



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES POPULARES DE UM CONJUNTO EM JOÃO PESSOA/PB.

JOÃO PESSOA - PB

2015

NAYANE LAURENTINO DA SILVA

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE CONFORTO TÉRMICO EM
HABITAÇÕES POPULARES DE UM CONJUNTO EM JOÃO
PESSOA/PB.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção. Área de Concentração: Tecnologia, trabalho e organizações

Orientador: Antônio Souto Coutinho, Dr.

JOÃO PESSOA-PB

2015

NAYANE LAURENTINO DA SILVA

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE CONFORTO TÉRMICO EM
HABITAÇÕES POPULARES DE UM CONJUNTO EM JOÃO
PESSOA/PB.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção – Área de concentração: Tecnologia, trabalho e organizações.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Souto Coutinho - UFPB

Orientador

Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva– UFPB

Examinador Interno

Profa. Dra. Solange Maria Leder- UFPB

Examinador externo

RESUMO

A busca de condições amenas para os usuários de edifícios não climatizados, sobretudo os residenciais é de suma importância em regiões de clima quente e úmido. Os fatores climáticos representam grande influência nos projetos do ambiente construído para a obtenção do conforto dos seus ocupantes e eficiência no consumo de energia. A pesquisa tem como objetivo principal analisar os parâmetros de conforto térmico em habitações populares de um conjunto em João Pessoa e a relação de cada um nos índices de conforto PMV e PPD, isto porque, as condições térmicas sob as quais os moradores são submetidos podem exercer grande influência sobre seu comportamento, reações e saúde. A pesquisa é de natureza descritiva, com uma abordagem quanti-qualitativa, ao utilizar dados coletados no interior da residência, baseados a Norma ISO 7730/2005, para analisar o ambiente por meio de técnicas estatísticas e recursos computacionais. O conjunto habitacional Anayde Beiriz, escolhido para estudo, está situado no bairro das Industrias na cidade de João Pessoa/Paraíba. Os apartamentos avaliados apresentam diferentes orientações conforme sua locação no terreno; além de situarem-se no ultimo pavimento e nas extremidades de cada bloco. A amostra foi composta por 19 apartamentos dos quais foram coletados dados das 8h às 17h nos dias escolhidos, utilizando o equipamento denominado, Medidor de Estresse Térmico (TGD 300). Com os dados foi realizada uma análise estatística para identificar quais parâmetros possuem maior influência no conforto térmico naquelas habitações populares. Os resultados apresentaram o comportamento térmico dentro das habitações avaliadas que resultaram em temperaturas elevadas nos períodos analisados do Inverno e Verão. Concluiu-se que as variáveis pessoais e climáticas, que envolvem os parâmetros de conforto térmico, possuem correlação com a sensação térmica dentro das habitações, tendo alta correlação a temperatura do ar e baixa correlação a resistência térmica da vestimenta. Todas as habitações apresentaram desconforto térmico, com os valores do PMV acima de 0,5, classificando os ambientes como levemente quente ou quente na maioria dos horários avaliados, com o índice PPD superior a 10% nos dois períodos estudados - Inverno e Verão. Todavia, no inverno durante algumas horas do período matutino revelaram sensação de conforto térmico, apresentando o índice PPD menor ou igual a 10%, com tendência dessa sensação ocorrer também à noite.

Palavras-chave: Habitação Popular; Conforto Térmico; Índices de conforto; PMV e PPD;

ABSTRACT

The search for mild conditions for users of buildings not air-conditioned, especially residential is of paramount importance in hot and humid regions. Climatic factors represent major influence on environmental projects built for getting the comfort of its occupants and efficiency in energy consumption. The research is meant to examine the parameters of thermal comfort in affordable housing a set in Singapore and the relationship of each of the comfort indices PMV and PPD, this because the thermal conditions under which the inhabitants are subjected may exercise great influence on their behavior, reactions and health. The research is descriptive, with a quantitative and qualitative approach, using data collected inside the residence, based on the ISO 7730/2005, to analyze the environment by means of statistical techniques and computational resources. The housing Anayde Beiriz, chosen for study, is situated in the neighborhood of Industries in the city of João Pessoa / Paraíba. The assessed apartments have different orientations according to their location on the ground; addition to situate on the last floor and the ends of each block. The sample consisted of 19 apartments of which data were collected from 8h to 17h in the days selected using the equipment called, Heat Stress Meter (TGD 300). With the data a statistical analysis was performed to identify which parameters have most influence on thermal comfort those affordable housing. The results showed the thermal behavior within the evaluated units that resulted in high temperatures analyzed in the winter and summer periods. It was concluded that the personal and climatic variables, involving the parameters of thermal comfort, have correlation with the wind chill into the housing having high correlation to air temperature and low correlation thermal resistance of clothing. All units showed thermal discomfort with the PMV values above 0.5, ranking environments as slightly warm or hot in most of the evaluated times, with the PPD index greater than 10% in both periods studied. - Winter and Summer Yet in the winter for a few hours of the morning period showed sensation of thermal comfort, with the lowest PPD index or equal to 10%, with a tendency that feeling also occur at night.

Keywords: Social Housing; Thermal comfort; Comfort index; PMV and PPD;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cartas bioclimáticas de Givoni e da ABNT, respectivamente.....	31
Figura 2 - Zoneamento Bioclimático brasileiro e Carta Bioclimática de João Pessoa. 35	
Figura 3 - Temperatura de bulbo seco de João Pessoa.....	37
Figura 4 - Rosa dos ventos de João Pessoa.....	38
Figura 5 - Trocas térmicas entre o homem e o ambiente.....	47
Figura 6 - Relação entre os índices PMV e PPD.....	58
Figura 7 - Fluxo do levantamento de artigos.....	60
Figura 8 - Quantidade de artigos ao longo dos anos: 2006 a 2014.....	62
Figura 9 - Revista que contribuíram com os artigos.....	62
Figura 10 - Foto do equipamento para captação de dados climáticos no interior das residências. Medidor de Stress Térmico (Termômetro de Globo) Mod. TGD-300.....	69
Figura 11 - Delimitação da área da atividade avaliada com a indicação do posicionamento do equipamento. Posicionado no eixo vertical a 1,42 e no eixo horizontal a 1,20.....	70
Figura 12 - Anemômetro.....	71
Figura 13 - Delimitação do conjunto habitacional onde fica a área em estudo.....	77
Figura 14 - Imagem retirada do google maps: Em amarelo o terreno do Conjunto Habitacional em estudo.....	77
Figura 15 - Planta de locação do loteamento com a indicação dos blocos avaliados..	78
Figura 16 - Planta baixa de um bloco com a marcação de apartamentos analisados..	79
Figura 17 - Análise das fachadas Norte e Sul com a carta solar.....	83
Figura 18 - Planta Baixa do apartamento.....	84
Figura 19 - Tipo de esquadria utilizada na habitação popular: a) Janela b)Perspectiva da abertura máxima c) Em amarelo as áreas que devem ser contadas como área de ventilação.....	85
Figura 20 - Ação dos ventos nas fachadas Sul e Norte, respectivamente.....	85
Figura 21 - A variação da temperatura no inverno e no verão ao longo das horas coletadas.....	89
Figura 22 - A variação da umidade no inverno e no verão ao longo das horas coletadas.....	90

Figura 23 - Gráfico do comportamento da temperatura interna nas habitações entre as 8h e 17h, no inverno e no verão.	94
Figura 24 - Gráfico de caixa representando o comportamento da temperatura durante os turnos.	94
Figura 25 - Gráfico do comportamento da temperatura do ar interna durante o tempo para cada orientação e período coletado.	95
Figura 26: Comportamento da média das temperaturas externas nos períodos coletados conforme a orientação da fachada principal dos apartamentos.	96
Figura 27 - Gráfico do comportamento da Umidade relativa no interior das habitações populares da pesquisa.	97
Figura 28 - Gráfico do comportamento da Temperatura de bulbo úmido no interior das habitações populares da pesquisa.	97
Figura 29 - Gráfico do comportamento da Temperatura do ponto de orvalho no interior das habitações populares da pesquisa.	98
Figura 30 - Gráficos da relação dos Índices de conforto PMV e PPD no Verão e no Inverno.	106
Figura 31 - Gráfico do comportamento do PMV no período de coleta, delimitando a sensação térmica durante o inverno e o verão.	107
Figura 32 - Gráfico do comportamento do PPD no período de coleta, delimitando a sensação térmica durante o inverno e o verão.	107
Figura 33 - Distribuição dos índices PMV e PPD com a Convecção da pele (C).	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Datas de início das estações do ano para o hemisfério sul.	32
Quadro 2 - Detalhamento das zonas da carta bioclimática.	35
Quadro 3 - Parâmetros que determinam o conforto térmico.	42
Quadro 4 - Artigos obtidos no levantamento.	61
Quadro 5 - Características do conjunto habitacional levantadas na pesquisa.	68
Quadro 6 - Informação quanto as coletas de dados que serão realizadas.	71
Quadro 7 - Informa as variáveis e indicadores que serão analisados na pesquisa.	72
Quadro 8 - Imagens do conjunto habitacional Anayde Beiriz.	79
Quadro 9 - Resumo dos materiais utilizado na construção do apartamento e valores das propriedades radiantes absorvidade (α) e emissividade (ϵ).	80
Quadro 10 - Condutividade; Transmitância térmica; Capacidade Térmica e Atraso térmico da construção.	81
Quadro 11 - Descrição da vestimenta dos moradores no Inverno e no Verão.	86
Quadro 12 - Imagens das distribuições estabelecidas entre Temperatura do ar, Temperatura de globo e Temperatura radiante média.	92
Quadro 13 - Gráfico de caixa representando o comportamento das temperaturas obtidas internamente nos períodos de inverno e verão, além dos histogramas do inverno e do verão.	93
Quadro 14: Parâmetros construtivos analisados no projeto em estudo e suas respectivas pontuações binária.	98
Quadro 15: Resultado do teste de Wilcoxon para as quadras avaliadas e posicionamento dos blocos no loteamento.	99
Quadro 16: Resultado do teste de Wilcoxon para os pavimentos avaliadas do projeto.	100
Quadro 17: Resultado do teste de Wilcoxon para o posicionamento dos apartamentos nos blocos.	100
Quadro 18: Resultado do teste de Wilcoxon para orientação dos apartamentos.	101
Quadro 19: Relação dos parâmetros construtivos do projeto em estudo e os índices de conforto (PMV e PPD).	102
Quadro 20 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis do balanço térmico ao gerar os modelos para o PMV.	113

Quadro 21 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis do balanço térmico ao gerar os modelos para o PMV.	114
Quadro 22 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis ambientais e pessoais ao gerar os modelos para o PMV.	115
Quadro 23 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis ambientais e pessoais ao gerar os modelos para o PPD.....	116
Quadro 24 - Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PMV.	117
Quadro 25 - Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PPD.....	118
Quadro 26 - Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PMV.	119
Quadro 27- Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PPD.....	119
Quadro 28: Níveis de gradação de Selo Casa Azul.	146
Quadro 29: Alguns critérios para classificação.....	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Uma amostra das Taxa Metabólica para diferentes atividades.	51
Tabela 2 - Valores do isolamento térmico (I_{cl}); e os fatores: área (f_{cl}), fator de resistência da vestimenta e <i>fatores de redução de calor sensível</i> (F_s) e de calor latente (F_l), relativos a alguns tipos de vestimenta.	54
Tabela 3 - Escala de sete pontos da sensação térmica, ISO 7730/2005	57
Tabela 4 - Posições para as medições das variáveis físicas de um ambiente.	70
Tabela 5 - Pressão de vapor d'água (P_v) em função da temperatura de orvalho (T_o). 73	
Tabela 6 - Dimensões dos ambientes no apartamento estudado.	84
Tabela 7 - Informações das condições climáticas externa no Inverno e no Verão.	87
Tabela 8 - Dados climáticos com todos os horários e dias coletados nos períodos de Inverno e Verão.	88
Tabela 9 - Variáveis climáticas obtidas com o equipamento TGD-300 no Inverno e Verão.	91
Tabela 10 - Correlação das variáveis climáticas coletadas no local em estudo, utilizando o método Spearman.	91
Tabela 11 - Estatística descritiva das variáveis do balanço térmico.	103
Tabela 12 - Correlação da variáveis do balanço térmico.	104
Tabela 13 - Correlação do Balanço térmico com as Variáveis climáticas.	105
Tabela 14 - Teste Wilcoxon determinando a diferença entre PMV e PPD do inverno e do verão.	108
Tabela 15 - Estatística descritiva dos dados das variáveis independentes e dependentes.	109
Tabela 16 - Correlação do Balanço térmico e os Índices de conforto.	109
Tabela 17 - Correlação dos parâmetros de conforto térmico com os índices PMV e PPD.	111
Tabela 18 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com as variáveis do balanço térmico.	113
Tabela 19 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com as variáveis do balanço térmico.	114
Tabela 20 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com os Parâmetros de conforto.	115

Tabela 21 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com os Parâmetros de conforto.....	116
Tabela 22 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com duas variáveis do balanço térmico.....	121
Tabela 23 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com duas variáveis do balanço térmico.....	121
Tabela 24 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com duas variáveis do parâmetro térmico.....	122
Tabela 25 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com duas variáveis do parâmetro térmico.....	123

LISTA DE ABREVIATURAS

σ	Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)
ε	Emissividade (adimensional)
A	Área da superfície (m^2)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A_{DU}	Área superficial do corpo (m^2)
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ASHRAE	American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning
C	Fluxo de calor transferido por convecção (W/m^2 , kcal/hm^2)
CEAR	Centro de Energias Alternativas e Renováveis
C_{res}	Perda de calor sensível na respiração, por convecção (W/m^2)
CT	Centro de Tecnologia
dt/dx	Gradiente de temperatura ($^{\circ}\text{C/m}$)
E_{dif}	Perda de calor por evaporação por difusão, nas partes enxutas do corpo (W/m^2)
E_{res}	Perda de calor latente pela respiração, por evaporação (W/m^2)
E_s	Perda de calor por evaporação, nas partes molhadas do corpo (W/m^2)
f_{cl}	Fator de resistência da vestimenta (adimensional)
F_l	Fator de redução do calor latente (adimensional)
F_s	Fator de redução do calor sensível (adimensional)
h_c	Coeficiente de convecção ($\text{W/m}^2\text{C}$, $\text{kcal/hm}^2\text{C}$)
h_e	Coeficiente de evaporação ($\text{W/m}^2 \cdot \text{kpa}$)
h_r	Coeficiente de radiação ($\text{W/m}^2\text{C}$, $\text{kcal/hm}^2\text{C}$)
IMC	Índice de Massa Corporal (adimensional)
ISO	International Organization for Standardization
K	Quantidade de calor transmitida por condução (W/m^2 , kcal/hm^2)
k	Condutividade térmica ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$, $\text{kcal/hm}^{\circ}\text{C}$)
L	Carga térmica atuante no corpo (W/m^2)
LabEEE	Laboratório Eficiência Energética em Edificações
M	Taxa metabólica de produção de calor (W/m^2)
MCMV	Minha casa, minha vida
NBR	Normas brasileiras regulamentadoras
NHO	Normas de Higiene Ocupacional
NR	Normas regulamentadoras
ONU	Organização das Nações Unidas

PAC	Programas de Aceleração do Crescimento
PMV	Voto médio estimado (adimensional)
PPD	Porcentagem de pessoas insatisfeitas com as condições ambientais (%)
P_v	Pressão de vapor de água contido no ar (kPa)
P_{vs}	Pressão de vapor de água saturado da superfície úmida (kPa)
Q	Taxa de transferência de calor (W)
R	Fluxo de calor transferido por radiação (W/m ² °C, kcal/hm ² °C)
RQ	Quociente respiratório, obtido através da relação entre o volume de CO ₂ expirado e o de O ₂ inspirado;
$T_{1,2}$	Temperatura absoluta das superfícies (K)
T_a	Temperatura do ar (°C)
T_{bs}	Temperatura de bulbo seco (°C)
T_{bu}	Temperatura de bulbo úmido (°C)
T_g	Temperatura de globo (°C)
T_p	Temperatura média da pele (°C)
t_{rm}	Temperatura radiante média do ambiente (°C)
t_s	Temperatura do sólido (°C)
t_{sol-ar}	Temperatura sol-ar (°C)
U	Coeficiente global de transmissão de calor (W/m ² .°C)
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFSC	Universidade de Santa Catarina
V_a	Velocidade do ar (m/s)
V_{ar}	Velocidade relativa do ar (m/s)
V_{O_2}	Oxigênio consumido, nas CNTP (l/s)
W	Trabalho (W/m ²)
α	Absortividade solar (adimensional)
H	Rendimento (adimensional)
P	Refletividade solar (adimensional)
T	Transmissividade (adimensional)
Φ	Umidade relativa do ar (%)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA	19
1.2	OBJETIVOS	22
1.2.1	Geral	22
1.2.2	Específicos	22
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
1.3.1	Introdução	22
1.3.2	Referencial Teórico	22
1.3.3	Metodologia	22
1.3.4	Resultados e Discussões	23
2	REFERENCIAL TÉORICO	24
2.1	HABITAÇÕES POPULARES	24
2.2	ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS	29
2.2.1	Carta Bioclimática de Givoni	30
2.3	CONDIÇÕES BIOCLIMÁTICAS DE JOÃO PESSOA	34
2.4	ERGONOMIA AMBIENTAL	38
2.5	CONFORTO TÉRMICO	40
2.6	ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	44
2.7	EQUAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO	47
2.7.1	Metabolismo (M).	50
2.7.2	Trabalho (W)	51
2.7.3	Convecção respiratória (C_{res})	52
2.7.4	Evaporação respiratória (E_{res})	52
2.7.5	Resistência térmica das roupas	52
2.7.6	Convecção na pele (C)	54
2.7.7	Radiação Térmica (R)	55
2.7.8	Evaporação na pele (E_p)	55
2.8	MÉTODO ADOTADO PARA OBTER A SENSÇÃO TÉRMICA - PMV E PPD.	56
2.9	LEVANTAMENTO DE ARTIGOS	59
2.10	RELAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÃO POPULARES.	63
3	METODOLOGIA	66
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	66
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	67
3.2.1	Delimitação da área de Estudo	67
3.2.2	Coleta de dados e Medições	68
3.2.3	Etapa documental	74
3.2.4	Análise dos dados	75

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
4.1	CONJUNTO HABITACIONAL ESCOLHIDO	76
4.2	INFORMAÇÕES DETALHADAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO.	80
4.2.1	Material construtivo (Envoltória)	80
4.2.2	Insolação	82
4.3	INFORMAÇÕES QUANTO A VESTIMENTA DOS MORADORES.	86
4.4	CONDIÇÕES TÉRMICAS EXTERNA NO PERÍODO DE COLETA	86
4.5	AS CONDIÇÕES TERMOAMBIENTAIS NAS HABITAÇÕES	90
4.6	QUANTO ÀS EDIFICAÇÕES, SUAS ORIENTAÇÕES E POSIÇÃO	98
4.6.1	Quanto a análise dos índices de conforto	102
4.7	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DO BALANÇO TÉRMICO	103
4.8	ÍNDICES PMV E PPD	105
4.8.1	Apresentação dos índices de conforto obtidos na pesquisa	105
4.8.2	Relação das variáveis de conforto com os Índices PMV e PPD.	108
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
	ANEXO I - Programa Minha Casa Minha Vida: Especificações Mínimas.	140
	ANEXOII - Normas que fornecem diretrizes para a construção civil.	142
	APÊNDICE I - Qualidade dos Projetos para Caixa Econômica Federal.	146
	APÊNDICE II - Carta de anuência para autorização de pesquisa entregue á SEMHAB.	148
	APÊNDICE III - Carta de anuência para autorização de pesquisa entregue aos síndicos.	149
	APÊNDICE IV - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Entregue ao Morador	150

1 INTRODUÇÃO

No trópico quente e úmido, é de suma importância encontrar condições térmicas amenas para os usuários de edifícios não climatizados. Em um projeto do ambiente construído as condições térmicas representam grande influência para obtenção do conforto e eficiência de seus ocupantes e redução de consumo energético (LAMBERT; DUTRA; PEREIRA, 1997. p. 44).

O conforto está relacionado ao desejo que o homem tem de sentir-se bem. Mais abrangente, o conforto ambiental se dá por questões físico-ambientais nas quais se detectam condições naturais e de salubridade, por meio de reações metabólicas associadas a adequadas iluminação, acústica, conforto térmico e ventilação, ao dimensionamento espacial, além do entorno, que interfere na qualidade do ambiente. Enfim, o conforto não depende somente das condições climáticas do local, mas também da orientação e construção dos edifícios (MONTE, 2006).

Segundo Monte (2006), a relação do usuário com o espaço construído também é destacada pelos requisitos físicos referentes à sua condição humana e às mudanças causadas pela evolução, quanto as questões físico-ambientais e os avanços tecnológicos.

Schmid (2005, pg. 13) assim relaciona o conforto com a casa:

Atende a um conjunto de necessidades básicas de segurança, envolvimento, orientação no tempo e, principalmente, no espaço. É como se oferecesse consolo interminável ao ser humano, lançado no mundo. E na casa, a qualidade mais importante parece ser o conforto (Schmid, 2005, pg. 13).

Ao proporcionar as condições de conforto aos usuários no espaço construído, este permitirá que os mesmos desenvolvam suas atividades com eficiência e qualidade.

Tem-se como foco deste trabalho ações para analisar a relação conforto térmico e edificações populares contempladas pelo Programas de Aceleração do Crescimento (PAC), fomentado pelos governos municipal e federal. Dessa forma cabe entender as variações que interferem na qualidade térmica dentro das residências.

Serão abordados, embora sucintamente, fatores como velocidade do

ar e material construtivo, visto que é por meio deles que ocorrem transferências de calor (condução, convecção e radiação); disposição das aberturas para captação da ventilação, pois as mesmas são de fundamental importância para climas quentes e úmidos, consideradas como principal estratégia bioclimática; e orientação das edificações, de forma a verificar as melhores maneiras de captação dos ventos dominantes e ações solares (BUSTOS ROMERO,2000). Por isso, um dos pontos abordados na busca do conforto térmico é a orientação adequada para captação dos ventos locais, a disposição e o tamanho das aberturas, aspectos comumente considerados para se analisar a ventilação natural devida à ação do vento em edifícios (OLGYAY, 2002). Visto que o aproveitamento da ventilação natural pelos edifícios é de suma importância em clima quente e úmido moderado, presente na maior parte do litoral do nordeste do Brasil (LAMBERT; DUTRA; PEREIRA, 1997. p. 106), o conhecimento de seu comportamento é de fundamental interesse para o projeto do sistema de aberturas de ventilação.

Segundo Resende (2011), a utilização de isolamentos térmicos para climatização de edifícios é vantajosa, pois reduz a carga térmica e aumenta o rendimento térmico da energia empregada. No entanto, o investimento requer custos elevados e grande parte da população não possui condições financeiras para aplicação. Todavia, em várias universidades públicas estão ocorrendo pesquisas com matérias recicláveis de baixa condutividade para construção de paredes e revestimentos que possam proporcionar melhores condições térmicas (SOUSA, 2012).

Mediante o aumento significativo de construções que atendem à população menos favorecida da sociedade, há a necessidade de realizar uma explanação sobre o déficit residencial no país.

O Brasil vem apresentando, nas últimas décadas, grandes transformações no aspecto habitacional. Esta tendência pressionou os maiores centros urbanos, ocasionando a expansão das grandes metrópoles em direção à periferia. O crescimento desordenado provocou o processo de favelização e trouxe graves problemas urbanos.

Dados do Censo comprovam tal crescimento: em 1970 havia 17.629 mil domicílios para uma população brasileira de 93.135 mil habitantes, representando 5,28 habitante/domicílio. Conforme o Censo 2010 o Brasil tem

um total de 56.541 mil domicílios para uma população de 190.732 mil habitantes, ao que corresponde uma média de 3,37 hab./dom. (CAIXA, 2011). Portanto, mais pessoas passaram a ter acesso a moradia.

Na tentativa de garantir melhores condições de moradia à população com baixa renda, um direito constitucional (Constituição do Brasil -1988 – artigo 5º, §§2º e 3º), o governo federal vem desenvolvendo projetos de habitações populares, como os Programas de Aceleração do Crescimento (PAC), por exemplo, Minha Casa Minha Vida.

Ações fortalecidas mediante o Pacto Internacional de Direitos Civis e Políticos da ONU, em 6 de julho de 1992, em seu artigo 11, prevêm a obrigação do Estado de proteger e promover o direito à moradia digna:

Os Estados-partes no presente Pacto reconhecem o direito de toda pessoa a um nível de vida adequado para si próprio e sua família, inclusive à alimentação, vestimenta e moradia adequadas, assim como a uma melhoria contínua de suas condições de vida. Os Estados-partes tomarão medidas apropriadas para assegurar a consecução desse direito, reconhecendo nesse sentido, a importância essencial da cooperação internacional fundada no livre consentimento (Art. 11. 1.).

As mudanças na dinâmica do mercado imobiliário das cidades surgem devido às alterações na disponibilidade de estoque de moradias. A oferta residencial está diretamente relacionada à quantidade de imóveis existentes em curto prazo. As características dos imóveis ofertados precisam ser compatíveis com as exigências de cada segmento do mercado para que haja equilíbrio entre preços e demanda (SILVA; *et al*, 2012).

Esse mercado é composto por iniciativas privadas independentes, mas principalmente, associadas a programas de governo que produzem as unidades residenciais. As políticas públicas habitacionais são fundamentais para facilitar o acesso à moradia, visto que o custo elevado de produção, aliado ao alto preço da terra urbana dificulta a conquista de um domicílio digno e seguro para a população de menor renda. Principalmente no segmento que atende às famílias que enfrentam dificuldades para arcar com os custos de financiamento imobiliário em condições de mercado (CAIXA, 2011).

O conceito de habitação apropriada, digna, segura e confortável pode ser diferenciado em cada região. Considerando-se o desejo de uma família ou indivíduo possuir um imóvel próprio. No entanto, este desejo acaba resultando

em decepção ao deparar-se com as condições da moradia após a entrega.

São constantes as reclamações e modificações nos projetos arquitetônicos após a entrega das residências populares. Tais eventos levantam a hipótese de que muitos projetos de cunho social giram no entorno de dois grandes fatores: recursos econômicos e tempo de execução, deixando de considerar o conforto ambiental e, particularmente o “conforto térmico”, de fundamental importância para quem irá habitar a residência.

Sabe-se que o desconforto térmico pode proporcionar baixo desempenho no trabalho além de sintomas indesejáveis, dependendo do nível de intensidade do calor e da sensibilidade da pessoa, como dor de cabeça, cansaço, etc. Ao contrário, o conforto térmico pré-dispõe o homem a um maior desempenho nas tarefas, mercê da satisfação com o ambiente. Tal satisfação é função das variáveis pessoais: metabolismo e resistência térmica; e das variáveis climáticas: temperatura de bulbo seco, umidade e velocidade do ar, além da temperatura radiante média. Por sua vez, esse conjunto de variáveis depende do material da envoltória, da cor, bem como da orientação da edificação, que tem grande influência na radiação solar recebida e no aproveitamento do vento.

Os projetos em análise do programa Minha Casa Minha Vida atendem a uma classe sem muitos recursos, impossibilitada de investir em equipamentos que possam climatizar as residências, além do reflexo que tal investimento poderá espelhar na economia da família e na sociedade devido o seu consumo energético.

Diante de tal afirmação, para adquirir conhecimentos que permitam minimizar o possível desconforto térmico nas habitações populares de interesse social, questiona-se: Como os parâmetros que influenciam no conforto térmico podem determinar se o ambiente é confortável e qual a relação entre tais parâmetros e o respectivos níveis de conforto?

1.1 JUSTIFICATIVA

O conforto térmico tem grande parcela de contribuição no conforto ambiental, ou seja, influi diretamente no desempenho profissional e, também, na saúde das pessoas. As condições térmicas sob as quais é submetida uma pessoa dentro de uma edificação pode exercer grande influência sobre o

comportamento, as reações, os estados físico e psíquico (COUTINHO, 2005), haja vista que nela a pessoa passa grande parte do seu tempo.

O estado de saúde do ser humano depende de diversos cenários, sendo a habitação o espaço mais vulnerável e sensível à saúde (COHEN,2010). Assim, visto o ambiente como fator determinante da saúde, é este o local que deve favorecer o cumprimento das funções biológicas e sociais, proporcionando boa qualidade de vida.

Nerbas e Kuhn (2010), ressaltam que as soluções projetuais adotadas e os materiais nas edificações empregados, são determinantes para a saúde e conforto de seus usuários.

Os arquitetos têm como meta projetar ambientes que permitam ao seu usuário condições de conforto para realização de qualquer atividade. Portanto, projetar residências em que seus futuros moradores possam trabalhar adequadamente e descansar, deve ser um dos principais objetivos.

Para Kuhn (2006), deve-se considerar de grande importância a realização de pesquisas relacionadas ao desempenho das edificações, o que deve abranger as habitações de interesse social, visto que, o desenvolvimento de tal ação para esse tipo de edificação permite a adoção de melhorias que podem ter efeito multiplicador.

Atualmente, o aumento de projetos residenciais para atender o déficit habitacional no país tem preocupado quanto à qualidade dos projetos. A busca por lucro em curto tempo para atender à demanda, tornou-se um dos principais fatores no forte engajamento de várias construtoras em projetos governamentais, surgindo construções em série, resultantes de projetos que desconsideram as características locais e perfis dos moradores. Além disso, o bem estar dos moradores não é levado em consideração na elaboração desses projetos, pois a maioria das construtoras priorizam a economia e a rapidez na execução.

Após a entrega dessas residências tem-se constatado um alto índice de modificações estruturais e de revestimentos devido à fatores projetuais, como dimensionamento da edificação, dos seus ambientes e das aberturas, além da má qualidade dos materiais construtivos e de revestimentos, que resultam em desconforto térmico no interior das habitações (AZEVEDO, 2004).

Soluções projetuais identificadas para a melhoria do conforto ambiental dessas edificações podem ser reproduzidas em diversas unidades, resultando em benefícios em grande escala.

Portanto, de maneira mais abrangente, visando a melhoria da qualidade dos conjuntos habitacionais produzidos e, a consequente melhoria da condição de habitabilidade proporcionada por estes aos seus moradores, considera-se de grande importância a realização de estudos que analisem as condições de conforto ambiental encontradas no interior das edificações de interesse social.

Assim, de maneira mais específica, é possível considerar a influência positiva que ambientes termicamente confortáveis proporcionam para o desenvolvimento de qualquer tipo de atividade, seja ela de trabalho ou descanso. Todavia, as populações de baixo poder aquisitivo não possuem condições para a aquisição de equipamentos que amenizem as condições térmicas ou para realização de modificações nas construções, de forma que seja alcançado um bom índice de conforto térmico no interior das residências. Por isso, é indiscutível a necessidade da realização de estudos a respeito das condições de moradia a que está sendo exposta essa classe social.

Como modificar essa realidade? Buscar medidas que priorizem condições térmicas mais amenas ainda durante a elaboração dos projetos; e depois, durante a fase construtiva, exercer fiscalização sobre a efetiva aplicação dos materiais previstos nos projetos, bem como a perfeita execução da obra. Para a academia tal pesquisa torna-se de grande valia ao analisar os parâmetros de conforto térmico em habitações populares e colher subsídios que poderão ser fornecidos às autoridades responsáveis pelos programas habitacionais. Na revisão de literatura constatou-se a escassez de trabalhos que abordam a influência relativa das variáveis climáticas e pessoais no conforto térmico em habitações populares. Separadamente, acredita-se que os temas são relevantes ao definirem seus conceitos e características. Para analisar essas questões, dispôs-se de um conjunto habitacional financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida, realizado pela Secretaria Municipal de Habitação Social de João Pessoa (SEM HAB).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Analisar parâmetros de conforto térmico em habitações populares de um conjunto em João Pessoa/PB e a relação desses parâmetros nos índices de conforto PMV e PPD.

1.2.2 Específicos

- Levantar informações detalhadas sobre projeto arquitetônico do conjunto habitacional escolhido para pesquisa.
- Caracterizar as condições climáticas na região das habitações durante intervalos do inverno e do verão.
- Caracterizar as condições termoambientais de moradores das habitações pesquisadas.
- Analisar a relação dos parâmetros de conforto térmico em habitações populares nos índices PMV e PPD.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para facilitar o entendimento quanto à disposição das idéias ao longo da pesquisa, a mesma foi dividida nos itens que segue:

1.3.1 Introdução

Consistirá na abordagem preliminar que leva à explanação do trabalho a ser realizado contendo a delimitação do tema, a problemática, as justificativas e os objetivos.

1.3.2 Referencial Teórico

Consistirá da revisão da literatura quanto as habitações populares, estratégias bioclimáticas e o conforto térmico, descrevendo seus conceitos, fatores determinantes, tipos, influências, demandas.

1.3.3 Metodologia

Consistirá da aplicação de métodos para avaliar termicamente as residências escolhidas para análise, no intuito de obter os dados das variáveis pessoais e climáticas.

1.3.4 Resultados e Discussões

Consistirá da discussão dos resultados obtidos após a aplicação dos métodos de avaliação, seguido por discussões quanto à situação térmica obtidas nos dados.

Por fim, constam as Considerações Finais obtidas a partir das análises apresentadas nos Resultados e Discussões, finalizando com a apresentação das Referências utilizadas como embasamentos para o desenvolvimento do trabalho.

2 REFERENCIAL TÉORICO

O presente capítulo se propõe a explicar teoricamente os assuntos que envolvem a pesquisa. Inicialmente fará uma explicação sobre o objeto de estudo ao esclarecer as definições de habitações populares, seguido pelo comportamento termicamente com o esclarecer dos mecanismos de transmissão de calor e massa de aplicação geral, posteriormente aponta estratégias utilizadas para amenizar as condições climáticas nos ambientes. Uma apresentação do local de pesquisa quanto às condições climáticas da cidade, João Pessoa, e informações do conjunto habitacional selecionado, Anayde Beiriz. Em seguida, uma abordagem do conforto térmico mediante seus conceitos e a aplicação daqueles mecanismos à pessoa conforme a norma ISO 7730/2005. Por fim, apresentação dos índices de conforto utilizados para avaliar o conforto térmico nas habitações populares escolhidas.

2.1 HABITAÇÕES POPULARES

A habitação é um espaço para morar e exercer uma série de atividades humanas, diferenciada do espaço externo. É um ambiente que agrega diversas atividades que exigem movimentações e esforço, denominadas atividades domésticas, e também destinado ao repouso (MARROQUIM, 2007).

O termo habitação popular, refere-se nessa pesquisa, unicamente à habitação adequada de padrão popular com base nos parâmetros definido no Habitat, Agência das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (anexo I). Na conceituação das abordagens da gestão habitacional, Abiko (1995) defende que “a habitação popular não deve ser entendida meramente como um produto e sim como um processo, com uma dimensão física, mas também como resultado de um processo complexo de produção com determinantes políticos, sociais, econômicos, jurídicos, ecológicos, tecnológicos”.

Além da denominação genérica habitação popular, atendo-se ao significado abordado neste texto - a habitação adequada de padrão popular - pode-se deparar com outras denominações, tais como: habitação de interesse social, habitação social e habitação para população de baixa renda.

Esta definição varia entre as bibliografias e estudos existentes (CAVENAGHI; AMADEO, 2008). Assim, define-se para este estudo que habitação popular no Brasil é aquela destinada à população com renda familiar

média mensal até 3 salários mínimos. Esta é a mesma definição que, segundo Cardoso (1999), o Poder Público adota em alguns de seus programas neste segmento habitacional (VERONEZIL; LIMA, 2007).

Das definições coletadas nesta etapa de revisão bibliográfica, pode-se concluir os seguintes requisitos básicos que caracterizam a Habitação de Interesse social:

- é financiada pelo poder público, mas não necessariamente produzida pelos governos, podendo a sua produção ser assumida por empresas, associações e outras formas instituídas de atendimento à moradia;

- é destinada sobretudo a faixas de baixa renda que são objeto de ações inclusivas, notadamente as faixas até 3 salários mínimos;

- embora o interesse social da habitação se manifeste sobretudo em relação ao aspecto de inclusão das populações de menor renda, pode também manifestar-se em relação a outros aspectos, como situações de risco, preservação ambiental ou cultural;

Atualmente, segundo Franco (2012), o Brasil possui um déficit habitacional próximo a 8 milhões de moradias, o que equivale a 15% do total (954,8 milhões) de unidades existentes no território nacional. Além de afirmar que a maior demanda (83% do total) por habitação concentra-se entre as famílias com renda inferior a dois salários mínimos e, apresenta uma projeção para o ano 2050, segundo a qual o país apresentará um déficit de 30 milhões de moradias. De acordo com Freitas (2007), as crises geradas pela falta de habitação nas cidades brasileiras são de difíceis soluções devido ao fato do assunto abranger fatores de ordem social, política e tecnológica.

A impossibilidade de obter sua própria moradia vem sendo derrubada pela possibilidade de participar, mesmo com pouca renda, de programas governamentais que facilitam a aquisição do imóvel. O programa também busca atender a população que mora em áreas de risco, as APP (Áreas de Proteção Permanente), locais propícios a enchentes, deslizamentos.

Segundo Palermo *et. al.* (2007), tendo como principal missão a redução do déficit de moradias no país, a política pública habitacional brasileira, restringe o assunto, na maior parte das vezes, a um olhar quantitativo, reduzindo o problema habitacional a uma questão numérica, de forma que os aspectos sociais relacionados ao assunto sejam desconsiderados.

Tal afirmação é recorrente em Nerbas e Kuhn (2010), ao afirmarem que as soluções adotadas no âmbito governamental visam a diminuição da defasagem de acesso a casa própria, porém diversas outras questões surgem desse processo. O processo de planejamento busca solucionar problemas quantitativos de acesso, refletindo isso, na necessidade de diminuição de custos do processo de implantação desses empreendimentos. Assim, na maioria das vezes são adotados padrões construtivos que gerem economia de recursos e gerenciamento de procedimentos padrões.

Assim, acordo com Palermo *et. al.* (2007), visando a citada redução de custos de forma que as unidades construídas possam ser adquiridas por pessoas de baixa renda, ocorre a redução dimensional ou qualitativa e padronização excessiva das edificações, sendo condicionantes ambientais da região de implantação das mesmas e, a necessidades de seus futuros usuários, itens ignorados na realização dos empreendimentos. Como resultado, tem-se a massificação dos padrões construtivos das habitações destinadas à população de baixa renda e, pelo lado da política habitacional, a proliferação dos conjuntos habitacionais de baixa renda com soluções de qualidade plástica duvidosa e espaços minúsculos, dispostos em edificações tecnicamente mal concebidas, além de mal executadas.

A repetição de conjuntos habitacionais em séries de casas populares iguais, em lotes isolados, ou em idênticos edifícios de apartamentos, para as moradias de interesse social brasileiras, reproduz políticas e programas governamentais defasados, indiferentes à qualidade projetual, os quais afetam negativamente a qualidade de vida proporcionada pelo ambiente construído (...). ROSA (2008, p.02).

Menezes (2006) assegura que se levados em conta aspectos sociais e humanos, as habitações devem ser construídas de maneira que possam oferecer condições de conforto aos seus usuários.

De acordo com Vagheti *et. al.* (2010, p.02)

Construir com qualidade e eficiência significa adaptar os melhores materiais e as melhores tecnologias dentro de um padrão técnico aceitável, buscando alternativas que viabilizem a execução da obra em um prazo mínimo a custo mínimo.VAGHETTI (2010, p.02).

Porém, os autores afirmam que todo o esforço em busca da qualidade

e eficiência apenas será válido se a construção atingir sua real função de abrigar seus moradores com adequado nível de conforto térmico, devendo o projetista lidar com três ingredientes considerados básicos na arquitetura: o clima, a edificação e as pessoas que a ocupam. Ainda como um trabalho mais desafiador é a realização de um projeto de uma edificação voltada para uma camada da população que tem muitas carências básicas (como alimentação, vestuários, escolaridade, etc.) e de fatores de entorno (como infra-estrutura básica de água, esgoto e energia elétrica).

A inadequação do projeto às características climáticas locais afeta diretamente o desempenho térmico da edificação, podendo levar à utilização intensa de equipamentos mecânicos de refrigeração e sistemas artificiais de iluminação para garantir o conforto dos usuários, resultando, por conseguinte, no consumo de energia elevado. Em vista disso, as classes com menor recurso financeiro ficam prejudicadas.

Sabendo que o desempenho térmico de uma edificação está diretamente associado às condições climáticas do ambiente onde ela se insere, um mesmo sistema construtivo quando utilizado em condições climáticas diferentes apresentará desempenho térmico distinto. Portanto, a descon sideração das condições climáticas locais, pode ocasionar além de patologias construtivas, o alto consumo de energia elétrica, provocando, em alguns casos, o comprometimento da saúde física e psicológica dos moradores (SPANNENBERG, 2006).

O conforto térmico é um dos requisitos básicos para que os ambientes apresentem o melhor nível de habitabilidade. Sua importância relaciona-se não só à sensação de conforto dos seus usuários, como também ao seu desempenho no trabalho e à sua saúde. Sendo assim, enquanto para a população de classe média e alta a qualidade térmica insatisfatória das edificações significa aumento de consumo energético com climatização artificial, para a população de menor poder aquisitivo a inadequação térmica das habitações significa desconforto térmico (DUMKE, 2002).

No Brasil, observa-se a existência de órgãos nacionais que, através de filiais em toda a federação procuram agir de forma a diminuir o déficit habitacional, seja através de crédito ou da construção de habitações populares. Por decorrência da centralização das decisões, desencadeou-se uma

padronização das soluções, aplicando-se indiscriminadamente alguns sistemas construtivos em todas as diferentes regiões do país, e ao desconsiderar as peculiaridades climáticas locais têm resultado construções que não atendem às necessidades de conforto térmico de seus usuários.

Desta maneira tem sido clara a pouca relevância dada às especificidades climáticas, durante a etapa de projeto e a utilização de procedimentos construtivos com base em critérios apenas econômicos utilizados em todo o país, não atendendo aos padrões ambientais determinados pela diversidade climática do lugar onde são implantados os edifícios (KRUGER, 2003).

Este fato pode ser observado nos próprios programas habitacionais difundidos no Brasil. Os mesmos são implementados dentro de todo o território nacional de maneira padronizada, não se respeitando as peculiaridades locais. Assim, uma mesma tipologia construtiva é adotada indistintamente, resultando em construções de baixa qualidade construtiva, e que não atendem às necessidades dos seus usuários, especialmente no que diz respeito à ergonomia e particularmente ao conforto térmico.

No processo de construção de moradias para a população de baixa renda, diversos aspectos devem ser considerados, começando pela escolha do local para a construção, passando pela fase da construção até a avaliação pós-ocupação (CAVENAGHI; AMADEO, 2008). Neste sentido, a avaliação da qualidade térmica e ergonômica destas edificações assume grande importância, dado que, como foi dito, uma mesma tipologia de projeto é muitas vezes adotada em regiões de diferentes características climáticas, desconsiderando os impactos ambientais, sociais e econômicos resultantes deste processo.

A Caixa Econômica criou o Selo Azul Caixa, um instrumento de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais, que busca reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas ao projeto, à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno, promovendo a conscientização de empreendedores e moradores sobre as vantagens das construções sustentáveis (CAIXA, 2011).

Os critérios avaliados são vinculados aos seguintes temas: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais (apêndice I).

2.2 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

A Concepção Bioclimática de Edifícios, pode ser definida como a concepção de um edifício tendo em conta a análise do contexto climático e urbano em que este se insere, promovendo conseqüentemente uma melhoria das condições de conforto e a minimização do consumo de energia convencional. Este tipo de concepção, é então um instrumento que permite manter a viabilidade de um “equilíbrio saudável” na construção, racionalizando tanto os recursos utilizados como os resíduos produzidos (FIGUEIREDO, 2007).

OLGYAY (1973) criou a expressão Projeto Bioclimático, que visa à adequação da arquitetura ao clima local.

A importância da utilização dos princípios bioclimáticos na concepção e construção dos espaços se deve ao alcance da inter-relação entre os seguintes aspectos (FERREIRA, 2004):

- a) A dimensão humana e suas necessidades físico-biológicas associadas ao conforto;
- b) A dimensão ecológica com a utilização de sistemas passivos de energia obtidos a partir o potencial climático e ambiental local;
- c) A dimensão econômica com a redução de recursos financeiros e de consumo de energia, principalmente elétrica;
- d) A dimensão cultural com a preservação de padrões arquitetônicos locais, reforçando e promovendo a identidade arquitetônica regional e nacional;
- e) A dimensão espacial a partir de uma arquitetura planejada para interagir com a natureza e promover conjuntos urbano-arquitetônico mais equilibrados espacial e ambientalmente;
- f) A dimensão tecnológica com o desenvolvimento de novas técnicas, sistemas passivos, materiais e componentes arquitetônicos.

O conhecimento das características climáticas da região e das condições de conforto a serem atingidas no interior da edificação é subsídio indispensável para a definição do projeto que mais se adapte às

particularidades do clima local, com a adoção de medidas passivas, ou seja, da arquitetura bioclimática (DUMKE, 2002).

Para a produção de uma arquitetura adequada ao clima, partindo do conhecimento das necessidades humanas relativas ao conforto térmico, pode ser adotado o seguinte encaminhamento:

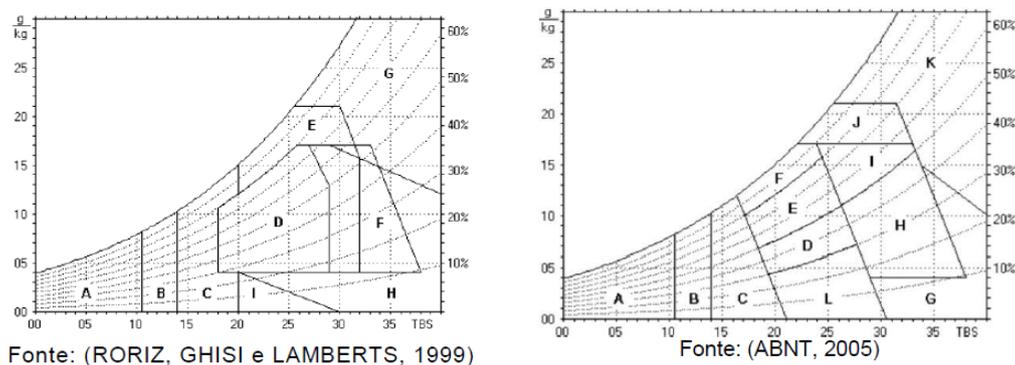
- Conhecimento do clima local, principalmente em termos das variáveis de que é função o conforto térmico (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e ventos);
- Escolha dos dados climáticos para o projeto do ambiente térmico;
- Adoção de partido arquitetônico cujas características sejam adequadas ao clima e às funções do edifício;
- Então, tomadas as decisões de projeto que digam respeito às suas especificidades, é necessário que seja efetuada uma avaliação quantitativa do desempenho térmico que o edifício poderá ter.

2.2.1 Carta Bioclimática de Givoni

Givoni propôs uma nova carta baseada no Índice de Stress Térmico, que descreve os mecanismos de troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente. A Carta Bioclimática de Givoni (figura 6) sofreu mudanças significativas quando foi observado que pessoas que viviam em regiões quentes e úmidas se sentiam confortáveis com valores superiores à zona definida pelos padrões de conforto da ASHRAE (POUEY, 2011).

Apesar de ser um dos métodos selecionados pela norma NBR 15.220 (ABNT, 2005), a carta desenvolvida por Givoni foi adaptada para melhor traduzir a realidade brasileira. Pode-se observar na figura 1, a carta adaptada para norma a partir da carta de Givoni.

Figura 1 - Cartas bioclimáticas de Givoni e da ABNT, respectivamente.



Fonte: POUHEY, 2011

Enquanto a carta de Givoni determina nove estratégias bioclimáticas, a carta da norma determina onze estratégias, por apresentar mais duas zonas de conforto. Assim, as zonas constantes na Carta Bioclimática da NBR 15220/2005 são as seguintes: A - Zona de aquecimento artificial; B - Zona de aquecimento solar de edificação; C - Zona de massa térmica para aquecimento; D - Zona de conforto térmico (baixa umidade); E - Zona de conforto térmico; F - Zona de desumidificação (renovação do ar); G+H - Zona de resfriamento evaporativo; H+I - Zona de massa térmica de refrigeração; I+J - Zona de ventilação; K - Zona de refrigeração artificial; L - Zona de umidificação do ar térmico (RORIZ, GHISI e LAMBERTS, 1999).

Dentre as onze zonas da carta bioclimática, duas são relativas a conforto térmico (D - Zona de conforto térmico; E - Zona de conforto térmico) e duas são relativas a condicionamento ativo (A - Zona de aquecimento artificial e K - Zona de refrigeração artificial). As demais estratégias devem ser utilizadas ainda na fase de projeto: massa térmica para aquecimento e massa térmica de refrigeração; resfriamento evaporativo; ventilação e umidificação do ar.

O clima local deve ser entendido como importante condicionante na elaboração e avaliação de projetos arquitetônicos e urbanos. Conhecer o clima da região aumenta a probabilidade de tornar o ambiente mais confortável. Ele é determinado por alguns parâmetros, que são: radiação solar, umidade, temperatura, ventos, que variam com as estações do ano (KRÜGER; LIMA, 2005).

- **Radiação solar**

A radiação solar são ondas eletromagnéticas com baixo comprimento de onda. É direta, quando atinge diretamente a terra, e difusa, quando uma parcela sofre um espalhamento pelas nuvens e pelas partículas da atmosfera, sendo refletida na abóbada celeste e nas nuvens e re-irradiada para a terra.

As quatro diferentes estações do ano são determinadas pelo movimento de translação da Terra ao redor do Sol.

Quadro 1 - Datas de início das estações do ano para o hemisfério sul.

Data	Denominação
21 de março	Equinócio de outono
21 de setembro	Equinócio de primavera
21 de junho	Solstício de inverno
21 de dezembro	Solstício de verão

Fonte: Arquivo pessoal, 2014

As regiões que mais recebem a radiação solar localizam-se entre os trópicos de Câncer, no hemisfério Norte; e Capricórnio, no hemisfério Sul, determinando os solstícios de verão e inverno (CORBELLA;YANNAS, 2009). É nesta faixa e neste período, em cinza, que serão coletadas as informações para a pesquisa (quadro 1).

- **Temperatura do ar**

Esta temperatura do ar não é consequência da ação direta dos raios do sol. O processo ocorre indiretamente, a radiação solar atinge o solo, que absorve uma parte e reflete outra, sendo a parte absorvida transformada em calor o qual é transferido ao ar por convecção, portanto, aquecendo-o. A temperatura do ar é, por conseguinte o resultado, dos seguintes fatores (BRAGER; DEAR, 1998):

- A radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora;
- A condutividade e a capacidade térmica do solo que determinam a transmissão de calor por condução;
- As perdas por evaporação, convecção e radiação.

Pode-se conhecer o comportamento da temperatura do ar em um local a partir das normais climatológicas. Elas fornecem temperaturas máximas e

mínimas cuja diferença, em um período de tempo, é conhecida como amplitude térmica. A amplitude depende da umidade do ar: quando o ar está mais úmido, a amplitude é pequena, quando o ar está mais seco, a variação da temperatura pode ser alta (PIVETTA, 2013).

- **Umidade do ar**

É regulada pela vegetação e pelo ciclo hídrico. O regime de chuvas, aliado a fontes de lagos, rios e mares regula a umidade através da evaporação enquanto a vegetação atua na umidade do ar através da evapotranspiração.

No ambiente urbano, a ocupação e pavimentação excessiva provoca uma carência da vegetação que acarreta uma redução da umidade do ar. Esta, por sua vez, pode alterar o regime de chuvas da cidade e sua cobertura de nuvens.

Se a umidade influencia na amplitude térmica, a temperatura influi na quantidade de vapor de água que o ar pode conter. Quanto maior a temperatura, maior a quantidade de vapor de água por metro cúbico de ar (PIVETTA, 2013).

- **Vento**

É movimento natural do ar, influenciado pela altitude, pela topografia e pela rugosidade do solo. Regiões de topografia acidentada desviam o vento, alterando sua direção e velocidade, ou podem canalizá-lo, aumentando então sua velocidade. Sua fluidez permite que sua trajetória seja comparada à trajetória das águas pluviais. Uma das principais causas da distribuição dos ventos no globo é o desequilíbrio de radiação entre as latitudes baixas e altas.

A dinâmica dos ventos em uma escala menor, aplicada às edificações da cidade também desvia, distribui ou canalizam os ventos urbanos. A ocupação das cidades deve então avançar atentando para as principais direções do vento na região e para os benefícios que se pode obter aproveitando ou evitando estes ventos. Em climas quentes e úmidos, a ação dos ventos na cidade é benéfica para promover condições térmicas mais amenas. É também desejável evitar ilhas de calor e facilitar a dispersão da poluição térmica do ar. No último caso, deve-se observar a direção do vento para que ele não leve a poluição gerada por um distrito industrial, por exemplo,

para o centro da cidade (LAMBERTS; XAVIER; GOULART; VECCHI, 2014).

A produção de abrigos humanos é a síntese de um conjunto de complexas condicionantes arquitetônicas. O grau de influência exercida pelos parâmetros climáticos nos edifícios varia de acordo com cada cultura, dependendo dos rigores de cada região climática, da tecnologia disponível e das características socioculturais da população envolvida. (LEÃO, 2006; PERROTTA, 2011)

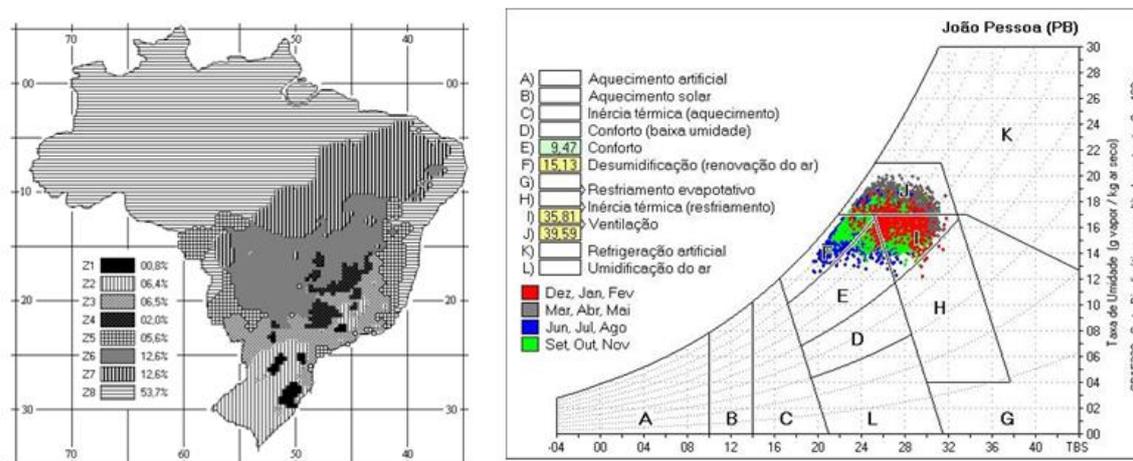
A forma urbana modifica o comportamento das variáveis climáticas alterando as condições térmicas nos recintos urbanos e nas edificações que compõem o seu entorno. Cabe, portanto, à arquitetura, entre outros aspectos a se considerar no projeto, neutralizar as condições climáticas desfavoráveis e potencializar as favoráveis, dando a máxima satisfação possível às exigências humanas sobre o conforto térmico com base nos princípios do condicionamento natural (HERTZ, 1998).

Em climas quentes e úmidos, as flutuações diárias e sazonais da temperatura do ar são pequenas e o nível de umidade são geralmente altos. O céu típico é parcialmente nublado, produzindo uma quantidade de radiação difusa e intensa luminosidade. Nestas regiões, em via de regra, as edificações devem evitar ganhos de calor proveniente da radiação solar enquanto dissipam o calor produzido internamente (CÂNDIDO; BITTENCOURT; BATISTA, 2003).

2.3 CONDIÇÕES BIOCLIMÁTICAS DE JOÃO PESSOA

João Pessoa, segundo a Norma de Desempenho Térmico, pertence a Zona Bioclimática Z8 (figura 2). Suas condições climáticas podem ser visualizadas pela respectiva carta bioclimática constante na figura 2. A mesma norma detalha as estratégias de condicionamento térmico para zona (quadro 2).

Figura 2 - Zoneamento Bioclimático brasileiro e Carta Bioclimática de João Pessoa.



Fonte: Norma de desempenho e (Oliveira 2013)

Quadro 2 - Detalhamento das zonas da carta bioclimática.

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

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

Fonte: Norma de Projeto 02:135.07-003.

João Pessoa está localizado no litoral paraibano e inserida na mesorregião da mata paraibana (AESA, 2009). O clima predominante da cidade é tropical úmido, a partir da classificação de Köppene Geiger. Com latitude de 7,11° Sul e longitude de 34,86° Oeste, a cidade está situada a 40 m acima do nível do mar. Com 211 km² de área, sua densidade demográfica resulta em 3.655,19 hab./km² (IBGE, 2013).

As chuvas ocorrem no período de "outono e inverno" e durante todo o resto do ano o clima se caracteriza por muita radiação solar. A denominação mais usual para o clima da cidade é o de tropical úmido. O excesso de calor e a umidade relativa do ar, alta o ano todo, torna o clima desconfortável para trabalho e produção (EMBRAPA, 2011).

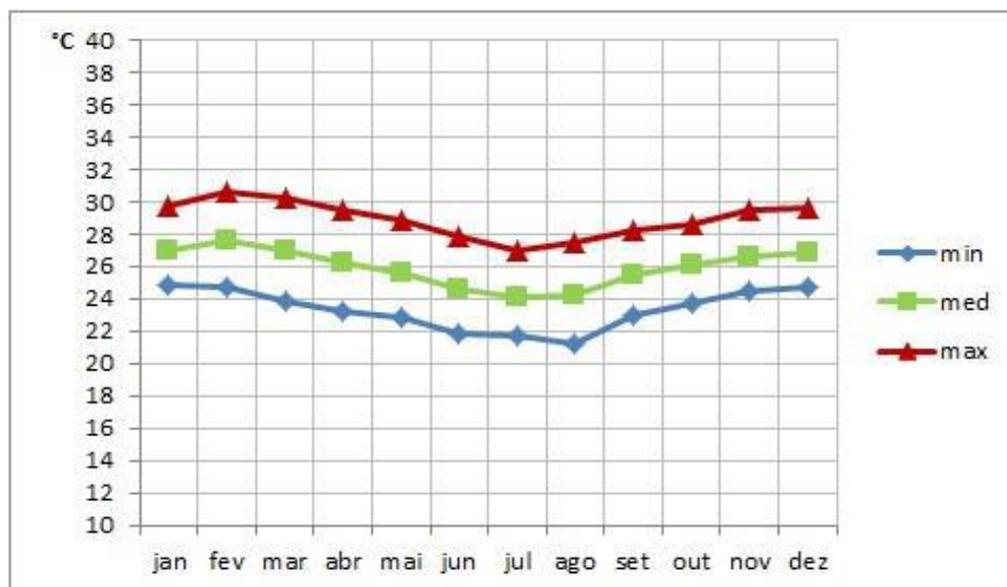
O comportamento das variáveis observadas, a partir de dados horários do Ano Típico de João Pessoa – 2008 (O ano de 2008 foi determinado por metodologia de TRY - O Ano Climático de Referência, ou 'Test Reference Year' (TRY), constitui-se de um arquivo com dados climáticos horários de um ano típico usado por 'softwares' de simulação de desempenho. No caso, representando uma série de dados de um período de 10 anos (2001-2010) desenvolvidos pelo grupo da ANTAC e publicados no site do LABEEE-UFSC).

A temperatura média anual naquele ano foi de 26,02 °C, com mínima de 23,39 °C e máxima de 28,98 °C. A umidade média anual foi de 76,51% e o nível pluviométrico anual foi de 2.142,40 mm. Os meses mais chuvosos foram os meses de maio e junho e os mais secos foram os de novembro e fevereiro.

(OLIVEIRA, 2013)

A temperatura de bulbo seco (figura 3) apresentou médias mensais entre 24°C e 28°C. As mínimas ocorreram entre os meses de junho, julho e agosto, chegando a 21°C. As médias mensais das temperaturas máximas ocorreram entre 27°C e 31°C, sendo fevereiro o mês mais quente (OLIVEIRA, 2013).

Figura 3 - Temperatura de bulbo seco de João Pessoa.



Fonte: Oliveira, 2013.

Na rosa dos ventos, gerada para o município de João Pessoa (figura 4), observa-se que a maior frequência dos ventos é proveniente da direção sudeste, com ângulo de aproximadamente 135°, em relação ao norte. A velocidade predominante variou entre 2,1 e 3,6 m/s (OLIVEIRA, 2013).

importante para que a mesma seja exercida com total eficiência e que proporcione ao indivíduo o seu bem estar (MÁSCULO; VIDAL, 2011).

A residência possui diversos ambientes que devem apresentar condições mínimas para realização das atividades. Os projetos arquitetônicos tendem a diversificar os programas de necessidades, visto que muitas passaram a ser utilizadas como extensão do trabalho (ZHONGPING; SHIMING, 2006). Os projetos de habitação popular buscam atender o programa de necessidade básico (sala, cozinha, quartos, serviço e banheiro) propondo áreas mínimas com maior flexibilidade financeira, esquecendo do principal: a funcionalidade.

A residência é apontada como local de descanso, os projetos privilegiam principalmente o setor íntimo - os quartos. No entanto, há um setor que requer bastante atenção quando se trata de atividade: o setor de serviço, com ênfase na cozinha. Neste ambiente trabalha-se com altas temperaturas, vários equipamentos que transmitem calor e constante movimentação.

As altas cargas internas de resfriamento de uma cozinha residencial dificultam a obtenção de níveis aceitáveis de conforto térmico. O calor gerado por uma pessoa quando está cozinhando e por equipamentos tais como a geladeira, o forno e o fogão, acumula-se na cozinha elevando consideravelmente a sua temperatura.

Dificuldades adicionais surgem quando a cozinha está localizada em um ambiente de clima quente e úmido, devido às altas concentrações de umidade e altas temperaturas próprias dessas condições climáticas. Uma vez que a troca de calor depende da diferença de temperaturas, nestes climas existe uma grande dificuldade para perder essa energia devido ao pequeno diferencial térmico entre o exterior e o interior dos espaços. Adicionalmente, as altas concentrações de umidade diminuem a capacidade do corpo humano de liberar calor da evaporação do suor. O suor acumulado na pele e a alta temperatura do ar fazem com que o estado de ânimo das pessoas seja alterado e sua disposição para realizar atividades diminua (TRUJILLO; ARROYAVE, 2006).

Buscar a qualificação ambiental de cozinhas residenciais, levando em conta a condição climática quente e úmida e a necessidade de higiene e conforto das pessoas, e incorporar soluções, torna-se ainda mais relevante

quando se consideram populações de baixa renda.

A questão do dimensionamento mínimo ou da determinação do espaço mínimo necessário para o usuário desempenhar adequadamente as atividades no interior da habitação, vem sendo discutido desde os primeiros debates sobre habitação e sua inserção urbana nos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna – CIAMs19.

É em meio a uma série de problemas decorrentes do crescimento das cidades - superpopulação, precárias condições de higiene, habitações que ocupavam todo o lote prejudicando as condições de conforto ambiental, no que tange aos aspectos de ventilação e iluminação - que a idéia de habitação mínima passa a ser pensada associada ao comportamento humano. Desse modo, a produção habitacional agregou aspectos tanto racionais, no processo produtivo, quanto funcionais, na otimização dos espaços, elementos e equipamentos destinados às atividades domésticas(PRIANTO; DEPECKER, 2003).

Atualmente, a habitação tem passado por transformações no que se refere ao dimensionamento de seus ambientes. Há um contraste agudo entre o aumento na demanda habitacional e a redução dimensional dos imóveis, de modo que em prol de uma maior racionalidade na construção dos mesmos - por parte das construtoras - imprime-se menor qualidade dimensional na habitação (economiza-se no material e reduz-se a área construtiva) (PORANGABA, 2011).

Morar demanda certa quantidade de espaço, não apenas para a passagem humana como também para a inserção de um conjunto de acessórios (móveis, equipamentos e objetos decorativos) que se inter-relacionam com atividades desempenhadas no interior da habitação (MALARD et al, 2002). Nesse sentido, o dimensionamento mínimo dos ambientes assume expressiva relevância no projeto arquitetônico, que deve prever as interações entre atividade humana, mobiliário e equipamentos, caracterizando, deste modo, a funcionalidade da habitação. Além disso, não deve ser descartada a preocupação com o conforto térmico.

2.5 CONFORTO TÉRMICO

A definição do termo “conforto” é intensamente abordada nos diversos

setores no qual o “homem” é parte essencial, ao envolver vários parâmetros que procuram garantir o bem estar do indivíduo em determinado ambiente. A sensação de conforto atua nos sentidos do ser humano, na audição com a acústica, na visão com a iluminação e por fim no tato com a sensação térmica (XAVIER, 2000). O estado de conforto térmico surge quando todos os sentidos estão equilibrados proporcionando sensações agradáveis.

Um levantamento sobre a abordagem dessa temática tornou-se necessária para compreender o estado da arte da expressão “conforto térmico”. Diante disso, destaca-se a definição de Roriz (1987), a condição de conforto térmico é obtida com o efeito conjugado e simultâneo de um complexo conjunto de fatores objetivos, como os elementos do clima (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e radiação), a vestimenta, e outros fatores subjetivos como aclimatação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo entre outros. O efeito conjugado destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado zona de conforto.

Já a American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning - ASHRAE (2013) define o conforto térmico como “um estado da mente que reflete satisfação com o ambiente térmico”. Com isso, o conforto pode ser considerado um estado de espírito, estando sujeito a diferenças de humor, cultura, fatores organizacionais e sociais de cada indivíduo.

Segundo Lamberts et al (2005), o conforto térmico é definido como um estado mental que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve o indivíduo. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, isto é, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente ou ganho do mesmo. Quando essas diferenças são baixas, o próprio organismo compensa os ganhos e as perdas. No entanto quando são altas, e fogem ao controle automático do corpo, podem ocorrer doenças ou mesmo a morte.

Os estudos de conforto térmico visam, de maneira geral, analisar e estabelecer condições necessárias para avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupações humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente (LAMBERTS; XAVIER; GOULART; VECCHI, 2014).

Os parâmetros que influenciam na determinação do conforto térmico no ambiente surgem mediante dois grupos: de natureza ambiental e de natureza pessoal.

Quadro 3 - Parâmetros que determinam o conforto térmico.

NATUREZA	VARIÁVEIS
Ambiental	Temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$); Temperatura radiante média, t_{rm} ($^{\circ}\text{C}$); Velocidade do ar, V_{ar} (m/s) Umidade do ar, kPa
Pessoal	Atividade desempenhada, M (W/m^2); Resistência térmica das roupas utilizadas, I_{cl} (clo);

Fonte:Arquivo pessoal,2014

No quadro 3 a segunda parte, tem-se a taxa do metabolismo, que depende da atividade exercida pela pessoa, e o isolamento ou resistência térmica das roupas, que depende do número, tamanho, espessura, material, etc das peças, que serão descritos mais adiante.

Já os parâmetros de natureza ambiental estão descritos na norma ISO 7726 (1996), são medidos diretamente no local de estudo ou calculados a partir de outras medidas conforme segue:

- a) Temperatura de bulbo seco (t_{bs}): é uma variável determinante para a sensação térmica dos seres humanos. A temperatura do ar possui grande importância nas trocas de calor por convecção entre o corpo e o ar. A temperatura do ar (t_a), chamada de temperatura de bulbo seco, é medida com um termômetro de vidro ou eletrônico, com o bulbo ou sensor devidamente protegidos da radiação. A temperatura de bulbo úmido (t_{bu}) é medida com um termômetro igual ao anterior, porém com o bulbo ou sensor envolvidos por um tecido branco devidamente umedecido com água destilada. Seu valor é inversamente proporcional à umidade relativa do ar. Os dois termômetros juntos constituem o psicrômetro que pode ser estático, giratório ou de aspiração. Os dois valores obtidos permitem encontrar os demais parâmetros psicrométricos numa carta psicrométrica ou

através das respectivas equações.

b) Temperatura radiante média (t_{rm}): é a temperatura de um ambiente imaginário isotérmico onde a troca de calor por radiação com a pessoa é igual à do ambiente real (ÇENGEL, 2007). A temperatura das superfícies internas da envoltória e dos equipamentos, móveis etc do ambiente; paredes, teto e equipamentos, do espaço interno emitem radiações que servem de intercâmbio de calor entre o homem e o ambiente (RIVERO, 1986; SUZUKI, 2010). Isto implica uma temperatura radiante média representada pelas equações seguintes, respectivamente para convecção natural e forçada, que serão definidas mais adiante:

a) Convecção natural:

$$t_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 |t_g - t|^{0,25} \times (t_g - t)]^{0,25} - 273 \quad (1)$$

b) Convecção forçada:

$$t_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times V^{0,6} (t_g - t)]^{0,25} - 273 \quad (2)$$

Onde:

t_g = temperatura de globo (°C);

t = temperatura de bulbo seco (°C);

V = velocidade do ar (m/s).

- c) Temperatura de globo: é a temperatura obtida com o termômetro de globo. Este instrumento consiste em uma esfera oca, de cobre, pintada externamente com tinta preto fosco, tendo no seu centro o bulbo ou o sensor de um termômetro. Essa variável é importante para indicar o nível de troca de calor por radiação entre o ambiente e a pessoa.
- d) Velocidade do ar (V): é uma variável de grande influência no conforto térmico do homem, pois favorece os processos de troca de calor do corpo com o ar ambiente através da convecção e da evaporação. Assim, a sensação térmica humana é determinada pela intensidade da ventilação. Especialmente para o clima

quente-úmido, a ventilação representa um fator imprescindível, visto que ajuda a diminuir a sensação térmica desconfortável provocada pelo calor e favorece o processo de evaporação do suor. O ar se desloca pela diferença de temperatura no ambiente, onde o ar quente sobe e o ar frio desce (convecção natural). Quando o ar se desloca por meios mecânicos, como um ventilador, o coeficiente de convecção aumenta, aumentando a sensação de perda de calor (convecção forçada). (CÂNDIDO; LAMBERTS; BITTENCOURT; DEAR, 2014)

- e) Umidade relativa do ar (φ): é a razão entre a massa de água de vapor existente no ar e o máximo que este pode conter à mesma temperatura, ou seja, é a relação percentual entre a pressão de vapor do ar (P_v) e a pressão de vapor saturado (P_{vs}). (ÇENGEL e BOLES, 2008). Como fator relevante à saúde, a umidade relativa do ar (φ) não deve ser inferior a 20%, para não ocorrer o ressecamento das mucosas (nariz, boca e garganta) e desidratação; nem superior 70% para não dificultar a evaporação (ANVISA). Quanto maior a umidade relativa, UR, menor a eficiência da evaporação na remoção do calor (LAMBERTS; XAVIER; GOULART; VECCHI, 2014).

2.6 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

Ao estudar os aspectos relativos ao conforto térmico, são encontradas duas abordagens diferentes e com prescrições distintas de como as condições microclimáticas das edificações podem ser administradas. A primeira, mais conhecida como estática, representa uma linha analítica, ou racional, da avaliação das sensações térmicas humanas e considera o homem como um simples receptor passivo do ambiente térmico.

Já a segunda abordagem, conhecida como adaptativa, considera o homem como um agente ativo, que interage com o ambiente em resposta às suas sensações e preferências térmicas. Tais abordagens são resultados de dois grandes grupos de pesquisas normalmente utilizados nos estudos de conforto térmico, sendo a primeira realizada em câmaras climatizadas e chamada de modelo estático, e a segunda, proveniente de estudos de campo,

conhecida como modelo adaptativo.

Segundo Bittencourt e Cândido (2005) a maioria dos estudos que classificam os limites de conforto térmico expressam a sensação de conforto como uma temperatura efetiva, que combina o efeito da temperatura do ar, umidade, radiação e movimento do ar.

O método das equações preditivas proposto por Krüger (2003) é baseado apenas no monitoramento das temperaturas externas e internas de edificações de interesse social unifamiliares. As equações estão sendo apontadas como uma alternativa à grande parte da produção científica na área, pois, utilizando a ferramenta estatística análise de regressão, é possível criar equações capazes de prever com precisão sua temperatura mínima, média e máxima para dias específicos do ano. O método permite, ainda, a simulação do comportamento térmico de uma edificação em clima diferente daquele em que a tipologia arquitetônica foi implantada.

O conceito de que as pessoas interagem com o ambiente, de forma a buscar conforto térmico, originou uma segunda corrente de pensamento, conhecida como “adaptativa”, e que considera fatores além dos das físicas fundamentais e fisiologia, interagindo com a percepção térmica. Estes estudos têm como base conceitos de aclimação, e os fatores considerados podem incluir características inerentes à demografia (gênero, idade, classe social), contexto (composição da edificação, estação, clima) e cognição (atitudes, preferências e expectativas).

Desta forma, modelos adaptativos têm sido desenvolvidos com base nos resultados de experimentos de campo (ambientes reais) em que as pessoas desenvolvem as suas atividades cotidianas e vestem suas próprias roupas. Nesses experimentos, o pesquisador não interfere no ambiente e as pessoas expressam sua sensação e preferência térmica em escalas.

Após pesquisas analisando a sensação térmica em diferentes situações a norma foi atualizada (ISO 7730, 2005) e a nova versão especifica que um ambiente é aceitável no que se refere ao conforto térmico quando o PPD (percentual de pessoas insatisfeitas) é menor ou igual a 10%.

Os modelos adaptativos propostos recentemente são basicamente equações de regressão que relacionam a temperatura de neutralidade do ambiente a uma única variável que é a temperatura média do ambiente externo

e isso restringe o seu uso a condições similares às aquelas em que essas equações foram obtidas.

Segundo Araújo (2012), desde 1913 esforços foram realizados nos Estados Unidos para estabelecer índices de conforto térmico, ou seja, um parâmetro que representasse o efeito combinado das principais variáveis intervenientes, como meio de obter subsídios para melhor adequá-lo às necessidades humanas.

Existem diversos índices disponíveis, a saber:

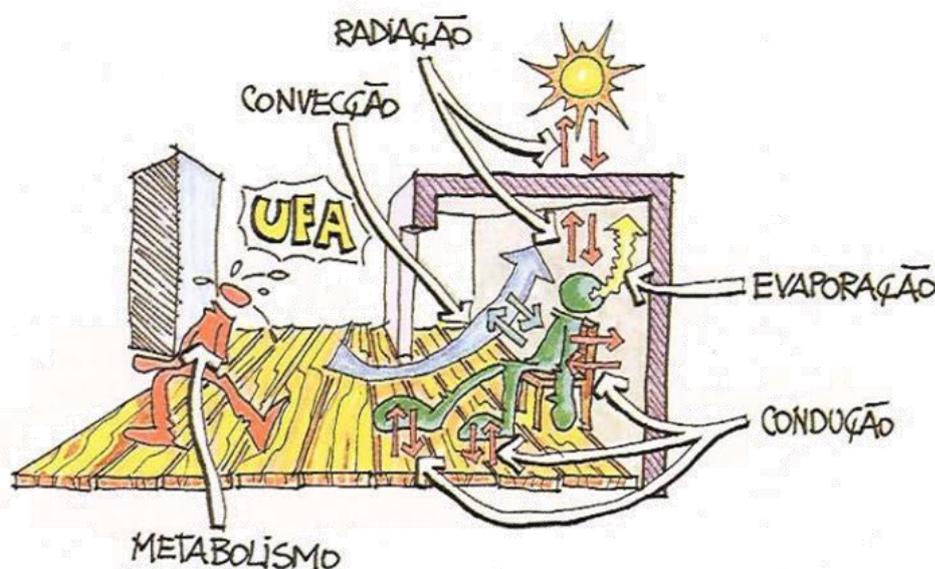
- I. Índices baseados na mensuração de parâmetros físicos ou Índices diretos: são derivados de medidas diretas de algum parâmetro físico que descreve o ambiente físico e não proporciona medidas dos efeitos fisiológicos produzidos. Geralmente as relações são feitas através de regressão linear. Estes índices incluem temperatura do ar combinado com velocidade do ar, temperaturas da vizinhança e efeitos da umidade. Entre estes índices estão temperatura equivalente e temperatura efetiva (CARLUCCI; PAGLIANO, 2012; MACPHERSON, 1962);
- II. Índices baseados na tensão fisiológica ou Índices empíricos: baseiam-se no fato de que iguais condições de estresse ambiental geram iguais tensões fisiológicas. Em geral, foram desenvolvidos utilizando regressão múltipla para identificar a correlação entre uma grande diversidade de condições ambientais e parâmetros comportamentais com a tensão térmica produzida nos indivíduos. Usualmente representados por desenhos de regiões da carta psicométrica, sendo a temperatura efetiva e o índice de bulbo úmido temperatura de globo (IBUTG) exemplos deste grupo (CARLUCCI; PAGLIANO, 2012; MACPHERSON, 1962);
- III. Índices baseados no cálculo do balanço térmico do corpo humano ou Índices racionais: fundamentam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente e geralmente integram parâmetros fisiológicos, comportamentais e ambientais. O modelo proposto por Fanger é um dos mais utilizados desta categoria (CARLUCCI; PAGLIANO, 2012; MACPHERSON, 1962).
- IV. Índices de conforto térmico de acordo com a norma ISO 7730/2005: que se aplica a ambientes moderados e se fundamenta no método desenvolvido por Fanger, são baseados na medição dos parâmetros

ambientais e pessoais para determinar o voto médio estimado (PMV) e calcular a porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente (PPD). O modelo PMV é popularmente usado para prever a percepção térmica de ocupantes de ambientes construídos (ALMEIDA, 2010; CHOI; LOFTNESS; LEE, 2012; POKORNY; JICHA, 2013).

2.7 EQUAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

Em regiões onde predominam temperaturas elevadas, o calor atravessa a envoltória, penetrando no ambiente interno, onde há outras fontes de calor como iluminação, aparelhos elétricos e/ou eletrônicos, fogões, máquinas de lavar etc.

Figura 5 - Trocas térmicas entre o homem e o ambiente.



Fonte: LAMBERT, 2005.

O conforto térmico está fortemente ligado ao balanço térmico da pessoa. Para que ocorra balanço térmico, a produção de calor por processos metabólicos do corpo humano deve ser igual à perda de calor para o ambiente externo (DJONGYANG, TCHINDA e NJOMO, 2010).

A temperatura corporal do ser humano é um dos parâmetros fisiológicos rigorosamente controlados por mecanismos nervosos que atuam através do centro termorregulador localizados no hipotálamo. Esse sistema trabalha para assegurar a temperatura no interior do organismo em aproximadamente 37°C, independente do rigor climático do ambiente ou da

produção de calor metabólico (DOUGLAS, 2002).

A produção de calor se dá por meio do metabolismo e as perdas de calor se dão por meio da respiração e da pele (XAVIER, 2000; AMPOFO et al., 2004). As perdas de calor ocorrem nas modalidades sensível e latente. O balanço térmico inclui tanto as variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade do ar) e as variáveis pessoais (taxa metabólica e isolamento da vestimenta) (PARSONS, 2000).

Considerando o modelo do balanço térmico em estado estacionário, assume-se que o corpo está em equilíbrio, não acumulando calor em seu interior, estando assim próximo à condição de neutralidade térmica (CHEN e NG, 2012).

Como a temperatura interna do organismo deve ser mantida constante, mesmo quando o ambiente apresenta condições térmicas inadequadas, o sistema termorregulador do homem é ativado, reduzindo ou aumentando as perdas de calor pelo organismo através de alguns mecanismos de controle, como reação ao frio e ao calor (SANTOS, 2008).

O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico.

Para Frota & Schiffer (2001), as exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento de seu organismo, cujo mecanismo pode ser comparado a uma máquina térmica que produz calor e realiza trabalho segundo sua atividade. O homem precisa ganhar ou liberar calor em quantidade suficiente para que sua temperatura interna se mantenha em torno de 37°C, porque é um ente homeotérmico.

É através da pele que se realiza a maior parte das trocas de calor, ou seja, a pele é o principal órgão termorregulador do organismo humano. A temperatura da pele é regulada pelo fluxo sanguíneo que a percorre, ou seja, quanto mais elevada sua temperatura mais intenso o fluxo. O aparelho respiratório contribui com trocas, geralmente, bem menores (WEI; LI; LIN; SUN, 2010).

Ao sentir desconforto térmico, o primeiro mecanismo fisiológico a ser ativado é a regulação vasomotora do fluxo sanguíneo da camada periférica do corpo, a camada subcutânea, através da vasodilatação ou vasoconstrição,

reduzindo ou aumentando, respectivamente, a resistência térmica daquela camada. Outro mecanismo de controle da temperatura do corpo em ambientes quentes é a transpiração, que tem início quando as perdas por convecção e radiação são menores que os ganhos de calor. Neste caso, as glândulas sudoríparas são ativadas e o suor aflora à superfície da pele de onde evapora às custas de calor armazenado no corpo (CORGNATI; FILIPPI; VIAZZO,2013). Nos ambientes frios, ocorrem tremores involuntários para aumentar a taxa metabólica e o corpo não resfriar.

O controle térmico envolve, em suma, as transferências de calor que ocorrem na pele e através do aparelho respiratório, distribuídas da seguinte maneira:

Na pele:

- Convecção (C), em W/m^2 ;
- Radiação (R), em W/m^2
- Difusão (E_{dif}), em W/m^2 ;
- Evaporação (E_s).

Pelo aparelho respiratório:

- Convecção (C_{res}), em W/m^2 ;
- Evaporação (E_{res}), em W/m^2 .

Segundo Coutinho (2005), pode-se então escrever o balanço térmico do ser humano por meio da seguinte forma:

$$M - W = C_{res} + E_{res} + C + R + E_s + E_{dif} \quad (3)$$

Nessa equação o primeiro membro representa ganho líquido de calor, enquanto o segundo representa soma algébrica das perdas. Isto é, a diferença entre o calor (M) gerado no corpo e aquele convertido em trabalho útil (W) é compensada pelos processos de transferência de calor ocorridos na pele e no aparelho respiratório. Cada parcela representa quantidade de calor por unidade de tempo e por unidade de área superficial do corpo ($J/s.m^2 = W/m^2$). Essa área varia com o biótipo, podendo ser calculada através da equação proposta por Dubois (LAMBERTS; XAVIER; GOULART; VECCHI,2014):

$$A_{DU} = 0,202 p^{0,425} z^{0,725} \quad (4)$$

Sendo,

p = peso (kg)

z = altura (m)

Tendo em vista contornar a dificuldade de calcular a área superficial de cada indivíduo resolveu-se tomar como base o homem e a mulher padrão, sendo ambos assim definidos, 70kg e 1,70m resultando em uma área superficial de 1,80m² para os homens, e 60kg e 1,60m resulta em uma área superficial aproximada de 1,60m².

2.7.1 **Metabolismo (M).**

Conforme (ÇENGEL, 2008), o metabolismo é a energia resultante da reação química entre o oxigênio inspirado e os alimentos como carboidratos, gorduras e proteínas. O metabolismo é responsável pela energia gerada pelo organismo. No entanto, no máximo 20% é transformada em trabalho. A energia restante é transformada em calor a ser dissipado para que a temperatura interna do organismo seja mantida em equilíbrio (PARSONS, 2013). É expresso pela unidade "met", sendo que 1 met corresponde a 58,2W/ m², e é igual à energia produzida por unidade de área superficial do corpo para uma pessoa sentada em repouso (BRODAY, 2013).

A taxa metabólica é maior no sexo masculino que no feminino, devido à ação dos hormônios sexuais androgênicos que estimulam os processos metabólicos mais intensamente que os estrógenos em mulheres. Também, os efeitos da taxa metabólica são maiores em crianças do que em pessoas com idade superior. (ANDREASI, 2009)

Conforme estudos realizados por Howell&Stramler, (1981), Humphreys e Nicol (1996), de Dear (1998), Xavier (2000), Vergara (2001), Havenith, Holmeâr e Ken (2002), e Katavoutas, Flocas eTheoharatos (2009), a estimativa de uma taxa metabólica média constante para indivíduos desempenhando a mesma atividade, não deve ser utilizada de forma generalizada, devido às diferenças individuais e às possíveis influências psicológicas ou sociológicas no ambiente de trabalho, que podem afetar suas respostas para o ambiente térmico.

A taxa de metabolismo pode ser calculada em laboratórios de fisiologia

utilizando a equação:

$$M = 5,88 (0,23 RQ + 0,77) V_{O_2} / A_{DU} \quad (5)$$

Onde

RQ - quociente respiratório, obtido através da relação entre o volume de CO₂ expirado e o de O₂ inspirado;

V_{O₂} – Oxigênio consumido, nas CNTP, em l/s.

Vale salientar que essa equação permite maior exatidão dos dados, porém para pesquisa a campo torna-se inviável a obtenção das parcelas, o que acarreta na utilização de tabelas por tipo de atividade fornecida na NR- 15 e também na NHO 06 de 2002/FUNDACENTRO, ambas brasileiras, além das normas ISO 7730/2005, 9420/1990 e ASHRAE Standar 55/2004, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 1 - Uma amostra das Taxa Metabólica para diferentes atividades.

Atividade	Metabolismo (W/m²)
Reclinado	46
Sentado, relaxando	58
Atividades sedentárias (escritório, escola, etc.)	70
Fazendo compras, atividades laboratoriais	93
Trabalhos domésticos	116
Caminhando em local plano a 2km/h	110
Caminhando em local plano a 3km/h	140
Caminhando em local plano a 4km/h	165
Caminhando em local plano a 5km/h	200

Fonte: ISO 7730/2005

Para obter as demais incógnitas da equação de balanço térmico, tem-se:

2.7.2 Trabalho (W)

É a taxa de energia mecânica utilizada para realizar um esforço externo, podendo ser obtido a partir da eficiência térmica (η).

$$\bullet \quad W = \eta M \quad (6)$$

Na maioria das atividades a eficiência é nula ou aproximadamente

nula, indicando que o trabalho é desprezível em comparação com o metabolismo.

Transmissão de calor através do sistema respiratório

Através do sistema respiratório acontece um processo sensível, que é a convecção, e outro latente que é a evaporação, conforme descrição a seguir.

2.7.3 Convecção respiratória (C_{res})

Quando a temperatura do ar inspirado é diferente da temperatura do ar expirado, ocorre transferência de calor por convecção, sendo dada pela equação:

$$C_{res} = 0,0014 M(34-t_a) \quad (7)$$

O número 34 representa o valor da temperatura média da pele em ambientes termicamente moderados, dada em °C.

2.7.4 Evaporação respiratória (E_{res})

Pelo fato de as mucosas do aparelho respiratório estarem sempre mais úmidas que o ar inspirado, o homem está sempre perdendo calor por evaporação, conforme a equação:

$$E_{res} = 0,0173 M (5,867 - P_v) \quad (8)$$

sendo,

P_v = pressão de vapor d'água do ar (kPa). O número 5,867 é o valor da pressão do vapor de água saturado à temperatura das mucosas do aparelho respiratório.

Transmissão de calor através da pele

Na superfície da pele acontecem dois processos sensíveis: convecção e radiação; e dois latentes: evaporação por sudorese e por difusão. A vestimenta da pessoa tem grande influência nesses processos, sendo importante fazer-se uma análise sobre a mesma.

2.7.5 Resistência térmica das roupas

A vestimenta oferece uma resistência térmica interposta entre o corpo

e o meio. Assim, a vestimenta funciona como um isolante térmico nas trocas de calor por convecção, radiação e evaporação.

Algumas ressalvas devem ser consideradas, como seu ajuste no corpo, tipo de fibra, espessura e cor. Esses aspectos podem ter muita influência no nível de satisfação de conforto térmico do indivíduo. Por isso, é uma variável que interfere no bem-estar térmico.

É aconselhável, quando ocorre temperaturas elevadas usar roupas folgadas, pois permitem maior circulação de ar favorecendo a evaporação; e também optar por cores claras, pois refletem mais a radiação do que as roupas escuras. Em condições de temperaturas baixas é aconselhável usar roupas justas, pois quanto mais espesso for o ar aprisionado mais eficiente será o isolamento com o meio externo.

O isolamento térmico da vestimenta é expresso em "clo", sendo que 1 clo é igual a $0,155\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$, determinado através de medições em manequins aquecidos (ÇENGEL, 2007). A tabela 4 é uma amostra de tabelas contendo diversos tipos de vestimenta e suas características térmicas.

Naturalmente a vestimenta altera a troca de calor na pele, ou seja, as parcelas referentes à convecção, à radiação e à evaporação. Em vista disso define-se o fator de resistência térmica da como sendo a relação entre a área do corpo vestido e a área do corpo nu. Ou seja, conforme a norma ISO 7933/2004:

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}} \quad (9)$$

Podendo ainda ser calculado, segundo Coutinho, 2005:

$$f_{cl} = 1,00 + 0,31 I_{cl} \quad (10)$$

Sendo esse I_{cl} dado em clo.

A tabela 2 mostra o fator de resistência térmica da vestimenta para alguns tipo de vestimentas, além dos fatores de redução de calor sensível e de calor latente que não são aplicados no presente trabalho.

Tabela 2 - Valores do isolamento térmico (I_{cl}); e os fatores: área (f_{cl}), fator de resistência da vestimenta e *fatores de redução de calor sensível* (F_s) e de calor latente (F_l), relativos a alguns tipos de vestimenta.

Vestimenta	Isolamento térmico				
	(I _{cl})		f _{cl}	F _s	F _l
	Clo	m ² .°C/W			
Cueca, camiseta sem manga, short, meias leves e sandálias.	0.18	0.028	1.05	0.84	0.82
Cueca, bermuda, camiseta de manga curta, sapatos.	0.26	0.040	1.08	0.79	0.77
Cueca, calça leve, camisa de manga curtas, meias e sapatos.	0.35	0.054	1.11	0.73	0.71
Cueca, calça leve, camisa leve de manga compridas, meias e sapatos.	0.46	0.071	1.14	0.67	0.65
Cueca, calça leve, camisa leve de manga compridas, meias, sapatos e paletó leve.	0.71	0.110	1.22	0.57	0.54
Calcinha, sutiã, sapatos, saia curta leve e blusa leve de mangas curtas.	0.25	0.039	1.08	0.79	0.77
Calcinha, sutiã, sapatos, bermuda e blusa leve de mangas curtas.	0.26	0.040	1.08	0.79	0.77
Calcinha, sutiã, sapatos, vestido leve sem mangas.	0.31	0.048	1.10	0.76	0.74
Calcinha, sutiã, sapatos, calça leve e blusa leve.	0.35	0.054	1.11	0.73	0.71
Calcinha, sutiã + meia calça, sapatos, vestido leve sem mangas.	0.41	0.063	1.13	0.70	0.68

Fonte: Coutinho, 2005.

2.7.6 Convecção na pele (C)

Trata-se da transmissão de calor feita pela pele, conforme a equação:

$$C = f_{cl} h_c (34 - t_{cl}) \quad (11)$$

onde,

t_{cl} - Temperatura da vestimenta (°C);

f_{cl} - fator de resistência da vestimenta

h_c - Coeficiente de convecção (W/m².°C)

Este coeficiente pode ser calculado por meio de uma das seguintes equações (Norma ISO 7730/2005):

- Para convecção natural:

$$h_c = 2,38 |t_v - t_l|^{0,25} \quad (12)$$

ou

- Para convecção forçada:

$$h_c = 12,1 V_{ar}^{0,5} \quad (13)$$

devendo-se escolher o de maior valor.

V_{ar} é a velocidade relativa do ar, função da velocidade absoluta do ar e do movimento do corpo ou de seus membros, que pode ser obtida pela equação 14:

$$V_{ar} = V + 0,0052 (M-58) \quad (14)$$

2.7.7 Radiação Térmica (R)

Este processo ocorre devido à diferença de temperatura entre superfície do corpo vestido e as superfícies do entorno que o envolve, conforme a equação 15 (Norma ISO 7730/2005):

$$R = 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] \quad (15)$$

Sendo,

t_{rm} - temperatura radiante média (°C).

Essa temperatura pode ser obtida por meio das seguintes equações 1 e 2:

2.7.8 Evaporação na pele (E_p)

As perdas totais de calor por evaporação na pele (E_p), são a soma das perdas por difusão de líquido subcutâneo nas partes enxutas da pele (E_{dif}) e por evaporação do suor (E_s). Ou seja:

$$E_p = E_{dif} + E_s \quad (16)$$

Conforme (LAMBERTS, 2013), a evaporação na pele pode ser expressa pela equação 17:

$$E_p = 3,05[5,73 - 0,007(M - W) - P_v] + 0,42(M - W) - 58,15 \quad (17)$$

A diferença entre o ganho e a perda de calor no corpo deve passar pela vestimenta para depois ser dissipada por convecção e radiação. Ou seja:

$$(M - W) + C_{res} + E_{res} + E_s + E_{dif} = K = C + R \quad (18)$$

A condução através da vestimenta pode ser expressa (Norma ISO 7730/2005) pela equação 19:

$$K = \frac{[35,7 - 0,028(M - W)] - t_{cl}}{0,155xI_{cl}} \quad (19)$$

A equação do conforto térmico do corpo humano é obtida a partir do balanço térmico substituindo as parcelas da equação (20), respectivamente, pelas equações (7), (8), (11), (15), (17) e (19), como segue.

$$(M - W) - 0,0014 M(34 - t_a) - 0,0173 M(5,87 - P_v) - 3,05[5,73 - 0,007(M - W) - P_v] - 0,42(M - W) - 58,15] = \frac{[35,7 - 0,028(M - W)] - t_{cl}}{0,155xI_{cl}} = f_{cl}h_c(34 - t_{cl}) + 3,96x10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] \quad (20)$$

Verifica-se que a temperatura da vestimenta, desconhecida, consta nas parcelas central e da direita. Para conhecê-la, deve-se, portanto, fazer uma iteração entre esses dois membros.

2.8 MÉTODO ADOTADO PARA OBTER A SENSAÇÃO TÉRMICA - PMV E PPD.

Seguindo a linha estatística e analítica, tem-se o método desenvolvido por Fanger (FANGER, 1972), considerado o mais completo dos índices de conforto, pois analisa a sensação de conforto em função das seis variáveis envolvidas no balanço térmico da pessoa, apresentadas anteriormente. Ele faz uma relação daquelas variáveis com o voto médio estimado (PMV – *Predicted Mean Vote*) e deste com a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD – *Predicted Percentage of Dissatisfied*). É o método usado na norma ISO 7730/2005. O PMV representa a sensação térmica média humana em relação ao ambiente, numa escala que varia de -3,0 (muito frio) a +3,0 (muito calor), conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Escala de sete pontos da sensação térmica, ISO 7730/2005

<i>SENSAÇÃO</i>	<i>PMV</i>
Muito frio	-3
Frio	-2
Levemente frio	-1
Neutro/conforto	0
Levemente quente	1
Quente	2
Muito quente	3

Fonte: Vasconcelos (2013, p. 26)

Porém, este índice deve ser usado apenas para valores entre -2 e $+2$, pois acima destes limites tem-se mais de 80% das pessoas insatisfeitas (ISO 7730, 2005). Devido às diferenças individuais é difícil especificar um ambiente térmico que satisfaça a todos; sempre haverá uma porcentagem de insatisfeitos. Segundo aquela norma, um ambiente é considerado termicamente aceitável quando houver, no máximo, 10%, de pessoas insatisfeitas que corresponde a uma sensação térmica representada, $-0,5 \leq PMV \leq +0,5$. (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA; 1997), tal que:

$$PMV = (0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028) L \quad (21)$$

Sendo:

PMV = voto médio estimado, adimensional

M = metabolismo, em W/m^2

L = carga térmica atuante no corpo, em W/m^2 , que é representada pela equação 22:

$$L = (M - W) - (C_{res} + E_{res} + E_{dif} + E_s + C + R)_{conf} \quad (22)$$

Substituindo L na equação 21, tem-se:

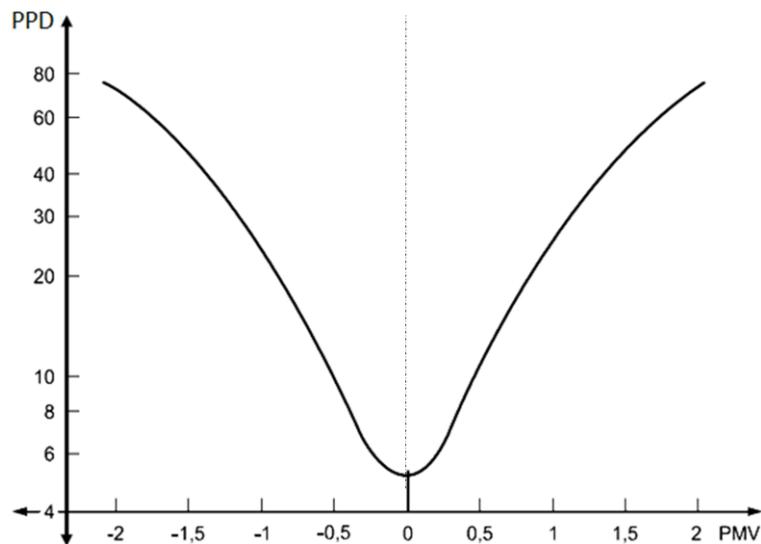
$$PMV = (0,303 e^{-0,036M} + 0,028) \times [(M - W) - (C_{res} + E_{res}) + (E_{dif} + E_s)_{conf} + (C + R)] \quad (23)$$

A partir do índice PMV, pode ser determinada a porcentagem de pessoas insatisfeitas com as condições ambientais através do índice PPD, conforme a da equação 24:

$$PPD = 100 - 95 e^{-(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2)} \quad (24)$$

A relação entre os índices PMV e PPD pode ser visto na figura 6.

Figura 6 - Relação entre os índices PMV e PPD.



Fonte: Djongyang *et al* (2010, p 2629)

De acordo com Taleghani et al (2013), o índice PMV é um modelo termofisiológico que fornece uma descrição matemática das respostas fisiológicas ao ambiente térmico. No entanto, o PMV calculado pode diferenciar do voto real, subestimando ou superestimando-o. Esta diferença pode ser devida a medidas comportamentais inadequadas ou influências de fatores culturais e psicológicos (CHOI, LOFTNESS, LEE, 2012; TALEGHANI et al, 2013).

Para Yau e Chew (2009), embora a norma ISO 7730/2005 forneça orientações de conforto térmico, sua aplicabilidade sempre foi questionada, devido ao fato de que em inúmeros estudos observou-se que os ocupantes aceitaram ambientes térmicos que não cumpriam com os critérios estabelecidos por estas normas. Entretanto, segundo Schellen et al (2013), o modelo PMV pode ser adequado para prever a sensação térmica, desde que cuidados em relação à aplicação em ambientes não uniformes e subpopulações específicas sejam tomadas.

O Analysis CST, software desenvolvido no LabEEE (Laboratório Eficiência Energética em Edificações), visa tornar mais acessível o método desenvolvido por Fanger. Através das variáveis pessoais e climáticas, obtêm-se o PMV e o PPD, as parcelas do balanço térmico e o estado de estresse térmico por frio ou calor.

O capítulo apresentou uma abordagem quanto ao conhecimento dos temas, habitação popular e conforto térmico, e suas relações. Mediante a escassez e importância de associar tais temáticas, o referencial teórico apresentado é válido. A explanação inicial quanto as definições e classificações das habitações populares, ambientes da pesquisa, unida, posteriormente, aos conceitos e definições sobre o conforto térmico e sua percepção dentro das habitações enfatiza ainda mais a necessidade de abordar os assuntos. Ao observar a relação desses dois temas nota-se que proporcionar aos moradores condições de conforto, pois muitos não possuem condições financeiras de melhorar o ambiente, é de grande valia, pois medidas simples que deveriam ser tomadas na concepção do projeto são ignoradas por muitas construtoras, o que resulta em construções com qualidade duvidosas. Questiona-se: O que fazer com esses projetos já executados? De fato esses projetos apresentam condições desfavorável ao conforto térmico dos seus moradores?. É por meio das definições apresentadas que torna-se possível estabelecer medidas para verificar os índices de conforto térmico que poderão determinar se as habitações avaliadas apresentam-se termicamente confortável ou não, e em quais períodos do dia, pois a atividade doméstica, exercida principalmente no setor de serviço na residência, exige do morador condições adequadas para exercer-la de forma que não haja nenhum acidente ou prejuízo à saúde.

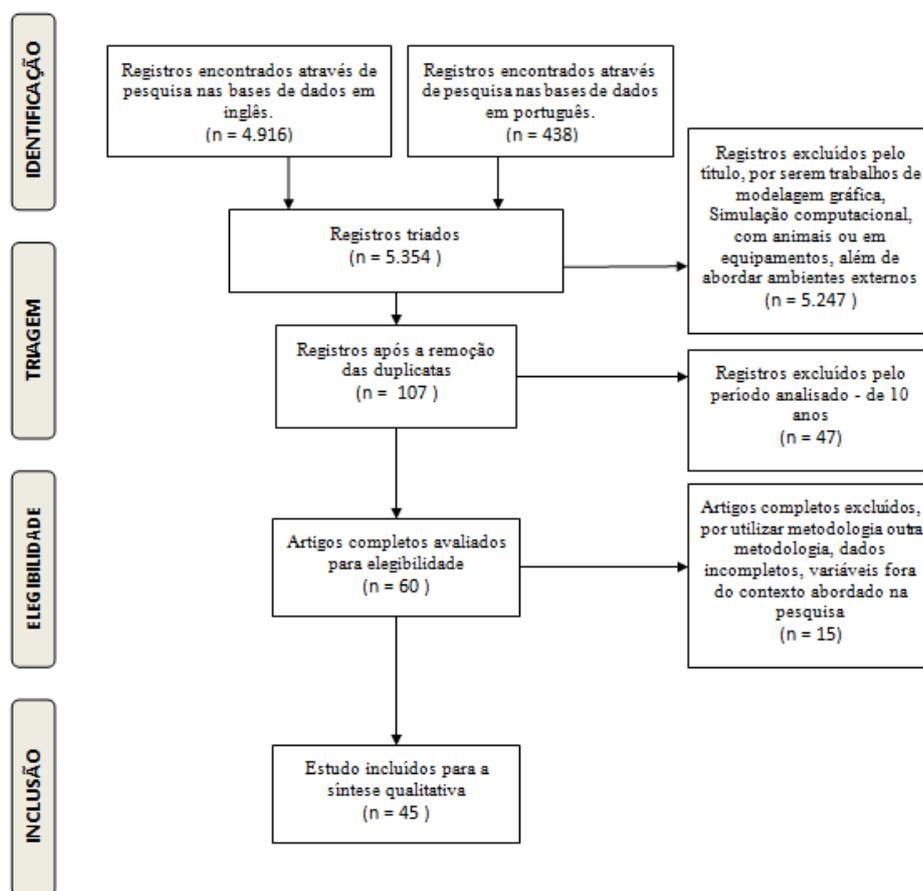
2.9 LEVANTAMENTO DE ARTIGOS

Visando a identificar os estudos existentes sobre o assunto, realizou-se na presente dissertação um levantamento de artigos, quanto a seleção de material bibliográfico, durante o período de 18 meses dedicados a pesquisa, nas bases de dados: Scielo, CAPES, Web of Science, Scopus, Science Direct. Foram utilizadas para a pesquisa as seguintes palavras chaves de interesse, em inglês e português, tais como: "*therm* comfort*", "*housing popular*" e "*index comfort*"; "conforto térmico", "habitações populares" e "índice de conforto". Os

trabalhos envolvidos na pesquisa tiveram como critério de inclusão: artigos publicados nos últimos 10 anos, estudos realizados em seres humanos, em ambiente interno, utilizaram como avaliação dos ambientes os índices de conforto térmico, principalmente os PMV e PPD, aplicação da ISO 7730/2005. Os critérios de exclusão considerados foram: trabalhos realizados em meios de transporte, ambientes externo e rurais; verificação de equipamentos e roupas; desempenho físico; em simulação.

Os resultados de cada etapa da pesquisa, bem como as justificativas de exclusão, estão na figura 7.

Figura 7 - Fluxo do levantamento de artigos.



Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Pela análise da figura 7 percebe-se que muitos dos artigos realizados na área de conforto térmico não focam habitação popular. Assim, obteve-se uma amostra de 45 artigos, que estão catalogados, em ordem cronológica no quadro 4, apresentando autor, ano e áreas estudadas.

Quadro 4 - Artigos obtidos no levantamento.

	AUTORES	ANO	TC	H	IC
1	Wang	2006	x		x
2	Corgnati, Filippi, e Viazzo	2007	x		
3	Teodoreanu e Bunescu	2007	x		
4	Amaia, Tanabeb, Akimoto e Genmac	2007	x		
5	Grigoletti, Sattler e Morello	2008		x	
6	Lina e Deng	2008	x		
7	Han, Yang, Zhou, Zhang e Moschandreass	2009			x
8	Kubota, Chyee e Ahmad	2009	x		
9	Akimoto, Tanabe, Yanai e Sasaki	2009	x		
10	Becker e Paciuk	2009	x		x
11	Djongyang, Tchinda e Njomo	2010	x	x	
12	Candido, Dear, Lamberts e Bittencourt	2010	x		
13	Lana, Wargockib e Liana	2011			x
14	Liu, Lian, Deng, Liu	2011	x		x
15	Sekhar e Goh	2011	x		
16	Mors, Hensen, Loomans, Boerstra	2011			x
17	Choi, Loftness	2011	x		x
18	Nogueira, Siqueira, Souza, Niedzialkoski, Prado	2012	x	x	
19	Pourshaghagh, Omidvari	2012			x
20	Arezes, Neves, Teixeira, Leão, Cunha	2012	x		
21	Takashia, Shuichia, Daisuke, Masahiko, Jun	2012	x		
22	Offialbema, Opokoa, Adeboyea, Amoleb	2012		x	
23	Halawaa, Hoofb,	2012	x		
24	Carlucci, Pagliano	2012	x		
25	Ugursal, Culp	2013	x		x
26	Hussain, Oosthuizen	2013	x		
27	Nadiaa, Noureddinea, Hichema, Djamilaa	2013	x		
28	Castillaa, Álvarez, Normey-Rico, Rodríguez	2013			x
29	Aldawia, Alama, Khana, Alghamdib	2013		x	
30	Baird, Field	2013	x		
31	Taleghani, Tenpierik, Kurvers, Dobbelsteen	2013			x
32	Chyee, Kubotaa	2013	x		
33	Jaganathana, Nesanb, Ibrahimc, Mohammada	2013		x	
34	Mishra, Ramgopal	2013	x		
35	Schellen, Loomans, Kingma, Wit, Frijns, Lichtenbelt	2013			x
36	Evola, Marletta, Sicurella	2013	x		
37	Huang, Ouyang, Zhu, Jiang	2013	x		
38	Djamila, Chu, Kumaresan	2013	x	x	
39	Humphreys, Rijal, Nicol	2013	x		
40	Barbhuiya, Barbhuiya	2013	x		
41	Langevin, Wen, Gurian	2013	x		x
42	Yang, Yan, Lam	2014			x
43	Rupp, Ghisi	2014	x		
44	Nguyen, Reiter	2014	x		
45	Kwong, Adam, Sahari	2014	x		

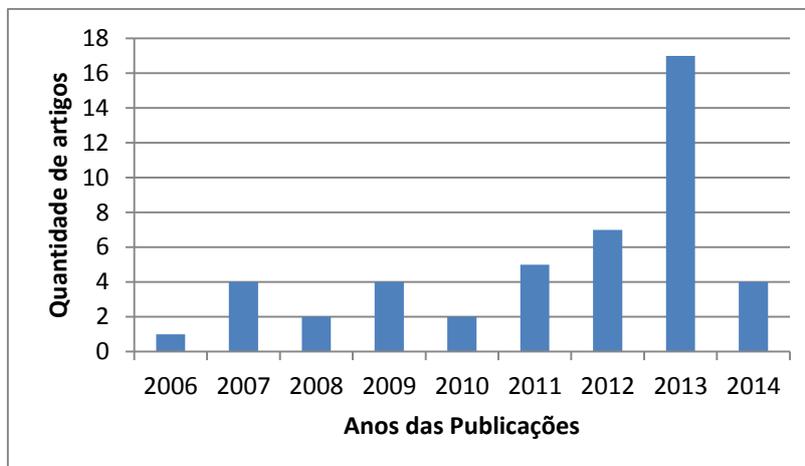
Legenda: TC= thermal comfort(conforto térmico); H = housing (residência);IC = index comfort (Índices de Conforto)

Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Dos artigos levantados nenhum apresentou a relação das três temáticas trabalhadas na pesquisa, dos 45 apenas dois apresentam a relação do conforto térmico em habitações populares e apenas cinco a utilização dos Índices de conforto para validar e avaliar a sensação térmica no ambiente em estudo.

Com base no levantamento os anos em que concentram as publicações sobre as temáticas abordadas é representado na figura 8:

Figura 8 - Quantidade de artigos ao longo dos anos: 2006 a 2014.

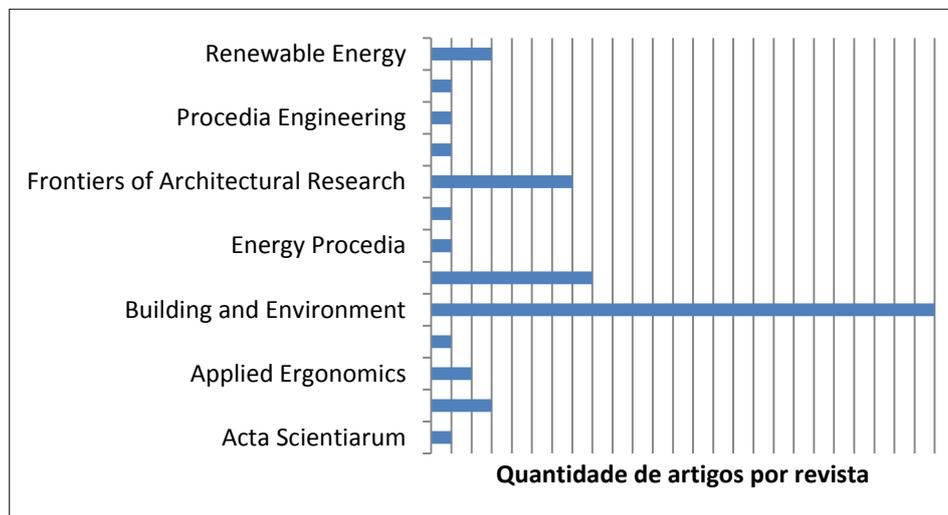


Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Nota-se que pesquisas voltadas para essas temáticas ganharam impulso nos últimos anos, até o ano que foram coletados os artigos, em 2014 era esse comportamento, certamente tenha aumentado em 2015.

As informações da pesquisa concentram-se no ano de 2013, em revistas apresentadas na figura 9.

Figura 9 - Revista que contribuíram com os artigos.



Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Dentre as revistas que contribuiu com artigos, destacam-se em ordem decrescente, *Building and Environment*, *Energy and Buildings* e *Frontiers of Architectural Research*. As revistas envolvidas apresentaram o fator de impacto

de 5.46 a 1.33. Os artigos levantados que abordam as temáticas da pesquisa foram utilizados para compor o referencial teórico.

2.10 RELAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÃO POPULARES.

De acordo com Arantes (2011), desde os primórdios da humanidade o ser humano buscou, ainda sem tecnologia, a partir da utilização de meios e elementos disponíveis em seu ambiente, proteger-se de intempéries. Visava, em suas construções, soluções que amenizassem as sensações de calor, frio, umidade e secura do ar. Inovações na maneira de pensar e construir começaram a ser introduzidas de forma lenta, com o advento e evolução da tecnologia.

Para Egan (1975, apud Malheiros 2005), o conforto ambiental, na arquitetura, é entendido como a combinação de aspectos fisiológicos (visuais, higiênicos, acústicos e térmicos), psicológicos (de reconhecimento, adaptação), funcionais (atividades, permanência, convivência) e dimensionais (espaços para as atividades, antropometria) que atuam, em conjunto, nos espaços construídos para o uso do homem, transmitindo ao mesmo, sensações agradáveis ao ocupar tais locais.

O conforto térmico é uma característica apresentada pelo meio ambiente e pelas edificações, que indica a satisfação do ser humano com o ambiente térmico em que se encontra. Santos e Andrade (2008) afirmam que o conforto térmico é uma condição que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Essa característica afeta diretamente o desempenho das atividades realizadas pelos indivíduos em seu interior e apresenta grande influência sobre a saúde humana. Donaisky et al. (2010) afirmam que o conforto térmico tem efeitos diretos na produção e na satisfação de cada indivíduo. Condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações (ANDREASI et al., 2010).

Os trabalhos buscam estratégias construtivas que favoreçam a redução da incidência solar nas envoltórias na tentativa de simultaneamente reduzir as temperaturas internas das residências. Um dos estudos concluiu que a redução da ventilação dentro dos ambientes, mesmo reduzindo a incidência solar na

envoltória não favoreceu na redução da sensação térmica de desconforto dentro das casas analisadas (OLIVEIRA, et al, 2008).

Dessa forma, a concepção correta do sistema construtivo melhora substancialmente o conforto térmico da edificação e, conseqüentemente, sua eficiência energética. Nas habitações populares essa concepção não deve ser diferente, soluções de ventilação, exposição solar, materiais e técnicas construtivas adequadas ao seu entorno, etc., proporcionam um melhor conforto ambiental às edificações, aliando a esse a utilização racional de energia (OLIVEIRA, et al, 2008).

Beraldo (2006), afirma que o clima e as estações do ano influenciam na sensação de conforto térmico. Porém, apesar de possível o controle do clima interno do edifício, o externo não pode ser controlado, devendo ser então minimizado através da envolvente do edifício e da interação deste com o meio ambiente. Bormio (2007), também lembra que para a concepção de um ambiente adequado, em termos de conforto térmico, deve-se conhecer o local onde a edificação será instalada, analisando o clima local e estratégias projetuais que possam ser adotadas. São necessários estudos de bioclimatologia inseridos na arquitetura.

As normas internacionais de conforto tais como padrões ASHRAE e as Normas Internacionais de Organization (ISO) são baseados quase exclusivamente na teórica análises de troca de calor humano realizado em meados de latitude regiões climáticas na América do Norte e norte da Europa (OGBONNA; HARRIS, 2008). Eles foram principalmente com base em modelos matemáticos desenvolvidos por Fanger.

Dear e Brager observaram que " conforto térmico atual normas e os modelos em que assenta eles pretendem ser igualmente aplicáveis em todos os tipos de construção, ventilação, padrão de ocupação e zona climática ". O conforto térmico as normas previstas na ISO 7730 são os primeiros que foram usado em uma base mundial (DEAR; BARGER, 2001).

O Brasil recebe níveis médios de radiação solar superiores aos observados na maioria dos países europeus e com variabilidade sazonal baixa, devido a grande parte do país estar presente na zona tropical (MARTINS; PEREIRA, 2011). Na África e em particular nas regiões tropicais, não tem foram poucos relatos na literatura sobre o conforto dos ocupantes e residencial

ambiente térmico. Além disso, os padrões são quase baseado em experimentos através de uma variedade de zonas climáticas, incluindo temperado, quente-úmido e frio (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010).

Pesquisas que apresentam nos dados levantados a relação da temperatura do ar com a temperatura radiante média demonstraram que de acordo com o matéria construtivo implantado ele garante uma redução significativa da radiação dentro do ambiente, assim os valores da temperatura do ar e temperatura radiante média tornam-se bem próximos (LEÃO, 2006).

Beker e Paciuk (2009) destacou o papel de variáveis contextuais (clima local, expectativas, controle disponível) em adaptação térmica em ambientes reais e estabeleceu os dados de base para padronizado térmica local e cálculos de energia. Hwang et al. (2009) investigada em térmica conforto nos locais de trabalho e residências em Taiwan para esclarecer dois perguntas em detalhe: (i) as pessoas nas regiões de clima tropical demonstrar uma correlação entre a sensação térmica e térmica insatisfação a mesma que a fórmula PMV / PPD no ISO7730? e (ii) se a diferença de oportunidades para escolher entre uma variedade de métodos para atingir o conforto térmico afeta percepção térmica dos ocupantes? Foi confirmado por dados obtidos neste estudo que em regiões de clima quente e úmido a sensação ótima desejada no ASHRAE escala não é "neutro", mas se desloca para uma posição entre "um pouco quente" e "neutro".

Os estudos de campo também permitem análises de outros fatores do que aqueles que podem ser simuladas em câmaras, como os sujeitos fornecer respostas em seus habitats diárias, vestindo suas roupas todos os dias e comportando-se sem quaisquer restrições adicionais (CENA; DEAR, 2001). A subjetividade na experiência térmica e as interpretações decorrentes de uma muito interação complexa entre os ocupantes e seu meio ambiente tem sido o foco de muita pesquisa e fornece o suporte teórico para a abordagem adaptativa para térmica estudos de conforto (CHAPPELLS; SHOVE, 2004).

Associação desses dois temas são abordados Norma desempenho Térmico 15.575 atualiza em 2013, em que propõe condições de conforto a população de baixa renda que não tem condições mínimas para melhorar sua casa utilizando recursos como aclimatização ou reformas, estando fora do seu orçamento financeiro.

Inicialmente, deve-se esclarecer que a norma NBR 15575 não trata de condicionamento artificial. Ou seja, todos os critérios de desempenho foram estabelecidos com base em condições naturais de insolação, ventilação e outras. O desempenho térmico depende de diversas características do local da obra (topografia, temperatura e umidade do ar, direção e velocidade do vento, etc.) e da edificação (materiais constituintes, número de pavimentos, dimensões dos cômodos, pé-direito, orientação das fachadas, etc). A sensação de conforto térmico depende muito das condições de ventilação dos ambientes, com grande influência do posicionamento e dimensões das aberturas de janelas. O nível de satisfação ou insatisfação depende, ademais, do tipo de atividades no interior do imóvel, quantidade de mobília, tipo de vestimentas, número de ocupantes, idade, sexo e condições fisiológicas e psicológicas do usuários. Dessa forma, quando se trata de conforto térmico, está se referindo sempre a uma condição média, que atende à maior parte das pessoas expostas a uma determinada condição.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo apresentar os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa. O trabalho será realizado em três etapas principais: pesquisas de campo (incluindo observações e medições ambientais) obtenção dos índices de conforto, por fim o tratamento estatístico dos dados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho caracteriza-se, quanto à natureza, de acordo com CAUCHICK (2010), como uma pesquisa descritiva, pois descreve o conforto térmico e a relação com suas principais variáveis, visando descrever as características de determinada população e suas relações entre variáveis climáticas, através do uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, com observação sistemática com equipamentos.

Quanto à abordagem, a pesquisa classifica-se como quantitativa, pois tenta traduzir em números informações para classificá-las e analisá-las qualitativamente, usando de técnicas estatísticas e recursos computacionais.

Trata-se também de um estudo de caso, por envolver o estudo profundo de um conjunto habitacional de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

De acordo com os objetivos, classifica-se como explicativa e experimental já que busca identificar os fatores responsáveis pelos efeitos dos fenômenos observados. Quanto aos meios, classifica-se como pesquisa bibliográfica, porque utiliza-se de material já publicado como livros, teses, dissertações, artigos de periódicos, etc.; mediante análise quantitativa, se possa chegar a conclusões referentes a sensação térmica analiticamente calculada pelas normas. A coleta de dados se dará com a utilização de equipamentos que fornecerão dados confiáveis para serem analisados.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.2.1 Delimitação da área de Estudo

Na pesquisa optou-se por edificações multifamiliares caracterizadas por edifícios verticais, visto a dificuldade de modificações estruturais, como por exemplo, a criação de novos cômodos e muros, entre os blocos.

O conjunto foi escolhido após visita a Secretaria Municipal de Habitação Social de João Pessoa (SEM HAB). Mediante a inúmeros projetos realizados por licitação, escolheu-se um projeto elaborado pelo setor de engenharia daquele órgão, onde o mesmo desenvolvia uma pesquisa pós-ocupação.

O conjunto selecionado situa-se em uma zona residencial, entregue em 2012. O projeto foi destinado a atender pessoas de baixa renda ao fazer parte do Programa Minha Casa Minha Vida. A SEM HAB permitiu o acesso às informações quanto ao detalhamento e execução do projeto. Além disso, vale salientar que a escolha das habitações foi favorecida pelo contato da pesquisadora com os moradores, feito pela equipe da Secretaria que fazia uma pesquisa pós-ocupação no conjunto.

A seleção dos apartamentos avaliados adotou os seguintes critérios de inclusão: i) o apartamento em uso há dois anos; ii) pertencerem as quadras que obtiveram permissão dos síndicos; iii) não apresentarem reformas construtivas

interna e externa; iv) permissão dos moradores para instalar o equipamento no centro da cozinha.

Com o total de 78 blocos, foram avaliados 12 blocos do conjunto selecionado, considerando suas distintas orientações. A amostra da pesquisa consistiu de doze blocos, sendo cinco blocos com a orientação Sul e sete blocos com orientação Norte no total de 19 apartamentos, tendo nove com a fachada principal Sul e dez com a fachada principal Norte (quadro 5).

Quadro 5 - Características do conjunto habitacional levantadas na pesquisa.

Quadra	Bloco	Apartamento	Pavimento	Orientação
180	01	003/004	Térreo	Sul
	03	001	Térreo	Sul
	04	101/102/104	Superior	Sul
	06	101/104	Superior	Norte
	07	102/104	Superior	Norte
	08	101	Superior	Norte
	09	101	Superior	Norte
181	01	001/104	Térreo/Superior	Sul
	03	001	Térreo	Sul
	04	003	Térreo	Sul
	05	102/103	Superior	Norte
	08	004	Térreo	Norte
19 apartamentos - 10 Norte e 9 Sul				

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

3.2.2 Coleta de dados e Medições

3.1.2.1. Instrumentação

Os equipamentos utilizados para coletar os dados no interior da residência foram:

- O Medidor de Stress Térmico Mod. TGD-300(figura 17), que registra a cada intervalo de tempo as temperaturas de globo (TG), de bulbo seco (TS), de bulbo úmido (TU) e Umidade Relativa do ar (UR). O equipamento possui as seguintes características:
 - a. Medição de Temperatura:
 - Sensor: Termostato NTC para medições de temperatura do Globo, bulbo seco e bulbo úmido.
 - Escala: -5°C até +100°C;
 - Resolução: 0.1°C;
 - Exatidão: ±0.5°C.

Foram disponibilizado quatro equipamentos TGD 300, dois pertencentes ao Laboratório de Conforto (LABCON) do Departamento de Arquitetura e dois do Laboratório de Atividades do Trabalho (LAT) do Departamento de Engenharia de Produção, ambos laboratórios da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Para verificar se os mesmos apresentavam valores iguais foi realizado um teste no qual os mesmos foram instalados em um mesmo ambiente com as mesmas condições térmicas. Efetivamente, os valores coletados semelhantes, assegurando confiança nos referidos equipamentos.

Figura 10 - Foto do equipamento para captação de dados climáticos no interior das residências. Medidor de Stress Térmico (Termômetro de Globo) Mod. TGD-300.



Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

O equipamento foi posicionado no apartamento no centro da área de maior concentração da atividade doméstica, isto é, a cozinha, setorizada conforme o projeto arquitetônico (figura 11). O posicionamento foi feito de forma a não prejudicar as atividades normais dos residentes nem as medições.

Figura 11 - Delimitação da área da atividade avaliada com a indicação do posicionamento do equipamento. Posicionado no eixo vertical a 1,42 e no eixo horizontal a 1,20.



Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

A norma ISO 7726/98 recomenda, para uma pessoa com 1,70m, as posições constantes da tabela 4. Em vista disso, as medidas foram feitas ao nível do abdômen.

Tabela 4 - Posições para as medições das variáveis físicas de um ambiente.

Localização dos sensores	Coeficientes ponderados para os cálculos das variáveis				Alturas recomendadas	
	Ambientes homogêneos		Ambientes heterogêneos		Sentado	Em pé
	Classe C	Classe S	Classe C	Classe S		
Nível da cabeça			1	1	1,1 m	1,7 m
Nível do abdômen	1	1	1	2	0,6 m	1,1 m
Nível do tornozelo			1	1	0,1 m	0,1 m

Fonte: Norma ISO 7726(1998).

- Anemômetro de fio quente (figura 12). Anemômetros são instrumentos usados para medidas de velocidade de ar e de outros fluidos. Para baixas velocidades, os anemômetros que operam no princípio das trocas de calor são os mais indicados e seu funcionamento se baseia nas trocas de calor entre sensor aquecido e o fluido. Estes anemômetros

possuem alta sensibilidade, baixa velocidade de partida e rápido tempo de resposta, podendo ser de fio ou filme quente (SAMPAIO; PASSOS; DIAS; CORREA, 1998). Na pesquisa, foi utilizado o anemômetro de fio quente, semelhante ao anemômetro representado na figura 12.

Figura 12 - Anemômetro.



Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

A velocidade relativa do ar pode ser medida com um anemômetro onidirecional com características especificadas na ISO 7726 (1985) ou calculada. A ISO 7730 (2005) estima que a velocidade do ar (V_{ar}) devido ao movimento do corpo é zero para as atividades sedentárias ($M \leq 1 \text{ met}$) e $V_{ar} = 0,3$ para $M = 1 \text{ met}$; para $M > 1 \text{ met}$, o caso desta pesquisa, o V_{ar} foi coletado com o equipamento e dado em m/s.

3.2.2.2. Período

Os dados foram coletados em duas estações do ano: no mês de Janeiro de 2014, durante o Verão, e no mês de Setembro de 2015, durante o final do inverno, das 08h00min às 17h00min, obtendo-se um registro das condições térmicas num período de 9 horas diárias. O quadro 6 mostra a programação da fase de coletas.

Quadro 6 - Informação quanto as coletas de dados que serão realizadas.

COLETAS/DIAS	Nº DE APART.	ESTAÇÃO	HORÁRIO	ORIENTAÇÃO
1º - 06/09	02	Inverno	8h as 17h	Norte e Sul
2º - 08/09	03			
3º - 09/09	03			
4º - 10/09	02			
5º - 11/09	03			
6º - 12/09	02			
7º - 13/09	03			
8º - 15/09	01			
1º - 08/01	03	Verão	8h as 17h	Norte e Sul
2º - 09/01	04			
3º - 10/01	03			
4º - 11/01	02			
5º - 12/01	03			
6º - 13/01	03			
7º - 17/01	01			

Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

As condições climáticas dos dias de coleta foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o que permitiu descartar dados coletados em dias em que as temperaturas do ar não foram aproximadamente iguais.

3.2.2.3. Variáveis e indicadores da pesquisa

O quadro 7 apresenta as variáveis analisadas no presente estudo bem como seus respectivos indicadores.

Quadro 7 - Informa as variáveis e indicadores que serão analisados na pesquisa.

	VARIÁVEIS	INDICADORES
Parâmetros de Conforto	Pessoais	Atividade desempenhada, M, (W/m ²); Isolamento térmico das vestes, I _{cl} , (clo);
	Ambientais	Temperatura do ar (°C); Temperatura radiante média, t _{rm} , (°C); Velocidade do ar, v _{ar} , (m/s); Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente, P _v , (kPa);
Índices de conforto	Avaliação térmica	Ambientes térmicos moderados: determinação dos índices PMV e PPD (ISO 7730/2005.)

Fonte: Arquivo Pessoal, 2014.

3.2.2.4. Variáveis Ambientais

As respectivas caracterizações das variáveis ambientais, métodos e instrumentos de medição estão contidos na norma ISO/DIS 7726/98.

- Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) - registrada a cada minuto;
- Temperatura radiante média, t_{rm} , ($^{\circ}\text{C}$) - obtida por meio da equação 15, em função da temperatura do ar e temperatura de globo, dados estes obtidos a cada minuto.
- Velocidade do ar, V_{ar} , (m/s) - não podendo ser coletada a cada minuto, adotando-se a média das medidas em um intervalo de tempo. Disto resultou nos seguintes dados: no inverno houve uma variação entre 0,2m/s e 0,6m/s, com média de 0,4m/s; já no verão a variação ocorreu entre 0,6m/s e 1,0m/s, com média de 0,8m/s.
- Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente, P_v , (kPa) - obtida com base na temperatura do ponto de orvalho, fornecido a cada minuto, na tabela 5 de propriedades do vapor d'água saturada abaixo.

Tabela 5 - Pressão de vapor d'água (P_v) em função da temperatura de orvalho (T_o).

T_o ($^{\circ}\text{C}$)	P_v (kPa)	T_o ($^{\circ}\text{C}$)	P_v (kPa)
18	2,064	23	2,810
19	2,198	24	2,985
20	2,339	25	3,169
21	2,488	26	3,363
22	2,645	27	3,567

Fonte: ASHRAE - "Handbook of Fundamentals, 1997.

3.2.2.5. Variáveis Pessoais

A atividade desempenhada pela pessoa determina a quantidade de calor gerado pelo organismo. As tabelas de taxas metabólicas em função da atividade e do isolamento das roupas estão nas normas ISO 7730/2005, ISO 8996/2004, ASHRAE Fundamentals cap.8 - 2005 e ISO 9920/2007. Para quem exerce atividade doméstica, adotou-se, o valor 116 W/m²°C.

A vestimenta foi descrita pelos moradores e calculada segundo a norma ISO 7730/2005.

3.2.2.6. Índice de Conforto Térmico

Nesta pesquisa foram utilizados como referência os Índices de conforto térmico PMV e PPD (equações 21 e 24) para ambientes termicamente moderados, por meio da Norma ISO 7730/2005.

3.2.3 Etapa documental

Inicialmente foi entregue à SEMHAB uma carta de anuência (apêndice I) explicando os objetivos da pesquisa e solicitando permissão para realizá-la. Além disso, foi feita uma apresentação da pesquisa ao setor social da Secretaria, o qual foi o principal veículo de comunicação da pesquisadora com os moradores. Posteriormente, foi feito o contato com aqueles moradores por meio de visitas, abordando-os e explicando os motivos da pesquisa que seria realizada. Como resultado, dois síndicos das quadras 180 e 181, contendo oito e nove blocos, respectivamente, assinaram a carta de anuência (apêndice II), após terem conversado com os moradores.

Àqueles que se propuseram a participar foi entregue o Termo de Consentimento Livre Esclarecido - TCLE (apêndice III), o qual permitia que fosse realizado a pesquisa em sua residência. Inicialmente 24 moradores assinaram, no entanto, três desistiram e dois foram descartados por não atenderem a um dos requisitos de inclusão apresentarem modificações construtivas no interior dos apartamentos. Isso resultou numa amostra de dezenove apartamentos. O próximo passo foi o agendamento das coletas que tinham como fatores limitantes a quantidade de equipamentos que permitisse as medições simultâneas em no máximo quatro apartamentos por dia, além da disponibilidade do morador.

No dia previamente agendado, a abordagem iniciava uma hora antes do início das medições pelo equipamento, para assegurar o tempo de resposta do mesmo. Enquanto cada equipamento estava sendo instalado era registrada a vestimenta do morador (variável pessoal) e feito o registro fotográfico da instalação. Durante as nove horas de coleta foram realizadas visitas para verificar se o equipamento estava funcionando normalmente.

Quanto às aberturas convencionou-se em deixar as janelas e portas internas abertas, com apenas a porta principal fechada.

3.2.4 Análise dos dados

O objetivo principal do trabalho é analisar as variáveis de conforto térmico (variáveis explicativas) e a influência de cada uma sobre as variáveis de interesse, PMV e PPD. Um modo de abordar tal problema é através do estudo de um modelo de regressão que relacione essa variável de interesse com variáveis ditas explicativas (TURKMAN, 2000).

Dessa forma, os dados passaram por um processo estatístico para elaborar modelos matemáticos que mais representassem tal relação. Segundo Turkman (2000), existem três etapas essenciais para modelagem de dados:

1. Formulação dos modelos;
2. Ajustamento dos modelos;
3. Seleção e validação dos modelos;

As modelagens estatísticas foram definidas com base nos pré-requisitos e comportamento dos dados obtidos, os quais sugeriram a aplicação dos métodos paramétricos e não paramétricos. Tendo em vista que para aplicação dos procedimentos paramétricos os dados devem apresentar os seguintes pré-requisitos: distribuição normal, homocedasticidade e dados contínuos, já os não paramétricos trabalham com os dados que não atendem os pré-requisitos dos paramétricos. (TUCKMAN, 2000)

Os dados coletados foram transferidos para o software Microsoft Excel, calculando-se os valores máximos, médios e mínimos das temperaturas e umidade relativa. Para os cálculos estatísticos foi utilizado o Software R-Project que forneceu os desvios padrões, gráficos, parâmetros do conforto térmico e suas correlações. O procedimento paramétrico utilizado foi a modelagem regressiva linear e o procedimento não-paramétrico usado foi o teste de Wilcoxon.

As correlações entre as variáveis do conforto térmico e os índices de conforto foram realizadas por meio do método de Spearman no software R-Project. Quanto maior o coeficiente de correlação, maior o grau de associação entre as variáveis. O objetivo destas correlações foi verificar a existência de associação entre a variável dependente e as variáveis independentes, e assim serem utilizadas na modelagem.

O capítulo apresentado contém informações quanto à metodologia

adotada na coleta e na análise dos dados, contribuindo, assim, para segunda etapa da pesquisa, resultados e discussões. Só possível de ser cumprida mediante a utilização de norma e técnicas estabelecidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

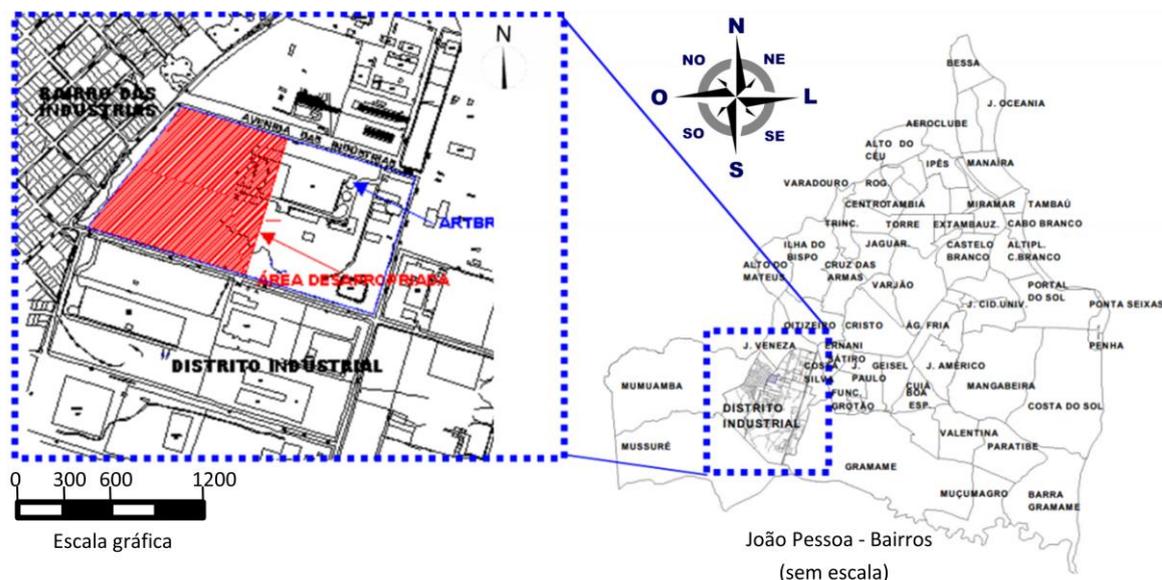
Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados e discussões os quais respondem os objetivos geral e específicos da pesquisa.

4.1 CONJUNTO HABITACIONAL ESCOLHIDO

A presente pesquisa realizada no Conjunto Habitacional Anayde Beriz (figura 13), que está situado na Av. das Industrias, no bairro das Industrias - cidade de João Pessoa/Paraíba. Este conjunto se limita ao Norte com a Avenida das Indústrias; ao Sul com a rua B-11; ao Leste com a área do parque fabril, atualmente desativado, da ARTBRÁS S/A – Carnes e Derivados e a Oeste com Rua da Ação.

O conjunto representa o primeiro projeto de habitação de interesse social na cidade dentro do programa Minha Casa, Minha Vida, elaborado pela SEMHAB. São 14.125,07m² (16,12%) de áreas verdes e 5.573,40m² (6,36%) de áreas para implantação de equipamentos comunitários.

Figura 13 - Delimitação do conjunto habitacional onde fica a área em estudo.



Fonte: Secretaria Municipal de Habitação de João Pessoa.(SEM HAB),2012.

O conjunto apresenta um perímetro de geometria irregular e declividade suave, com curvas de nível que variam de 38,00 a 45,00 m. O entorno construído do loteamento é formado por edificações residenciais e indústrias (figura 14). O projeto arquitetônico bem como informações sobre a implantação do conjunto e de uma pesquisa pós-ocupação em andamento foram fornecidas pela Secretaria Municipal de Habitação Social (SEM HAB).

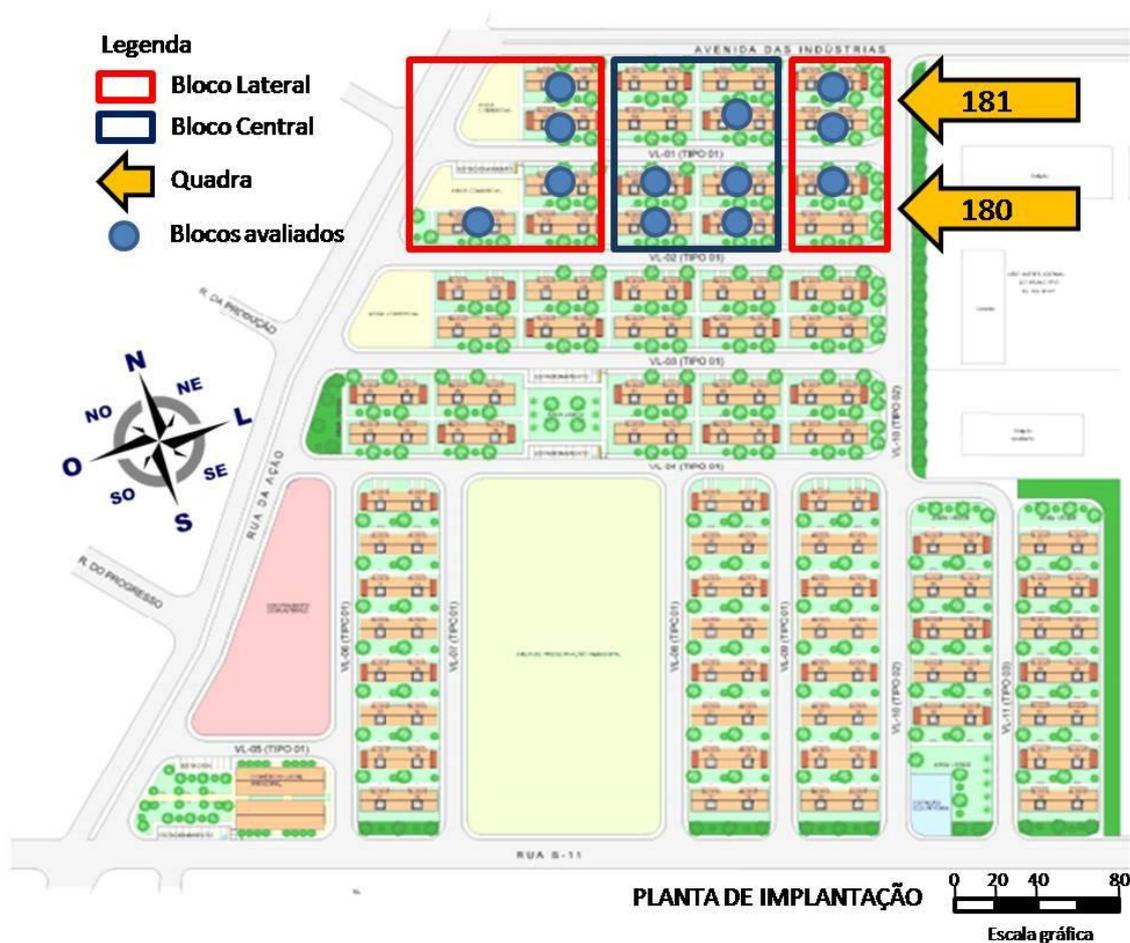
Figura 14 - Imagem retirada do google maps: Em amarelo o terreno do Conjunto Habitacional em estudo.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2014.

No Loteamento há 584 unidades habitacionais, distribuídas em 73 blocos com oito apartamentos cada e uma tipologia do tipo “Térreo + 1” (figura 15). As duas quadras do conjunto habitacional que participaram da pesquisa possuíam distanciamento entre os blocos de 10 metros frontalmente, e com laterais e fundo de 5 metros, conforme medições no local.

Figura 15 - Planta de locação do loteamento com a indicação dos blocos avaliados.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2014.

As residências estão dispostas no conjunto em duas orientações, considerando suas fachadas principais: Norte e Sul. Conforme planta baixa, cada unidade apresenta uma área construída de 41,44m², distribuída conforme programa de necessidade: dois quartos; banheiro social; cozinha; serviço; sala de estar/jantar (figura 16).

Figura 16 - Planta baixa de um bloco com a marcação de apartamentos analisados.



Fonte: Secretaria Municipal de Habitação de João Pessoa.(SEM HAB), 2012.

O projeto foi concluído em 2012 e entregue aos moradores no mesmo ano, período de dois anos de ocupação, tempo aceitável para avaliação pós-ocupação. Conforme imagens referentes aos períodos de conclusão e atualmente (quadro 8).

Quadro 8 - Imagens do conjunto habitacional Anayde Beiriz.

2012	2014	2015
		
		

Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Com três anos de ocupação, o loteamento já apresenta mudanças estruturais, principalmente nos apartamentos no térreo, com acréscimo de garagem e pontos comerciais.

4.2 INFORMAÇÕES DETALHADAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO.

4.2.1 Material construtivo (Envoltória)

As estruturas são de alvenaria composta dos seguintes materiais:

- Paredes executadas em alvenaria de ½ vez, com blocos cerâmicos.
- Chapisco, espessura de 5 mm
- Emboço
- Massa Única (Argamassa)
- Argamassa impermeabilizante (externamente);

Os demais elementos de cada apartamento são apresentados no quadro 9, com as respectivas propriedades radiantes.

Quadro 9 - Resumo dos materiais utilizado na construção do apartamento e valores das propriedades radiantes absorvidade (α) e emissividade (ϵ).

Elementos do projeto		Material	A	ϵ
Revestimentos	Interno	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura PVA para Paredes Internas na cor branca • Cerâmica em áreas molhadas 	0,2/0,5	0,9
	Externo	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura PVA para Paredes Externas em cores neutras. 	0,2/0,5	0,9
Coberta	-	Madeiramento para Telha Cerâmica	0,75/0,8	0,85/0,95
Forro	Interno	Gesso em Placas	0,3/0,5	0,85/0,95
Piso	Interno	Cimento queimado e cerâmica.	0,2/0,5	0,9
Esquadrias	Porta	As portas internas semi-ocas, pintadas de branco. As portas externas em madeira maciça regional com duas demãos de fundo branco.	0,2/0,5	0,9
	Janela	do tipo basculante, com vidro do tipo fantasia com 4,0 mm de espessura. Todas pintadas com esmalte sintético cinza.	0,06/0,25	0,84

Fonte: Arquivo pessoal, 2014, com base na NBR 15220.

Os dados demonstram que os materiais nos ambientes projetados

tendem a apresentar uma alta emissividade (fração da radiação incidente sobre uma superfície que é emitida para as superfícies do ambiente) e baixa absorvidade (fração da radiação incidente que é absorvida por uma superfície elevando sua temperatura).

Outras propriedades, tais como condutividade, transmitância térmica, capacidade térmica e o atraso térmico foram obtidos para analisar o comportamento térmico das residências, conforme o quadro 10.

Quadro 10 - Condutividade; Transmitância térmica; Capacidade Térmica e Atraso térmico da construção.

Superfície	Descrição	λ [W/(m.K)]	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ (horas)
Coberta	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _t (laje) = 0,0900 (m ² .K/W) C _T (laje) = 95 kJ/(m ² .K)	1,40	1,92	113	3,6
Parede	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,05	2,28	168	3,7

Fonte: NBR 15220 - Parte 03.

A norma 15220 define a condutividade, "Propriedade física de um material homogêneo e isótropo, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m², quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro". Os maiores valores foram apresentados pelas paredes. O mesmo ocorreu com a transmitância térmica, haja vista que a sua espessura é bem maior que a da cobertura.

A capacidade térmica, quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema (Norma 15220). As paredes apresentaram 168kJ/m² enquanto as cobertas apresentaram 113kJ/m², implicando uma diferença de 55kJ/m². O atraso térmico, tempo transcorrido

entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor (Norma 15220). Não houve diferença significativa desse parâmetro entre as paredes e as cobertas. Como a Norma 15220, baseia o atraso térmico na hora solar, para se ter este parâmetro na hora legal deve-se realizar a conversão/ajuste de hora legal em hora solar onde adiciona ou subtrai 4 minutos por grau de longitude de afastamento do meridiano o qual define o fuso horário do local. Adiciona-se 4 minutos se o local estiver a Leste do meridiano e subtrai-se 4 minutos se estiver a Oeste. Os 4 minutos se devem ao fato de a Terra efetuar uma rotação completa (360 graus) ao redor de seu eixo em 24 horas, ou seja, 15 graus por hora ou 4 minutos por grau. Nesse sentido tem-se para João Pessoa com longitude igual à $34^{\circ} 51' 47''$ e que o meridiano que define o fuso horário (GMT -2h) é o de 30 graus, temos que João Pessoa dista 4 graus e 51 minutos, a Oeste, deste meridiano; portanto, a correção de longitude será de + 19 minutos e 24 segundos. Ou seja, se a hora solar em João Pessoa for 10h, a hora legal será, inicialmente subtraído 4 minutos, e com o resultado será acrescentado 19 minutos e 24 segundos, resultando em uma hora legal igual à 10h 15minutos e 24 segundos (SARAIVA, 2015).

4.2.2 Insolação

Análise da Incidência solar nas fachada foi feita com base na utilização da carta solar para a latitude de João Pessoa. Adotou-se para o Verão a curva correspondente a 21 de janeiro e para o Inverno a curva correspondente a 23 de setembro, referentes aos períodos de coleta, chegando à seguinte conclusão:

Fachada Norte

- No verão, a fachada não recebe incidência, estando sempre sombreada.
- No inverno, a incidência solar têm início às 6h e se estende até às 12h.

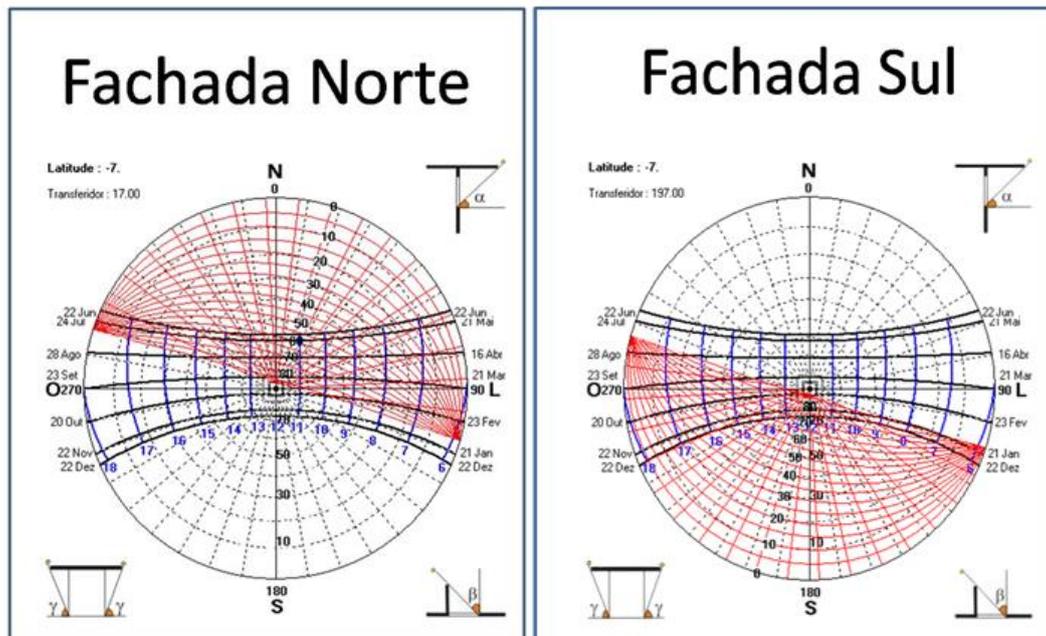
Fachada Sul

- No verão, recebe incidência solar durante todo dia.

- No inverno, a incidência solar têm início às 14h se estendendo até o final do dia.

A figura17 informa a incidência solar no projeto em estudo, no qual a carta solar foi posicionada conforme a orientação do Norte no projeto arquitetônico que está a 17°C da fachada principal.

Figura 17 - Análise das fachadas Norte e Sul com a carta solar.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A carta solar tem como referencia a hora solar, ao revertemos para hora local deve-se ser acrescentado 15 minutos e 24 segundos, com base na longitude de João Pessoa em relação ao Meridiano de Greenwich.

4.1.1. Ventilação Natural

No período de verão os ventos predominantes da região possuem direção Leste, assim, os blocos com fachada principal Norte passar a ser bem mais ventilados por não apresentarem barreiras construtivas e naturais como, muro e grandes árvores ao redor dos blocos, além do favorecimentos da trajetória dos ventos diante da distancia entre os blocos entorno de 10 metros (5 metros de rua e 2,5 metros de calçada ambos os lados). Quanto ao inverno os ventos predominantes possuem direção Sudeste, assim os blocos com fachada principal Sul passam a ser mais ventilados.

O tipo de esquadria utilizada e tamanho das aberturas podem auxiliar ou não a captação da ventilação natural dentro dos ambientes. A figura (18)

mostra a planta baixa dos apartamentos analisados e a tabela 6 as dimensões e abertura dos mesmos.

Figura 18 - Planta Baixa do apartamento.



Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Tabela 6 - Dimensões dos ambientes no apartamento estudado.

AMBIENTE	ÁREA	ESQUADRIA	DIMENSÕES (L x A)
Sala	8,48m ²	P1	0,80 x 2,10
		J1	1,20 x 1,00
Quarto	7,20m ²	P2	0,70 x 2,10
		J1	1,20 x 1,00
Cozinha	8,05m ²	J2	1,20 x 0,60
Serviço	1,85m ²	J3	1,00 x 1,00
Banheiro	2,32m ²	P3	0,60 x 2,10
		J4	0,60 x 0,60

Fonte: Secretaria Municipal de Habitação de João Pessoa, adaptado, 2014.

No projeto em estudo o tipo de esquadria adotado nas janelas foi a basculante, na qual a proporção de abertura para captação pode compreender cerca de 60% se for usada completamente aberta e compor todo o vão, isto é, sem lâminas de vidro fixas (figura 19). Na residência foram implantadas com duas faixas de lâminas de vidro fixas, conforme imagem, o que reduz a área de captação. Enquanto as portas, adotou-se para o acesso principal do tipo abrir 90° de madeira maciça; e das do interior são do tipo abrir 90°, semi-ocas. Para essa pesquisa apenas porta principal encontrava-se fechada e as demais aberturas (janelas e portas) abertas.

Figura 19 - Tipo de esquadria utilizada na habitação popular: a) Janela b) Perspectiva da abertura máxima c) Em amarelo as áreas que devem ser contadas como área de ventilação.

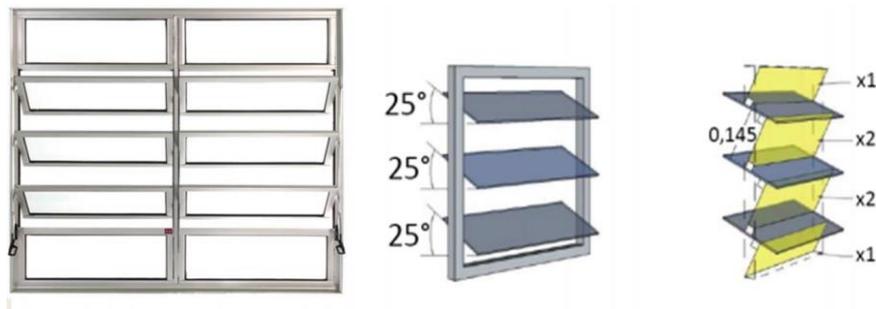
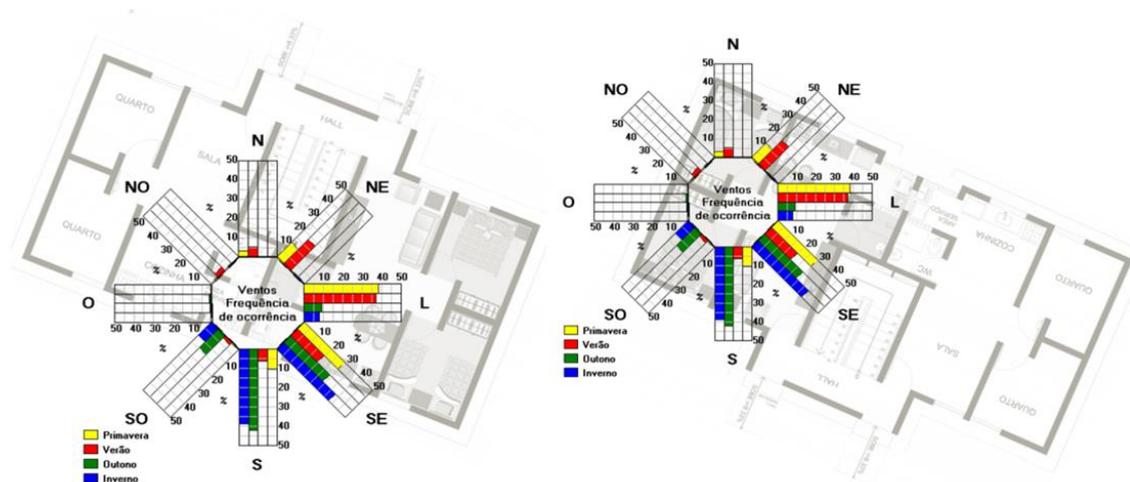


Figura 20 - Ação dos ventos nas fachadas Sul e Norte, respectivamente.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Conforme a figura 20, os apartamentos com fachada principal Norte são beneficiados durante o Verão por apresentar aberturas maiores em suas fachadas capazes de permitir a circulação do ar no interior das residências, possuindo a seguinte trajetória: sala de estar para a cozinha, assim o setor da cozinha passa a ser arejado. No entanto, os apartamentos com fachada principal Sul, no mesmo período, passam a ser prejudicados, pois a fachada que recebe a ventilação possui aberturas menores, não facilitando a captação dos ventos frequentes nessa estação do ano.

Já no inverno a circulação do ar se inverte em ambas as orientações. Os apartamentos com fachada principal Sul são os beneficiados por apresentarem aberturas maiores voltadas para a direção dos ventos mais frequentes, o que não ocorre para os apartamentos com fachada principal Norte onde o trajeto da ventilação natural passa a ter o sentido cozinha para sala de estar.

Conclui-se que no Verão, para esse projeto, os melhores apartamentos são de fachada principal Norte, e no inverno, os melhores são os apartamentos

de fachada principal Sul. Quanto a qualidade do ar, a ventilação adequada em uma residência segue o seguinte trajeto: setor social/setor íntimo para o setor de serviço, assim as impurezas produzidas no setor de serviço são retirada da residência, esse fenômeno ocorre em ambos os apartamentos classificados como melhores para cada estação.

4.3 INFORMAÇÕES QUANTO A VESTIMENTA DOS MORADORES.

A resistência térmica das vestimentas dos moradores que participaram da pesquisa foram registradas e calculadas com base na Norma ISO 7730/2005, nos períodos coletados, gerando o seguinte quadro 11.

Quadro 11 - Descrição da vestimenta dos moradores no Inverno e no Verão.

Moradores	Descrição da Vestimenta	Inverno - clo	Descrição da Vestimenta	Verão - clo
01	Short/blusa com manga longa	0,31	Short jeans/ blusa s/manga	0,26
02	Vestido no joelho	0,25	Bermuda jeans/ blusa c/manga	0,41
03	Vestido no joelho	0,25	Saia jeans/ blusa s/manga	0,36
04	Short/Blusa de manga curta	0,26	Camiseta e calça de malha fina	0,38
05	Saia no joelho /blusa s/manga	0,35	Short/blusa com manga	0,31
06	Calça jeans / blusa s/manga	0,45	Vestido no joelho	0,25
07	Short jeans/blusa s/manga	0,26	Vestido no joelho	0,25
08	Vestido no joelho	0,25	Vestido no joelho	0,25
09	Calça jeans/ blusa c/manga	0,50	Saia jeans/ blusa s/manga	0,36
10	Short jeans/ blusa s/manga	0,26	Vestido no joelho	0,25
11	Vestido no joelho	0,25	Short/ blusa sem manga	0,26
12	Calça jeans e blusa c/manga	0,50	Saia jeans/ blusa s/manga	0,36
13	Short jeans	0,20	Vestido no joelho	0,25
14	Short/ blusa sem manga	0,26	Bermuda jeans/camiseta	0,38
15	Short jeans/ blusa s/manga	0,26	Calça jeans e blusa c/manga	0,50
16	Short jeans/ blusa s/manga	0,26	Calça jeans e blusa s/manga	0,47
17	Short/ blusa sem manga	0,26	Short/Blusa de manga curta	0,26
18	Vestido no joelho	0,25	Short e blusa c/manga	0,26
19	Vestido no joelho	0,25	Short jeans/ blusa s/manga	0,26
	VARIAÇÃO	0,2 a 0,5	VARIAÇÃO	0,25 a 0,5

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Verifica-se que a variação nos dois períodos ocorreram entre 0,20 e 0,50 clo, não havendo diferença entre o Inverno (temperaturas baixas) e o Verão (temperaturas elevadas).

4.4 CONDIÇÕES TÉRMICAS EXTERNA NO PERÍODO DE COLETA

Os dados da pesquisa foram coletados em dias diferentes e para entender as condições térmicas no interior dos apartamentos, há necessidade de conhecer e registrar o comportamento climático dos dias de coleta, e por meio dessas informações caracterizar as estações climáticas estudadas.

A tabela 7 apresenta as médias de cada dia com base no registro por hora das variáveis climáticas: Temperatura do ar externo (Tex), Umidade Relativa externa (URex), Temperatura operativa externa (Toex), Pressão de Vapor externo (Pvex), Velocidade dos ventos (Vvel), Rajadas de ventos (Vraj), Radiação e Chuva, por fim, apresenta a média, os valores máximo, mínimo e desvio padrão dos dados apresentados inicialmente.

Tabela 7 - Informações das condições climáticas externa no Inverno e no Verão.

INVERNO	Tex	URex	Toex	Pvex	Vvel	Vraj	Vdir	Radiação	Chuva
06/set	23,2	90,0	21,2	101,3	2,3	7,2	200,5°	1025,4	0,1
08/set	23,2	93,0	22,1	101,3	3,2	10,4	132,0°	872,9	2,9
09/set	26,0	76,0	21,1	101,2	4,2	11,5	147,5°	1413,0	0,0
10/set	27,6	69,0	21,1	101,2	3,2	9,4	154,5°	2333,0	0,0
11/set	28,2	66,5	21,2	101,1	2,8	8,0	123,5°	2674,5	0,0
12/set	24,8	84,0	22,0	101,1	2,6	8,0	124,0°	1005,0	0,0
13/set	25,2	85,5	21,8	101,2	3,0	8,5	139,5°	1472,0	0,0
15/set	27,2	67,0	20,4	101,3	3,2	8,5	149,5°	2883,5	0,0
MAX	28,2	93,0	22,1	101,3	4,2	11,5	200,5°	2883,5	2,9
MIN	23,2	66,5	20,4	101,1	2,3	7,2	123,5°	872,9	0,0
MÉD	25,7	78,9	21,3	101,2	3,1	8,9	146,4°	1709,9	0,4
DP	1,9	10,6	0,6	0,9	0,6	1,4	24,7°	802,4	1,0
UNID.	°C	%	°C	k/Pa	m/s	m/s	grau	kJ/m ²	Mm
VERÃO	Tex	URex	Toex	Pvex	Vvel	Vraj	Vdir	Radiação	Chuva
08/jan	27,8	70,5	21,5	101,1	3,2	8,8	122,0°	344,3	0,0
09/jan	28,6	64,0	20,4	101,1	2,7	7,8	122,0°	490,7	0,0
10/jan	29,4	64,0	21,5	101,1	2,9	7,8	131,0°	657,4	0,0
11/jan	29,5	61,5	21,1	101,1	3,3	8,0	125,5°	131,0	0,0
12/jan	29,5	64,5	21,5	101,1	2,6	7,4	106,0°	5410,0	0,0
13/jan	28,0	74,0	22,8	101,2	3,3	8,4	130,0°	171,9	0,0
17/jan	29,2	63,5	21,6	101,1	3,5	8,9	142,0°	-	0,0
MAX	29,5	74,0	22,8	101,2	3,5	8,9	142,0°	5410,0	0,0
MIN	27,8	61,5	20,4	101,1	2,6	7,4	106,0°	131,0	0,0
MÉD	28,8	66,0	21,5	101,1	3,1	8,2	125,5°	1200,9	0,0
DP	0,7	4,5	0,7	0,4	0,3	0,6	11	2071,4	0,0
UNID.	°C	%	°C	k/Pa	m/s	m/s	grau	kJ/m ²	Mm

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Características das estações do ano estudadas durante os horários de coleta em que foram obtidas, resultou nas seguintes informações da tabela 8:

Tabela 8 - Dados climáticos com todos os horários e dias coletados nos períodos de Inverno e Verão.

INVERNO	Tex	URex	Toex	Pex	Vvel	Vraj	Vdir	Radiação	Chuva
MAX.	28,5	94	22,9	101,4	5	12,8	218,0°	3778	7,4
MIN.	20,2	61	19,1	100,9	1	3,3	93,0°	-3,51	0
MÉD.	25,1	80,7	21,4	101,2	3,1	8,8	148,3°	1477,7	0,8
UNID.	°C	%	°C	k/Pa	m/s	m/s	grau	kJ/m ²	Mm

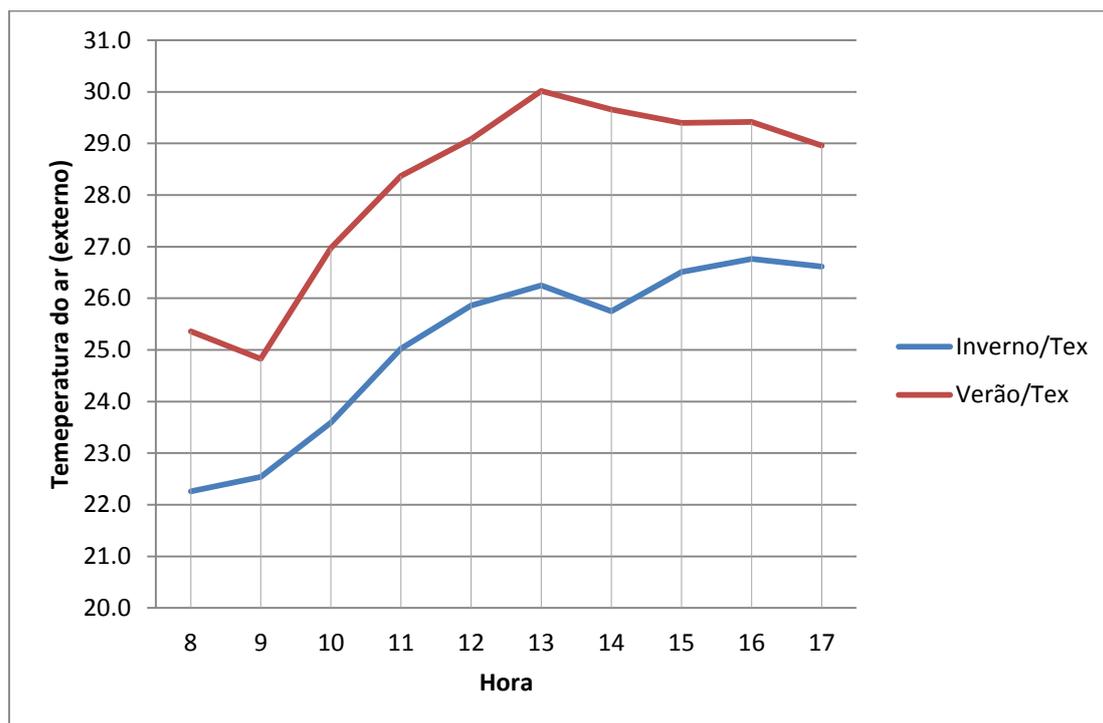
VERÃO	Tex	URex	Toex	Pex	Vvel	Vraj	Vdir	Radiação	Chuva
MAX.	31	91	23,8	101,3	3,9	10,2	177°	9183	0
MIN.	23	55	19,9	100,9	0,8	4	92°	20,7	0
MÉD.	28,2	68,3	21,6	101,1	2,8	8	126,4°	928,2	0
UNID.	°C	%	°C	k/Pa	m/s	m/s	grau	kJ/m ²	Mm

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

As condições climáticas no Inverno apresentaram baixas temperaturas (Tex) e elevada umidade relativa (URex), associadas a baixa radiação e presença de chuva, respectivamente; no verão o comportamento foi o inverso. As variáveis, temperatura do ponto de orvalho (Toex), pressão parcial (Pex), velocidade dos ventos (Vvel) e rajadas dos ventos (Vraj) apresentaram valores aproximados em ambos os períodos de coleta. Os dados quanto a direção dos ventos comprovam a predominância no período da coleta dos ventos na direção Leste/Sudeste no verão, os ventos Sudeste/Sul no inverno.

Dentre as variáveis apresentadas a temperatura do ar e a umidade relativa foram analisadas ao longo do dia, pois ambas apresentaram variações e valores específicos para determinar a estação. Para essa análise foi identificada a média nas horas dos dias de coleta que resultou os gráficos das figuras 21 e 22.

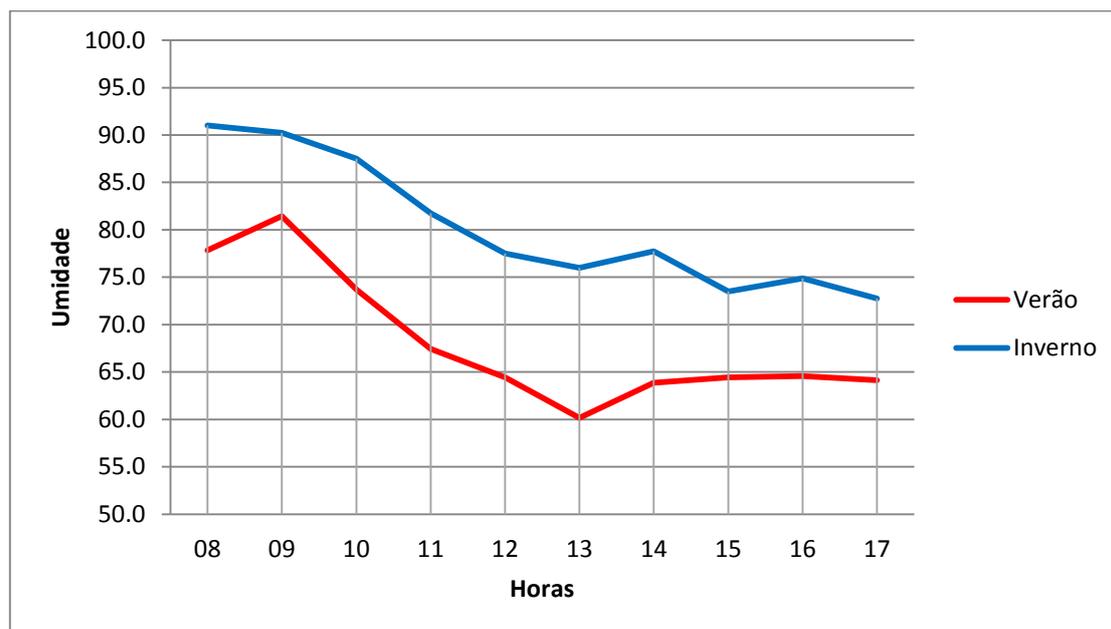
Figura 21 - A variação da temperatura no inverno e no verão ao longo das horas coletadas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

No inverno as temperaturas foram bem mais baixas ao comparar com as temperaturas obtidas no verão. O gráfico expressa a variação da temperatura ao longo do dia tendo picos em horários diferentes em cada estação. O verão apontou a maior temperatura as 13h, igual a 30°C; no inverno a maior temperatura ocorreu as 16h, no entorno de 26,8°C. Verificou-se no inverno uma queda de temperatura as 14h, ocorrida em quatro dias no total de oito dias de coleta, evento associado a nebulosidade e precipitação de chuva.

Figura 22 - A variação da umidade no inverno e no verão ao longo das horas coletadas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A umidade relativa comportou-se de modo inversamente proporcional à temperatura externa do ar, como era esperado. Nas duas estações a umidade possui seu pico pela manhã, entre 8h e 9h no inverno e verão, respectivamente. A umidade relativa mais baixa ocorreu às 13h no verão, no mesmo hora em que a temperatura do ar foi a mais elevada. Tal comportamento só fortalece a relação inversa da temperatura do ar com a umidade relativa.

4.5 AS CONDIÇÕES TERMOAMBIENTAIS NAS HABITAÇÕES

O conhecimento das condições termoambientais de moradores no interior das habitações pesquisadas por meio dos equipamentos foram fornecidos os seguintes dados dos ambientes: Umidade relativa (UR); Temperatura do ar (T_a); Temperatura do ponto de orvalho (T_o); Temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) e Temperatura de globo (T_g), dados coletados a cada minuto e analisados a cada 15 minutos. As medições resultaram em amostras equivalentes a 703 dados para cada estação, num total de 1.406 dados.

Os referidos dados foram aplicados na equação do balanço térmico (3) apresentadas no capítulo 02 - Referencial teórico, para obterem-se, indiretamente, os parâmetros, Temperatura radiante média (T_{rm}), que possui correlação com a temperatura do ar e a temperatura de globo; e a Pressão

parcial do vapor de água no ar ambiente (P_v), correlacionada com temperatura do ponto de orvalho (T_o).

Os dados foram coletados em duas Estações do ano Inverno e Verão, para analisar os dados separadamente foram classificados de forma binomial, 0 e 1, respectivamente. A tabela 9 mostra as médias e desvio padrão para estas variáveis ambientais nos dias em que foram realizadas as medições em cada estação.

Tabela 9 - Variáveis climáticas obtidas com o equipamento TGD-300 no Inverno e Verão.

INVERNO	UR	Ta	To	Tbu	Tg	Trm	Var
MÉDIA	82,6	26,3	23,0	23,8	26,2	26,2	0,4
MAX	99,1	29,5	26,7	27,1	29,1	29,1	0,2
MIN	62,3	23,2	19,4	21,6	23,1	23,1	0,6
DP	7,3	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	-

VERÃO	UR	Ta	To	Tbu	Tg	Trm	Var
MÉDIA	75,6	29,3	24,7	25,8	29,2	29,2	0,8
MAX	92,2	32,1	27,2	28,1	32,1	32,1	1,0
MIN	60,6	26,4	21,4	23,3	26,8	26,8	0,6
DP	5,2	0,9	1,1	0,9	0,9	0,9	-

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Com base na tabela obteve-se uma importante conclusão: a ausência de fontes significativas de radiação nos ambientes analisados, pois os valores das Temperaturas do ar - T_a , Temperatura de globo - T_g , e, por consequência, a Temperatura radiante média - T_{rm} , foram aproximadamente iguais.

Para analisar a relação entre as variáveis climáticas no conforto térmico nas habitações, procedeu-se um tratamento estatístico que resultou na tabela 10.

Tabela 10 - Correlação das variáveis climáticas coletadas no local em estudo, utilizando o método Spearman.

Variáveis	Ta	Tbu	Tg	To	Trm	UR	Var
Ta	1	-	-	-	-	-	-
Tbu	0,812	1					
Tg	0,994	0,822	1				
To	0,621	0,957	0,636	1			
Trm	0,990	0,822	0,999	0,639	1		
UR	-0,638	-0,101	-0,617	0,165	-0,609	1	
Var	0,816	0,667	0,818	0,508	0,817	-0,506	1

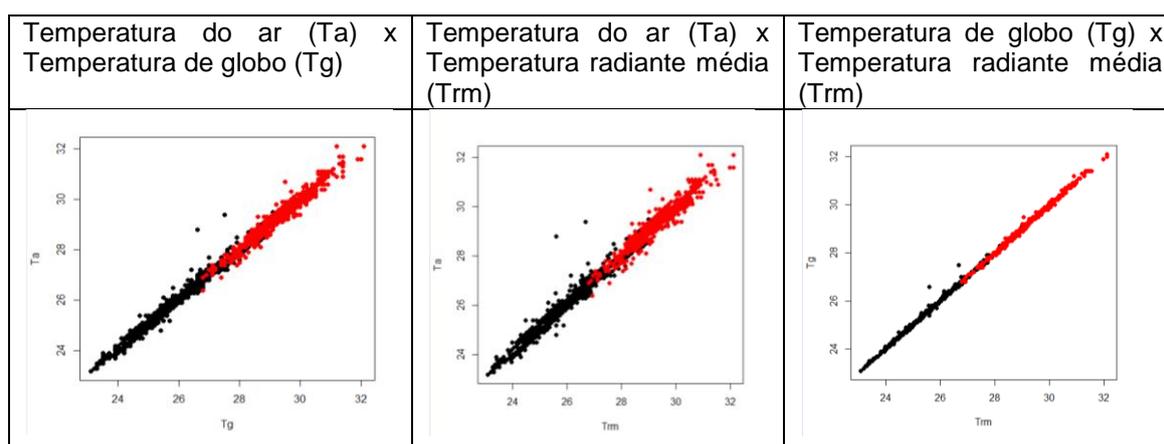
Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A tabela 10 confirma a alta correlação esperada entre a temperatura do

ar e as demais temperaturas, especialmente com a temperatura de globo e temperatura radiante média. Assim, verifica-se que nos ambientes estudados, não houve um nível significativo de radiação, permitindo que as temperaturas do ar, de globo e radiante média fossem similares. Quanto a velocidade do ar ela teve forte correlação com as variáveis de temperatura radiante média e temperatura do ar. A umidade relativa apresentou uma alta correlação inversa, representadas pelos sinais negativos, com as temperaturas do ar, globo e radiante média, exceto com as temperaturas de bulbo úmido e de ponto de orvalho, as mais baixas correlações.

Por meio dos gráficos de distribuição (quadro 12), os quais relacionam as variáveis acima, pode-se certificar-se da relação entre as variáveis apresentadas anteriormente e que tiveram forte correlação.

Quadro 12 - Imagens das distribuições estabelecidas entre Temperatura do ar, Temperatura de globo e Temperatura radiante média.

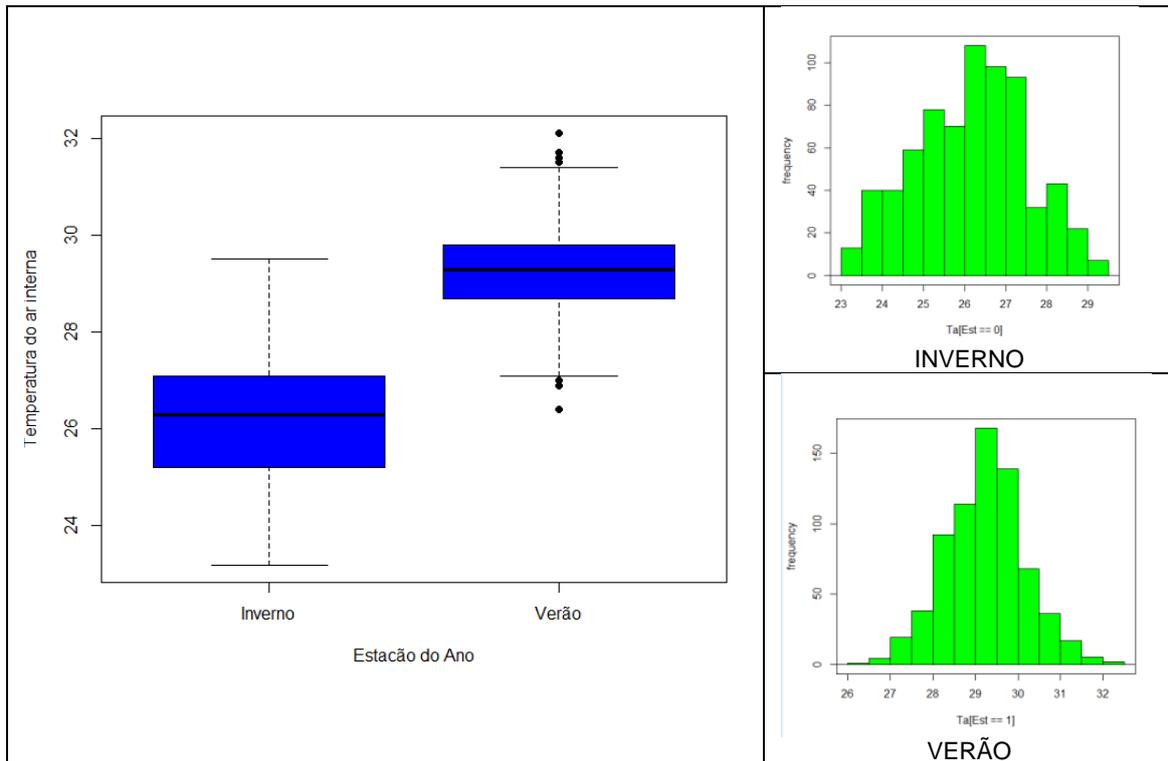


Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Para facilitar a observação do comportamento das variáveis e suas relações os gráficos foram gerados distinguindo os dados coletados em cada período por cor. Em preto está representado os dados do Inverno, temperaturas mais baixa, e em vermelho os dados Verão, altas temperaturas.

Mediante os dados é representado o comportamento da temperatura do ar nos períodos (Inverno e Verão), durante o horário estabelecido, por apresentar o maior número de variáveis correlacionada. Por meio do gráfico de caixa representa-se o comportamento da temperatura do ar interna das residências por estação.

Quadro 13 - Gráfico de caixa representando o comportamento das temperaturas obtidas internamente nos períodos de inverno e verão, além dos histogramas do inverno e do verão.



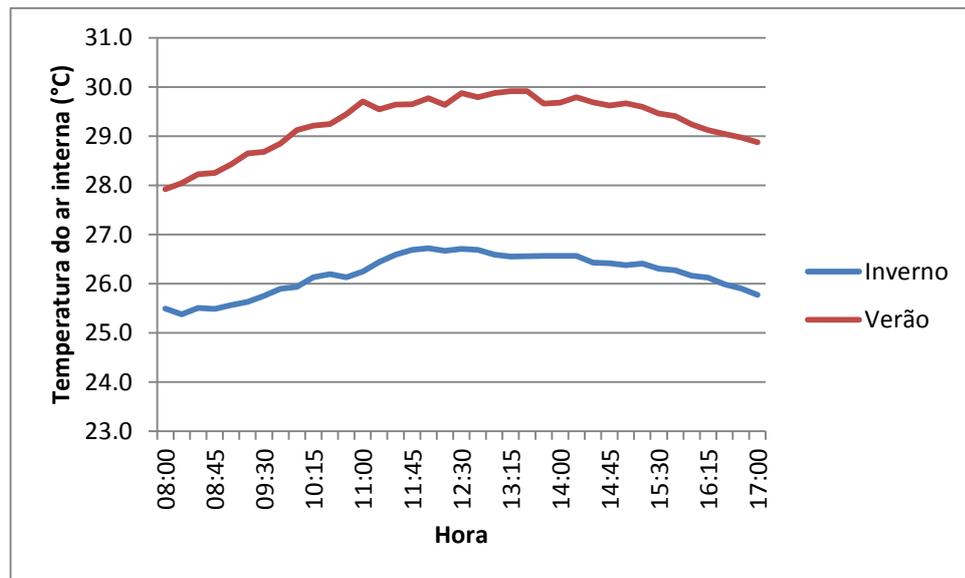
Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

No verão verifica-se a existência de *outliers* (valores extremamente altos ou baixos). A mediana para ambas as estações indicam que os dados se distribuem simetricamente. O histograma permite visualizar que no Inverno a temperatura mais frequente é 26°C e no Verão a 29°C (quadro 13).

Essas temperaturas tornam o ambiente quente ao considerar 23°C como temperatura do ar de conforto, como estabelecido a Norma 15.575/2013 - Desempenho Térmico, atividade metabólica como moderada.

O período do dia em que as temperaturas do ar interna possuem os maiores valores, é representado na figura 23, a qual informa para cada estação a relação daquela temperatura com tempo.

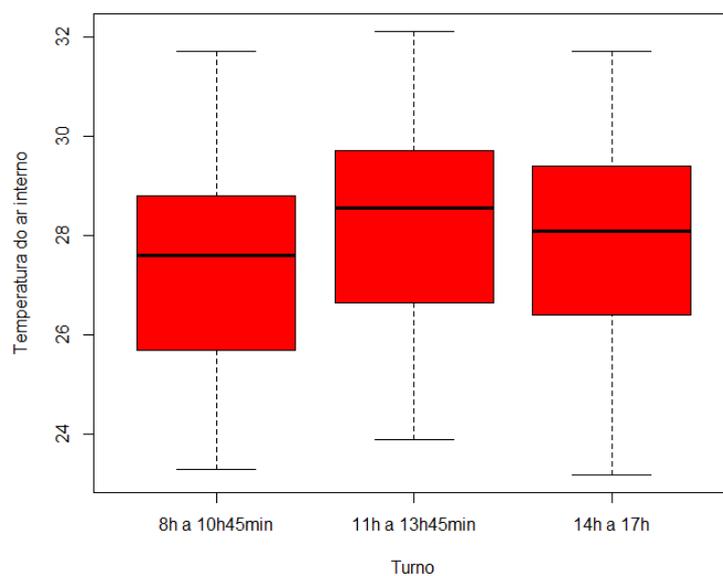
Figura 23 - Gráfico do comportamento da temperatura interna nas habitações entre as 8h e 17h, no inverno e no verão.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Nota-se que, no verão, as temperaturas mais elevadas ocorreram entre 12:00 h e 13:15 h, enquanto no inverno ocorreram entre 11:30 h e 12:30 h. Ao longo do dia as temperaturas cresceram, atingiram os maiores valores e decresceram de acordo com a radiação solar, tendo ocorrido pequenas oscilações.

Figura 24 - Gráfico de caixa representando o comportamento da temperatura durante os turnos.

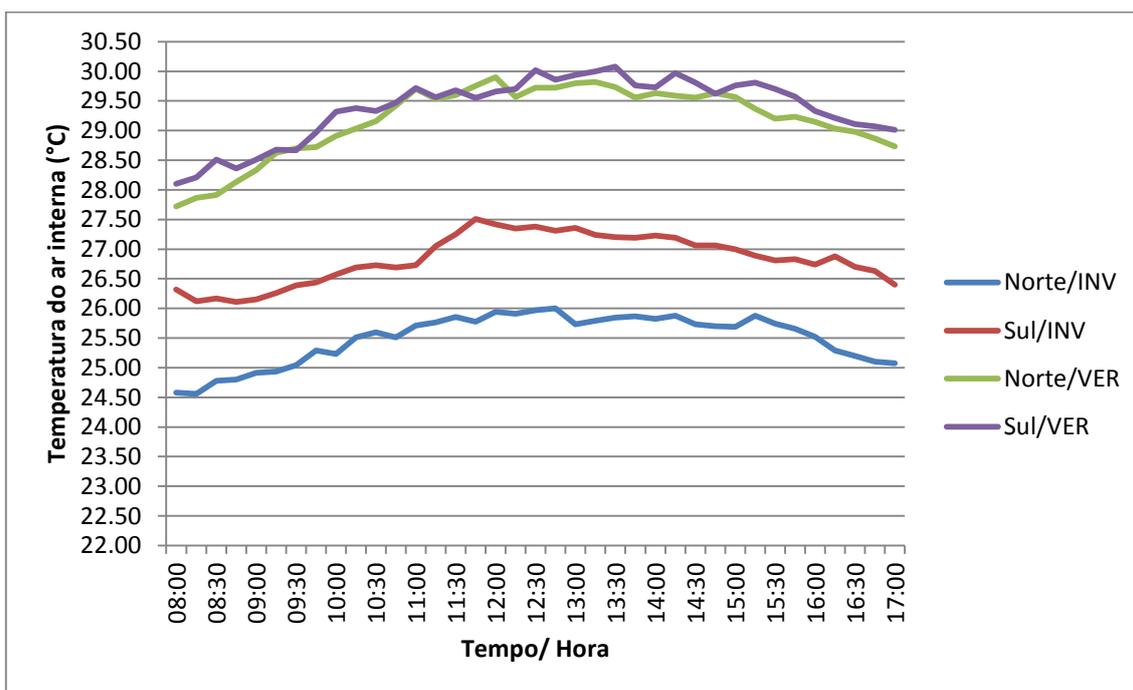


Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

O comportamento durante as horas coletadas foi dividido em turnos conforme a figura 24. No primeiro turno que compreende o período das 8h as 10h45min as temperaturas apresentaram-se mais amenas, aumentando no segundo turno (11h as 13h45min) e reduzindo posteriormente no terceiro turno (14h as 17h). No gráfico nota-se a distribuição dos dados de forma assimétrica onde a concentração dos dados se encontram-se abaixo da mediana (figura 24).

Quanto os dados das temperaturas do ar no interior das residências pode-se verificar o comportamento térmico das mesmas conforme a orientação (figura 25). O gráfico refere-se a orientação dos apartamentos conforme a fachada principal.

Figura 25 - Gráfico do comportamento da temperatura do ar interna durante o tempo para cada orientação e período coletado.

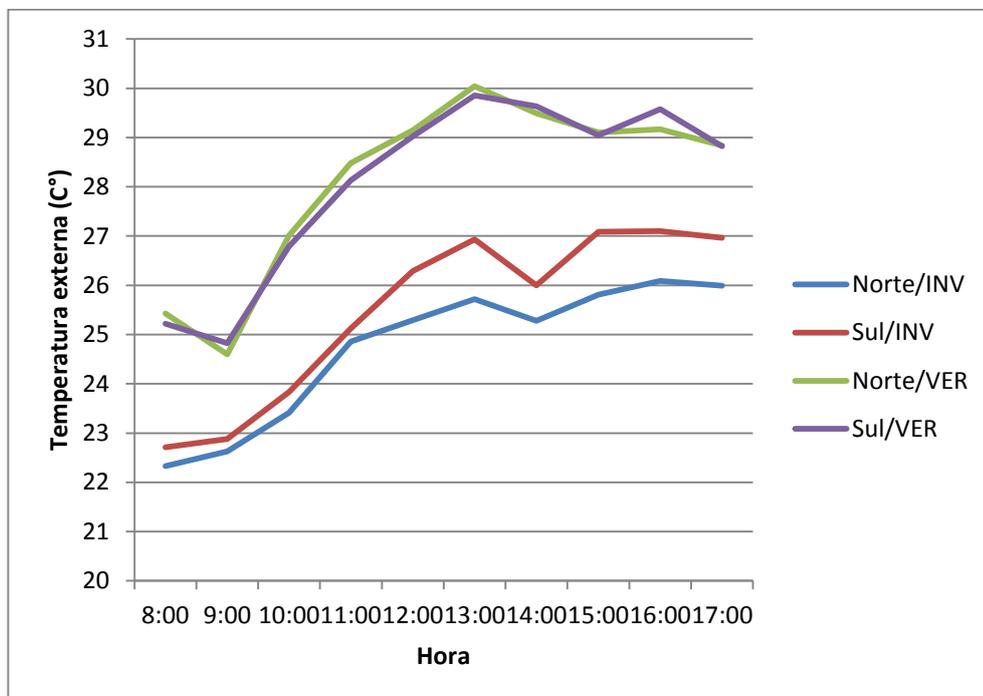


Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

No Verão tanto a orientação Norte quanto a Sul tiveram temperaturas elevadas proporcionais à temperatura externa (figura 26). No entanto a orientação Sul teve na maioria dos horários temperaturas maiores que a orientação Norte; provavelmente por receber incidência solar durante todo dia. Já no Inverno as temperaturas internas da orientação Norte foram as mais baixas acompanhando as mesmas temperaturas obtidas no exterior durante a

coleta de dados. O posicionamento do equipamento no interior da residência deve ser considerado, pois o mesmo estava posicionado próximo a fachada oposta à principal.

Figura 26: Comportamento da média das temperaturas externas nos períodos coletados conforme a orientação da fachada principal dos apartamentos.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

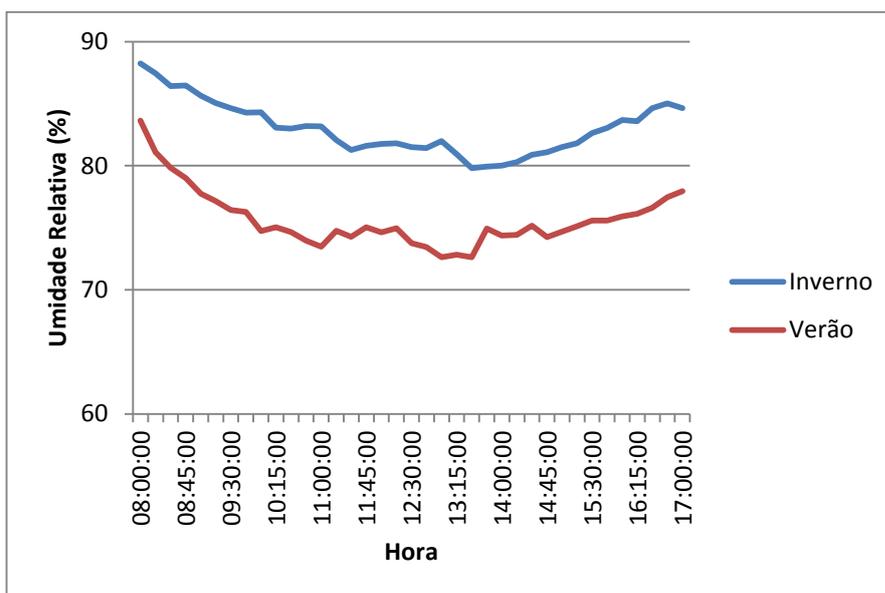
Na figura 26 as residências com fachada Norte no inverno possuíram suas médias da temperatura externa, no momento da coleta, as mais baixas do que as residências com fachada Sul. No entanto, o comportamento ao longo das horas foram semelhantes com picos para mais às 13h e 16h e os dados mais baixos no início da manhã, às 8h. Quanto ao período do Verão as médias das temperaturas externas, em ambas as residências (Norte e Sul), apresentaram valores bem próximos, sendo o Norte/Verão levemente elevado ao longo das horas. No verão comportamentos semelhantes com picos às 13h e dados mais baixos pela manhã. Nota-se que esses resultados espelharam nos dados coletados no interior das residências.

Quanto o comportamento das outras variáveis Umidade Relativa (figura 27), Temperatura de bulbo úmido (figura 28) e Temperatura do ponto de orvalho (figura 29), resultaram nos gráficos para cada estação (Inverno e Verão) nos horários (8h às 17h). Os dados foram estabelecidos mediante as médias obtidas dos dezenove apartamentos coletados.

As três variáveis apresentam no início da coleta um decréscimo até às 9h, posteriormente se comportaram diferentes. A umidade relativa continuou decrescendo, elevando-se no final da tarde. Já as temperaturas tiveram comportamento semelhante em ambas estações ao longo das horas.

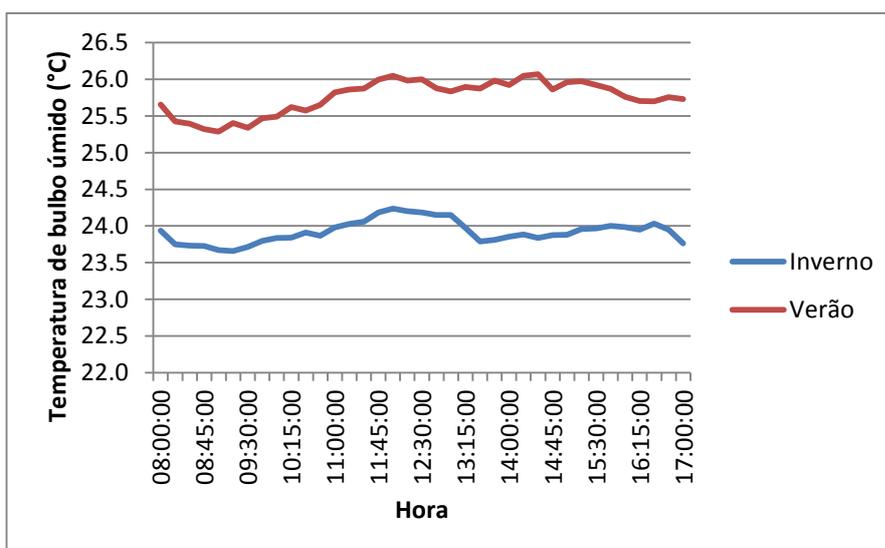
A semelhança do comportamento das temperaturas de bulbo úmido e do ponto de orvalho era esperado, pois se baseiam no vapor d'água no ar.

Figura 27 - Gráfico do comportamento da Umidade relativa no interior das habitações populares da pesquisa.



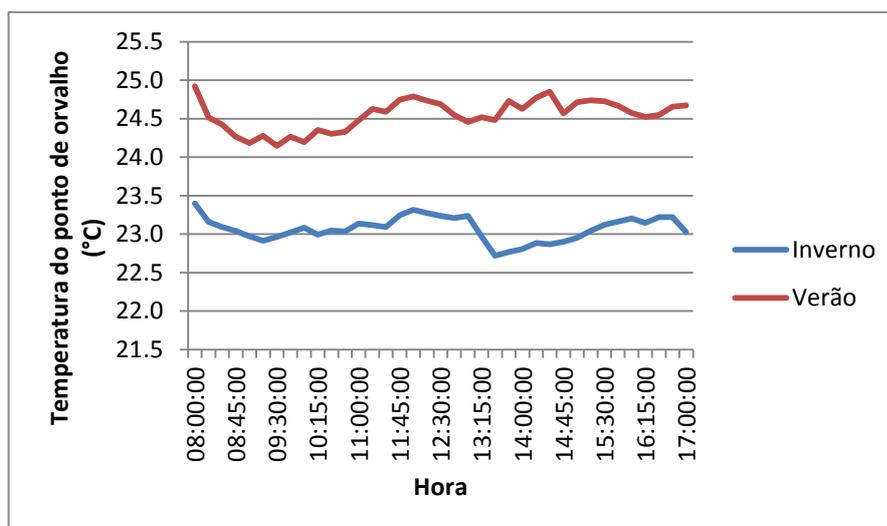
Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Figura 28 - Gráfico do comportamento da Temperatura de bulbo úmido no interior das habitações populares da pesquisa.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Figura 29 - Gráfico do comportamento da Temperatura do ponto de orvalho no interior das habitações populares da pesquisa.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

4.6 QUANTO ÀS EDIFICAÇÕES, SUAS ORIENTAÇÕES E POSIÇÃO

Algumas decisões projetais como o posicionamento da quadra, bloco e apartamento podem influenciar as condições térmicas no interior das habitações. Como as temperaturas do ar e de globo foram praticamente iguais em todas as medições; e como as demais variáveis climáticas não mudaram, tomou-se a primeira como referência. Assim, para esse estudo analisaram-se os seguintes parâmetros:

Quadro 14: Parâmetros construtivos analisados no projeto em estudo e suas respectivas pontuações binária.

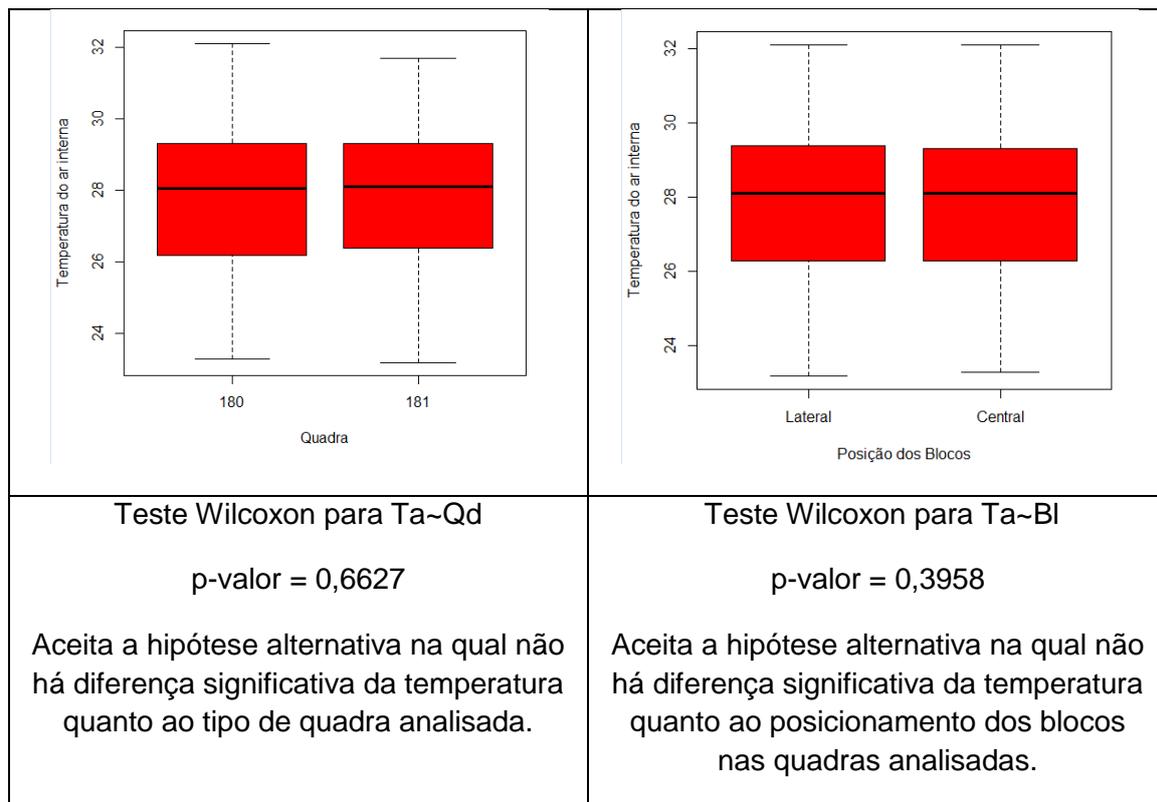
Características do Projeto	Variável	Dados BINÁRIOS	
		0	1
Orientação	Or	Norte	Sul
Pavimento	Pav	Térreo	Superior
Posição dos blocos no loteamento	Bl	Laterais	Centrais
Posição dos apartamentos no bloco	Pos	Laterais	Centrais
Posição das quadras	Qd	180	181

Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

O teste Wilcoxon foi aplicado para saber se há diferença significativa da temperatura do ar interna com as variáveis em estudo, determinadas conforme característica do projeto:

- Quanto às quadras de numeração 180 e 181, variável (Qd), e o posicionamento dos blocos nas mesmas, variável (Bl), laterais ou centrais:

Quadro 15: Resultado do teste de Wilcoxon para as quadras avaliadas e posicionamento dos blocos no loteamento.

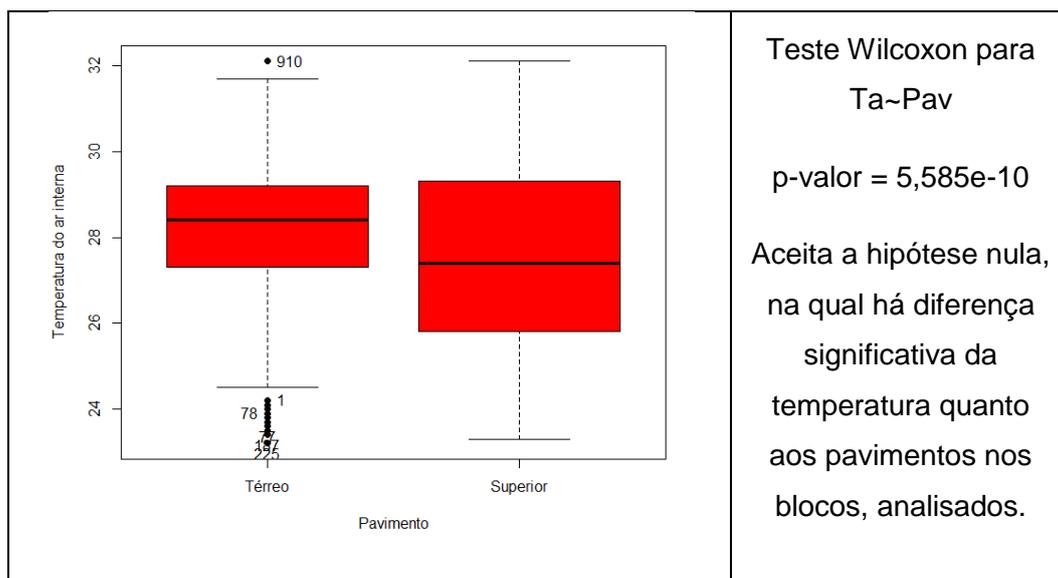


Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

No resultado o p-valor, em ambas as análises, foi maior que o nível de significância aceito, ou seja $p\text{-valor} < 0,05$. No caso rejeita-se a hipótese nula (H_0), aceitando-se a hipótese alternativa (H_a), em que não há diferença entre as duas amostras. Por meio do gráfico de caixa nota-se que as duas situações apresentam distribuição assimétrica e medianas iguais nas duas amostras.

- Quanto os pavimentos do bloco (Pav)- superior e térreo, propostos no projeto:

Quadro 16: Resultado do teste de Wilcoxon para os pavimentos avaliadas do projeto.

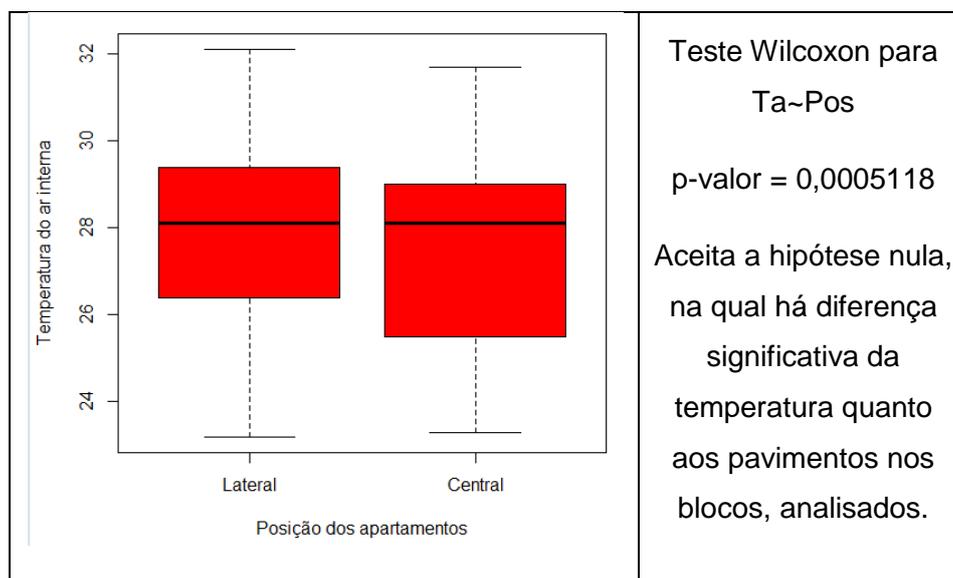


Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

No resultado surgiram alguns *outliers*, identificados no gráfico. Para o tamanho da amostra não foi suficiente para descaracterizar a análise. Com o p-valor menor que 0,05, a diferença entre os pavimentos é significativa. As medianas obtidas para cada pavimento são diferentes, sendo que o pavimento superior apresentou valores mais baixos e uma distribuição assimétrica. O pavimento térreo apresentou uma distribuição também assimétrica.

- Quanto ao posicionamento dos apartamentos nos blocos (Pos) - laterais e centrais;

Quadro 17: Resultado do teste de Wilcoxon para o posicionamento dos apartamentos nos blocos.

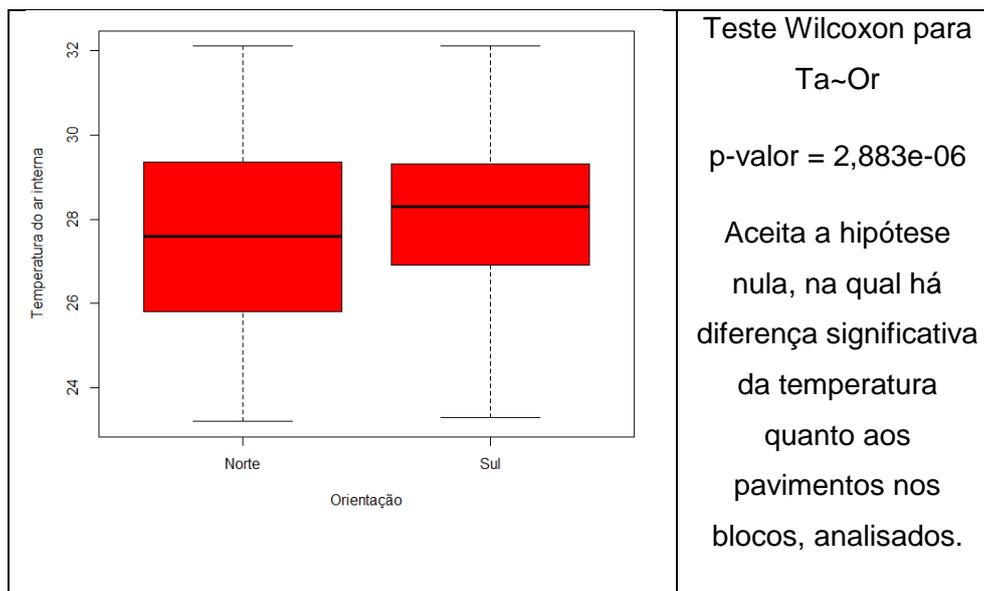


Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

O teste aplicado apresentou o p-valor menor que 0,05. Assim, a posição dos apartamentos no bloco apresenta diferença significativa no comportamento térmico, mesmo tendo medianas iguais. A distribuição em 50% das amostras tem comportamentos diferentes, distribuição assimétrica e temperaturas mais baixas nos apartamentos centrais; o oposto ocorre nos apartamentos laterais.

- Quanto a orientação dos apartamentos (Or) - Norte e Sul;

Quadro 18: Resultado do teste de Wilcoxon para orientação dos apartamentos.



Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

A orientação possui diferença significativa quanto à temperatura do ar no interior dos apartamentos. As medianas são diferentes, tendo a orientação Sul o valor mais alto. O Norte possui distribuição simétrica, enquanto a distribuição do Sul é assimétrica.

Dos cinco parâmetros analisados, três mostraram diferença significativa. Desses propôs-se reunir quais características proporcionam aos ambientes avaliados temperaturas amenas para a realização da atividade doméstica, tendo em vista que as temperaturas externas nas estações analisadas se comportaram com médias de 26°C para o inverno e 29°C para o verão.

Concluiu-se que para os apartamentos que associam os seguintes parâmetros: pavimento superior, nas centrais dos blocos, e na orientação Norte, possuem as temperaturas do ar interna mais amenas.

4.6.1 Quanto a análise dos índices de conforto

A análise do comportamento dos índices de conforto foi realizada também levando em conta a orientação, o pavimento e o posicionamento dos apartamentos nos blocos. Como resultado, foram obtidos os gráficos que seguem.

Quadro 19: Relação dos parâmetros construtivos do projeto em estudo e os índices de conforto (PMV e PPD).

Variáveis	PMV	PPD
Orientação		
Pavimento		
Posição do apartamento no bloco		

Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Com base nos gráficos obtidos constatou-se que os apartamentos que possuem as seguintes condições projetuais; orientação norte, pavimento superior e posicionados no bloco de forma central, tendem a ter condições de

conforto.

4.7 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DO BALANÇO TÉRMICO

A seguir apresentam-se as análises descritivas com relação às variáveis do balanço térmico. A tabela 11 contém as medidas de média, desvio-padrão e valores máximo e mínimo para cada uma das variáveis em ambas as estações do ano.

Tabela 11 - Estatística descritiva das variáveis do balanço térmico.

INVERNO	Med.	DP	Max.	Min.
Cres(W/m²)	1,27	0,22	1,75	0,73
Eres(W/m²)	5,93	0,49	7,08	4,62
Ep(W/m²)	3,26	0,75	1,52	5,27
C(W/m²)	40,76	7,95	58,41	21,94
R(W/m²)	17,73	3,35	25,31	10,01

VERÃO	Med.	DP	Max.	Min.
Cres(W/m²)	0,77	0,15	1,23	0,31
Eres(W/m²)	5,40	0,43	6,47	4,62
Ep(W/m²)	4,07	0,65	2,45	5,27
C(W/m²)	32,32	4,36	51,12	19,28
R(W/m²)	11,42	1,54	16,37	5,59

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A tabela 11 mostra que para a Convecção respiratória (Cres) as médias foram de 1,27 W/m² no inverno e 0,77 W/m² no verão, com desvios padrões de 0,22 no inverno e 0,15 no verão. Os valores máximos foram de 1,75 W/m² no inverno e 1,23 W/m² no verão. Os mínimos foram de 0,73 W/m² no inverno e 0,31 W/m² no verão. Constatou-se que no inverno a perda de calor por convecção respiratória é maior.

Para a evaporação respiratória (Eres) as médias encontradas foram de 5,93 W/m² no inverno e 5,40 W/m² no verão, com desvios padrões de 0,49 W/m² no inverno e 0,43 W/m² no verão. Os valores máximos foram de 7,08 W/m² no inverno e 6,47 W/m² no verão, enquanto os valores mínimos foram de 4,62 W/m² em ambas estações. A perda de calor por Evaporação respiratória foram próximas em ambas as estações. Já a Evaporação na pele (Ep) apresentou médias de 3,26 W/m² no inverno e 4,07 W/m² no verão, desvios padrões de 0,75 W/m² no inverno e 0,65 W/m² no verão, valores máximos de 1,52 W/m² no inverno e 2,45 W/m² no verão, e valores mínimos de 5,27 W/m²

em ambas estações.

Com relação à Convecção (C), as médias encontradas para o inverno e verão foram de 40,76 W/m² e 32,32 W/m², respectivamente, com desvios padrões de 7,95 W/m² no inverno e 4,36 W/m² no verão. Os valores máximos foram 58,41 W/m² no inverno e 51,12 W/m² no verão, e os mínimos foram de 21,94 W/m² no inverno e 19,28 W/m² no verão.

A Radiação (R) teve médias de 17,73 W/m² no inverno e 11,42 W/m² no verão, desvios padrões de 3,35 W/m² e 1,54 W/m², alcançando valor máximo de 25,31 W/m² e 16,37 W/m², e mínimo de 10,01 W/m² e 5,59 W/m², no inverno e verão, respectivamente.

Conclui-se que no inverno as perdas de calor sensível, ou seja, por convecção e radiação, foram maiores devido às temperaturas do ar e das superfícies internas da envoltória serem menores que no verão. Quanto à evaporação na pele, foi maior no verão devido à sudorese.

Para analisar a relação das variáveis do balanço térmico da amostra no conforto térmico nas habitações, procedeu-se um tratamento estatístico que resultou na tabela 12.

Tabela 12 - Correlação da variáveis do balanço térmico.

Variáveis	C	R	Cres	Eres	Ep
C	1				
R	0,876	1			
Cres	0,781	0,855	1		
Eres	0,484	0,582	0,613	1	
Ep	0,484	0,582	0,613	1	1

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A tabela 12 constatou que a Radiação (R) apresentou correlação significativa com a Convecção respiratória (Cres) e Convecção da pele (C), isso significa que o aumento da radiação no ambiente pesquisado proporcionará o aumento no fenômeno de convecção do morador com o ambiente, ou seja, o corpo passa a perder energia que é absorvida pela radiação através da convecção, regulando assim a temperatura interna corporal.

As variáveis de Evaporação da pele (Ep) e Evaporação respiratória (Eres) tiveram a mesma proporção de aumento e perda de energia ocorre em

ambas.

A tabela 13 apresenta a correlação das variáveis discutidas anteriormente, constatando a relação das variáveis climáticas com o balanço térmico, obtidos na pesquisa.

Tabela 13 - Correlação do Balanço térmico com as Variáveis climáticas.

Variáveis	Trm	UR	Ta	To	Tbu	Tg
C	-0.754	0.479	-0.781	-0.493	-0.648	-0.761
R	-0.879	0.479	-0.855	-0.591	-0.744	-0.875
Cres	-0.990	0.638	-1.00	-0.621	-0.812	-0.994
Eres	-0.631	-0.159	-0.613	-0.980	-0.940	-0.628
Ep	-0.631	-0.159	-0.613	-0.980	-0.940	-0.628

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A maioria das variáveis envolvidas apresentou forte correlação, exceto a umidade relativa, que mostrou-se a variável que menos se correlaciona com as variáveis do balanço. A elevada correlação da variável de Convecção por respiração (Cres) do balanço térmico com as variáveis temperatura do ar (Ta), Temperatura de globo (Tg) e temperatura radiante média (Trm). Essa observação é decorrente da dependência inversa da temperatura do ar, que está associada a temperatura de globo, das quais dependem a temperatura radiante média.

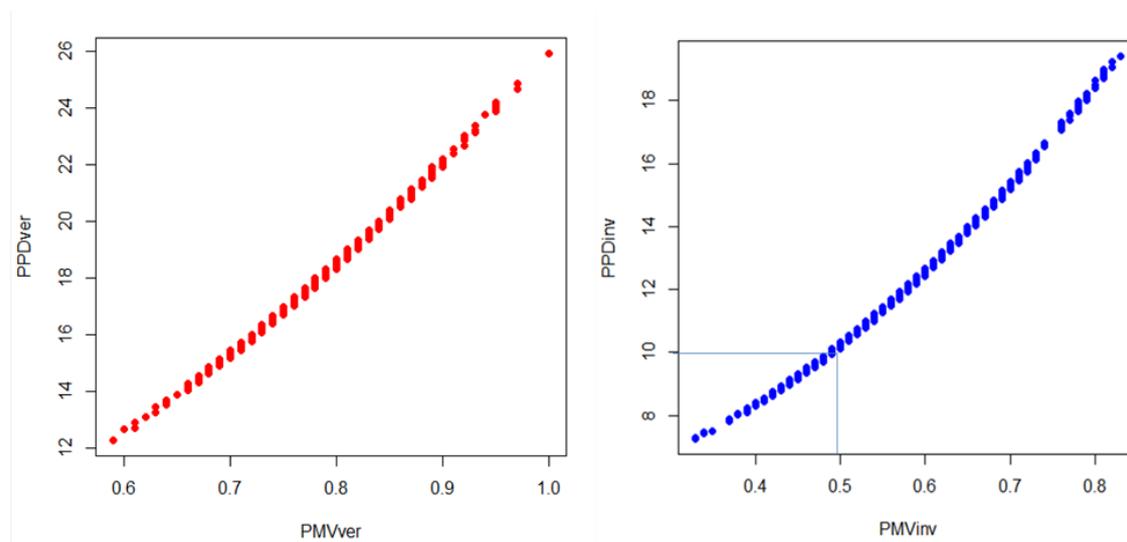
4.8 ÍNDICES PMV E PPD

4.8.1 Apresentação dos índices de conforto obtidos na pesquisa

Os índices de conforto, PMV (voto médio estimado) e PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas), foram determinados de acordo com as equações 36 e 39 apresentadas em capítulo anterior.

As sensações térmicas e a porcentagem de pessoas insatisfeitas representadas foram calculadas com base nas condições climáticas no interior das residências a cada 15 minuto. A análise compôs uma amostra significativa de 14006 dados, da qual resultaram os gráficos da figura 30.

Figura 30 - Gráficos da relação dos Índices de conforto PMV e PPD no Verão e no Inverno.

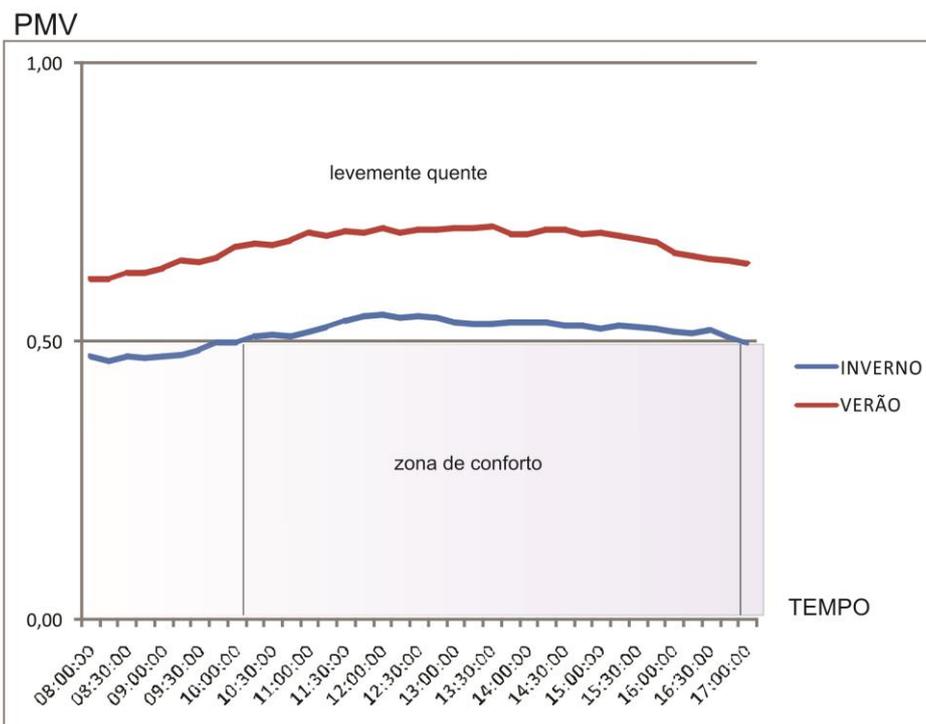


Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A figura 30, dos gráficos, permite obter a relação dos índices de conforto obtidos. A medida que o PMV aumenta a percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) aumenta proporcionalmente. Ou seja, o índice PPD é função exponencial crescente do PMV.

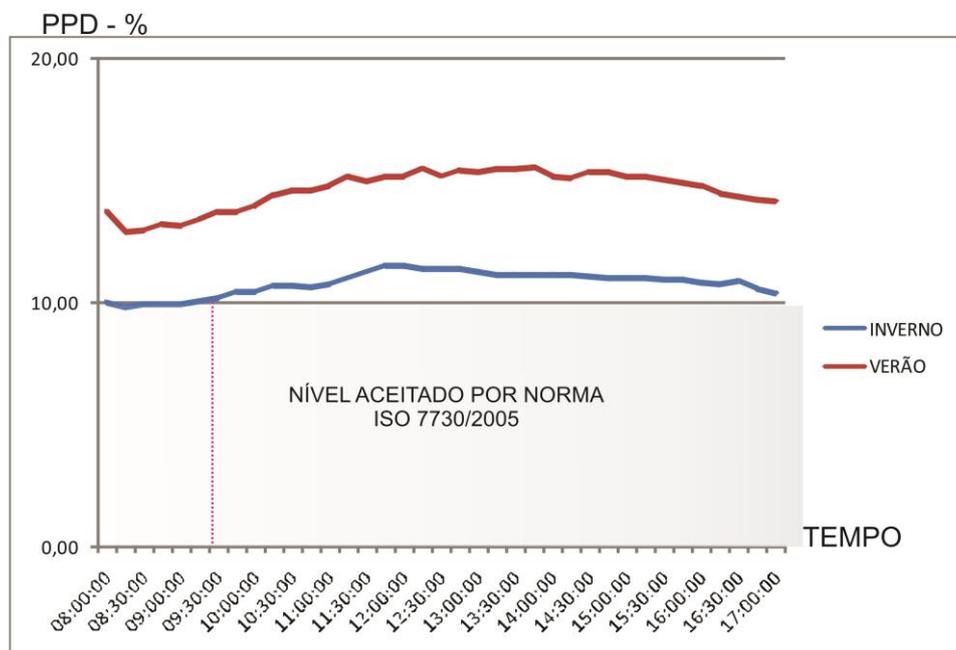
Nota-se que apenas no inverno uma parte da amostra encontra-se na área de conforto térmico, que corresponde ao PPD até 10% e $-0,5 \leq \text{PMV} \leq +0,5$. No entanto, a maioria dos dados encontram-se acima desse nível, caracterizando uma situação de desconforto. Separadamente os índices de conforto térmico tiveram seu comportamento representado por período de coleta, Inverno e Verão, nos gráficos das figuras 31 e 32.

Figura 31 - Gráfico do comportamento do PMV no período de coleta, delimitando a sensação térmica durante o inverno e o verão.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Figura 32 - Gráfico do comportamento do PPD no período de coleta, delimitando a sensação térmica durante o inverno e o verão.



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Os gráficos permitem identificar que nos períodos de coleta, que caracterizam as estações inverno e verão, os ambientes apresentaram a

maioria dos dados acima do nível de conforto térmico determinado pela Norma ISO 7730/2005. Tanto na zona de conforto térmico do PMV e o nível de insatisfação conforme Norma, somente foram alcançados no início da manhã entre 8h e 10h, retornando no final da tarde a partir das 17h, deduzindo que no período de descanso, no inverno, as condições seriam de conforto. No verão não há nenhuma faixa de conforto térmico.

Aplicando o teste de Wilcoxon verificou-se os valores obtidos dos Índices de conforto (PMV e PPD) diferenciam quanto aos períodos coletados, se essa diferença for observada. Com o p-valor abaixo do nível de significância admite-se que há diferença significativa entre os períodos. Os coeficientes que influenciam estão representados para cada índice na tabela 14.

Tabela 14 - Teste Wilcoxon determinando a diferença entre PMV e PPD do inverno e do verão.

<i>Relação</i>	<i>P-VALOR</i>	<i>2,5%</i>	<i>97,5%</i>	<i>Coeficiente</i>
PMV _{INV} X PMV _{VER}	< 2.2e-16	0.18	0.16	0.17
PPD _{INV} X PPD _{VER}	< 2.2e-16	4.38	3.94	4.17

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

A diferença esperada entre o PMV do inverno (PMV_{INV}) e aquele referente ao verão (PMV_{VER}) é de 0,17. Quanto ao PPD esse diferença esperada é igual a 4,17. Isto é, há um aumento nos valores de PMV e PPD conforme os coeficientes apresentados na tabela 14 com a mudança do inverno para o verão. A tabela ainda mostra os limites de um intervalo de confiança para essas diferenças esperadas.

4.8.2 **Relação das variáveis de conforto com os Índices PMV e PPD.**

A pesquisa tem como principal foco analisar a relação das variáveis levantadas anteriormente com os índices de conforto térmico PMV e PPD. A tabela 15 propõe em primeira instância analisar as variáveis dependentes e independente em termos descritivos de forma a auxiliar na identificação do comportamento das mesmas durante a pesquisa.

Tabela 15 - Estatística descritiva dos dados das variáveis independentes e dependentes.

Variáveis		n	Méd.	Mediana	Mín.	Max.	Variância	DP	Dado	
Independente	Balanço térmico	C	1406	36,54	35,28	19,28	58,41	58,85	7,67	contínuo
		R	1406	14,58	13,28	5,59	25,31	16,73	4,09	contínuo
		Cres	1406	1,02	0,96	0,31	1,75	0,097	0,31	contínuo
		Eres	1406	5,67	5,78	4,62	7,08	0,283	0,53	contínuo
		Ep	1406	-3,67	-3,49	-5,27	-1,52	0,654	0,81	contínuo
	Pessoais	M	1406	116	116	116	116	-	-	constante
		Icl	1406	0,31	0,26	0,2	0,5	0,007	0,08	contínuo
	Ambientais	Ta	1406	27,74	28,10	23,20	32,10	3,71	1,93	contínuo
		Trm	1406	27,69	28,08	23,08	32,11	3,80	1,95	contínuo
		Pv	1406	3,04	2,99	2,34	3,57	0,070	0,27	contínuo
Var		1406	0,9	0,9	0,7	1,1	0,040	0,2	nominal	
Dependente	Índices de conforto	PMV	1406	0,59	0,62	0,26	0,87	0,014	0,12	contínuo
		PPD	1406	12,71	13,15	6,41	20,82	8,27	2,88	contínuo

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

As variáveis independentes são classificadas como quantitativas contínuas, já que admitem valores não inteiros em sua escala. A taxa metabólica são valores inteiros encontrados em tabelas normalizadas, já mencionadas anteriormente e apresentadas na metodologia. Para entender a relação das variáveis inicialmente verificou-se a correlação entre as mesmas e posteriormente ajustaram-se modelos matemáticos que justificassem a influência das variáveis independentes com as dependentes.

4.5.2.1. Correlação

A análise de correlação entre as variáveis envolvidas na pesquisa foi dividida em duas etapas:

- 1- Análise da correlação do balanço térmico com os índices de conforto PMV e PPD:

As variáveis decorrentes do sistema humano de termorregulação para obtenção do balanço térmico foram correlacionadas com os índices de conforto - PMV e PPD, resultando no tabela 16.

Tabela 16 - Correlação do Balanço térmico e os Índices de conforto.

CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS							
Variáveis	C	R	Cres	Eres	Ep	PPD	PMV
C	1						
R	0,876	1					
Cres	0,781	0,855	1				
Eres	0,484	0,582	0,613	1			
Ep	0,484	0,582	0,613	1	1		
PPD	- 0,974	- 0,945	- 0,848	- 0,615	- 0,615	1	
PMV	- 0,973	- 0,944	- 0,847	- 0,615	- 0,615	0,999	1

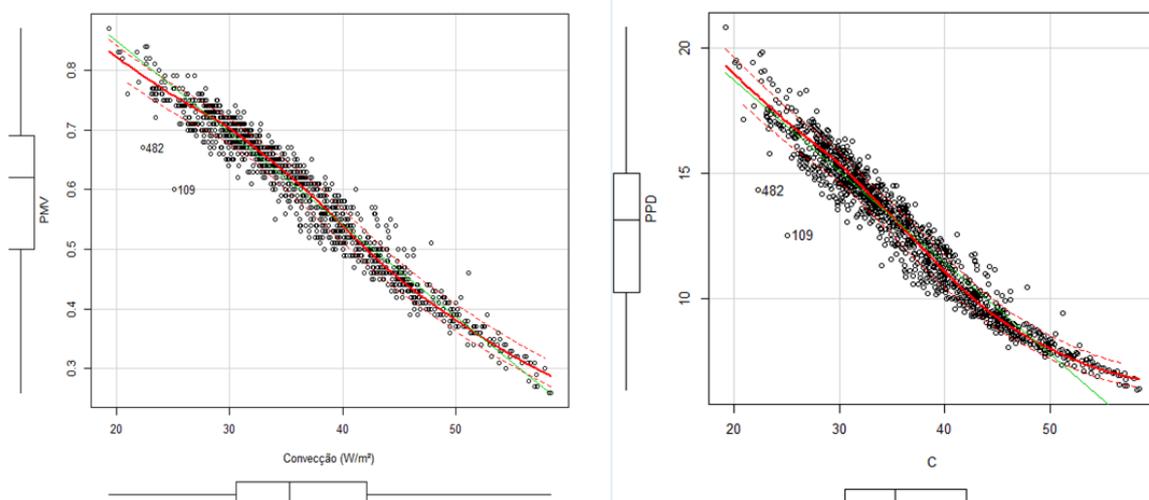
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na tabela 16 os índices de conforto PMV e PPD apresentaram correlação significativa e inversa em todas as variáveis envolvidas, estando disposta na tabela de forma decrescente. O sinal negativo da correlação indica que os valores dos índices de conforto tendem a aumentar quando as variáveis do balanço térmico diminui, isto é, o sistema de termorregulação busca aumentar as perdas de energia para resfriar o corpo na busca de obter sensação de conforto térmico.

As duas variáveis que possuem forte correlação com os índices de conforto, são elas, Convecção (C) e Radiação (R), ambas estão associadas com a temperatura da vestimenta e o fator de resistência da roupa, elementos esses que intermedeiam a troca de calor do corpo com o ambiente.

A Convecção pela pele (C) apresentou o coeficiente de correlação de $-0,974$ e $-0,973$ com o PPD e PMV, respectivamente, o mais alto índice de correlação. A relação da convecção com os índices PMV e PPD, estão representadas na figura 33. Constatando que os valores dos índices diminuem a medida que a perda de calor por Convecção aumenta.

Figura 33 - Distribuição dos índices PMV e PPD com a Convecção da pele (C).



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Quanto à menor correlação, duas variáveis tiveram valores iguais, Evaporação da pele (E_p) e Evaporação respiratória (E_{res}), no valor do coeficiente de correlação de $-0,615$, tendo em vista que ambas agem em função do metabolismo e a pressão de vapor d'água no ar, equações 16 e 25, respectivamente. Uma outra observação se faz ao serem as variáveis com o

mais baixo valor da matriz de correlação, sendo este com a variável de maior correlação com os índices de conforto, a Convecção, ambas apresentam o coeficiente de correlação de 0,484. Essa informação é importante para gerar um dos modelos matemáticos apresentados a seguir.

2- Análise da correlação dos parâmetros de conforto com os Índices PMV e PPD.

Dentre os parâmetros avaliados a atividade metabólica, M, (W/m^2) - variável pessoal apresentada com valor constante, não sendo possível avaliar a relação da mesma com os índices de conforto, PMV e PPD. As demais variáveis apresentadas foram relacionadas.

Para entendermos o comportamento das variáveis e suas relações, é necessário uma análise de correlação, conforme tabela 17.

Tabela 17 - Correlação dos parâmetros de conforto térmico com os índices PMV e PPD.

CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS								
Variáveis	M	Icl	Ta	Trm	Var	Pv	PPD	PMV
M	1	-	-	-	-	-	-	-
Icl	-	1						
Ta	-	0,069	1					
Trm	-	0,040	0,990	1				
Var	-	0,185	0,816	0,817	1			
Pv	-	-0,046	0,613	0,631	0,501	1		
PPD	-	0,401	0,848	0,839	0,654	0,651	1	
PMV	-	0,400	0,847	0,838	0,654	0,651	0,999	1

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Com a tabela 19 pode-se chegar as seguintes conclusões:

- O metabolismo e uma variável constante de valor igual a $116W/m^2$, não sendo possível correlacioná-la com nenhuma variável nessa pesquisa.
- A temperatura do ar e a temperatura radiante média possuem forte correlação com os índices, igual a 0,84 e 0,83, respectivamente, e forte correlação entre si.
- O Icl apresentou as mais baixas correlações. As menores correlações ocorreram com a Temperatura radiante média, e inversamente com a pressão de vapor d'água no ar.
- Os índices de conforto térmico apresentaram forte correlação, no valor de 0,99 o que é esperado, ou seja, segundo estabelecido pela ISO 7730/2005, o PPD depende diretamente

do valores de PMV.

- Todas as variáveis apresentaram correlação significativa com os índices de conforto (PMV e PPD).

Dentre as variáveis apresentadas na matriz de correlação a Temperatura do ar apresentou a maior correlação com 0,84, tanto no PMV quanto no PPD. A menor correlação surgiu na variável que determina o isolamento térmico das vestimentas (Icl) com 0,40, e entre si, tais variáveis apresentam uma das mais baixas correlações, igual a 0,069.

Além dos objetivos de comparação, estas análises subsidiam a próxima etapa desta pesquisa que é a modelagem matemática. Esta etapa é importante para corroborar as observações até então discutidos, bem como para alcançar o objetivo geral desta pesquisa: analisar a relação entre os parâmetros do conforto térmico e os Índices de conforto.

4.5.2.2. Modelagem matemática

Ao propor um modelo matemático que descreva a relação das variáveis envolvidas na pesquisa aplicou-se uma regressão (linear múltipla), em que o principal objetivo é a existência de dependência estatística de uma variável denominada dependente (prevista ou explicada), em relação a uma ou mais variáveis independentes (explanatórias ou preditoras). Normalmente a variável dependente não é passível de controle pelo pesquisador e as variáveis independentes podem ser controladas. (PAULO, DIAS & CORRAR, 2007; BRUNI, 2008).

Os modelos foram testados e as variáveis independentes retiradas sequencialmente do modelo de acordo com a significância dos seus respectivos coeficientes obtidos. Assim, o modelo era testado e a variável associada ao maior $p\text{-valor} > 0,05$ de seu respectivo coeficiente, era retirada, e o modelo testado novamente. Este processo foi repetido até que todos os coeficientes apresentassem $p\text{-valor} < 0,05$.

A pesquisa propõe modelos matemáticos que relacionam as variáveis, apresentadas na etapa de correlação em três situações (Inverno, Verão e Geral), para cada índice de conforto (PMV e PPD). Os modelos matemáticos apresentados estão divididos em duas análises. Na primeira, os modelos relacionam todas as variáveis envolvidas na correlação, retiradas do modelo quando não atendem ao requisito do $p\text{-valor}$ menor que 0,05. No segundo, os

modelos surgem devido o alto poder de correlação entre as variáveis, sugerindo a utilização de variáveis com baixa correlação entre si.

1 - Balanço Térmico X Índices de Conforto (PMV e PPD):

Com os modelos é possível verificar a tendência da sensação térmica nas habitações levantadas durante o inverno, verão e no geral da amostra, tendo como variáveis independentes o balanço térmico.

Para o PMV - Voto médio estimado:

Quadro 20 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis do balanço térmico ao gerar os modelos para o PMV.

Variáveis	PMV _{INV}		PMV _{VER}		PMV _{GERAL}	
	β	p-valor	β	p-valor	β	p-valor
C	$-9,63 \text{ e}^{-3}$	$< 2 \text{ e}^{-16}$	$-9,70 \text{ e}^{-3}$	$< 2 \text{ e}^{-16}$	$-9,64 \text{ e}^{-3}$	$< 2 \text{ e}^{-16}$
Cres	- 0,0103	$< 2 \text{ e}^{-16}$	$-7,11 \text{ e}^{-3}$	$7,49 \text{ e}^{-10}$	$-9,6 \text{ e}^{-3}$	$< 2 \text{ e}^{-16}$
R	$-9,54 \text{ e}^{-3}$	$< 2 \text{ e}^{-16}$	$-9,58 \text{ e}^{-3}$	$< 2 \text{ e}^{-16}$	$-9,55 \text{ e}^{-3}$	$< 2 \text{ e}^{-16}$
Eres	-	0,345	-	0,511	-	0,304
Ep	- 0,0158	$< 2 \text{ e}^{-16}$	- 0,0162	$< 2 \text{ e}^{-16}$	- 0,016	$< 2 \text{ e}^{-16}$

Legenda: C = Convecção; Cres = Convecção respiratória; Ep = Evaporação pela pele; Eres = Evaporação respiratória; PMV_{INV}= Voto médio estimado no Inverno; PPD_{VER}= Voto médio estimado no Verão; PPD_{GERAL}= Voto médio estimado no Geral.

- $PMV_{INV} = 1,03 - 9,63 \text{ e}^{-3} C_{INV} - 0,0103 C_{res_{INV}} - 9,54 \text{ e}^{-3} R_{INV} - 0,0158 E_{p_{INV}}$ (40)
- $PMV_{VER} = 1,03 - 9,70 \text{ e}^{-3} C_{VER} - 7,11 \text{ e}^{-3} C_{res_{VER}} - 9,58 \text{ e}^{-3} R_{VER} - 0,0162 E_{p_{VER}}$ (41)
- $PMV_{GERAL} = 1,03 - 9,64 \text{ e}^{-3} C - 9,6 \text{ e}^{-3} C_{res} - 9,55 \text{ e}^{-3} R - 0,016 E_{p}$ (42)

Nota-se que para o PMV a única variável que não está no modelo é a Evaporação respiratória (Eres), retirada por apresentar o p-valor maior do que o nível de significância aceito no teste.

Os modelos propõem os coeficientes semelhantes das variáveis adotadas em cada modelo, exceto a Convecção respiratória (Cres), na qual seu coeficiente é maior no inverno, com valor igual a -0,0103, e menor no verão, com -0,00711, diminuindo a variação média.

Tabela 18 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com as variáveis do balanço térmico.

Modelo	R²	F-statistic	p-valor
PMV_{INV}	0.9994	2.71e+05	$< 2.2 \text{ e}^{-16}$
PMV_{VER}	0.9977	7.702e+04	$< 2.2 \text{ e}^{-16}$
PMV_{GERAL}	0.9994	6.289e+05	$< 2.2 \text{ e}^{-16}$

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Os modelos propõe uma tendência de variação das variáveis independentes (C, Cres, R, Ep e Eres) na variável dependente (PMV) de 99% (tabela 20).

Para PPD - Porcentagem de pessoas Insatisfeitas:

Quadro 21 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis do balanço térmico ao gerar os modelos para o PMV.

Variáveis	PPD _{INV}		PPD _{VER}		PPD _{GERAL}	
	β	p-valor	β	p-valor	β	p-valor
C	-0,23	< 2 e-16	-0,264	< 2 e-16	-0,237	< 2 e-16
Cres	+0,47	5,91e-8	-0,379	< 2 e-16	- 0,176	0,00176
R	- 0,19	< 2 e-16	-0,270	< 2 e-16	- 0,202	< 2 e-16
Eres	- 0,70	< 2 e-16	41,5	0,000762	+ 135	5,73 e -7
Ep	-	0,815	-27,8	0,000612	- 89,5	6,59 e -7

Legenda: C = Convecção; Cres = Convecção respiratória; Ep = Evaporação pela pele; Eres = Evaporação respiratória; PPD_{INV}= Porcentagem de pessoas insatisfeitas no Inverno; PPD_{VER}= Porcentagem de pessoas insatisfeitas no Verão; PPD_{GERAL}= Porcentagem de pessoas insatisfeitas no Geral.

$$\bullet \text{ PPD}_{INV} = -27,46 - 0,23C_{INV} + 0,47Cres_{INV} - 0,19R_{INV} - 0,70Eres_{INV} \quad (43)$$

$$\bullet \text{ PPD}_{VER} = -3,11e^{+2} - 0,264C_{VER} - 0,379Cres_{VER} - 0,270R_{VER} - 27,8Ep_{VER} + 41,5Eres_{VER} \quad (44)$$

$$\bullet \text{ PPD}_{GERAL} = -1,07e^{+3} - 0,237C - 0,176Cres - 0,202R - 89,5Ep + 135Eres \quad (45)$$

Ao gerar os modelos matemáticos que representam o PPD, na equação do comportamento do inverno a variável Evaporação da pele (Ep) foi removida por não apresentar o p-valor menor que o nível de significância adotado (<0,05), o que não ocorreu nas demais equações.

Tabela 19 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com as variáveis do balanço térmico.

Modelo	R²	F-statistic	p-valor
PPD_{INV}	0.9848	1.133e+04	< 2.2e-16
PPD_{VER}	0.9955	3.133e+04	< 2.2e-16
PPD_{GERAL}	0.9882	2.352e+04	< 2.2e-16

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Nos modelos apresentados as variáveis possuem um impacto na variação média do PPD acima de 98%.

2 - Parâmetros do conforto X Índices de Conforto (PMV e PPD)

Todos os parâmetros de conforto foram considerados como variável independente, exceto o Metabolismo, pois na pesquisa possui valor constante. Todas as variáveis independentes tiveram no teste o p-valor abaixo do nível de significância menor que 0,05, obtendo os seguintes modelos matemáticos para cada índice de conforto:

Para o PMV - Voto médio estimado:

Quadro 22 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis ambientais e pessoais ao gerar os modelos para o PMV.

Variáveis	PMV _{INV}		PMV _{VER}		PMV _{GERAL}	
	β	p-valor	β	p-valor	β	p-valor
Ta	0,03	3,85 e-15	0,03	< 2 e-16	0,03	< 2 e-16
Trm	0,023	9,44 e-8	0,02	4,39 e-9	0,027	1,46 e -15
Pv	0,04	1,05 e-13	0,05	< 2 e-16	0,045	< 2 e-16
Var	-	-	-	-	0,59	< 2 e-16
Icl	5,01	< 2 e-16	2,31	< 2 e-16	0,004	< 2 e-16

Legenda: Ta= Temperatura do ar; Trm = Temperatura radiante média; Pv = Pressão de vapor d'água no ar; Var = Velocidade do ar; Icl = Resistência da vestimenta; PMV_{INV}= Voto médio estimado no Inverno; PMV_{VER}= Voto médio estimado no Verão; PMV_{GERAL}= Voto médio estimado no Geral.

- $PMV_{INV} = 0,03 Ta_{INV} + 0,023Trm_{INV} + 0,04Pv_{INV} + 5,01Icl_{INV} - 1,37$ (46)
- $PMV_{VER} = 0,03 Ta_{VER} + 0,02Trm_{VER} + 0,05Pv_{VER} + 2,31Icl_{VER} - 1,13$ (47)
- $PMV_{GERAL} = 0,03 Ta + 0,027Trm + 0,045Pv + 0,59Icl - 0,004Var - 1,30$ (48)

Tabela 20 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com os Parâmetros de conforto.

Modelo	R²	F-statistic	p-valor
PMV_{INV}	0.9315	2388	< 2.2e-16
PMV_{VER}	0.8675	1150	< 2.2e-16
PMV_{GERAL}	0.9339	3968	< 2.2e-16

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Os modelos apresentados implicam uma tendência na variação da média nos PMV por meio das variáveis independentes (Ta, Trm, Pv, Icl e Var), em torno de 86,75% a 93,39%.

Para PPD - Porcentagem de pessoas Insatisfeitas:

Quadro 23 - Apresentação do p-valor e coeficientes das variáveis ambientais e pessoais ao gerar os modelos para o PPD.

Variáveis	PPD _{INV}		PPD _{VER}		PPD _{GERAL}	
	β	p-valor	B	p-valor	β	p-valor
Ta	0,79	< 2 e-16	0,86	< 2 e-16	0,79	< 2 e-16
Trm	0,457	2,74 e -9	0,59	2,94 e -9	0,55	7 e-13
Pv	1,21	< 2 e-16	1,59	< 2 e-16	1,38	< 2 e-16
Var	-	-	-	-	- 0,10	< 2 e-16
Icl	124	< 2 e-16	62,88	< 2 e-16	14,78	< 2 e-16

Legenda: Ta= Temperatura do ar; Trm = Temperatura radiante média; Pv = Pressão de vapor d'água no ar; Var = Velocidade do ar; Icl = Resistência da vestimenta; PPD_{INV}= Porcentagem de pessoas insatisfeitas no Inverno; PPD_{VER}= Porcentagem de pessoas insatisfeitas no Verão; PPD_{GERAL}= Porcentagem de pessoas insatisfeitas no Geral.

- $PPD_{INV} = 0,79 Ta_{INV} + 0,457 Trm_{INV} + 1,21 Pv_{INV} + 124 Icl_{INV} - 31,25$ (49)
- $PPD_{VER} = 0,86 Ta_{VER} + 0,59 Trm_{VER} + 1,59 Pv_{VER} + 62,88 Icl_{VER} - 36,14$ (50)
- $PPD_{GERAL} = 0,79 Ta + 0,55 Trm + 1,38 Pv + 14,78 Icl - 0,10 Var - 32,64$ (51)

Tabela 21 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com os Parâmetros de conforto.

Modelo	R²	F-statistic	p-valor
PPD_{INV}	0.9605	4273	< 2.2e-16
PPD_{VER}	0.8672	1147	< 2.2e-16
PPD_{GERAL}	0.9408	4467	< 2.2e-16

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Nos modelos as variáveis independentes apresentam impacto de 86,72% a 96,05% na variação média das dependentes. Nas equações apresentadas a variável velocidade do ar foi removida, pois em cada período a mesma torna-se constante.

Análise individual das variáveis x os índices de conforto.

Os elevados coeficientes, obtidos na matriz de correlação, sugerem uma análise separada das variáveis com os índices de conforto, o que permite identificar o efeito de cada uma no PMV e PPD.

Ao propor os índices de conforto em função de cada variável do conforto térmico estudada, abordou as seguintes informações: o intercepto e o seu intervalo de confiança, o qual representa o fator independente de variável;

o efeito esperado e seu intervalo de confiança; o erro ajustado (R^2), no qual podemos verificar o quanto a variável envolvida possa colaborar na variação média da variável dependente; o p-valor obtido no teste F, no qual deverá ser menor que o nível de significância aceito (p-valor $<0,05$); e por fim, a soma dos quadrados do resíduo (SQR).

Primeiramente essa análise foi atribuída as variáveis que envolvem os mecanismos de troca de calor do balanço térmico. Os quadros 24 e 25 esquematizam a análise de cada variável dos balanço térmico nos índices de conforto PMV e PPD, respectivamente.

Quadro 24 - Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PMV.

Variável independente		C	Cres	R	Ep	Eres
Intercepto		1,154	0.934	1,005	0.264	1,366
Intervalo de confiança do intercepto	Lim.inferior	1,147	0.923	0.998	0.241	1,312
	Lim.superior	1,160	0.945	1,011	0.288	1,420
Efeito esperado		-0,015	-0.335	-0.0282	-0.089	-0.136
Intervalo de confiança do efeito	Lim.inferior	-0.0155	-0.345	-0.0286	-0.095	-0.145
	Lim.superior	-0.0151	-0.325	-0.027	-0.083	-0.126
R2		0.955	0.758	0.921	0.364	0.364
Valor p do teste F		$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$
SQR		0.9121077	4.905585	1.600996	12.93587	12.93506
Legenda: C = Convecção; Cres = Convecção respiratória; Ep = Evaporação pela pele; Eres = Evaporação respiratória;						

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

No quadro 24 constatou-se que entre os interceptos a variável que apresentou o PMV dentro do intervalo de conforto ($-0,5 \leq \text{PMV} \leq 0,5$) foi a Evaporação da pele (Ep). Quanto ao efeito esperado, o mecanismo de Convecção respiratória (Cres) possui o maior coeficiente, igual a $-0,33$, e o menor coeficiente surgiu na Convecção (C) pela pele, igual a $-0,015$, isto é, a redução de cerca $0,33$ do PMV a cada unidade de W/m^2 na Convecção respiratória, tendo apenas $0,015$ na redução do PMV a cada unidade de W/m^2 na Convecção da pele. No entanto, mesmo apresentando o menor coeficiente a relação do PMV com a Convecção foi a que apresentou o maior erro ajustado (R^2), tendo ação na variação média do PMV em $95,5\%$. A menor variação na média do PMV ocorreram com as Evaporação respiratória e Evaporação na pele, no valor igual a $36,4\%$, em ambas. Todos os modelos analisados tiveram o p-valor do teste F abaixo do nível de significância adotado.

Quadro 25 - Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PPD.

Variável independente		C	Cres	R	Ep	Eres
Intercepto		26,007	20,792	22,447	4,670	31,573
Intervalo de confiança do intercepto	Lim.inferior	25,830	20,535	22,273	4,119	30,305
	Lim.superior	26,183	21,049	22,621	5,220	32,841
Efeito esperado		-0.364	-7,957	-0.668	-2,190	-3,329
Intervalo de confiança do efeito	Lim.inferior	-0.368	-8,198	-0.679	-2,337	-3,552
	Lim.superior	-0.359	-7,715	-0.656	-2,044	-3,106
R2		0.942	0.748	0.902	0.379	0.379
Valor p do teste F		< 2,2*e-16	< 2,2*e-16	<2,2*e-16	< 2,2*e-16	< 2,2*e-16
SQR		674.6544	2930.185	1128.845	7214.901	7214.549
Legenda: C = Convecção; Cres = Convecção respiratória; Ep = Evaporação pela pele; Eres = Evaporação respiratória;						

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Já o quadro 25 sintetiza a análise das variáveis quanto a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD), constatou-se que dos interceptos obtidos, exceto na variável que corresponde a Evaporação da pele (Ep) estão acima do limite de conforto adotado, onde o PPD \leq 10%.

O efeito esperado atribuído a cada variável, constatou-se que a Convecção pela pele tende a ter o menor efeito em PPD com 0,364 de diminuição do mesmo a cada unidade de W/m². Já a Convecção respiratória tende a ter o maior efeito, com valor igual a 7,95 na diminuição do PPD a cada unidade de W/m². Tais efeitos indicam uma tendência em diminuir o valor de PPD, para obter a menor porcentagem de pessoas insatisfeitas no ambiente com o aumento dos parâmetros do balanço térmico. Quanto aos modelos analisados a variável que apresentou a maior tendência de influenciar na variação média de PPD foi a Convecção com 94,2%. A menor tendência de influenciar na variação média ocorreu tanto na Evaporação respiratória, quanto na Evaporação pela pele, ambas com o valor igual a 37,9%.

Os quadros 26 e 27 esquematizam a análise de cada variável dos parâmetros de conforto nos índices de conforto PMV e PPD, respectivamente.

Quadro 26 - Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PMV.

Variável independente		Ta	Pv	Trm	Var	Icl
Intercepto		-0,915	-0,238	-0,883	0,503	0,388
Intervalo de confiança do intercepto	Lim.inferior	-0,960	-0,296	-0,928	0,496	0,366
	Lim.superior	-0,871	-0,180	-0,839	0,510	0,409
Efeito esperado		0,054	0,273	0,053	0,015	0,667
Intervalo de confiança do efeito	Lim.inferior	0,052	0,254	0,051	0,014	0,600
	Lim.superior	0,056	0,292	0,054	0,016	0,734
R2		0,758	0,364	0,749	0,439	0,214
Valor p do teste F		< 2,2*e-16	< 2,2*e-16	< 2,2*e-16	< 2,2*e-16	< 2,2*e-16
SQR		4,906152	12,9357	5,096036	11,40441	15,98448
Legenda: Ta= Temperatura do ar; Trm = Temperatura radiante média; Pv = Pressão de vapor d'água no ar; Var = Velocidade do ar; Icl = Isolamento térmico da vestimenta;						

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

No quadro 26 constatou-se que dos interceptos apresentados a Temperatura do ar (Ta) e a Temperatura radiante média (Trm) apresentaram valores fora do intervalo de conforto, onde $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$. O efeito estimado de cada variável apresentou a Resistência Térmica da Vestimenta (Icl) o maior efeito esperado com 0,66 e intervalo de confiança entre 0,73 a 0,60, ou seja, O PMV aumenta entorno de 0,66 a cada unidade de clo. Já a Velocidade do ar (Var) apresentou o menor efeito, aumentado apenas 0,015 a cada unidade de m/s. No entanto, das relações apresentadas apenas a temperatura do ar (Ta) e a temperatura radiante média (Trm) obtiveram o erro ajustado significativo, onde apontam o provável poder que as variáveis tende em agir na variação média de PMV, de 75,88% e 74,94%, respectivamente.

Essas mesmas variáveis apresentaram os menores valores para a soma dos quadrados dos resíduos (SQR), onde a temperatura do ar (Ta) com 4,90, e a temperatura radiante média (Trm) com 5,09. Todas as relações possuíram p-valor do teste F abaixo do nível de significância adota.

Quadro 27- Análise dos modelos ajustados com efeitos univariados no PPD.

Variável independente		Tar	Pv	Trm	Var	Icl
Intercepto		-23,142	-7,631	-22,360	10,546	7,595
Intervalo de confiança do intercepto	Lim.inferior	-22,050	-8,997	-23,457	10,375	7,089
	Lim.superior	-24,234	-6,265	-21,263	10,717	8,100
Efeito esperado		1,292	6,682	1,266	0,368	16,586
Intervalo de confiança do efeito	Lim.inferior	1,252	6,235	1,227	0,346	15,001
	Lim.superior	1,331	7,129	1,306	0,390	18,170
R2		0,748	0,379	0,737	0,436	0,231
Valor p do teste F		< 2,2*e-16	< 2,2*e-16	< 2,2*e-16	< 2,2*e-16	< 2,2*e-16
SQR		2930,426	7214,822	3049,007	6550,933	8943,923
Legenda: Ta= Temperatura do ar; Trm = Temperatura radiante média; Pv = Pressão de vapor d'água no ar; Var = Velocidade do ar; Icl = Resistência térmico da vestimenta;						

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Quanto a relação das variáveis analisadas no quadro 27 com a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD), constatou-se que a ação das variáveis se assemelha com o PMV, evento esperado. Novamente a resistência térmica da vestimenta apresentou o maior efeito 16,58 com intervalo de confiança entre 15,00 a 18,17, ou seja, a cada unidade de clo há um aumento entorno de 16,58 no PPD. Mais uma vez a velocidade do ar apresentou o menor efeito igual a 0,36 no aumento do PPD a cada unidade m/s. Quanto ao erro ajustado (R^2) a resistência térmica da vestimenta apresentou a menor tendência na variação média no PPD, igual a 23,1%. Já a temperatura do ar apresentou a maior tendência, igual a 74,8%, seguida pela temperatura radiante média com 73,7%. Ambas apresentaram os menores valores da soma dos quadrados dos resíduos, sendo a T_a menor que T_{rm} . Validada a análise dos modelos ajustados univariado, pois o p-valor no teste F foi abaixo do nível de significância adotado ($p\text{-valor} < 0,05$).

2- Com duas variáveis envolvidas, a de maior e a de menor correlação:

Propôs-se um modelo matemático que envolvesse variáveis independentes de maior e menor correlação com o PMV e PPD, além de apresentarem baixa correlação entre si, para que as variáveis independentes não influenciassem uma na outra. Os modelos matemáticos são apresentados separando os dados por estação - Verão e Inverno; e em seguida um modelo incluindo ambos.

a) Balanço térmico

O modelo matemático que justifica o PMV e PPD em função das variáveis do balanço térmico é proposto com as variáveis de maior correlação: Convecção (C), e as de menor correlação: Evaporação pela pele (E_p) e Evaporação respiratória (E_{res}). Para as seguintes equações a variável Evaporação da pele foi removida por apresentar o $p\text{-valor} > 0,05$.

Para o PMV - Voto médio estimado:

$$\bullet \text{ PMV}_{INV} = -0,0134C_{INV} - 0,0331E_{resINV} + 1,26 \quad (52)$$

$$\bullet \text{ PMV}_{VER} = -0,012 C_{VER} - 0,03E_{resVER} + 1,23 \quad (53)$$

$$\bullet \text{ PMV}_{GERAL} = -0,0139 C - 0,0406E_{res} + 1,34 \quad (54)$$

Tabela 22 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com duas variáveis do balanço térmico.

Modelo	R²	F-statistic	p-valor
PMV_{INV}	0.9903	3.589e+04	< 2.2e-16
PMV_{VER}	0.968	1.062e+04	< 2.2e-16
PMV_{GERAL}	0.9802	3.469e+04	< 2.2e-16

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Para PPD - Porcentagem de pessoas Insatisfeitas:

$$\bullet \text{ PPD}_{\text{INV}} = -0,30 C_{\text{INV}} - 0,82E_{\text{res}_{\text{INV}}} + 27,93 \quad (55)$$

$$\bullet \text{ PPD}_{\text{VER}} = -0,34 C_{\text{VER}} - 0,91E_{\text{res}_{\text{VER}}} + 30,47 \quad (56)$$

$$\bullet \text{ PPD}_{\text{GERAL}} = -0,33C - 1,08E_{\text{res}} + 30,84 \quad (57)$$

Tabela 23 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com duas variáveis do balanço térmico.

Modelo	R²	F-statistic	p-valor
PPD_{INV}	0.9757	1.412e+04	< 2.2e-16
PPD_{VER}	0.965	9666	< 2.2e-16
PPD_{GERAL}	0.9731	2.54e+04	< 2.2e-16

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Os modelos matemáticos apresentaram o R² com valores significativos e p-valor abaixo do nível de significância aceito em todas os modelos matemáticos (tabelas 22 e 23).

O modelo matemático PMV_{GERAL} da pesquisa sugere a seguinte interpretação: ao manter constante a Convecção (C), a cada aumento de 1W/m² da Evaporação respiratória (Eres) a sensação térmica tende a diminuir 0,0406 na média do PMV_{GERAL}. Ao manter a Evaporação respiratória (Eres) constante, a sensação térmica diminui na sua variação média em 0,0139, a cada 1W/m² adicional da Convecção (C) na média do PMV_{GERAL}.

Ambas as variáveis tendem a diminuir a sensação térmica de desconforto, com a perda de calor através do balanço térmico. A Evaporação respiratória tende a ter um peso maior na diminuição do desconforto térmico.

Já o modelo PPD_{GERAL} sugere que ao manter C constante, implica que

a cada aumento de 1W/m^2 da Evaporação respiratória há uma tendência de diminuir na variação média da porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) em 1,08. Quando a variável constante passa a ser a Eres, a cada 1W/m^2 adicional da Convecção há uma tendência de diminuir na variação média do $\text{PPD}_{\text{GERAL}}$ em 0,33. Neste caso a ação das variáveis passa ser semelhantes, onde ambas tendem a diminuir a porcentagem de pessoas insatisfeitas com o aumento dos mecanismo de termorregulação do corpo humano. No entanto, o peso da Eres é maior.

b) Parâmetros de conforto

O modelo matemático é proposto com as variáveis de maior correlação: Temperatura do ar (T_a), e a de menor correlação: Resistência térmica da vestimenta (I_{cl}).

Para o PMV - Voto médio estimado:

- $\text{PMV}_{\text{INV}} = 0,06T_{a\text{INV}} + 0,77I_{cl\text{INV}} - 1,33$ (58)

- $\text{PMV}_{\text{VER}} = 0,05T_{a\text{VER}} + 0,35I_{cl\text{VER}} - 1,05$ (59)

- $\text{PMV}_{\text{GERAL}} = 0,05T_a + 0,560I_{cl} - 1,03$ (60)

Tabela 24 - Características dos modelos matemáticos para o PMV com duas variáveis do parâmetro térmico.

Modelo	R^2	<i>F-statistic</i>	<i>p-valor</i>
PMV_{INV}	0.9189	3980	< 2.2e-16
PMV_{VER}	0.8232	1635	< 2.2e-16
PMV_{GERAL}	0.9113	7219	< 2.2e-16

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Para PPD - Porcentagem de pessoas Insatisfeitas:

- $\text{PPD}_{\text{INV}} = 1,34T_{a\text{INV}} + 19,18I_{cl\text{INV}} - 30,1$ (61)

- $\text{PPD}_{\text{VER}} = 1,55T_{a\text{VER}} + 9,38I_{cl\text{VER}} - 33,83$ (62)

- $\text{PPD}_{\text{GERAL}} = 1,24T_a + 14,17I_{cl} - 26,07$ (63)

Tabela 25 - Características dos modelos matemáticos para o PPD com duas variáveis do parâmetro térmico.

<i>Modelo</i>	<i>R²</i>	<i>F-statistic</i>	<i>p-valor</i>
PPD_{INV}	0.9438	5893	< 2.2e-16
PPD_{VER}	0.8167	1565	< 2.2e-16
PPD_{GERAL}	0.9154	7602	< 2.2e-16

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

O modelo geral do PMV_{GERAL} , que sintetiza o comportamento dos dados da pesquisa, propõe a seguinte interpretação: ao manter constante a isolamento térmica das vestes (I_{cl}), a cada aumento de $1^{\circ}C$ da temperatura do ar (T_a) a sensação térmica para o desconforto aumenta 0,05 na variação média de PMV_{GERAL} . Ao manter a T_a constante, a sensação térmica aumenta 0,56 a cada 1clo, na variação média de PMV_{GERAL} .

Os modelos do PPD acima, indicam uma tendência de ação das variáveis envolvidas na variação média do PPD, sendo maior nos dados do Inverno com 94,38% e menor no Verão com 81%.

Nota-se que a variável que tende a aumentar o PMV, para esse modelo, é o Isolamento térmico das vestes, tendo em vista que o nível para determinar se o ambiente é confortável encontra-se com o PMV entre -0,5 e 0,5.

Já o modelo geral do PPD_{GERAL} propõe a seguinte interpretação, ao manter constante o Isolamento térmica das vestes (I_{cl}), a cada aumento de $1^{\circ}C$ da temperatura do ar (T_a) a porcentagem de pessoas insatisfeita aumenta 1,24 na variação média de PPD_{GERAL} . Ao manter a T_a constante, a insatisfação aumenta 14,17 a cada 1clo no I_{cl} . Novamente o Isolamento térmico das vestes, tende a aumentar a porcentagem de pessoas insatisfeitas, conseqüentemente o nível de desconforto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa foi baseada em uma amostra representativa que permitiu as análises e modelos apresentados no trabalho. Os dados coletados caracterizaram, satisfatoriamente, o ambiente de estudo, o conjunto habitacional Anayde Beiriz. Um dos resultados que favorece tal constatação foi

a obtenção dos valores do erro ajustado (R^2) no entorno de 80% a 90%, em todos os modelos apresentados.

Com os dados levantados das variáveis do balanço térmico, determinantes na obtenção dos índices de conforto térmico (PMV e PPD), demonstrou-se que houve sensação de conforto térmico estabelecido por Norma 7730/2005 em um único período dentro do nível com PMV inferior a 0.5 e PPD menor que 10%. Este período correspondeu ao Inverno, das 8h às 10h. Nos demais horários a sensação térmica e o nível de insatisfação ultrapassaram, classificando-se o ambiente como desconfortável.

As variáveis climáticas obtidas no interior da residência forneceram a seguinte conclusão: o mecanismo radiação não induz no aumento térmico dos ambientes, pois a temperatura do ar, temperatura de globo , e por consequência a temperatura radiante média, não apresentaram diferenças significativas nos valores coletados. Esse resultado induz que o material construtivo e os revestimentos adotados no projeto arquitetônico e consequentemente aplicados na construção impedem o efeito da radiação no ambiente avaliado, com base nos dados obtidos quanto capacidade, transmitância e atraso térmico. Outro fator é a presença de mobiliário que aumentam a área de superfície para troca de calor com o ar ambiente, reduzindo assim a diferença entre o ar radiante e a temperatura ar , como relatado por Humphreys et al. (2007), assim, a radiação de ondas longas parece ser um componente insignificante do este estudo.

Nos estudos de Djamila et al. (2013) apontaram que os valores da temperatura do ar foram próximos ao da temperatura de globo, consequentemente a radiante media. Tais resultados estão em acordo com o estudo realizado por Webb (1959) em o desenvolvimento do chamado índice de Singapura, por Sharma e Ali (1986) no desenvolvimento do índice de Verão Tropical, e por C. Feriadi e Wong (2004) onde os pesquisadores descobriram que a temperatura do globo concordam estreitamente com o temperatura do ar e, portanto, temperatura de globo foi subsequentemente ignorado.

A pesquisa teve como principal objetivo avaliar os parâmetros que determinam o conforto térmico nas habitações populares e a influência dos mesmo nos índices de conforto PMV e PPD. A temperatura do ar (T_a) apresentou a maior correlação com os índices de conforto e elevadas

correlações com as demais variáveis, exceto a variável correspondente à resistência térmica da vestimenta (Icl).

A variável que apresentou a menor correlação com os índices de conforto foi a resistência térmica da vestimenta. Esse mesmo comportamento foi constatado com relação às demais variáveis ambientais.

Ao gerar o modelo matemático que apresenta-se o comportamento dos dados obtidos na pesquisa; inicialmente foram considerados todas as variáveis analisadas e o primeiro modelo foi gerado. No entanto, a alta correlação entre as mesmas ocasionou uma segunda abordagem, onde cada uma foi analisadas separadamente e apresentado seus respectivos efeitos no PMV e PPD. Por fim, mediante a constatação das variáveis de maior e menor efeito nos índices de conforto térmico, gerou-se um modelo matemático composto por tais variáveis. Esse modelo propõe que a de menor efeito nos índices passa a ser a temperatura do ar e a de maior efeito a resistência térmica da vestimenta.

Os ambientes residências apresentaram condições térmicas desfavoráveis à execução da atividade doméstica nos períodos estudados (inverno e verão). O inverno apresentou níveis de conforto térmico no intervalo de tempo das 8h às 10h. Vale observar que esse intervalo é considerado pequeno comparado ao período em que o morador exerce a atividade doméstica, além, de em muitos momentos as atividades serem exercidas com maior intensidade a partir das 10h.

Há preocupação quanto ao desconforto térmico no momento da execução da atividade por aumentar a probabilidade da ocorrência de acidentes, pois há momentos em que o morador utiliza materiais cortantes e/ou de altas temperaturas.

Sob o ponto de vista da Ergonomia do Ambiente Construído e da Arquitetura (EACA), percebe-se que na elaboração do projeto de edificação do programa Minha Casa Minha Vida levou-se em consideração o bem-estar dos moradores quanto ao conforto termoambiental. Resultados apresentados nesta dissertação corroboram com tal afirmação, tendo em vista que variáveis importantes para um ambiente saudável em termos climáticos, como temperatura, ventilação e umidade relativa do ar promovem condições térmicas amenas de conforto dos moradores. Esta constatação é ratificada pelos valores iguais ou levemente acima dos índices PMV e PPD encontrado conforme

Norma ISO 7730/2005, bem como alinhada com os preceitos da NBR15220/2005 e NBR 15575, qualificando assim o desempenho térmico da edificação em questão. E este endosso pode ser observado nos coeficientes estimados e associados às respectivas variáveis do balanço térmico dos modelos matemáticos construídos, as quais tem relação significativa com o PMV e PPD, no inverno e no verão. Vale ressaltar que esses coeficientes são ínfimos, logo suas respectivas variáveis, num suposto aumento, não terão uma alteração representativa nas variações médias do voto predito (PMV) e o índice de percentual insatisfeitos (PPD) encontrados, justificando assim um certo equilíbrio das condições térmicas dessas moradias, com reflexo na estabilização, do nível de conforto.

Por outro lado, sob o mesmo ponto de vista da EACA é provável que a orientação correta dos blocos (edifícios) quanto à radiação solar, possibilitou a minimização da radiação térmica recebida, o que facilitou a troca do ar interno dos ambientes dos edifícios aproveitando-se os ventos. Ou seja, o amortecimento e o retardo térmico na temperatura interna dos edifícios em comparação à temperatura externa proporcionou um microclima bem mais ameno no interior das moradias que o clima do exterior a estas. Tais observações são ratificadas pelos resultados encontrados nessa dissertação quanto à radiação térmica. A temperatura do ar, temperatura de globo e a temperatura radiante média, tanto no verão como no inverno foram similares, o que comprova pouca radiação térmica nos ambientes internos das moradias favorecendo a eficácia do material construtivo adotado no projeto.

Sugestões para trabalhos Futuros:

- Analisar individualmente os apartamentos que participaram da pesquisa na busca de identificar características particulares e/ou comuns, como material construtivo (alvenaria, placas de concreto), entorno (árvores, prédios), revestimento interno (cerâmica, pintura) e equipamentos internos prováveis fontes de calor.
- Analisar a atividade metabólica exercida dentro da residência descrevendo cada atividade no intervalo de tempo, assim o valor metabólico terá pesos diferentes ao longo do dia. Com essa informação verificar como é o comportamento do metabolismo na sensação de desconforto.

- Muitas das variáveis do conforto térmico são correlacionadas. Por essa razão, utilizar métodos multivariados de identificação de variáveis latentes pode ser útil no estudo da relação entre os índices de conforto (PMV e PPD), as variáveis fisiológicas e as variáveis climáticas.
- Avaliar a qualidade do ar, pois o ambiente apresentou elevada umidade relativa e pouca ventilação no setor de serviço, ambiente este propício a concentração de partículas de gordura, poeira, bactérias, fungos, entre outras, comprometendo o ar, haja vista a falta de renovação e de insolação adequadas.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Introdução à gestão habitacional**. São Paulo : Escola Politécnica da USP, 1995. Texto técnico.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-2 – Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.

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: ABNT, 2005c.

AESA - Associação Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba. **Relatório sobre a Situação Hídrica no Estado da Paraíba**. Paraíba: AESA, 2009.

ALMEIDA, H. S. **Análise do conforto térmico de edifícios utilizando as abordagens analítica e adaptativa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2010.

ALUCCI, M. P. (Org.). **Implantação de Conjuntos Habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica**. São Paulo: IPT, 1986, 95p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, Atlanta: ASHRAE, 2013.

AMPOFO, F.; MAIDMENT, G.; MISSENDEN, J. Underground railway environment in the UK Part 1: Review of thermal comfort. **Applied Thermal Engineering**, v. 24, n. 5-6, p. 611-631, abr. 2004.

ANDREASI, W. A.; LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C. Thermal acceptability assessment in buildings located in hot and humid regions in Brazil. **Building and Environment**, v. 45, n. 5, p. 1225-1232, 2010.

ANDREASI, Wagner A. **Método de avaliação de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil**. 2009. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

ANTONELLI, Bruna Angela. **Verificação da adequabilidade do modelo normalizado de conforto térmico, utilizando a taxa metabólica determinada pelas sensações térmicas reais de usuários de ambientes industriais**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

ARANTES, B. **Análise do conforto térmico e lumínico de uma oficina mecânica.** Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 2011.

ARAÚJO, R. R. O conforto térmico e as implicações na saúde: uma abordagem preliminar sobre os seus efeitos na população urbana de São Luís-Maranhão. **Caderno de Pesquisa**, v. 19, n. 3, p. 51–60, 2012.

AZEVEDO, Sergio de. **A Questão da Moradia no Brasil: necessidades habitacionais, políticas e tendências.** In: FERNANDES, Ana e SOUZA, AngelaGordilho. *Habitação no Brasil: reflexões, avaliações e propostas.* Salvador: FAUFBA/PPGAU, 2004.

BECKER, R; PACIUK, M. Thermal comfort in residential buildings—failure to predict by Standard model. **Building and Environment**, 2009;44:948–60.

BERALDO, J. C. **Eficiência energética em edifício: avaliação de uma proposta de regulamento de desempenho térmico para a arquitetura do estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

BINS ELY, V; Ergonomia + Arquitetura: buscando um melhor desempenho do ambiente físico. Anais do 3º Ergodesign – 3º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produtos, Programas, Informação, **Ambiente Construído.** Rio de Janeiro: LEUI/PUC-Rio, 2003.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural.** EDUFAL, Maceió, 2005.

BORMIO, M. F. **Avaliação pós-ocupação ambiental de escolas da cidade de Bauru (SP) e Lençóis Paulista (SP): um estudo ergonômico visto pela metodologia EWA.** Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 2007.

BRAGER, G. S.; DEAR, R. DE. Thermal adaptation in the built environment : a literature review. **Energy and Buildings**, v. 27, p. 83–96, 1998.

BRASIL, **Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº. 15 – Atividades e Operações Insalubres,** 1978.

BRASIL, **Mistério do Trabalho e Emprego – FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional 06 – Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor,** 2002.

BRODAY, Evandro Eduardo. **Análise comparativa entre os métodos de determinação da taxa metabólica visando o equilíbrio entre o homem e o ambiente** -- Ponta Grossa: 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

BUSTOS ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Proeditores, 2000.

Caixa Econômica Federal. **Demanda habitacional no Brasil / Caixa Econômica Federal**. - Brasília: CAIXA, 2011.

CÂNDIDO, C. M.; BITTENCOURT, L. S.; BATISTA, J.O. A utilização de captadores de vento para aumentar a ventilação natural em espaços de sala de aula In: ENCAC 2003 - VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, Curitiba, 2003. **Anais...** Curitiba: 2003.

CÂNDIDO, Christhina; LAMBERTS, Roberto; BITTENCOURT, Leonardo e DEAR, Richard de. Aplicabilidade dos limites da velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído**. (Online). 2010, vol.10, n.4, pp. 59-68. ISSN 1678-8621.

CARDOSO, L. R. A. **Metodologia de avaliação de custos de inovações tecnológicas na produção de habitações de interesse social**. São Paulo: Escola Politécnica; Universidade de São Paulo, 1999. 268p. Tese de Doutorado em Engenharia.

CARLUCCI, S.; PAGLIANO, L. A review of indices for the long-term evaluation of the general thermal comfort conditions in buildings. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 194–205, 2012. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.06.015>>.

CAUCHICK MIGUEL, Paulo A. (coord.) **Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2010.

CAVENAGHI, Suzana; AMADEO, Sergio. **Demanda Habitacional Demográfica**. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS 6, 2008, Aracaju. Anais do VI ENABER. Aracaju: ABER, 2008. v. 1. p. 1-20.

CENA, K.; DEAR, R. de. Thermal comfort and behavioural strategies in office buildings located in a hot-arid climate. **Journal of Thermal Biology**, 2001;26:409–14.

ÇENGEL, Yunus A. - "**Heat Transfer: A Practical Approach**" - Editora McGraw-Hill, Neu York, 2003.

ÇENGEL, Yunus A, e BOLES, Michael A. - "**Thermodynamics: An Engineering Approach**" - Editora McGraw-Hill, New York, 2008.

ÇENGEL, Yunus A. - "**Heat and Mas Transfer: A Practical Approach**" - Editora McGraw-Hill, 2007

CHAPPELLS, H; SHOVE, E. Comfort paradigms and practices: report of 'Future Comfort' workshop for a one-year project funded by the UK Economic and Social Research Council's. Environment and Human Behaviour Programme; 2004.

CHEN, L.; NG, E. Outdoor thermal comfort and outdoor activities: a review of research in the past decade. **Cities**, v. 29, n. 2, p. 118-125, abr. 2012.

CHOI, J.; LOFTNESS, V.; LEE, D. Investigation of the possibility of the use of heart rate as a human factor for thermal sensation models. **Building and Environment**, v. 50, p. 165–175, 2012. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.10.009>>.

COHEN, S. C. **Arquitetura social e da família como caminho para a habitação saudável, sustentável e segura**. Congresso Internacional: Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre, 2010.

CORBELLA, O. e YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003.

CORBELLA, Oscar e YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. – 2ª ed. ver. e ampl. – Rio de Janeiro: Revan, 2009.

CORGNATI, S. P.; FILIPPI, M.; VIAZZO, S. Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. **Building and Environment**, v. 42, n. 2, p. 951–959, 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S036013230500449X>>.

COUTINHO, Antonio Souto. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambiente de trabalho** – 2ª Edição. João Pessoa: Editora Universitária. 2005.

DEAR, R. J., BRAGER, G. S. “**Developing na adaptive model of thermal comfort and preference**” **ASHRAE Transactions**. Atlanta: v. 104, p. 145-167, 1998.

DEAR de R.; BRAGER GS. The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. **International Journal of Biometeorology**, 2001;45(2):100–8.

DJAMILA, Harimi; CHU, Chi-Ming; KUMARESAN, Sivakumar. Field study of thermal comfort in residential buildings in the equatorial hot-humid climate of Malaysia. **Building and Environment**, 2013; (62): 133 e 142.

DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2626–2640, 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032110002200>>.

DONAIISKY, E.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N. Algoritmos PMV-MBPC para conforto térmico em edificações e aplicação em uma célula-teste. **Sba: Controle e Automação**, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2010.

DOUGLAS , C.R. **Tratado de Fisiologia: Aplicada à Saúde**. 5. ed. São Paulo: Robe editorial LTDA, 2002.

DUMKE, E.M.S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social.** Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2002, 230p.

FANGER, Ole P. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1972.

FERREIRA, D. B., **A Contribuição da luz natural para a sustentabilidade dos ambientes construídos: o caso das escolas em climas quentes úmidos.** 279 p. - Dissertação de Mestrado Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente -PRODEMA da Universidade Federal de Alagoas- UFAL, Maceió, 2004.

FIGUEIREDO, Antônio Manuel. **Avaliação da Qualidade Térmica de Edifícios Proposta de Indicadores para o Projeto.** Licenciado em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2007.

FRANCO, Moreira Wellington. **O déficit habitacional.** SAE (Secretária de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2012. Disponível: <http://www.sae.gov.br/documentos/artigos/moreira-francoo-deficit-habitacional-o-dia-em-14-02-2012/>, acesso em 12 de novembro de 2014.

FREITAS, S. A. de. **Habitação popular em Goiânia: Vila Mutirão – Mil casas em um dia.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

FROTA, A.; SCHIFFER, S. **Manual de Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo.** — 5. ed. — São Paulo : Studio Nobel, 2001.

HAVENITH, G. HOLMEÂR,I.KEN, Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production. **Energy and Buildings.** v.34, p.581-591. 2002.

HERTZ, J. B. **Ecotécnicas em Arquitetura. Como projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil.** São Paulo: Ed. Pioneira, 1998, 125p.

HOLZ, S. e MONTEIRO, T. V. de **A. Política de habitação social e o direito a moradia no Brasil.** X Simpósio Internacional de Geocrítica. Barcelona, 2008. Disponível em <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/158.htm>, acessado em 11/05/2014.

HOWELL, W., STRAMLER, C.S. **The contribution of Psychological variables to the prediction of thermal comfort judgments in real Word settings.** ASHRAE Transsactions. Atlanta: v. 87, n.1, p. 609-621, 1981.

HUMPHREYS, M.A.; NICO J.F.; RAJA, I.A. Field studies of indoor thermal comfort and the progress of the adaptive approach. **Adv Build Energy Res**, 2007;1:55-88.

HUMPHREYS, M.A; NICOL, F. **Conflicting criteria for thermal sensation within the Fanger predicted mean Vote Equation**. In: CIBSE/ASHRAE JOINT NATIONAL CONFERENCE. Proceeding, p. 153-158, 1996.

HWANG, R.L.; CHENG, MJ; LIN, T.P.; HO, M.C. Thermal perceptions, general adaptation methods and occupants idea about the trade-off between thermal comfort and energy saving in hot humid regions. **Building and Environment**, 2009; 44:1128–34.

IBGE. **Instituto brasileiro de geografia e estatística**. IBGE, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2013/default.shtm>>. Acesso em: janeiro 2014.

ISO 7726, **Ergonomics: instruments for measuring physical quantities**, Genève: ISO, 1998.

ISO 7730: **Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**, Geneva, 2005.

ISO 9920, **Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble**, Geneve, ISO: 1995.

JOHN, Vanderley Moacyr; PRADO, Racine Tadeu Araújo. **Boas práticas para habitação mais sustentável** --São Paulo : Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

KARWOWSKI, W. The discipline of ergonomics and human factors. ... **of human factors and ergonomics**, 2006. Disponível em: http://media.johnwiley.com.au/product_data/excerpt/72/04714491/0471449172.pdf>.

KATAVOUTAS, G; THEOHARATOS, G; FLOCAS, H.A et al. **Measuring the effects of heat wave episodes on the human body's thermal balance**. Int J Biometeorol.v. 53, p.177–187, 2009.

KRÜGER, E.L. O uso de equações preditivas na avaliação do desempenho térmico de um protótipo habitacional constituído de materiais alternativos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol. 3, n.2, pp. 77 – 86, abr. – jun. 2003.

KRÜGER, E.L.; LIMA, L. P. de. Avaliação do Efeito das Condições Climáticas Locais nos Graus de Conforto e no Consumo de Energia em Edificações. In: ENCAC 2005 - VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, 2005. **Anais...** Maceió: 2005.

KUHN, E. A. **Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

LAMBERT, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, R. - **Conforto e stress térmico** - Publicação eletrônica do Laboratório de Eficiência Energética de Edificações - LabEEE/UFSC - www.labeee.ufsc.br - 2013.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. DE P.; GOULART, S.; VECCHI, R. DE. **Conforto e stress térmico**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2014.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações**. Apostila do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

LEÃO, M. - **Desempenho Térmico em Habitações Populares para Regiões de Clima Tropical: Estudo de Caso em Cuiabá-MT**. Dissertação.(Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 105 f. Cuiabá, MT. 2006.

LIMA, R. G. **A influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho termoenergético de edifícios na cidade de Maceió – AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, 2010.

MACPHERSON, R. K. The Assessment of the Thermal Environment. A Review. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 19, n. 3, p. 151–164, 1962. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1038191&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

MALARD, Maria Lucia; CONTI, Alfio; CAMPOMORI, Maurício J. L.; SOUZA, Renato C. F.. Avaliação pós-ocupação, participação de usuários e melhoria de qualidade de projetos habitacionais: uma abordagem fenomenológica. In: **Alex Kenya Abiko; Sheila Walbe Ornstaein. (Org.). Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) de Habitação de Interesse Social**. 1 ed. Rio de Janeiro: FINEP, 2002, v. 1, p. 243-267.

MALHEIROS, F. V. A. **Desempenho térmico de pavilhões industriais: estudo de caso em Panambi/RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

MARROQUIM, Flávia Maria Guimarães. **Avaliação pós-ocupação de unidades residenciais modificadas de um conjunto habitacional em Maceió-AL: Flexibilidade, dimensionamento e funcionalidade dos ambientes**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmica

do Espaço Habitado. Universidade Federal de Alagoas - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió. 2007.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Enhancing Information For Solar and Wind Energy Technology Deployment in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 7, p. 4378-4390, 2011.

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. **Ergonomia: trabalho adequado e eficiente**. 1st ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MENEZES, M. S. **Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo – RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema nacional de habitação de interesse social**. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/index.php/sistema-nacional-de-habitacao-deinteresse-social-snhis.html>; acessado em 19/05/2014.

MONTE, Rosamaria Gomes do. **Uma análise comparativa dos aspectos dimensionais de códigos de obras e edificações sob o enfoque da ergonomia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 2006.

MOREIRA, F. **O déficit habitacional**. Disponível em <http://www.sae.gov.br/site/?p=10601> acessado em 19/05/2014.

MUNHOZ, F. C. **Análise térmica do ambiente de repouso do trabalhador em casas populares**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 2005.

NERBAS, P. de F. e KUHN, E. A. **Desafios à inserção de requisitos de sustentabilidade ambiental em projetos-padrão para habitação de interesse social: o caso Casa Cerâmica**. Congresso internacional – Sustentabilidade e habitação de interesse social. Porto Alegre, 2010.

OGBONNA, AC.; HARRIS, DJ. Thermal comfort sub-Saharan Africa: field study report in Jos-Nigeria. **Applied Energy**, 2008; 85: 1-11.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2002.

OLIVEIRA, Andréia Cardoso de. **A influência das recomendações do zoneamento bioclimático brasileiro no desempenho térmico da envoltória de edificações de interesse social nos municípios da Paraíba**. João Pessoa, 2013. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: 2013.

OLIVEIRA, Angela Santana de; NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus Albuquerque; MUSIS, Carlo Ralph de; SANTOS, Flávia Maria de Moura;

NOGUEIRA, José de Souza. Avaliação Do Conforto Térmico De Habitações De Interesse Social Em Cuiabá - Mato Grosso. **UNICIÊNCIAS**, v.12, 2008

PADILHA, A. **Higiene do trabalho – Módulo: Temperaturas extremas**. Apostila do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho. Bauru, 2010.

PALERMO V., FALCONE C., MAZZONI C. Apoptosis and aging in mitochondrial morphology mutants of *S. cerevisiae*. **Folia Microbiol** (Praha) 52:479 - 483, 2007.

PARSONS, K. C. The estimation of metabolic heat for use in the assessment of thermal comfort. **Report from Loughborough University, UK**, p. 301–308, 1989. Disponível em: <http://nceub.commoncense.info/uploads/Paper27_Parsons.pdf>.

PARSONS, K.C. Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. **Applied Ergonomics**, v. 31, n. 6, p. 581-594, dez. 2000.

PERROTTA, Antonio N. **Conforto Térmico em Edificações Sustentáveis: Estudo de Caso do Prédio Central e Laboratórios da Ampliação do Centro de Pesquisas Loepoldo Américo Miguez de Mello** - CENPES/Petrobras. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2011.

PIVETTA, M. Extremos do clima. **Pesquisa FAPESP**, v. 210, p. 16–21, 2013.

POKORNY, J.; JICHA, M. Coupling of the Models of Human Physiology and Thermal Comfort. **EPJ Web of Conferences**, v. 01077, p. 1–4, 2013. Disponível em: <http://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/abs/2013/06/epjconf_efm2013_01077/epjconf_efm2013_01077.html>.

PORANGABA, Alexsandro Tenório. **Opos! Cabe Ou Não Cabe?: tipologia e funcionalidade das habitações do PAR em Maceió**, 2011. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado. Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2011.

POUEY, J. A.-A. **Projeto de Edificação Residencial Unifamiliar para a Zona Bioclimática 2 com Avaliação Termo energética por Simulação Computacional**. Universidade Federal de Pelotas (dissertação de mestrado). Pelotas, p. 137. 2011.

PRIANTO, E.; DEPECKER, P. Optimization of Architectural Design Elements in Tropical Humid Region with Thermal Comfort Approach. **Energy and Buildings** 35(3): 273–80, 2003.

RESENDE, Sheyla Rodrigues de. **Adaptação de um modelo de avaliação de desempenho para produtos: O caso de isolantes térmicas desenvolvidos**

para aplicação nas subestações elétricas do nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado. PPGEF-UFPB. João Pessoa. 2011.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima. Acondicionamento térmico natural.** Porto, 1986.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares.** In: V Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza, 1999. **Anais...** Fortaleza: 1999.

RORIZ, Mauricio, **Zona de conforto térmico - um estudo comparativo de diferentes abordagens,** São Carlos, EESC/SAP, 1987

ROSA, S. **Indicadores de sustentabilidade urbana aplicados em conjuntos habitacionais de Catalão/Goias.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

ROTTA, R. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria – RS.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

SAMPAIO, C. A. de P.; PASSOS, E. F.; DIAS, G. P.; CORREA, P. C. Desenvolvimento e avaliação de um anemômetro de fio quente operando à temperatura constante. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. .2, nº .2, p. .229 - 234, 1998.

SANTOS, Flávia Maria de Moura. **Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: Estudo de caso.**Dissertação de Mestrado. UFMT. Cuiabá. 2008.

SANTOS, R. L.; ANDRADE, H. O. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 40, p. 77-84, 2008.

SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Medidas do Tempo.** Instituto de Física da UFRGS - Departamento de Astronomia, Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. site: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2016/tempo/tempo.htm>. Acesso: 18 de junho 2015.

SHELLEN, L.; LOOMANS, M. G. L. C.; KINGMA, B. R. M.; et al. The use of a thermophysiological model in the built environment to predict thermal sensation. **Building and Environment**, v. 59, p. 10–22, 2013. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132312001989>>.

SHARMA, MRA; ALI, S. Thermal summer index: a study of thermal comfort of Indian subjects. **Build Environ**, 1986; 21:11e 24.

SILVA, Roberto Carlos; MARINHO, Gerson; SANTOS, Daniel; BUENO, Priscilla Veiga. **As transformações do mercado imobiliário brasileiro nos anos 2000 – uma análise do ponto de vista legal e econômico**. Congresso Internacional de Administração da América Latina, 2012.

SOUSA, Vivian Aparecida Lima. **Estudo do comportamento de materiais não convencionais utilizados como revestimento de paredes, visando a redução de carga térmica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) PPGE/UEPB. João Pessoa. 2012.

SPANNENBERG, Mariane Gampert. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: Estudos de caso em Marau-RS**. Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

SUZUKI, E. H. **Avaliação do Conforto Térmico e do nível de CO2 em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo**. 2010. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

TALEGHANI, M.; TENPIERIK, M.; KURVERS, S.; DOBBELSTEEN, A. VAN DEN. A review into thermal comfort in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 201–215, 2013. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.050>>.

TRUJILLO, Jorge Hernán Salazar; ARROYAVE, Rafael HernanAtehortua. **Construcción de normativas urbanísticas: para el ahorro energético en climas tropicales**. Medellín: Universidade Nacional de Colombia, 2006.

TUCKMAN, B. W. **Manual de Investigação em Educação**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p. 374, (2000).

TURKMAN, Maria A. Amaral, SILVA, Giovani Loiola. **Modelos Lineares Generalizados – da teoria à prática**, Universidade de Lisboa, 151p, 2000.

VAGHETTI, M. A. O; et. al. **Casa popular eficiente: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo**. Congresso internacional – Sustentabilidade e habitação de interesse social. Porto Alegre, 2010.

VASCONCELOS, P. E. DE M. **Estudo da relação entre variáveis térmicas e o desempenho de estudantes da academia de polícia militar do estado da paraíba**, 2013. João Pessoa-PB: Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

VERGARA, L. G. L; LAMBERTS, R. **Análise das condições de conforto térmico de trabalhadores da unidade de terapia intensiva do hospital**

universitário de Florianópolis. 201 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

VERONEZIL, Ana Beatris Poli; LIMA, João da Rocha. **Conditions to validate low-income housing construction in Brazil.** VII Seminário Internacinal da LARES. São Paulo. 2007.

WEBB, CG. An analysis of some observations of thermal comfort in an equatorial climate. **Brit J Industr Med**, 1959;16:297 e 310.

WEI, S.; LI, M.; LIN, W.; SUN, Y. Parametric studies and evaluations of indoor thermal environment in wet season using a field survey and PMV-PPD method. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 6, p. 799-806, jun. 2010.

WONG, NH; FERIADI, H; LIM, KW, THAM, KW; SEKHAR, C; CHEONG, KW. Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore. **Build Environ**, 2002;37:1267 e 1277.

XAVIER, Antonio A. de P. **Predição de Conforto Térmico em ambientes internos com atividades sedentárias – teoria física aliada a estudos de campo.** 2000. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

YAU, Y. H.; CHEW, B. T. Thermal comfort study of hospital workers in Malaysia. **Indoor air**, v. 19, n. 6, p. 500–10, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19719535>>.

ZHONGPING, Lina; SHIMING, Dengb. A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics - Developing a thermal comfort model for sleeping environments. **Building and Environment**, v. 43, n. 3, p.70-81, 2006.

ANEXO I - Programa Minha Casa Minha Vida: Especificações Mínimas.

  		Programa Minha Casa Minha Vida / FAR Especificações Mínimas
Apartamento* / Casa sobreposta* / Village* / Sobrado** (Para contratação com valor máximo de aquisição da unidade de acordo com o item 7.1 do Anexo I da Portaria N° 465, de 03 de outubro de 2011)		
Projeto	Unidade habitacional com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço / banheiro.	
DIMENSÕES DOS CÔMODOS (Estas especificações não estabelecem área mínima de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes)		
Dormitório casal	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.	
Dormitório duas pessoas	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações mínimo de 0,50 m.	
Cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,80 m. Quantidade mínima: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.	
Sala de estar/refeições	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.	
Banheiro	Largura mínima do banheiro: 1,50 m. Quantidade mínima: 1 lavatório sem coluna, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro – (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado, desnível máx. 15 mm; Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.	
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m).	
Em Todos os Cômodos	Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20 m. Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.	
CARACTERÍSTICAS GERAIS		
Área útil (área interna sem contar áreas de paredes)	39,00 m²	
Pé direito mínimo	2,30 m nos banheiros e 2,50 m nos demais cômodos.	
Cobertura	Sobre laje, em telha cerâmica ou de fibrocimento (espessura mínima de 5 mm), com estrutura de madeira ou metálica. Admite-se laje inclinada desde que coberta com telhas.	
Revestimento Interno	Massa única, gesso (exceto banheiros, cozinhas ou áreas de serviço) ou concreto regularizado para pintura.	
Revestimento Externo	Massa única ou concreto regularizado para pintura.	
Revestimento Áreas Molhadas	Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço.	
Revestimento áreas comuns	Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura.	
Portas e Ferragens	Portas internas em madeira. Admite-se porta metálica no acesso à unidade. Batente em aço ou madeira desde que possibilite a inversão do sentido de abertura das portas. Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo), maçanetas de alavanca a 1,00 m do piso.	
Janelas	Completa, de alumínio para regiões litorâneas ou meios agressivos e de aço para demais regiões. Vão de 1,50 m² nos quartos e 2,00 m² na sala, sendo admissível uma variação de até 5%.	
Pisos	Cerâmica em toda a unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15mm. Cerâmica no hall e nas áreas de circulação internas. Cimentado alisado nas escadas.	
PINTURAS		
Paredes internas	Tinta PVA.	
Paredes áreas molhadas	Tinta acrílica.	
Paredes externas	Tinta acrílica ou textura impermeável.	
Tetos	Tinta PVA.	
Esquadrias	Em esquadrias de aço, esmalte sobre fundo preparador. Em esquadrias de madeira, esmalte ou verniz.	
LOUÇAS E METAIS		
Lavatório	Louça sem coluna e torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Acabamento de registro de alavanca ou cruzeta.	
Vaso Sanitário	Louça com caixa de descarga acoplada.	
Tanque	Capacidade mínima de 20 litros, de concreto pré-moldado, PVC, granilite ou mármore sintético com torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Acabamento de registro de alavanca ou cruzeta.	
Pia cozinha	Bancada de 1,20 m x 0,50 m com cuba de granilite ou mármore sintético, torneira metálica cromada. Torneira e acabamento de registro de alavanca ou cruzeta.	
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS / TELEFÔNICAS		
Número de pontos de tomadas elétricas	2 na sala, 4 na cozinha, 2 na área de serviço, 2 em cada dormitório, 1 tomada no banheiro e mais 1 tomada para chuveiro elétrico.	
Número de pontos diversos	1 ponto de telefone, 1 de campainha, 1 ponto de antena e 1 ponto de interfone.	
Número de circuitos	Prever circuitos independentes para chuveiro, dimensionado para a potência usual do mercado local, tomadas e iluminação.	
Interfone	Instalar sistema de porteiro eletrônico.	
Geral	Tomadas baixas a 0,40 m do piso acabado, interruptores, interfones, campainha e outros a 1,00 m do piso acabado.	

   Programa Minha Casa Minha Vida / FAR Especificações Mínimas	
Apartamento* / Casa sobreposta* / Village* / Sobrado** (Para contratação com valor máximo de aquisição da unidade de acordo com o item 7.1 do Anexo I da Portaria N° 465, de 03 de outubro de 2011)	
DIVERSOS	
Reservatório	Para reservatório elevado de água potável, em condomínio, prever instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea.
Vagas	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal.
Cercamento do lote ou condomínio	Alambrado com baldrame e altura mínima de 1,80 m no entorno do condomínio.
Proteção da alvenaria externa	Em concreto com largura de 0,50 m ao redor da edificação.
Calçadas para circulação interna no condomínio	Largura mínima de 0,90 m livre.
Máquina de Lavar	Prever solução para máquina de lavar roupas, ponto elétrico, hidráulica e de esgoto.
Equipamentos de lazer / uso comunitário	Obrigatório para empreendimentos em condomínio, com 60 UH ou mais, devendo prever recursos de, no mínimo, 1% da soma dos custos de infraestrutura e edificações. Considerado o valor destinado para este item, serão produzidos os equipamentos a seguir especificados, obrigatoriamente nesta ordem: centro comunitário; espaço descoberto para lazer/recreação infantil; e quadra de esportes. Em condomínio, obrigatória a execução de depósito de lixo e local para armazenamento de correspondência.
Distâncias mínimas entre blocos	Edificações até 3 pavimentos, maior ou igual a 4,50 m. Edificações de 4 a 5 pavimentos, maior ou igual a 5,00 m. Edificações acima de 5 pavimentos, maior ou igual a 6,00 m.
Elevador	Para edificação acima de dois pavimentos, deve ser previsto e indicado na planta o espaço destinado ao elevador e informado no manual do proprietário. O espaço deve permitir a execução e instalação futura do elevador. Não é necessária nenhuma obra física para este fim. No caso, do espaço previsto para futura instalação do elevador, estar no interior da edificação, a estrutura deverá ser executada para suportar as cargas de instalação e operação do equipamento.
Placas Informativas	Deverão ser instaladas placas informativas nas edificações de empreendimentos em condomínios nos casos de utilização de alvenaria estrutural ou sistemas inovadores.
TECNOLOGIAS INOVADORAS	
	Aceitáveis as tecnologias inovadoras testadas e aprovadas conforme a Norma de Desempenho - NBR-15.575 e homologadas pelo SINAT ou que comprovarem desempenho satisfatório junto à CAIXA.
SUSTENTABILIDADE	
	Medição individualizada de água e gás.
INFRAESTRUTURA	
	Pavimentação definitiva, calçadas, guias, sarjetas e sistema de drenagem.
	Sistema de abastecimento de água.
	Solução de esgotamento sanitário.
	Energia elétrica e iluminação pública.
ACESSIBILIDADE E ADAPTAÇÃO	
Áreas de uso comum	Deverá ser garantida a rota acessível em todas as áreas públicas e de uso comum no empreendimento. Orientações disponíveis na Cartilha de Acessibilidade a Edificações e Espaços e Equipamentos Urbanos, elaborada pela CAIXA.
Unidades adaptadas	Disponibilizar unidades adaptadas ao uso por pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida e idosos, de acordo com a demanda, com kits específicos devidamente definidos. Na ausência de legislação municipal ou estadual que estabeleça regra específica, disponibilizar no mínimo 3% das UH.
OBSERVAÇÕES	
	* Edificação residencial multifamiliar
	** Edificação residencial unifamiliar com mais de um pavimento. Neste caso, obrigatório instalação do sistema de aquecimento solar, em todas as regiões do país, incluso no valor máximo de aquisição da unidade.

ANEXOII - Normas que fornecem diretrizes para a construção civil.

Normas	Descrição
ISO 7726 (1998) – Ergonomia do ambiente térmico: instrumento para medições das variáveis físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Esse documento define os parâmetros envolvidos no conforto térmico e orienta quanto ao processo de medições em condições confortáveis ou extremas; • Apresenta métodos para medição dos parâmetros físicos; • Define os termos utilizados nos métodos de medição e análise da interpretação, • Divide-se em duas classes: • Tipo C: especificam métodos de medições em ambientes moderados, próximos às condições de conforto; • Tipo S: especifica métodos de medições em ambientes sujeitos a grande ou até o extremo de estresse térmico.
ISO8996 (2004) – Ergonomia: determinação da produção de calor metabólico	<ul style="list-style-type: none"> • Essa norma apresenta uma metodologia para a determinação da produção do calor metabólico em função do tipo de atividade, por meio de tabelas ou de medidas diretas do consumo de oxigênio; • Indica métodos para classificar a taxa metabólica por atividades, postura do corpo, tipo de trabalho e movimento relacionado a velocidade do trabalho; • Apresenta níveis de produção metabólica de calor associado com atividades comuns.
ISO 7730 (2005) – Ambientes térmicos moderados: determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para o conforto térmico	<ul style="list-style-type: none"> • Propõe um método de cálculo para determinação da sensação térmica e do grau de desconforto das pessoas expostas a ambientes térmicos moderados e especificar as condições de aceitabilidade térmica de um ambiente para conforto, com base no modelo PMV e PPD proposto por Fanger (1972); • O PMV estima o valor médio de votos das pessoas em uma escala de sete pontos; • Propõe cálculos para diferentes combinações de taxa metabólica, vestimenta, temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade e umidade do ar baseado no balanço de calor do corpo humano. • Indica ainda como calcular o índice de porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente (PPD).

<p>ISO 9920 (2007) – Ergonomia do ambiente térmico: estimativa do isolamento térmico e da resistência evaporativa de um conjunto de vestimentas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Essa norma trata da influência das vestes no conforto térmico da pessoa, especificando as resistências aos fluxos de calor e à evaporação, em função do tipo e do número de peças; • Baseia-se em valores conhecidos de isolamento de vestimentas como os tecidos.
<p>ASHRAE Standar 55 (2004) – Condições ambientais térmicas para ocupação humana</p>	<ul style="list-style-type: none"> • É definida com as exigências baseadas em 80% aceitabilidade global, enquanto limites de descontentamento específico variam para fontes diferentes de conforto local. • É um método baseado nos índices PMV e PPD e a introdução do conceito de adaptação, com um método separado para edifícios naturalmente.
<p>Norma Regulamentadora de Ergonomia n. 17</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo que proporcione o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.
<p>ABNT NBR 16401 (2008) Projetos de Instalações de Ar Condicionado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece parâmetros básicos e requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar condicionado centrais e unitários. • Especifica os parâmetros do ambiente interno. Trata da satisfação térmica média de 80% das pessoas em relação ao conforto térmico em áreas providas de ar condicionado • Especifica os parâmetros básicos e os requisitos mínimos para sistemas de ar condicionado, como vazões mínimas, níveis mínimos de filtragem de ar, requisitos técnicos e componentes relativos a qualidade do ar
<p>A NBR 15220 - 3: Habitações unifamiliares de interesse social no Zoneamento bioclimático brasileiro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e as Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. O Brasil foi dividido, segundo a norma, em oito zonas bioclimáticas. Os parâmetros e diretrizes para cada uma das zonas são: <ol style="list-style-type: none"> a) tamanho das aberturas para ventilação (expressas como percentual de área de piso); b) proteção das aberturas;

	<p>c) vedações externas, parede externa e cobertura, informando o tipo de vedação (leve ou pesada, refletora ou isolada).</p> <p>d) estratégias de condicionamento térmico passivo. são baseadas na carta bioclimática de Givoni (1992) e nas planilhas de Mahoney .</p> <ul style="list-style-type: none"> • A classificação de cada cidade em uma determinada zona depende das estratégias • bioclimáticas que são definidas previamente, tendo sido utilizadas as planilhas de Mahoney para a definição dos limites das propriedades térmicas dos elementos construtivos (Fator Solar, Atraso Térmico e Transmitância Térmica). • As tabelas incluídas no Projeto 02:135.07-003(Anexo C da NBR 15220-3)apresentam os percentuais de área de piso relativos às aberturas para ventilação, classificando-as em pequenas, médias ou grandes. São indicados também os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes externas e coberturas. Já no Anexo D (da norma), são apresentadas as propriedades térmicas de diversos tipos de paredes e coberturas, podendo-se verificar a adequação desses exemplos comparando-se a transmitância e o atraso térmico dos mesmos com os limites recomendados pela norma para cada zona bioclimática.
<p>A NBR 15575: Edificações habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O foco desta Norma está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos. • Com o objetivo de satisfazer as necessidades básicas de desempenho, os diferentes sistemas têm requisitos mínimos de desempenho (M), os quais devem ser considerados e atendidos em todos os casos. • Para incentivar a melhoria da qualidade das edificações, são estabelecidos níveis mais elevados do que o mínimo,

	denominados de intermediário (I) e superior (S), os quais devem atender requisitos respectivamente mais elevados.
Fonte:ANTONELLI, 2012 - Adaptado.	

APÊNCICE I - Qualidade dos Projetos para Caixa Econômica Federal.

A metodologia do Selo foi desenvolvida por uma equipe técnica da CAIXA e um grupo multidisciplinar de professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas – que integrava uma rede de pesquisa financiada pelo FINEP/Habitare e pela CAIXA. O foco da pesquisa estava nos conjuntos habitacionais unifamiliares de interesse social e na construção autogerida.

O conteúdo do Selo é apresentado através de um manual o qual está organizado em duas partes. A primeira apresenta alguns dos principais impactos socioambientais da cadeia produtiva da construção, e, em consequência, as necessidades de transformação do setor com vistas à sustentabilidade. A seguir, são disponibilizados os critérios e os procedimentos de avaliação do Selo Casa Azul. A segunda parte do guia está organizada em capítulos diretamente relacionados aos principais desafios da agenda de construção sustentável, os quais estruturam o Selo Casa Azul. Em todos os capítulos, são apresentados e discutidos os fundamentos de cada categoria e os critérios de análise.

O método consiste em verificar, durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento, o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento. A adesão ao Selo é voluntária e o proponente deve manifestar o interesse em obtê-lo para que o projeto seja analisado sob a ótica deste instrumento. A quadro 21 mostra os atendimentos de critérios necessários para a obtenção de cada nível.

Quadro 28: Níveis de gradação de Selo Casa Azul.

GRADAÇÃO	ATENDIMENTO MÍNIMO
BRONZE	Critérios obrigatórios
PRATA	Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha
OURO	Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha

Fonte:(JOHN;PRADO, 2010).

São 53 critérios de avaliação, distribuídos em seis categorias que orientam a classificação do projeto (quadro 22).

Quadro 29: Alguns critérios para classificação.

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO		
	BRONZE	PRATA	OURO
1. Qualidade Urbana			
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	obrigatório		
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	obrigatório		
1.3 Melhorias no Entorno			
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas			
1.5 Reabilitação de Imóveis			
2. Projeto e conforto			
2.1 Paisagismo	obrigatório		
2.2 Flexibilidade de Projeto			
2.3 Relação com a Vizinhança			
2.4 Solução Alternativa de Transporte			
2.5 Local para Coleta Seletiva	obrigatório		
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	obrigatório		
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	obrigatório		
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	obrigatório		
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns		Critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	Critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno			
3. Eficiência Energética			
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	obrigatório		
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	obrigatório		
3.3 Sistema de Aquecimento Solar			
3.4 Sistemas de Aquecimento à Gás			
3.5 Medição Individualizada - Gás	obrigatório		
3.6 Elevadores Eficientes			

Fonte: (JOHN;PRADO, 2010).

O proponente deverá apresentar os projetos, a documentação e informações técnicas completas referentes aos critérios a serem atendidos pelo projeto. Toda a documentação necessária para análise deverá ser datada e assinada pelo representante legal e por um responsável técnico pelos projetos.

Durante a obra, o proponente deverá executar todos os itens previamente mencionados no projeto, de acordo com as especificações apresentadas e aprovadas pela CAIXA, implantar as práticas sociais previstas em projeto e divulgar aos usuários os itens incorporados ao projeto, assim como orientar os moradores sobre manutenção, reposição e uso dos dispositivos/equipamentos. Qualquer alteração do projeto durante a obra, referente aos critérios definidos para a obtenção do Selo, deverá ser comunicada à CAIXA.

Após aprovação do projeto, a CAIXA informará ao proponente a gradação alcançada pelo projeto. Na contratação da proposta, será emitido um certificado de concessão do Selo Casa Azul CAIXA contendo o nível alcançado: bronze, prata ou ouro.

APÊNDICE II - Carta de anuência para autorização de pesquisa entregue á SEMHAB.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Ilmo Sr. Pascal Machado

Solicitamos autorização institucional para realização da pesquisa intitulada Análise dos parâmetros de conforto térmico em habitações populares em João Pessoa/PB a ser realizada no Conjunto Habitacional Anayde Beiriz, pela aluna de pós-graduação Nayane Laurentino da Silva, sob orientação do Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho, com o seguinte objetivo: é coletar dados dos parâmetros ambientais que influenciam no conforto térmico dentro das habitações populares, utilizando-se de um equipamento, denominado TGD 300 (Medidor de Stress Térmico), com a finalidade de contribuir para melhoria de futuros projetos habitacionais que buscam atender um demanda populacional brasileira, necessitando portanto, ter acesso aos dados a serem colhidos no interior da residência dos moradores através da instalação do equipamento denominado Medidor de Stress Térmico. Ao mesmo tempo, pedimos autorização para que o nome desta instituição possa constar no relatório final bem como em futuras publicações na forma de artigo científico.

Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da Pesquisa envolvendo Seres Humanos. Salientamos ainda que tais dados sejam utilizados tão somente para realização deste estudo.

Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Diretoria, agradecemos antecipadamente a atenção, ficando à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessária.

João Pessoa, _____ de _____ de _____.

Nayane Laurentino da Silva
Pesquisador(a) Responsável do Projeto

Concordamos com a solicitação Não concordamos com a solicitação

Pascal Machado
Diretoria da Instituição - Semhab

APÊNDICE III - Carta de anuência para autorização de pesquisa entregue aos síndicos.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Ilmo Sr. _____
Síndico da Quadra _____ Blocos _____

Solicitamos autorização institucional para realização da pesquisa intitulada Análise dos parâmetros de conforto térmico em habitações populares em João Pessoa/PB a ser realizada no Conjunto Habitacional Anayde Beiriz, pela aluna de pós-graduação Nayane Laurentino da Silva, sob orientação do Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho, com o seguinte objetivo: é coletar dados dos parâmetros ambientais que influenciam no conforto térmico dentro das habitações populares, utilizando-se de um equipamento, denominado TGD 300 (Medidor de Stress Térmico), com a finalidade de contribuir para melhoria de futuros projetos habitacionais que buscam atender um demanda populacional brasileira, necessitando portanto, ter acesso aos dados a serem colhidos no interior da residência dos moradores através da instalação do equipamento denominado Medidor de Stress Térmico. Ao mesmo tempo, pedimos autorização para que o nome desta instituição possa constar no relatório final bem como em futuras publicações na forma de artigo científico.

Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da Pesquisa envolvendo Seres Humanos. Salientamos ainda que tais dados sejam utilizados tão somente para realização deste estudo.

Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Diretoria, agradecemos antecipadamente a atenção, ficando à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessária.

João Pessoa, _____ de _____ de _____.

Nayane Laurentino da Silva
Pesquisador(a) Responsável do Projeto

() Concordamos com a solicitação () Não concordamos com a solicitação

Síndico do Conj. Anayde Beiriz

Quadra _____ Bloco _____

APÊNDICE IV - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Entregue ao Morador



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre Análise dos Parâmetros de Conforto Térmico em Habitações Populares na Cidade de João Pessoa/PB e está sendo desenvolvida pela pesquisadora Nayane Laurentino da Silva aluna do Curso do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho. O objetivo do estudo é coletar dados dos parâmetros ambientais que influenciam no conforto térmico dentro das habitações populares em análise, utilizando um equipamento TGD 300, que deverá ser instalado no interior da residência no período das 8h as 17h nas estações de inverno e verão.

A finalidade deste trabalho é contribuir para melhoria de futuros projetos habitacionais, os quais crescem nos últimos anos buscando atender um demanda populacional brasileira. Os dados obtidos na coleta permitiram identificar quais os parâmetros de maior influencia no conforto térmico, permitindo assim adequações que garantiram um ambiente termicamente confortável.

Solicitamos a sua colaboração para instalação de um equipamento no interior da sua residência, denominado, Medidor de Stress Térmico (TGD 300), além do registro fotográfico, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde, tendo em vista que a coleta será do ambiente. O equipamento utilizado não apresenta nenhum risco aos moradores. O tempo de permanência do mesmo na residência será de 9h ao dia, das 8h as 17h. A instalação do equipamento não irá influenciar na rotina dos moradores, talvez o único incomodo é a visita do pesquisador a cada uma hora para verificar o andamento da coleta.

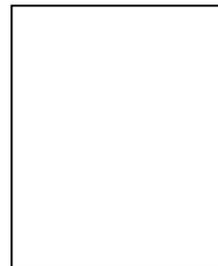
Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pela Pesquisadora. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na Instituição.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa
ou Responsável Legal

OBERVAÇÃO: (em caso de analfabeto - acrescentar)



Espaço para impressão
dactiloscópica

Assinatura da Testemunha

Contato do Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para a pesquisadora **Nayane Laurentino da Silva**

Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal da Paraíba/UEPB

Telefone: **(83)3506.0741 OU (83)9658.2130** - E-mail: **nayane.arq@gmail.com**

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba Campus I - Cidade Universitária - 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB

☎ (83) 3216-7791 – E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Pesquisador Participante