	0,00
3	23/10/2018 22:01	60	27,90	61,00	1015,40	986,00	3,10	4,80	SSW	0,00
4	23/10/2018 23:01	60	26,70	66,00	1015,70	986,30	0,70	1,40	SW	0,00
5	24/10/2018 00:01	60	25,80	71,00	1015,10	985,70	1,00	2,00	W	0,00
6	24/10/2018 01:01	60	25,40	74,00	1014,90	985,50	0,30	0,70	W	0,00
7	24/10/2018 02:01	60	25,10	74,00	1014,40	985,00	0,70	1,40	SW	0,00
8	24/10/2018 03:01	60	24,40	77,00	1014,50	985,10	0,00	0,00	W	0,00
9	24/10/2018 04:01	60	25,30	55,00	1015,20	985,80	3,10	4,40	N	0,00
10	24/10/2018 05:01	60	24,00	61,00	1016,10	986,70	2,40	3,10	N	0,00
11	24/10/2018 06:01	60	24,90	62,00	1016,90	987,50	1,70	2,40	NE	0,00
12	24/10/2018 07:01	60	26,60	54,00	1017,60	988,20	2,70	3,40	NW	0,00
13	24/10/2018 08:01	60	29,00	44,00	1018,10	988,70	3,40	5,10	NW	0,00
14	24/10/2018 09:01	60	30,90	35,00	1017,60	988,20	3,70	4,80	WNW	0,00
15	24/10/2018 10:01	60	32,80	29,00	1017,40	988,00	4,40	5,10	N	0,00
16	24/10/2018 11:01	60	34,40	28,00	1016,60	987,20	1,00	2,00	NE	0,00
17	24/10/2018 12:01	60	35,30	24,00	1015,50	986,10	3,10	4,10	NE	0,00
18	24/10/2018 13:01	60	36,00	22,00	1013,60	984,20	2,70	3,40	NW	0,00
19	24/10/2018 14:01	60	37,20	19,00	1012,50	983,10	2,00	3,10	SW	0,00
20	24/10/2018 15:01	60	37,10	19,00	1011,60	982,20	3,40	5,10	N	0,00
21	24/10/2018 16:01	60	36,50	21,00	1011,20	981,80	2,00	2,70	WNW	0,00
22	24/10/2018 17:01	60	35,60	22,00	1012,10	982,70	1,00	1,70	NNW	0,00
23	24/10/2018 18:01	60	33,10	27,00	1012,40	983,00	0,70	1,00	N	0,00

Figura 4 – Planilha gerada pela estação (UFERSA, 2019)

As planilhas elaboradas agrupam os dados coletados em cada dia (Tabela 1), mostrando os registros feitos a cada hora e um resumo do dia, com a soma, em milímetros, do volume de precipitação e a média das demais variáveis. Ao final da coleta, há uma outra planilha que calcula o resumo mensal destas variáveis.

Tabela 1 – Exemplo de tabela dos registros climáticos diários.

DADOS CLIMÁTICOS									
Janeiro de 2019									
DATA	**HORA**	**TEMP. DO AR (°C)**	**UMIDADE RELATIVA DO AR (%)**	**PRESSÃO RELATIVA (hpa)**	**PRESSÃO ABSOLUTA (hpa)**	**VELOCIDADE DO VENTO (m/s)(2m)**	**RAJADA VENTO(m/s)**	**DIREÇÃO VENTO**	**CHUVA HORÁRIA (mm)**
01/01	00:56	28,10	66,00	1015,20	985,80	1,40	1,70	SW	0,00
	01:56	27,40	71,00	1014,90	985,50	1,70	2,40	W	0,00
	02:56	27,30	73,00	1014,60	985,20	1,40	2,00	W	0,00
	03:56	26,40	75,00	1014,60	985,20	1,40	2,40	WNW	0,00
	04:56	25,10	76,00	1015,20	985,80	0,30	0,70	W	0,00
	05:56	24,30	79,00	1015,80	986,40	0,30	0,70	W	0,00
	06:56	23,90	82,00	1016,40	987,00	0,70	1,00	NE	0,00
	07:56	24,10	82,00	1017,40	988,00	0,70	1,00	E	0,00
	08:56	27,40	68,00	1017,90	988,50	1,40	2,40	E	0,00
	09:56	29,50	55,00	1017,90	988,50	2,70	4,10	NE	0,00
	10:56	31,80	49,00	1018,00	988,60	2,00	3,10	NE	0,00
	11:56	33,00	39,00	1017,60	988,20	3,10	4,10	WNW	0,00
	12:56	34,10	36,00	1017,20	987,80	3,10	4,40	N	0,00
	13:56	35,50	32,00	1015,90	986,50	2,70	3,40	NE	0,00
	14:56	35,70	31,00	1014,90	985,50	2,70	4,10	NW	0,00
	15:56	36,40	29,00	1013,80	984,40	1,70	2,70	NE	0,00
	16:56	37,70	22,00	1012,90	983,50	2,70	3,70	W	0,00
	17:56	37,40	21,00	1012,50	983,10	2,70	3,70	N	0,00
	18:56	36,90	21,00	1013,20	983,80	3,70	5,10	NW	0,00
	19:56	34,40	31,00	1013,70	984,30	1,40	2,00	SW	0,00
	20:56	32,60	38,00	1014,60	985,20	3,10	4,10	NW	0,00
	21:56	31,10	51,00	1015,20	985,80	2,00	3,70	W	0,00
	22:56	30,20	53,00	1016,00	986,60	1,70	2,70	WNW	0,00
	23:56	29,50	57,00	1016,50	987,10	1,70	2,00	W	0,00
RESUMO DO DIA		30,83	51,54	1015,50	986,10	1,93	2,80	-	0,00

Até o momento, foram coletados e analisados apenas os meses de novembro e dezembro de 2018 e janeiro e fevereiro de 2019, cuja coleta de dados foi finalizada para todos os dias.

3.3. Análise comparativa com as diretrizes estabelecidas pela NBR 15220/2005

Para a realização das análises, será adotada a carta bioclimática apresentada no Anexo B da NBR 15220-3 (ANBT, 2005), na qual, os dados mensais de temperatura e umidade do ar são representados por uma reta que mostra as temperaturas mínima, máxima e média(T_{min} , $T_{máx}$ e $T_{méd}$), a umidade média mensal relativa (UR) e as umidades absolutas mínimas e máximas (U_{min} e U_{max}).

A temperatura média mensal (T_{med}) pode ser calculada por meio da expressão a seguir:

$$T_{med} = (T_{min} + T_{máx})/2$$

Para calcular as umidades absolutas mínima (U_{min}) e máxima (U_{max}), utiliza-se as seguintes expressões, respectivamente:

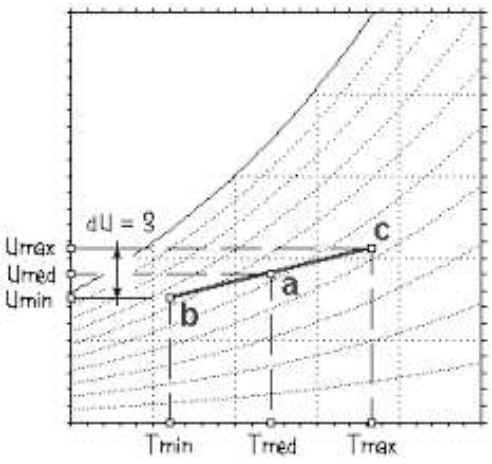


Figura 5 – Determinação da reta abc (ABNT, 2005).

$$U_{min} = UR - 1{,}5\ (gr \cdot Vapor/kg\ ar\ seco)$$
$$U_{máx} = UR + 1{,}5\ (gr \cdot Vapor/kg\ ar\ seco)$$

A partir disso, é possível marcar o ponto "a", que será a média mensal da umidade absoluta, na interseção entre T_{med} e UR, como mostra a figura 5. Na sequência, localiza-se os pontos "b" e "c", mostrados na figura 6, nas interseções entre os valores de T_{min} e U_{min} e os valores de T_{max} e U_{max} respectivamente.

Esse procedimento será feito para todos os meses e, a partir das retas encontradas, serão determinadas as estratégias adequadas para o comportamento climático da cidade de Pau dos Ferros, as quais serão comparadas com as estratégias sugeridas para a zona bioclimática 7 com o intuito de verificar a coerência das informações.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Tabela 2 – Exemplo de tabela dos registros climáticos mensais.

RESUMO DO MÊS	TEMPERATURA DO AR (°C)	UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	PRESSÃO RELATIVA (hpa)	PRESSÃO ABSOLUTA (hpa)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s) (2m)	RAJADA VENTO(m/s)	DIREÇÃO VENTO	CHUVA HORÁRIA (mm)
	28,83	64,53	1015,20	985,80	1,24	1,88	-	180,90

A Tabela 2 mostra um exemplo dos resultados mensais do mês de janeiro de 2019. Como foram coletados dados apenas para quatro meses, não é possível assegurar qual a temperatura média anual até o momento, porém, as temperaturas mensais, até então encontradas, variam de 28,04°C a 30,52°C.

Observa-se que a cidade de Pau dos Ferros apresenta uma umidade relativa do ar, dentro dos quatros meses analisados, que aumenta de 44,88%, no primeiro mês de análise, para 71,88% no mês analisado até então. Esse aumento tende a provocar uma sensação de abafamento, além de dificuldade na evaporação do suor, quando a temperatura corporal reduz. O aumento da umidade também faz com que o calor permaneça durante as noites. Quanto aos valores de precipitação, inicialmente foi registrado 38,10mm no mês de novembro, aumentou durante os meses de dezembro e janeiro, cuja precipitação foi de 189,90mm e sofreu uma leve redução no mês de fevereiro, com 97,50mm.

Quanto as estratégias bioclimáticas, a figura 6 mostra as retas encontradas para o período já avaliado.

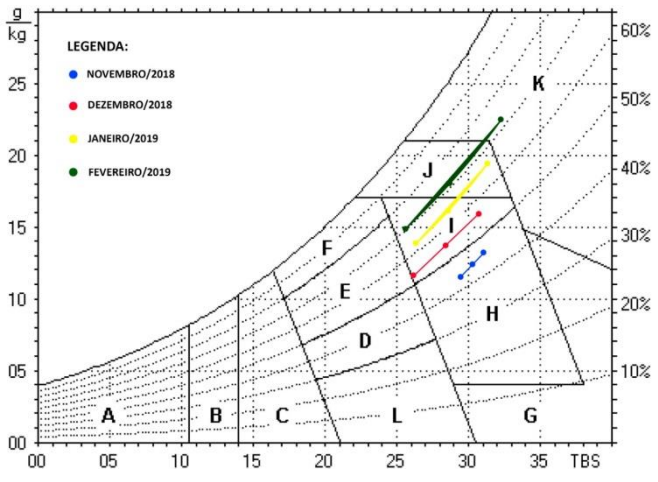


Figura 6 – Carta Bioclimática (ANBT, 2005), adaptada pelos autores (2019).

Para o mês de novembro, as estratégias mais apropriadas são o resfriamento evaporativo e a massa térmica de refrigeração, também chamada de inércia térmica, conforme o Projetee (2019), cujo objetivo é diminuir as amplitudes das temperaturas internas e provocar atraso térmico no fluxo de calor, atingido através dos materiais utilizados na envoltória da edificação, que devem ser densos e com elevada capacidade térmica. O resfriamento evaporativo baseia-se no processo de evaporação da água que retira calor do ambiente ou do material sobre o qual a evaporação irá acontecer, essa estratégia pode ser executada a partir da construção de tetos jardim e fontes de água em pátios internos e/ou na cobertura.

As retas dos meses de dezembro e janeiro localizam-se na zona de ventilação. Esta ventilação pode ser de vários tipos: cruzada (Figura 7), por efeito chaminé (Figura 8), em pátios internos, torres de resfriamento evaporativo, torres de vento, coberturas e paredes ventilada e aberturas em apenas uma face.

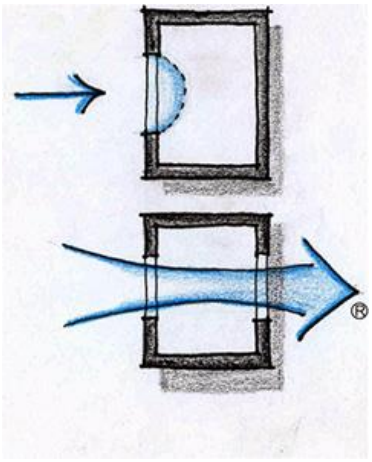


Figura 7 – Ventilação cruzada (Projeteee, 2019).

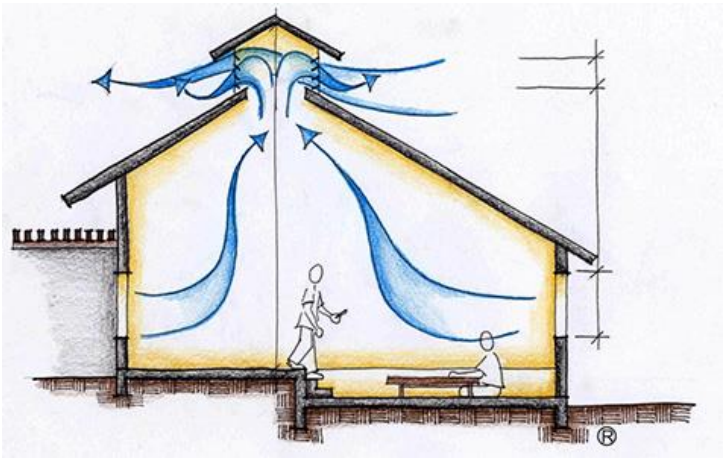


Figura 8 - Ventilação sob efeito chaminé (Projeteee, 2019).

O gráfico de fevereiro, também está inserido na zona de ventilação natural, porém, durante as horas mais quentes do dia a estratégia indicada é a refrigeração artificial, correspondente a zona K.

Até o momento, as estratégias indicadas a partir das análises da cidade de Pau dos Ferros são coerentes com a sugestão da NBR 15220-3 (ANBT, 2005) para a zona bioclimática 7, que são o resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e a ventilação seletiva, por meio de aberturas pequenas e sombreadas.

5. ETAPAS FUTURAS

Para a conclusão deste estudo será realizado o monitoramento dos dados climáticos da cidade nos demais meses, pois, somente a partir da análise de, pelo menos, um ano, será possível definir estratégias que atendam as condições de conforto térmico nas edificações em qualquer época. Desse modo, será possível averiguar a coerência destas estratégias com as que são sugeridas para a zona bioclimática 7, contribuindo, assim, para a caracterização desta cidade dentro do zoneamento bioclimático brasileiro.

Dessa forma, esta pesquisa contribuirá para a melhoria do desempenho das edificações da cidade de Pau dos Ferros e para os demais estudos que abordem a arquitetura bioclimática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3**: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

AMORIM, Alexandre C.; CARLO, Joyce C. **Análise das propostas de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro: estudo de caso de Colatina, ES.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.17, n.1, p. 373-391, jan./mar. 2017.

CUNHA, Eduardo G. da. **Elementos de arquitetura de climatização natural**: método projetual buscando a eficiência nas edificações. Porto Alegre: Masquatro, 2006.

DINIZ, Marco T. M; PEREIRA, Vítor H. C. **Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima.** Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 35, n. 3, p. 488-506, set./dez. 2015.

MARTINS, Thatiane A. L.; BITTENCOURT, Leonardo S.; KRAUSE, Cláudia M. L. B. **Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.12, n.2, p. 59-75, abr./jun. 2012.

ONGARATTO, Debora R. L.; LOURENÇO, Willian M. de L.; POSSEBON, Evelyn P.; GABRIEL, Elaise; MELLER, Gabriela; SANTOS, Joaquim C. P. **Estratégias bioclimáticas para a cidade de Santa Maria RS.** 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2018, Santana do Livramento. Anais eletrônicos. Santana do Livramento, RS: Universidade Federal do Pampa, 2018. Sigla do evento: SIEPE. Disponível em: http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/40611. Acesso em: 27 jun. 2019.