

DESEJO POR CONFORTO TÉRMICO:

ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS E MODELOS DE CONFORTO
TÉRMICO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Mestranda: Mayara Cynthia Brasileiro de Sousa

Orientadora: Profa.^a Dra.^a Solange Maria Leder





UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

DESEJO POR CONFORTO TÉRMICO: ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS E MODELOS
DE CONFORTO TÉRMICO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Trabalho submetido ao programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal da Paraíba como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Mestranda: Mayara Cynthia Brasileiro de Sousa
Orientadora: Profa.^a Dra.^a Solange Maria Leder

João Pessoa

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S725d Sousa, Mayara Cynthia Brasileiro de.

DESEJO POR CONFORTO TÉRMICO: ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS E
MODELOS DE CONFORTO TÉRMICO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO /
Mayara Cynthia Brasileiro de Sousa. - João Pessoa,
2018.

134 f.

Orientação: Solange Maria Leder.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. conforto térmico. 2. índices. 3. estratégias
adaptativas. 4. histórico térmico. I. Leder, Solange
Maria. II. Título.

UFPB/BC

Desejo por conforto térmico: estratégias adaptativas e modelos de conforto térmico no semiárido paraibano

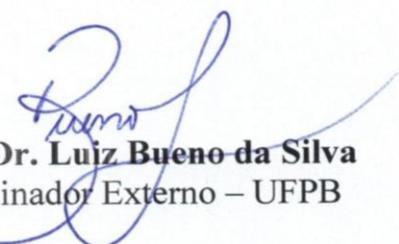
Por

Mayara Cynthia Brasieliro de Sousa

Dissertação aprovada em 13 de Julho de 2018



Prof.ª Dr.ª Solange Maria Leder
Orientadora – UFPB



Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva
Examinador Externo – UFPB



Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva
Examinadora Externo – UFCG

Prof. Dr. EneDir Ghisi
Examinador Externo – UFSC

João Pessoa-PB
2018

*À minha família, Nielma Brasileiro, José Cleomar
e Mychell Cleomar, pelo apoio e carinho incondicional.*

AGRADECIMENTOS

Desconheço qualquer pesquisa que tenha apenas um autor; o conhecimento é acumulado e repassado diariamente, ou como expresso por Isaac Newton “Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”. Dito isto, considero esta parte a mais complexa desta dissertação, se lembrar de todos aqueles que contribuíram para este trabalho é uma tarefa árdua, de antemão peço desculpa pelas omissões.

Gostaria de agradecer a todos os pesquisadores que constam nas referências desta dissertação e aqueles que também não constam, mas contribuíram de igual forma. Foram os esforços diários e sequenciais de vocês que permitiram a conclusão deste trabalho. Neste sentido, também agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço ao professor Bueno Silva, por todas as vezes que me ajudou (e foram muitas) e pela contribuição no processo seletivo do doutorado. Agradeço ao professor Eneide Ghisi por todas as contribuições durante a qualificação e na banca final, e ao professor Bernardo Barbosa, pela ajuda com a calibração e na defesa final. Agradeço ao professor Franzé Costa, por me mostrar que a estatística é probabilisticamente interessante, potencialmente artilosa e que quando torturados os dados confessam; a questão central é: quais confissões são válidas. Também agradeço a Erivaldo Lopes pelos ajustes estatísticos finais.

Agradeço a todos os meus amigos da UFCG: Rafael Gonçalves, Hilton Messias, Patrícia Souza, Sanderson Cabral, Átila Sales e Emizael Marcos, por me incentivarem e me ajudarem a concluir a graduação enquanto paralelamente fazia a seleção do mestrado. Também agradeço a professora Lívia Miranda da UFCG, você é mais importante na minha formação do que imagina.

Agradeço a todos os pesquisadores do LabCon, em especial: Gianna Simões, Amanda Vieira, Jullyanne Ferreira, Luana Quirino e Lumy Nogueira, por todas as dúvidas tiradas, os momentos de descontração e acima de tudo, por fazer esses dois anos serem, essencialmente, divertidos.

Agradeço a minha prima Rayana Brasileiro, antes de você vir morar comigo era tudo demasiadamente solitário, depois a vida ficou fluída, leve e produtiva. Desde criança somos amigas, e hoje, mais do que nunca, agradeço a Deus por ter você em minha vida.

Agradeço a minha orientadora, professora Solange Leder, esta parceria vai muito além de orientação acadêmica, longe disso, é uma amizade verdadeira. Muito obrigada por tudo, se não fosse ao seu lado não ousaria passar mais quatro anos na academia.

Não deveria agradecer, ele não contribuiu em absolutamente nada neste trabalho, na verdade foi a maior distração que tive, mas serei honesta, a distração mais bem-vinda que eu poderia querer, meu sorriso maldito, Adriano.

Como não poderia deixar de ser, preciso agradecer a Thor, por me mostrar que a vida é simples, que meus problemas são pequenos perto do desejo incontável de comer jujubas e

pedaços de carne, e acima de tudo, por sempre quando chego em casa ver aquele rabinho canino balançando loucamente.

Agradeço aos meus pais, José Cleomar e Nielma Brasileiro, e ao meu irmão Mychell Cleomar, por nunca desistirem de mim, por todas as vezes que foram na rodoviária, por todas as vezes que instalaram e desmontaram os equipamentos, por levarem marmitas e no final de semana me fazerem companhia durante as medições, eu agradeço por me dizerem o que significa família e serem os maiores exemplos que carrego na vida. Esses últimos dois anos foram os mais difíceis da minha vida, paguei um alto preço por estar longe de vocês, mas hoje, mais uma vez, volto para casa. Saber o quanto me custava ficar longe de vocês foi o maior incentivo para fazer esta jornada valer a pena. Amo vocês.

Por fim, agradeço a Deus, não por esta dissertação, mas por ter colocado todas as pessoas citadas e não citadas aqui na minha vida, afinal, foram elas que proporcionaram a execução deste estudo. A todos e todas o meu muito obrigada.

Mayara Cynthia

*“Era uma casa
Muito abafada
Não tinha luz
Não tinha nada*

*Ninguém podia
Conversar nela não
Porque o barulho
Tirava a atenção*

*Era feita sem muito esmero
Pois no inverno chegava a zero*

*Ninguém podia morar ali
Porque conforto, lá não vi’*

(Kowaltowski, Labaki, Nascimento, Sousa e Pina)

*“Errar é humano, perdoar é divino.
Mas incluir o erro na modelagem é estatística.”*

(Leslie Kish)



(Bill Watterson)

RESUMO

As condições de conforto de um determinado ambiente atuam diretamente no modo como os usuários usam, percebem e interagem com o espaço, refletindo na saúde, produtividade e no bem-estar dos mesmos. Baseado nisto, nas últimas décadas têm sido propostos índices para quantificar e qualificar as condições desejáveis de conforto térmico ao ser humano, se destacando dois tipos; os que se baseiam no balanço de calor e os que associam o conforto as estratégias adaptativas. Estes dois modelos se contrapõem em suas bases teórica e prática, sendo alvo de diversos estudos comparativos, que vêm observando incongruências em suas aplicações em situações adversas das quais foram propostas. Não incomum é a associação destas incoerências às ambiências térmicas aos quais as pessoas estão habituadas, podendo ser estas condições naturais ou condicionadas artificialmente. Neste contexto, este trabalho analisa as sensações, percepções e preferências de pessoas com histórico térmico distintos, provenientes de diversas regiões do país, mas que se encontravam no semiárido paraibano, especificamente na cidade de Campina Grande, durante o verão e o inverno de 2017. Foram aplicados 583 questionários divididos em ambientes ventilados naturalmente e condicionado artificialmente, enquanto as variáveis ambientais: temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do ar eram aferidas. Os resultados apontam para a adequabilidade do agrupamento de cidades segundo o histórico térmico no estudo de adaptação fisiológica através da técnica de *Cluster*. Se observou nos entrevistados uma preferência por ambientes frios para se atingir o conforto térmico, se opondo a ideia que a neutralidade térmica é necessária e corroborando com a teoria que as pessoas tendem a optar por sensações frias em cidades quentes. Também se observou que a percepção, preferência térmica e preferência por método de resfriamento é influenciada pela frequência de exposição a ambientes condicionados artificialmente e espaços externos. Para a predição do conforto, o índice que obteve o melhor resultado foi o Predicted Mean Vote e sua extensão para climas quentes calculado unicamente com o fator expectativa, tanto em situação ventilada naturalmente quanto condicionada artificialmente, independente da região onde reside o entrevistado. Foi detectada uma linha de tendência linear para a temperatura do ar e temperatura operativa com as sensações e preferências térmicas, enquanto não se observou nenhuma tendência com a temperatura efetiva padrão. Foram encontradas pessoas em conforto, sem controle ambiental, a temperaturas operativas superiores a 25,5°C e com velocidade do ar superior a 1m/s. Tal achado sugere uma maior aceitabilidade a velocidades do vento elevadas em ambientes de lazer.

Palavras-chave: conforto térmico, índices, estratégias adaptativas, histórico térmico.

ABSTRACT

Comfort in a given environment acts directly on the way users use, perceive, and interact with the space, which itself reflects on their own health, productivity and well-being. And so, the during the last few decades indices have been proposed to quantify and qualify conditions that concern desirable thermal comfort for human beings; highlighting two types: those that are based on heat balance, and those that associate comfort with the adaptive strategies. The two models present contrasting theoretical and practical bases, are objects of various comparative studies, and present inconsistencies in their application in the many situations from which such indices have been calculated. Association of such inconsistencies in thermal environments (whether naturally or artificially conditioned), where the respondents had become accustomed was frequent. In this context, this work analyzes the sensations, perceptions and preferences of people with differing thermal histories (being from different regions of the country), yet who were present during the summer and winter of 2017 in the semi-arid region of Paraíba, specifically in the city of Campina Grande. Questionnaires (583) were applied; being grouped as to the naturally ventilated and artificially conditioned environments, while the environmental variables were measured: air temperature, global temperature, relative humidity, and air velocity. Study of physiological adaptation using the *Cluster* technique supported grouping of cities in accordance with their thermal histories. To achieve thermal comfort, a preference for colder environments was observed in the interviewees, opposing the idea that thermal neutrality is necessary, and corroborating the theory that people move towards cooler environments in hot cities. It was also observed that perception, thermal preference, and cooling method preferences are influenced by the participant's frequencies of exposure to artificially conditioned environments, and to external spaces. For comfort prediction, the index that obtained the best result was the Predicted Mean Vote, and its extension to hot climates calculated solely to the expectation factor, both in naturally ventilated and artificially conditioned situations, this without regard to the respondent's contemporary residence. A linear trend line was detected for air temperature and operative temperature of perceived thermal sensations and preferences, however, no trend was observed using SET. People were found in comfort, without environmental control, at operating temperatures higher than 25.5°C, and with air velocity higher than 1m/s, suggesting greater acceptability in leisure environments of higher air speeds.

Key words: thermal comfort, indexes, adaptive strategies, thermal history.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Cronograma e fluxograma da pesquisa	4
Figura 2 - Comportamento adaptativo e percepção do conforto térmico	11
Figura 3 - Modelo hipotético de percepção de calor psicofisiológico.....	12
Figura 4 - Localização de Campina Grande - PB.....	18
Figura 5 - Síntese e complementação do estado da arte.....	20
Figura 6 -Fluxograma ilustrando os principais encadeamentos entre o referencial teórico, a metodologia adotada e os resultados	21
Figura 7 - Edificações utilizadas nos experimentos de campo.....	23
Figura 8 - Calibração dos equipamentos	26
Figura 9 - Posicionamento dos equipamentos.....	27
Figura 10 - Bloco A de perguntas	30
Figura 11 - Bloco B de perguntas.....	32
Figura 12 - Bloco D de perguntas	32
Figura 13 - Bloco C de perguntas.....	33
Figura 14 - Bloco E de perguntas.....	34
Figura 15 - Aumento da temperatura operativa aceitável com base no aumento da velocidade do ar..	40
Figura 16- Gráfico de caixa das variáveis ambientais.....	46
Figura 17 - Dendograma do agrupamento de cidades	48
Figura 18 - Temperatura do ar de conforto resultante dos agrupamentos	50
Figura 19 - Relação da sensação e preferência térmica com a temperatura do ar em ambientes ventilados naturalmente.....	52
Figura 20- Relação da sensação e preferência térmica com a temperatura do ar em ambientes condicionados artificialmente	52
Figura 21 - Preferência térmica média em ambientes ventilados naturalmente: temperatura do ar, temperatura operativa e temperatura efetiva padrão	54
Figura 22 - Preferência térmica média em ambientes condicionados artificialmente: temperatura do ar, temperatura operativa e temperatura efetiva padrão	54
Figura 23 - Associação entre aclimação e percepção do clima	55
Figura 24 - Associação entre aclimação e preferência térmica	56
Figura 25 - Análise do conforto térmico nos conjuntos Frio, Neutralidade e Calor	58
Figura 26 - Relação da exposição a ambientes CA com preferência (%) por método de resfriamento	65
Figura 27 - Relação da exposição a ambientes externos com preferência (%) por método de resfriamento.....	66
Figura 28 - Relação da exposição a ambientes externos com preferência (%) por tipo de ambiente ...	67
Figura 29 - Relação da exposição a ambientes CA com preferência (%) por tipo de ambiente	69
Figura 30 - Concordância entre autorreferido e predito no PMV na sensação térmica.....	77
Figura 31 - Concordância entre autorreferido e predito no PMV no conforto térmico.....	77
Figura 32- Concordância entre autorreferido e predito no PMVe* (com fator expectativa e redução de 6,7% da taxa metabólica) na sensação térmica	78
Figura 33 - Concordância entre autorreferido e predito no PMVe* (com fator expectativa e redução de 6,7% da taxa metabólica) no conforto térmico.....	78
Figura 34 - Concordância entre autorreferido e predito no PMVe (com fator expectativa) na sensação térmica.....	79

Figura 35 - Concordância entre autorreferido e predito no PMVe (com fator expectativa) no conforto térmico.....	79
Figura 36- Sistema térmico regulatório.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aumento da temperatura operativa aceitável com base no aumento da velocidade do ar no modelo adaptativo ASHRAE 55-2017	14
Tabela 2 - Fatores de expectativa para edificações sem ar-condicionado em climas quentes	16
Tabela 3 - Dados climatológicos (1963-1960, 1961-1990 e 1991-2010) de Campina Grande - PB.....	19
Tabela 4 - Questionários aplicados por estação	22
Tabela 5 - Características dos instrumentos de medição.....	25
Tabela 6 - Calibração dos equipamentos.....	26
Tabela 7 - Isolamento da vestimenta.....	31
Tabela 8 - Categorização e frequência de horas semanais de exposição a CA	37
Tabela 9 - Categorização e frequência de horas semanais de exposição à AE	38
Tabela 10 - Escala de significância de Fisher	43
Tabela 11 - Breve descrição dos testes de hipótese.....	43
Tabela 12 - Descrição das condições ambientais computadas individualmente para cada questionário	45
Tabela 13- Descrição da temperatura do ar ao quais os entrevistados estavam expostos e consideraram confortáveis.....	49
Tabela 14 - Estatística descritiva da temperatura em pessoas que alegaram conforto térmico	57
Tabela 15 - Comparação dos votos: conforto térmico, preferência e neutralidade	58
Tabela 16 - Análise comparativa entre temperatura de conforto e neutralidade térmica entre diversos estudos.....	59
Tabela 17 - Temperatura de conforto e neutralidade de acordo com histórico térmico – 01	60
Tabela 18 - Teste-t: duas amostras presumindo variâncias populacionais diferentes com a $t_{a^{\circ}C}$ das pessoas que alegaram conforto.....	61
Tabela 19 - Pessoas residentes em Campina Grande ou em cidades com clima semelhante e sua temperatura do ar de conforto analisada em função da exposição semanal a ambientes condicionados artificialmente	62
Tabela 20 - Pessoas residentes em Campina Grande ou em cidades com climas semelhantes e sua t_a de conforto analisada em função da exposição semanal a ambientes externos.....	63
Tabela 21 - Força do relacionamento entre preferência por método de resfriamento e tempo semanal de exposição a ambientes condicionados artificialmente.....	65
Tabela 22 - Força do relacionamento entre preferência por método de resfriamento e tempo semanal de exposição em ambientes externos	66
Tabela 23 - Força do relacionamento entre preferência por ambientes homogêneos ou heterogêneos e tempo semanal de exposição a ambientes externos.....	68
Tabela 24 - Índice de Massa Corporal e sua influência na temperatura do ar de conforto	69
Tabela 25 - Gênero e sua influência na temperatura do ar de conforto em ambientes ventilados naturalmente.....	70
Tabela 26 - Resumo do modelo de regressão linear múltiplo para estimação da sensação térmica Fonte: Autora, 2018.	71
Tabela 27- Resumo do modelo de regressão logística ordinal para estimação da sensação térmica	72
Tabela 28 - Resumo do modelo de regressão linear múltiplo para estimação da preferência térmica..	72
Tabela 29 - Resumo do modelo de regressão linear múltiplo para estimação do conforto térmico.....	73
Tabela 30 - Resumo do modelo de regressão logística ordinal para estimação do conforto térmico....	73

Tabela 31 - Concordância entre os índices preditivos e a sensação real do entrevistado em percentual	74
Tabela 32 - Comparação dos resultados preditos em relação ao conforto e desconforto por região onde reside o entrevistado.....	75
Tabela 33 - Índice de acerto do modelo adaptativo utilizando métodos distintos para cálculo da temperatura externa.....	80
Tabela 34 - Índice de acerto do modelo adaptativo utilizando a interpolação do aumento limite da t_o	82
Tabela 35 - Pessoas em conforto com $t_o > 25,5^{\circ}\text{C}$ e $v_a > 0,8$ m/s.	84
Tabela 36 - Análise comparativa da velocidade do ar entre diversos estudos	85
Tabela 37- Ações e medidas não capturadas por modelos de balanço de calor	89
Tabela 38 - Ações e medidas embasadas na <i>alliesthesia</i> positiva.....	91
Tabela 39 - Estratégias edflicas para promoção do conforto térmico	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

t_a – Temperatura do ar;

$t_{ext.}$ – Temperatura externa;

t_g – Temperatura de globo;

t_o – Temperatura operativa;

t_r – Temperatura radiante média;

BDMEP – Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa;

CA – Condicionado artificialmente;

cf. – Conferir;

EMA – Erro médio absoluto;

EMPA – Erro médio percentual absoluto;

EMQ – Erro médio quadrático;

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;

LAT – Laboratório de Análise do Trabalho;

PMV – Predicted Mean Vote;

SET – Temperatura Efetiva Padrão Corrigida

SINDA – Sistema Integrado de Dados Ambientais;

SONDA – Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais;

UFPB – Universidade Federal da Paraíba;

UR – Umidade relativa;

v_a – Velocidade do ar;

VN – Ventilado naturalmente;

IMC – Índice de Massa Corporal;

ASHRAE – American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo geral.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 MÉTODOS	3
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2 ESTADO DA ARTE.....	5
2.1 A LÓGICA DO CONFORTO TÉRMICO CONTEMPORÂNEO, DEFINIÇÕES PERTINENTES E CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	5
2.2 ADAPTAÇÃO TÉRMICA: ENTRADA, PROCESSAMENTO, SAÍDA E RETROAÇÃO.....	9
2.3 ÍNDICES PREDITIVOS DE CONFORTO TÉRMICO	13
2.3.1 Modelo Adaptativo.....	14
2.3.2 <i>Predicted mean vote</i>	15
2.3.3 Extensão para o <i>Predicted Mean Vote</i>	16
2.3.4 Ausência de índices nacionais regulamentados e importação de índices internacionais.....	16
2.4 SEMIÁRIDO PARAIBANO: ESTUDO DE CASO EM CAMPINA GRANDE.....	17
2.5 SÍNTESE DA REVISÃO DA LITERATURA	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 DELIMITAÇÃO DA POPULAÇÃO, AMOSTRA E OBJETO EMPÍRICO.....	22
3.2 ESTUDO PILOTO E INSTRUMENTAÇÃO	23
3.3 CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	25
3.4 COLETA E ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS	27
3.4.1 Dados climáticos referentes ao ambiente externo	28
3.5 QUESTIONÁRIO FÍSICO, APLICAÇÃO E OBTENÇÃO DE DADOS SUBJETIVOS.....	29
3.5.1 Bloco A	29
3.5.2 Bloco B.....	31
3.5.3 - Bloco C e D.....	32
3.5.4 Bloco E.....	33
3.6 ANÁLISES MATEMÁTICAS E ESTATÍSTICAS DOS DADOS.....	34
3.6.1 Cálculo da temperatura radiante média.....	34
3.6.2 Cálculo da temperatura operativa.....	35
3.6.3 Cálculo do histórico térmico	35
3.6.4 Cálculo dos modelos: PMV, Adaptativo e SET.....	38

3.6.5 Cálculo do PMV com sua extensão para edificações em climas quentes	40
3.6.6 Normalidade	41
3.6.7 Regressão	42
3.6.8 Testes de hipótese.....	42
3.6.9 Bland Altman	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 Agrupamento de cidades segundo o histórico térmico no estudo de adaptação fisiológica.....	46
4.2 Preferência térmica.....	50
4.2.1 Sensação e preferência	51
4.2.2 Conforto térmico e neutralidade térmica.....	56
4.2.2.1 Histórico térmico.....	60
4.2.3 Preferência por método de resfriamento	64
4.3 Influência da biometria na sensação, preferência e conforto térmico	69
4.4 Índices preditivos de conforto térmico.....	74
4.4.1 Análise da concordância entre o autorreferido e o predito no PMV e PMVe	76
4.4.2 Temperatura externa no modelo adaptativo	80
4.5 Movimentação do ar.....	83
4.6 ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS	85
4.6.1 Oportunidade adaptativa	87
4.6.2 Ações e medidas não capturadas por modelos de balanço de calor	89
4.6.3 Reinterpretando o desconforto térmico através de adaptações pautadas na <i>alliesthesia</i> térmica.....	90
4.7 Percepção da influência do ambiente construído no conforto térmico.....	91
5 CONCLUSÕES.....	94
5.1 Aspectos mais relevantes apontados na pesquisa.....	94
5.2 REVISÃO CRÍTICA DA METODOLOGIA USADA.....	96
5.2.1 Mudança na escala de conforto	97
5.2.2 Questões de protocolo de medição.....	97
5.2.3 Possíveis imprecisões de aferição climática ocasionadas por espaços não homogêneos	97
5.2.4 Possíveis imprecisões no PMV ocasionadas pelo cálculo do <i>clo</i> e da determinação da taxa metabólica	98
5.2.5 Técnicas de amostragem e possível tendência nos dados	98
5.2.6 Tempo prévio de exposição.....	99
5.3 APONTAMENTOS PARA ESTUDOS FUTUROS	99
REFERÊNCIAS	101

APÊNDICE A	108
APÊNDICE B	110
APÊNDICE C	112
APÊNDICE D	113

1 INTRODUÇÃO

A contemporaneidade pode ser, entre outros fatores, caracterizada pela globalização, comunicação, precisão e padronização. Estes conceitos estão entrelaçados na arquitetura, que possui, em muitos de seus exemplares, questões como climatização e iluminação resolvidas integralmente através de sistemas mecânicos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Este alto uso de meios artificiais nas edificações impulsionou o nascimento da preocupação com a sua eficiência energética, o que, segundo De Dear *et al.* (2013), vai definir e orientar as próximas décadas da pesquisa sobre conforto térmico.

Uma das soluções propostas para a diminuição do consumo de energia nas edificações é o uso de sistemas mistos, que consiste no aproveitamento da ventilação natural como promotora do conforto e, quando este não for satisfatório, no uso de meios artificiais (DE VECCHI, 2015; OROSA; OLIVEIRA, 2010). Um aspecto ainda não definido nos métodos mistos é qual modelo preditivo de conforto é capaz de simular termicamente a aceitabilidade do espaço (DE VECCHI, 2015).

Pei *et al.* (2015) sugerem que, quando o ambiente estiver sendo ventilado naturalmente, o modelo a ser utilizado é o adaptativo; em situação adversa, deve-se usar o Predicted mean vote (PMV). Entretanto, a norma internacional ASHRAE 55-2017 se contrapõe a esta sugestão, quando afirma que o uso de modelos adaptativos é adequado se não existir instalado nenhum meio de mecanismo artificial no espaço. Somadas a isto, pesquisas acadêmicas das últimas duas décadas vêm encontrando problemas com ambos os índices (XAVIER, 2000; RIJAL; HUMPHREYS; NICOL, 2015).

De acordo com Xavier (2000), a validade do PMV (*Predicted Mean Vote* – Voto Médio Predito) e PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied* - Percentagem de Pessoas Insatisfeitas) pode ser questionada por quatro motivos, a saber: I- os modelos realizados em câmeras climatizadas não conseguem reproduzir o que acontece em campo (ambiente real); II- as tabelas utilizadas para mensurar a taxa de metabolismo, assim como a resistência das vestimentas, são potencialmente imprecisas; III- a reprodução desta equação em ambientes distintos do qual foi elaborada é de ordem questionável (aclimatização); e IV- as taxas usadas para avaliar a evaporação de suor e temperatura média da pele foram obtidas em estado estacionário, o que não acontece em um ambiente não uniforme.

Rijal, Humphreys e Nicol (2015) afirmam que os modelos adaptativos da American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) e do Comité Européen de Normalisation (CEN) não podem ser utilizados em ambientes com possibilidades de adaptação diferentes das analisadas (escritórios) ou em lugares que muito se diferem climaticamente dos estudados. Outro aspecto relevante é o de modelos adaptativos suporem que o indivíduo está climatizado com a temperatura externa média do espaço (HUMPHREYS; NICOL; ROAF, 2016; HUMPHREYS; RIJAL; NICOL, 2013; DE DEAR; BRAGER; COOPER, 1997), o que exclui, por exemplo, turistas recém-chegados vindos de locais adversos ou memórias térmicas fortemente influenciadas por ambientes condicionados artificialmente.

Neste sentido, pode se afirmar que a literatura de predição de conforto térmico não conseguiu abranger em totalidade as variáveis independentes que o influenciam. Frota e Schiffer (2001) afirmam que a escolha do modelo preditivo deve se relacionar com a atividade desenvolvida no espaço, com a sua condição ambiental e a qual aspecto do conforto se dará maior ou menor importância. Deste modo, não existe consenso sobre qual método de análise é o mais indicado para ambientes mistos e ocupados por pessoas com históricos térmicos distintos. Outra lacuna na área é a inconsistência em conceitos primários, que leva a resultados potencialmente distintos (AULICIEMS, 1981), e a dialética sobre até que ponto a movimentação do ar é benéfica (DE DEAR *et al.*, 2013).

1.1 OBJETIVOS

De acordo com a contextualização delineada, estabeleceram-se os seguintes objetivos geral e específicos para a pesquisa:

1.1.1 Objetivo geral

Analisar aspectos da adaptação fisiológica, psicológica e comportamental e sua interferência em modelos preditivos adaptativos e de balanço de calor no conforto térmico em edifícios institucionais ventilados naturalmente e condicionados artificialmente no semiárido paraibano.

1.1.2 Objetivos específicos

- I. Identificar as estratégias utilizadas pelo usuário em busca de uma melhoria na percepção/sensação do conforto térmico (estratégias adaptativas).
- II. Analisar as variáveis microclimáticas internas (temperatura do ar, velocidade do ar, umidade e radiação térmica) com variáveis físicas (vestimenta e atividade em execução) e variáveis subjetivas (percepção, preferências e histórico térmico) em um ambiente interno (ventilado naturalmente e condicionado artificialmente) no semiárido paraibano com modelos preditivos de conforto térmico.
- III. Analisar as preferências, percepções e aceitabilidade térmica entre usuários adaptados a climas distintos.

1.2 MÉTODOS

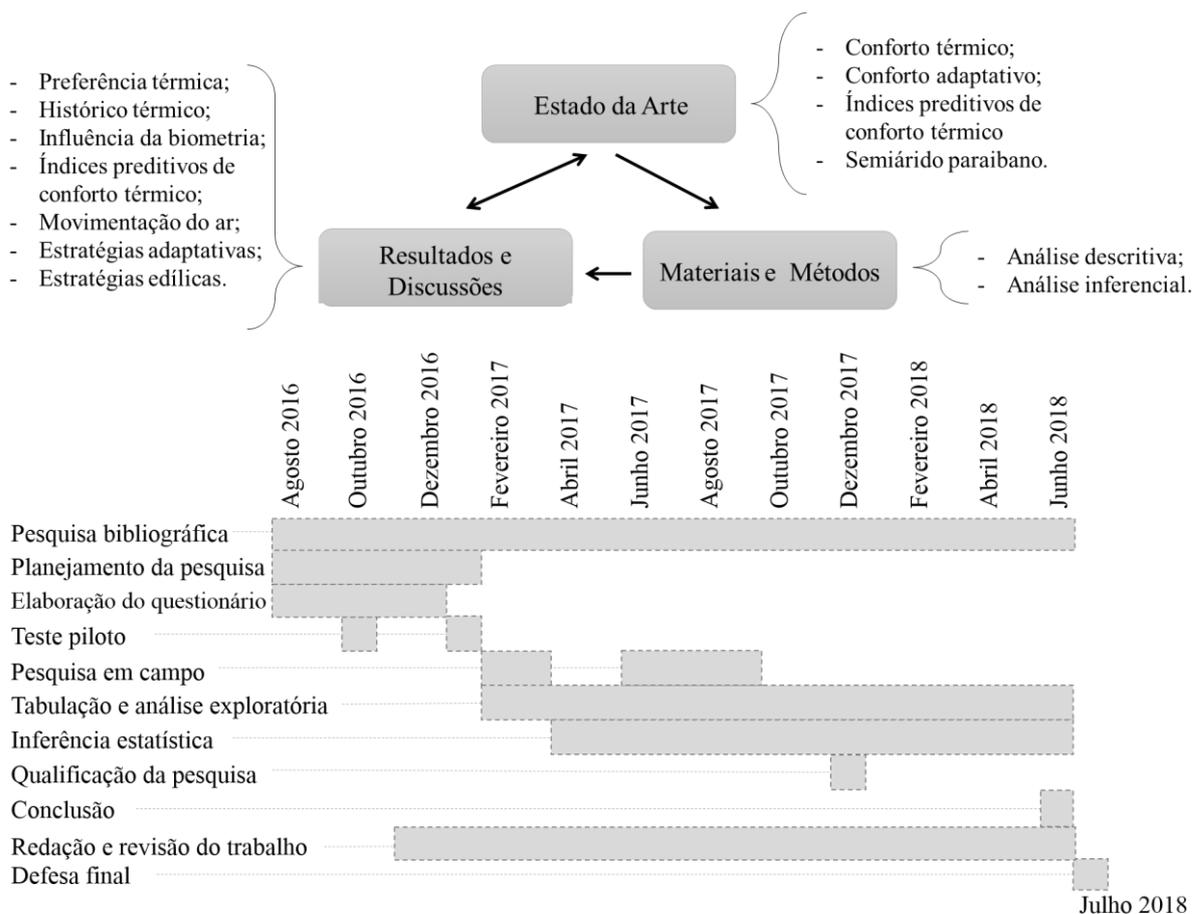
O método adotado para esta pesquisa longitudinal se insere na categoria indutiva experimental e observacional (integra observações *in loco* com experimentos e levantamentos de campo, obtendo variáveis subjetivas, individuais e microclimáticas) associada ao método dedutivo computacional (modelagem e inferência estatística). Esta pesquisa consiste na análise de experimentos aleatórios, de modo que os eventos aferidos não possuem natureza determinística. Para a coleta, análise e modelagem dos dados, serão adotados múltiplos métodos e técnicas estatísticas, a fim de possibilitar inferências representativas para a população. As etapas metodológicas propostas podem ser divididas em quatro grupos:

- I. Escolha das variáveis a serem obtidas, escolha e caracterização do objeto empírico, formulação dos questionários e estudo piloto;
- II. Coleta de dados quantitativos e qualitativos, através de medições, aplicação de questionários e observações *in loco*;
- III. Análises descritivas e tratamento de dados apoiados em testes e formulações estatísticas baseados na Teoria Inferencial;
- IV. Análise dos dados, correlacionando-os a modelos preditivos de conforto térmico com a percepção do usuário, bem como outras variáveis quantitativas e qualitativas levantadas no estudo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por cinco capítulos, sendo o primeiro uma breve introdução á pesquisa. O segundo, 2 ESTADO DA ARTE, traz os aspectos fundamentais do que vêm sendo discutido na área do conforto térmico filtrados à luz do que vai ser discutido nos capítulos subsequentes. O terceiro capítulo, 3 MATERIAL E MÉTODOS, aborda o corpo de regras e diligências estabelecidas que parametrizaram a pesquisa. O quarto capítulo, 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO, é composto por todas as análises da pesquisa. E, por fim, este documento se encerra com o quinto capítulo, 5 , constituído pela síntese dos aspectos mais relevantes da pesquisa, assim como pela revisão crítica da metodologia empregada e por apontamentos para estudos futuros. O cronograma e fluxograma desta pesquisa, contendo as suas principais etapas e respectivos períodos de execução, pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1- Cronograma e fluxograma da pesquisa



Fonte: Autora, 2018.

2 ESTADO DA ARTE

Para formulação da pesquisa, foi necessário investigar aspectos relevantes do histórico e da evolução científica na área do conforto térmico. Neste capítulo, constam comentários e citações que foram cruciais para o embasamento das discussões e dos resultados das análises com base na amostra.

Os pesquisadores Dacanal, Labaki e Silva (2010) afirmam que o conforto térmico é resultado da influência da adaptação térmica, *alliesthesia*, experiência térmica e expectativa térmica. Estes conceitos são abordados neste capítulo em conjunto com uma breve análise sobre os índices preditivos de conforto térmico, o clima da cidade de Campina Grande e outras definições que foram consideradas pertinentes.

2.1 A LÓGICA DO CONFORTO TÉRMICO CONTEMPORÂNEO, DEFINIÇÕES PERTINENTES E CONSIDERAÇÕES GERAIS

Através de experimentos padronizados realizados em ambientes termicamente controlados, o pesquisador Ole Fanger criou extensivos diagramas que seriam capazes de prever o conforto em qualquer ambiente (FANGER, 1973). Seus estudos repousaram na associação entre os conhecimentos fisiológicos do corpo humano e as teorias físicas da termodinâmica baseadas no balanço de calor. Balanço de calor se refere à troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente, ou seja, a diferença entre o calor gerado no metabolismo e o que foi convertido em trabalho com as trocas de calor ocorridas através da pele e do aparelho respiratório, e um possível saldo (COUTINHO, 1998).

Em 1995, Humphreys *et al.* publicaram um ensaio denominado *Thermal comfort temperatures and the habits of hobbits* (HUMPHREYS *et al.*, 1995). De maneira cômica, embora acadêmica, eles descrevem como deve ser feita uma pesquisa na área de conforto térmico, usando como ilustração os *hobbits* da Terra Média. Em seu roteiro, a pesquisa inicia com uma investigação dos hábitos da população, seguida da aplicação de questionários com medições simultâneas das variáveis ambientais em situações reais, rejeitando métodos com medições invasivas e rotinas experimentais árduas. De maneira incisiva, os autores criticam a necessidade da fisiologia térmica ou da teoria do balanço de calor para o estudo do conforto, cujo conhecimento seria meramente interessante para algumas explicações quantitativas e teóricas.

Embora as duas correntes de pensamento descritas sejam divergentes em teoria e prática, ambas convivem mutuamente em normas como a ASHRAE 55-2017 e a EN15251-2007, sendo usualmente denominadas como modelo estático (também denominado analítico, refere-se a experimentos realizados em câmaras climatizadas, ambientes termicamente controlados, nos quais o pesquisador tem controle sobre as condições térmicas, como, por exemplo, os ensaios de Fanger) e adaptativo (refere-se a experimentos realizados em situações reais, de modo que o pesquisador interfira o mínimo possível no cotidiano do entrevistado e que este tenha liberdade para se adaptar às condições térmicas do ambiente) (RUPP; VÁSQUEZ; LAMBERTS, 2015).

A primeira vez que os conceitos adaptativos e analíticos dividiram um mesmo espaço foi em setembro de 1972, na Primeira Conferência Internacional do Conforto Térmico (HUMPHREYS; NICOL; ROAF, 2016). Desde então, existe uma disputa entre os pesquisadores sobre qual método preditivo de conforto térmico é mais eficaz, sendo comumente o PMV considerado o melhor para ambientes condicionados artificialmente (CA) e o adaptativo, para ventilados naturalmente (VN), conforme se observa nas indicações da norma ASHRAE 55-2017.

Saber qual índice preditivo de conforto térmico obtém melhor resultado em um determinado contexto é uma das muitas lacunas existentes na área acadêmica. Outro problema de ordem primária é a definição de termos, uma vez que, de acordo com Auliciems (1981), estes possuem uso semântico impreciso, com inconsistências em conceitos básicos, tais como conforto térmico, neutralidade térmica e desconforto localizado.

De acordo com a ASHRAE 55-2017¹, o conforto térmico seria o estado da mente que expressa satisfação térmica com o ambiente. Fanger (1973) complementou esta definição ao afirmar que a pessoa deveria também se encontrar em neutralidade térmica, bem como apresentar a temperatura da pele e a taxa de secreção dentro de certos intervalos sem existir perda de calor de forma assimétrica. De Dear, Brager e Cooper (1997) utilizaram a definição da ASHRAE e acrescentaram que o conforto térmico pode ser assumido como o não desejar nenhuma mudança térmica no ambiente. Embora estas duas últimas definições se utilizem do conceito mais abrangente encontrado na ASHRAE 55-2017, a complementação conceitual gera resultados díspares, não sendo incomum o uso incorreto da neutralidade térmica como sinônimo de conforto térmico.

¹ Embora seja citada a ASHRAE 55-2017, é fato que, nas versões anteriores da norma americana, já se usava esta mesma conceituação, motivo pelo qual o trabalho de Fanger publicado em 1973 usava a conceituação da norma como referência.

Contrapondo-se à definição de conforto térmico da ASHRAE e ao modo como os modelos preditivos são comumente equacionados, Nicol e Roaf (2017) levantaram um questionamento interessante: se conforto é um estado da mente, uma construção psicológica complexa remetendo a um estado de espírito, seria coerente afirmar que algo tão abstruso pode ser medido através de uma única escala linear?

O termo ‘neutralidade térmica’ foi definido por Fanger (1973) como não preferir nem mais frio nem mais calor (observa-se que esta é a complementação do conceito de conforto térmico exposto no trabalho de De Dear, Brager e Cooper em 1997). Lamberts *et al.* (2011) o traduzem como o saldo resultante da equação do balanço de calor igual a zero. Dear, Brager e Cooper (1997) e a ASHRAE 55(2010)² o definem como a sensação térmica neutra, ou seja, não sentir frio ou calor. A associação da neutralidade térmica, seja como sinônimo, seja como condição necessária para se atingir o conforto, surge, de acordo com Auliciems (1981), da ideia de que sentimentos de calor são iguais a sentimentos de conforto. Tal ideia pragmática retira o aspecto subjetivo da definição do conforto e a prescreve em termos térmicos.

As pesquisas de De Vecchi, Cândido e Lamberts (2016) e Humphreys e Nicol (2004) apontam para uma tendência de vínculo entre sensações e preferências não neutras e o conforto, o histórico térmico do indivíduo e a temperatura externa. Embora não tenham sido correlacionados conforto e neutralidade térmica, Dear, Brager e Cooper (1997) sugerem que muito do que foi considerado adaptação climática na verdade era o ótimo térmico (preferência), enfatizando a discrepância semântica entre a neutralidade e a temperatura preferida (consequentemente, o ótimo conforto), principalmente em ambientes condicionados artificialmente. Os termos ‘ótimo térmico’, ‘ótimo conforto’ e ‘muito confortável’ são usualmente encontrados quando se quer sugerir que a pessoa está em seu estado térmico preferido.

Outra incongruência conceitual reside no desconforto localizado, que normalmente é tido como assimetria de radiação térmica, existência de correntes de ar, diferença de temperatura do ar no sentido vertical e aquecimento ou resfriamento de pisos (FANGER, 1973; ASHRAE 55-2013; LAMBERTS *et al.*, 2011). A incoerência neste conceito é gerada pelo próprio termo ‘desconforto’ que, pela sua etimologia, remete à ausência de conforto (DICIO, 2017). Deste modo, ele se contradiz com duas teorias: a de Controle Ambiental Pessoal (PEC – *Personal Environmental Control*) e a de *Alliesthesia*, visto que ambas se

²A versão da norma 55-2013 retira o termo ‘neutralidade térmica’ das suas definições.

utilizam de perdas ou ganhos de calor de forma assimétrica para promover o conforto e o prazer.

De acordo com De Dear (2011), mais eficientes que ambientes homogêneos, isotérmicos e estacionários, que são elencados como neutros e confortáveis, são os ambientes assimétricos, não uniformes e transeuntes, onde os níveis de percepção “muito confortáveis” são encontrados. Sobre isto, Webb (2012) afirma que a experiência térmica nunca é neutra, pois a diversidade térmica implica na verdade intuitiva que diariamente estamos expostos a um rico conjunto de estímulos térmicos.

Segundo Zhang, Arens e Zhai (2015), o PEC, anteriormente conhecido como TAC (*task-ambient conditioning*), consiste em dispositivos e sistemas que permitem ao usuário controlar as condições térmicas que o circundam diretamente e, embora a literatura não tenha entrado em consenso sobre se o conforto é alcançado devido à percepção do controle pessoal ou à transferência de calor, é fato que alguns autores o consideram uma versão melhorada dos meios convencionais de condicionamento ambiental mecânico (DE DEAR *et al.*, 2013). Zhang *et al.* (2010) preveem que a condição geral de conforto é influenciada fortemente pelas mãos, pés e rosto e, por meio de experimentos realizados em câmaras climatizadas, comprovaram que, além de eficiente energeticamente, é possível atingir conforto em intervalos de temperatura considerados desconfortáveis através do PEC, ou seja, perdendo ou ganhando calor de forma geralmente assimétrica³.

O PEC foi fundamentado no termo *Alliesthesia*, cunhado em 1971 por Cabanac em seu trabalho denominado *Physiological Role of Pleasure*. Este termo vem do grego *esthesia* e *allios*, que significam sensação e mudança, respectivamente. Esta teoria consiste não no estudo do conforto térmico, mas do prazer com a temperatura que só é adquirido quando um corpo em estado de desconforto recebe um estímulo que tenta restabelecer o equilíbrio térmico interno, portanto, fica submetido a condições térmicas distintas e simultâneas (CABANAC, 1971). Um exemplo didático seria uma pessoa sentada na borda de uma piscina fria com os pés submersos em uma tarde quente de verão. Esta poderia estar em conforto mesmo com a diferença da temperatura no sentido vertical e a assimetria na radiação (condições ambientais vinculadas ao desconforto térmico).

³ Modelos de predição, como o adaptativo e o PMV de Fanger, por se fundamentarem nas características médias ambientais, não são capazes de prever o conforto em situações com assimetrias consideráveis. Os modelos de multinós são os mais adequados para avaliar este tipo de situação. Todavia, estes não serão abordados nesta pesquisa.

Outro exemplo pode ser encontrado no trabalho de Heschong (1979)⁴ apud De Dear (2011), que fez uma analogia entre o conforto térmico e as necessidades nutricionais. De acordo com o autor, o ambiente térmico é essencial para a vida, assim como a nutrição. Dessa forma, embora seja possível sobreviver unicamente com algumas pílulas e injeções, não se pode ignorar todos os costumes e sensações que são associados a uma boa refeição *gourmet*. Em paralelo, ele também faz uma analogia com a ambiência térmica: se o estado de satisfação da necessidade estritamente nutricional pode ser comparado com um ambiente termicamente neutro, o potencial máximo de prazer só poderia ser alcançado com uma boa refeição, que só existe além de um mundo termicamente neutro⁵.

Os métodos usuais de predição, assim como a própria definição dos termos encontrados na literatura, divergem entre si ou não abrangem em sua totalidade as possibilidades de conforto, principalmente por excluírem em sua definição a adaptação. Como elencado por Auliciems e Szokolay (2007), as especificações de conforto necessitam ser compreendidas além da fronteira da ambiência térmica, assumindo, de acordo Bernadi e Kowaltowski (2001), uma dimensão espacial e temporal. Neste sentido, destaca-se a colocação de Humphreys *et al.* (1995), que descrevem o desconforto como sendo resultado de restrições colocadas ao processo de escolha e ajustes, enquanto que o conforto térmico não é uma equação da fisiologia e regulação do calor, mas uma resposta comportamental ampla e inteligente frente ao clima. Questões psicológicas, sociológicas e fatores externos podem influenciar na percepção, na sensação e no próprio conforto térmico, entretanto, quando não submetida a pressões deste tipo, a sensação de bem-estar térmico está fortemente influenciada pela adaptação.

2.2 ADAPTAÇÃO TÉRMICA: ENTRADA, PROCESSAMENTO, SAÍDA E RETROAÇÃO

De Dear, Brager e Cooper (1997) derivam o termo ‘adaptação térmica’ da visão sistêmica do conforto, entendendo o indivíduo como um componente capaz de interagir com as demais partes, contrapondo-se à abordagem de agente passivo. Deste modo, sempre que ocorre uma mudança nas condições térmicas que geram desconforto, as pessoas reagem de maneira a tentar restaurá-lo. Fazendo uma ligação com a teoria geral dos sistemas de Bertalanffy (2012), pode-se afirmar que as relações da ambiência térmica com as pessoas provêm de um sistema aberto, conseqüentemente, não apresentam características lineares ou

⁴ HESCHONG, L. *Thermal delight in architecture*. Cambridge, MA: MIT Press, 1979.

⁵ No texto de De Dear (2011), ele associa este pensamento de Heschong com o conforto adquirido através da *Alliesthesia*.

somativas, sendo o todo mais que a soma das suas partes. Neste ponto, como elencado por De Dear, Brager e Cooper (1997), esta visão não contradiz completamente os modelos baseados na equação de calor, porque estes consideram como insumos os ajustes ambientais, entretanto descarta os pontuais e aqueles derivados de adaptações psicológicas e fisiológicas.

Portanto, é admissível definir como adaptação térmica a plasticidade de usar estratégias para se adequar ao meio, adequar o meio a si, ou modificar a relação pessoa-meio de acordo com as necessidades e preferências térmicas. Ou, como expresso por Feriadi e Wong (2004), a adaptação térmica é um meio “corretivo”, sendo a percepção térmica⁶ acumulativa e não um processo humano cognitivo⁷ discreto. Dessa forma, é um processo constituído por entrada, processamento, saída e retroação, isto é, as etapas clássicas que constituem os sistemas abertos na Teoria Geral dos Sistemas. Segundo Lamberts *et al.* (2011), a abordagem adaptativa no conforto térmico considera fatores como climatização, contexto (estação, clima, ambiente etc.), características demográficas (gênero, idade, classe social etc.) e cognição (expectativas, preferências e atitudes).

Nicol e Humphreys (1973) elencaram exemplos de variáveis independentes que poderiam alterar a percepção do ambiente e, conseqüentemente, a sensação do conforto, como postura, vestimenta, mecanismos de controle das condições térmicas, fatores sociais e sequência temporal (incluindo o atraso temporal para ocorrer a adaptação). Todas estas variáveis elencadas acima podem ser inibidas por meio de fatores econômicos, sociais e tecnológicos, dentre outros (DE DEAR; BRAGER; COOPER, 1997). Neste sentido, Humphreys, Nicol e Roaf (2016) enfatizam que o problema do modelo adaptativo é a crença que, por conta dele, qualquer ambiente térmico é aceitável. De acordo com Feriadi e Wong (2004), quando as pessoas falham em providenciar conforto, ocorre o “*negative adaptation input*”, sendo estas experiências armazenadas na cognição e na experiência humana. O esquema do comportamento adaptativo pode ser visualizado na Figura 2.

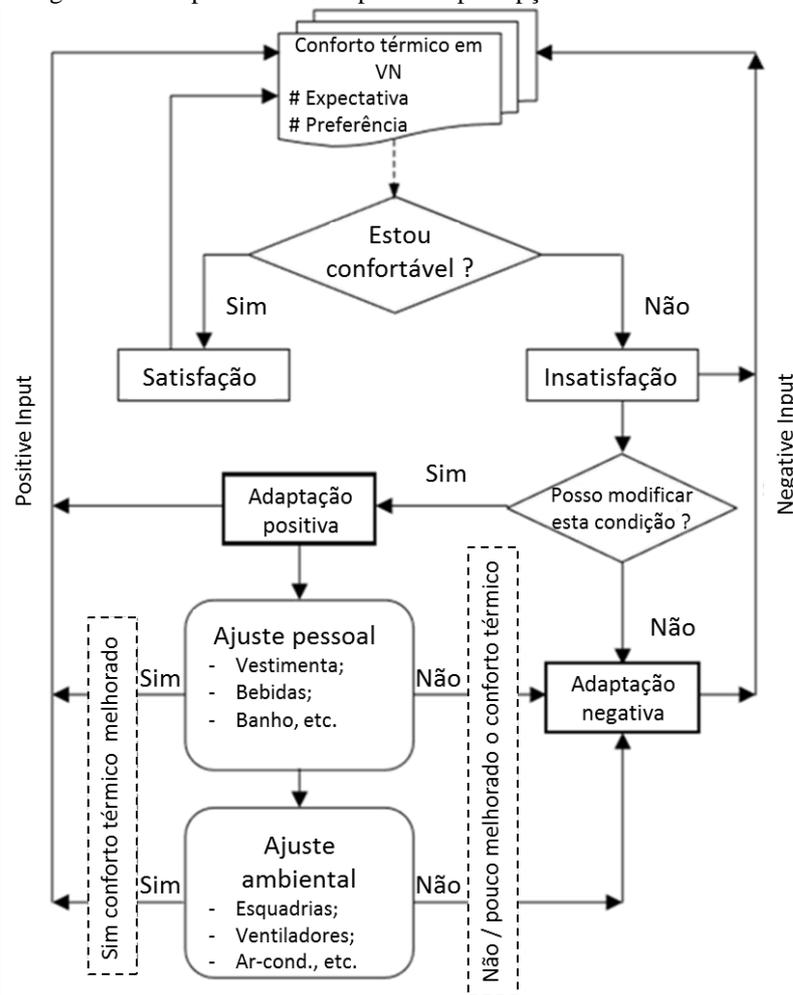
De Dear, Brager e Cooper (1997) dividiram os mecanismos de adaptação em três categorias: comportamentais, fisiológicos e psicológicos. Os ajustes comportamentais são aqueles em que, conscientemente ou não, modifica-se o ambiente, alterando o balanço térmico do corpo. Estes podem ser divididos em: ajuste pessoal (alteração de variáveis pessoais como vestimenta, postura ou ingestão de alimentos), ajuste tecnológico ou ambiental (alteração das variáveis térmicas do ambiente, como uso de condicionamento artificial e manuseio de

⁶ Neste caso, a percepção do ambiente é o que vai definir se é necessário fazer uso de alguma estratégia adaptativa.

⁷ Com isso, não se quer dizer que a adaptação não é um processo cognitivo, mas sim que este não pode ser controlado por ser influenciado pela associação de contínuas experiências.

esquadrias) e ajustes culturais (como códigos de vestimenta). Feriadi e Wong (2004) perceberam que existe uma preferência por parte das pessoas em alterar as condições ambientais antes de realizar ajustes pessoais.

Figura 2 - Comportamento adaptativo e percepção do conforto térmico



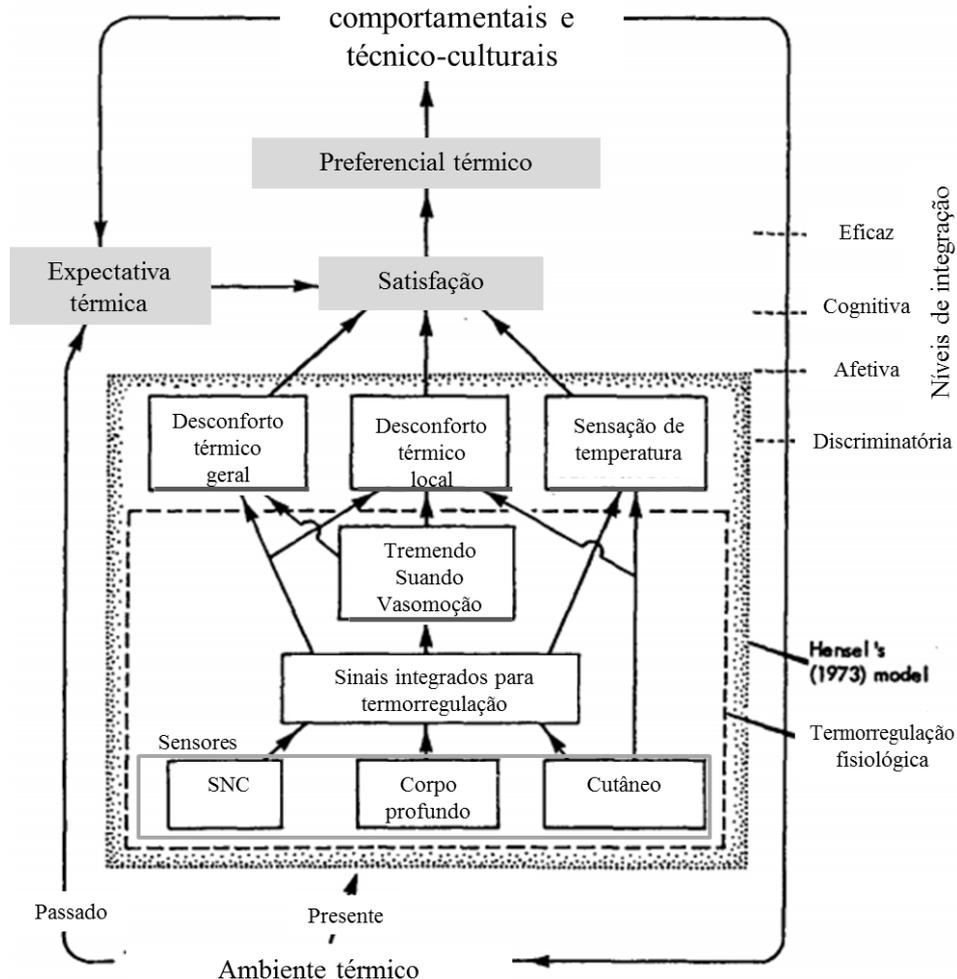
Fonte: adaptado de Feriadi e Wong (2004).

Os ajustes do tipo fisiológico alteram as respostas fisiológicas do organismo, podendo ser classificados em duas categorias conforme escala temporal: aclimação genética (influência de um tempo superior a uma vida) e aclimação ou aclimatização (deriva de experiências passadas que podem influenciar essas respostas, durante semanas ou décadas, dependendo da exposição). Por fim, os ajustes psicológicos referem-se à reação a informações sensoriais e à percepção alterada, possuindo forte associação com experiências e expectativas (DE DEAR; BRAGER; COOPER, 1997).

Com o objetivo de reconhecer a função psicológica na adaptação, Auliciems (1981) elaborou um esquema, adaptado na Figura 3, com base nas experiências e resultados obtidos em pesquisas realizadas em campo e em câmaras climatizadas. Neste esquema, observa-se a

perspectiva de De Dear, Brager e Cooper (1997): a confluência de experiências passadas, planos futuros, percepção e expectativas.

Figura 3 - Modelo hipotético de percepção de calor psicofisiológico



Fonte: adaptado de Auliciems (1981).

Os termos ‘experiências climáticas’ (AULICIEMS, 1981), ‘experiências térmicas’ (DACANAL; LABAKI; SILVA, 2010), ‘memória térmica’ (DE VECCHI, 2015), ‘histórico térmico’ (DE VECCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2016), ‘aclimação’ e ‘climatização’ (DE DEAR; BRAGER; COOPER, 1997) são frequentemente usados como sinônimos⁸. O que estes termos sugerem é que, tanto fisiologicamente quanto psicologicamente, o indivíduo se acostuma termicamente com os ambientes aos quais costuma ficar exposto. Foi este entendimento que levou o pesquisador Charles Webb, comparando resultados de estudos realizados em Bagdá, Iraque, norte da Índia e Singapura, a perceber que as condições ambientais térmicas de diferentes populações aclimatadas a ambientes termicamente distintos

⁸ No trabalho de Auliciems e Szokolay (2007) foi encontrado o termo ‘habituação’ como parte da aclimação.

repercutiam diretamente nas faixas elencadas como confortáveis⁹ (HUMPHREYS; NICOL; ROAF, 2016).

De acordo com Auliciems e Szokolay (2007), a influência do histórico térmico é fortemente evidenciada entre pessoas que ocupam espaços externos e internos, tendo aquelas que não se expõem frequentemente ao ar livre uma menor margem de condições térmicas ditas como aceitáveis. Os autores complementam que, quando o ambiente interno é harmonioso com o externo, com variação atmosférica natural e livre escolha para uso de estratégias termorreguladoras, o intervalo de faixas microclimáticas confortáveis aumenta. De modo análogo, quando se trata de ambientes fechados e homogêneos, existe uma tendência de o conforto térmico ficar sujeito a condições similares (DE VECCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2016).

Outra variável independente com associação ao conforto térmico é a expectativa em relação à ambiência térmica. O trabalho de Pei *et al.* (2015) demonstra a influência deste fator através da constatação de correlações estatisticamente significativas entre a satisfação térmica com um ambiente e o seu tipo de construção (convencional ou certificada como verde). Embora as variáveis ambientais medidas fossem similares, o nível de satisfação nos edifícios verdes foi mais elevado, indicando que a satisfação é influenciada por diversos fatores, neste caso a consciência da construção ecológica e do certificado (PEI *et al.*, 2015).

Os aspectos que influenciam no bem-estar térmico, em especial os de ordem psicológica, constituem, até certo ponto, lacunas que os modelos preditivos de sensação e conforto térmico não conseguiram incorporar. Além disso, existe a dificuldade de se trabalhar com os aspectos fisiológicos ligados à climatização, pois estes estão fortemente associados aos hábitos das pessoas. Ainda assim, é necessário encontrar escalas ditas como confortáveis para uma determinada situação e, neste aspecto, os índices preditivos são cruciais.

2.3 ÍNDICES PREDITIVOS DE CONFORTO TÉRMICO

Conforme observado por De Dear *et al.* (2013), a história dos modelos térmicos, tanto no passado quanto no presente, vem sendo frequentemente revisada, assim como a dialética entre os modelos baseados no balanço de calor e os adaptativos. Neste ponto, não se tem como foco neste trabalho fazer uma revisão bibliográfica de como estes modelos surgiram ou

⁹ De acordo com Humphreys, Nicol e Roaf (2016), foi esta percepção que gerou o primeiro esboço do que seria o modelo adaptativo.

as modelagens matemáticas que os geraram¹⁰, mas apresentar os três que são empregados neste estudo: adaptativo (ASHRAE 55-2013), *Predicted Mean Vote* (ASHRAE 55-2013) e extensão para o PMV (FANGER; TOFTUM, 2002).

2.3.1 Modelo Adaptativo

O modelo adaptativo da ASHRAE 55-2017 foi elaborado para determinar as condições térmicas aceitáveis, desde que obedecidos todos os critérios elencados abaixo:

- I. Espaços controlados naturalmente por seus ocupantes;
- II. Ausência de sistema de condicionamento artificial instalado;
- III. Os ocupantes devem possuir taxa de metabolismo entre 1,0 e 1,3 met¹¹;
- IV. Os ocupantes devem estar livres para adaptar as suas roupas, que podem variar de 0,5 a 1,0 clo¹²;
- V. A temperatura exterior média prevalecente é maior que 10 °C e menor que 33,5 °C.

Para saber se o ambiente é aceitável, a sua temperatura operativa deve estar dentro do intervalo estabelecido pelas equações 1 e 2. Também se deve considerar o aumento do limite da temperatura operativa aceitável resultante do aumento da velocidade do ar, conforme Tabela 1.

$$\text{limite inferior da aceitabilidade 80\% (}^{\circ}\text{C)} = 0,31 \times t_{ext.} + 14,3 \tag{1}$$

$$\text{limite superior da aceitabilidade 80\% (}^{\circ}\text{C)} = 0,31 \times t_{ext.} + 21,3 \tag{2}$$

Tabela 1 - Aumento da temperatura operativa aceitável com base no aumento da velocidade do ar no modelo adaptativo ASHRAE 55-2017

Média da velocidade do ar 0,6 m/s	Média da velocidade do ar 0,9 m/s	Média da velocidade do ar 1,2 m/s
1,2°C	1,8°C	2,2°C

Fonte: adaptado da ASHRAE 55-2017.

¹⁰ Sugestão de leitura para melhor conhecimento da matemática por trás dos modelos assim como da sua história:

- 1) FABBRI, K. **Chapter 2: A brief history of Thermal Comfort: From effective temperature to adaptive Thermal Comfort.** Indoor Thermal Comfort Perception, 2015. DOI 10.1007/978-3-319-18651-1_2.
- 2) AULICIEMS, Andris; SZOKOLAY, Steven V. **Thermal comfort. Design Tools and Techniques.** Passive and low energy architecture international, note 3, 2007. ISSN 0 86776 729 4.
- 3) HUMPHREYS, Michael; NICOL, Fergus; ROAF, Susan. **Adaptive Thermal Comfort: Foundations and Analysis.** Routledge, 2016. ISBN: 978-0-415-69161-1.

¹¹ 1 met = 58,2 W/m².

¹² 1 clo = 0,155 m² × °C/W.

2.3.2 Predicted mean vote

O PMV foi criado para ambientes homogêneos através da interação de quatro variáveis ambientais (temperatura do ar, pressão parcial do vapor de água no ar, velocidade do ar e temperatura radiante média) e duas pessoais (atividade física e isolamento da vestimenta). Para o cálculo do PMV, segundo a ISO 7730-2005, com valores entre -2 e +2 (o PMV varia de -3 a +3), é necessário que seis parâmetros sejam obedecidos:

- I. Metabolismo entre 46 W/m² e 232 W/m² (0,8 met e 4 met);
- II. Isolamento da vestimenta entre 0 m² × K/W e 0,310 m² × K/W (0 clo e 2 clo);
- III. Temperatura do ar entre 10°C e 30°C;
- IV. Temperatura radiante média entre 10°C e 40 °C;
- V. Velocidade relativa do ar entre 0 m/s e 1 m/s;
- VI. Pressão parcial do vapor da água entre 0 Pa e 2700 Pa.

Para o cálculo do PMV (3), é necessário realizar previamente os cálculos: da superfície da roupa (4), do coeficiente da transferência de calor convectivo (5) e do fator da área de superfície da roupa (6) (ISO 7730-2005).

$$\begin{aligned}
 PMV = & [0,303 \times \exp(-0,036 \times M) + 0,028] \times \{(M - W) \\
 & - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] \\
 & - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) - 0,0014 \times M \times (34 - t_a) \\
 & - 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)\}
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 t_{cl} = & 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl} \times \{3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] \\
 & + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)\}
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 h_c = & 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25}; & \text{para } 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \times \sqrt{v_{ar}} \\
 h_c = & 12,1 \times \sqrt{v_{ar}}; & \text{para } 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \times \sqrt{v_{ar}}
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 f_{cl} = & 1,00 + 1,29I_{cl}; & \text{para } I_{cl} \leq 0,0078 \text{ m}^2 \times K/W \\
 f_{cl} = & 1,05 + 0,645I_{cl}; & \text{para } I_{cl} > 0,0078 \text{ m}^2 \times K/W
 \end{aligned} \tag{6}$$

Sendo,

M = taxa de metabolismo (W/m^2);

W = trabalho (W/m^2);

I_{cl} = isolamento da vestimenta ($m^2 \times K/W$);

f_{cl} = fator da área de superfície da roupa;

t_a = temperatura do ar ($^{\circ}C$);

\bar{t}_r = temperatura radiante média ($^{\circ}C$);

v_{ar} = velocidade relativa do ar (m/s);

p_a = pressão parcial do vapor da água (Pa);

h_c = coeficiente da transferência de calor convectivo ($W/(m^2 \times K)$);

t_{cl} = temperatura da superfície da roupa ($^{\circ}C$).

2.3.3 Extensão para o *Predicted Mean Vote*

A extensão para o PMV, elaborada por Fanger e Toftum (2002), para climas quentes em ambientes sem ar-condicionado, consiste no fator expectativa incluído no modelo. Este é calculado em duas etapas. A primeira incide na redução da taxa metabólica em 6,7% para cada escala da unidade do PMV, por exemplo: o PMV de 1,5 ($6,7\% \times 1,5 = 10\%$) tem uma redução de 10% na sua taxa de metabolismo. A segunda etapa é a multiplicação do PMV pelo fator de expectativa e , que segue originalmente os valores dados na Tabela 2.

Tabela 2 - Fatores de expectativa para edificações sem ar-condicionado em climas quentes

Expectativa	Classificação das edificações sem ar-condicionado		Fator de expectativa, e
	Localização	Períodos quentes	
Alta	Em regiões onde o ar-condicionado é comum nas edificações	Ocorrendo brevemente durante a temporada de verão	0,9 – 1,0
Moderada	Em regiões com alguns ar – condicionados nas edificações	Estação de verão	0,7 – 0,9
Baixa	Em regiões com pouco ar – condicionado nas edificações	Todas as estações	0,5 – 0,7

Fonte: adaptado de FANGER; TOFTUM (2002).

2.3.4 Ausência de índices nacionais regulamentados e importação de índices internacionais

De acordo com Xavier (2000), pesquisas desenvolvidas no Brasil com foco no conforto térmico eram praticamente ausentes até 1996, sendo até hoje limitadas quando

considerada a diversidade climática nacional e as poucas contribuições efetivas realizadas para a elaboração de modelos de avaliação afetiva da ambiência térmica (MONTEIRO, 2008). Panet (2016) aponta que a maioria dos estudos que objetiva definir os parâmetros de conforto térmico no Nordeste é voltada para regiões de clima quente-úmido (região litorânea). Como explicado por Rupp (2018-b), o número limitado de estudos nacionais e a consequente ausência de normas ou guias para o conforto térmico faz com que se incorpore a norma americana ASHRAE 55 no Brasil; entretanto, este não é o cenário ideal.

A existência de modelos preditivos de conforto térmico possibilita ao projetista elaborar ferramentas, por meio de simulação térmica, capazes de prever a qualidade térmica ambiental do espaço (COLEY *et al.*, 2017). No Brasil, existe uma carência de modelos preditivos direcionados ao conforto térmico, sendo improvisado o uso da NBR 15575 como apoio no desenvolvimento do projeto (BOGO, 2016). Entretanto, como mencionado por D'ell Santo *et al.* (2013), é possível atingir o nível desejado de desempenho térmico na norma e não alcançar o conforto térmico, o que evidencia a sua vulnerabilidade.

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), diferente da NBR 15575, considera e correlaciona suas premissas com referenciais específicos do conforto térmico. Entretanto, o mesmo indica o uso das normativas internacionais ASHRAE 55 e ISO 7730 como método de avaliação da satisfação psicofisiológica com a ambiência térmica (INMETRO, 2013). As normas supracitadas não incorporaram pesquisas provenientes de edificações brasileiras em seu banco de dados, e estudos recentes em âmbito nacional vêm comprovando a não adequabilidade do seu uso direto (RUPP *et al.*, 2018; VIEIRA *et al.*, 2018; RUPP *et al.*, 2017; SOUZA, 2017; TORRES, 2016; VASCONCELOS, 2013).

2.4 SEMIÁRIDO PARAIBANO: ESTUDO DE CASO EM CAMPINA GRANDE

De acordo com a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) (2017), a região do semiárido brasileiro é distinta das demais encontradas no planeta, por ser considerada a mais chuvosa, com precipitação pluviométrica anual de 200 a 800 mm, concentrada em poucos meses e distribuída de modo irregular no território. Esta variabilidade temporal e espacial promove eventos cíclicos de secas nesta região. Ainda conforme a ASA (2017), metade dos estados nordestinos possui 85% do seu território no semiárido; na Paraíba, essa porcentagem chega a 86%. A Portaria 89 do Ministério da Integração Nacional, de 2007, que regulariza as cidades pertencentes à região do semiárido, elenca 170 cidades na Paraíba, sendo Campina

Grande uma delas (BRASIL, 2007). Quando isoladas as 170 cidades que compõem o semiárido paraibano (BRASIL, 2007) e somada a população estimada para 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tem-se um total de 1.903.345 habitantes residentes neste clima.

A cidade de Campina Grande se localiza no interior do estado, entre o Alto Sertão e a Zona Litorânea (*cf.* Figura 4). De acordo com o Apolo 11 (2017), a sua altitude é de 551 m, latitude $-7^{\circ} 13' 50''$ e longitude $-35^{\circ} 52' 52''$. O Climate-data.org (2017) classifica o seu clima como sendo Aw segundo a Köppen e Geiger¹³, ou seja, clima tropical com inverno seco. Entretanto, o que se observa nas normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990, é o período de abril a julho como sendo o mais chuvoso, com julho sendo, em média, o mês mais frio do ano com temperaturas inferiores a 21°C (INMET, 2017), como pode ser conferido na Tabela 3.



Fonte: adaptado de Licarião, Bezerra e Alves (2013).

A atualização da classificação de Köppen para o Brasil realizada por Alvares *et al.* (2014), utilizando dados de 2950 estações climáticas, obteve resultados mais condizentes com as normais climatológicas. Nesta atualização, a cidade de Campina Grande faz fronteiras com duas classificações As e BSh, sendo o “A” tropical (mês frio com temperatura $> 18^{\circ}\text{C}$) e o “s” estação seca no verão (precipitação no verão inferior a 30%), e o “BS” estepe (semiárido) e “h” quente e seco com temperatura média anual $> 18^{\circ}\text{C}$ (ROHLI, VEGA, 2017).

¹³ A classificação climática baseada no método de Köppen e Geiger é fortemente baseada no tipo de vegetação predominante, fazendo uso das variações de temperatura e precipitações. Esse sistema é bastante preciso para representações gerais, mas não é indicado para escalas locais por não considerar mudanças climáticas de curto prazo e diferenças sutis. Todavia, embora apresente desvantagens, ele é amplamente utilizado para grandes escalas (ROHLI; VEJA, 2017).

Tabela 3 - Dados climatológicos (1963-1960, 1961-1990 e 1991-2010) de Campina Grande - PB

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Normais Climatológicas - 1931 – 1960													
t_a max	30,9	30,8	30,5	29,2	27,2	25,5	25,1	25,8	27,8	29,6	30,4	30,8	28,6
t_a med	24,3	24,4	24,4	23,8	22,6	21,4	20,6	20,7	21,9	22,9	23,7	24,0	22,9
t_a min	20,4	20,7	20,9	20,5	19,8	18,7	17,7	17,5	18,3	19,0	19,8	20,2	19,5
UR	70,3	71,9	75,5	78,9	83,9	85,5	84,8	80,9	75,2	70,8	69,8	70,5	76,5
P.	27,0	42,7	74,2	93,9	117,5	118,5	84,3	58,5	24,3	13,2	15,7	18,7	688,5
Normais Climatológicas - 1961 – 1990													
t_a max	29,9	29,8	28,4	28,2	26,7	25,5	24,8	25,5	27,1	28,8	29,5	29,6	27,8
t_a med	23,5	23,7	23,5	23,2	22,3	21,3	20,5	20,6	21,3	22,4	23,1	23,4	22,4
t_a min	20,0	20,0	20,4	20,2	19,3	18,1	17,9	17,8	18,3	18,9	19,5	20,2	19,2
UR	79,0	78,0	86,0	86,0	88,0	91,0	90,0	86,0	84,0	79,0	72,0	79,0	83,2
P.	55,3	47,7	91,8	141,8	104,7	112,7	154,0	58,8	48,7	17,4	13,2	29,3	875,4
Normais Climatológicas - 1981 – 2010													
t_a max	30,7	30,5	30,1	29,1	27,7	26,0	25,6	26,3	28,0	29,8	30,5	30,8	28,8
t_a med	24,7	24,7	24,7	24,3	23,4	22,1	21,5	21,5	22,5	23,5	24,2	24,5	23,5
t_a min	21,2	21,3	21,4	21,1	20,5	19,3	18,6	18,5	19,0	19,9	20,4	20,9	20,2
UR	74,3	75,0	77,4	79,2	81,6	84,0	82,9	80,3	74,7	71,3	71,0	72,0	77,0
P.	45,6	62,8	107,1	89,3	101,7	123,6	96,7	80,1	30,0	12,5	12,3	15,3	777

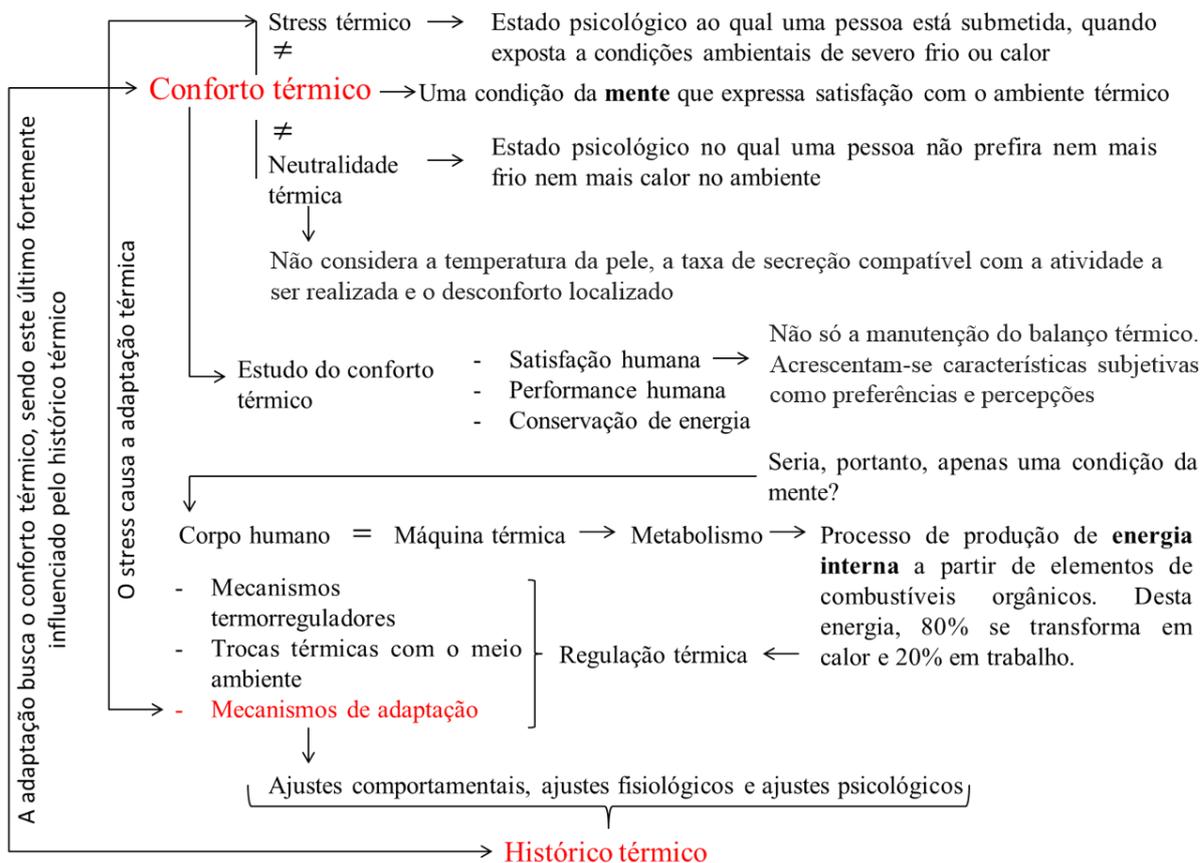
Sendo: t_a = temperatura do ar em °C; UR = umidade relativa em %; e P = precipitação acumulada em mm

Fonte: adaptado das normais climatológicas (INMET, 2017; INMET, 2018).

2.5 SÍNTESE DA REVISÃO DA LITERATURA

O objetivo geral desta pesquisa tem como foco o processo de adaptação térmica e sua influência no conforto térmico. Baseado nisso, este capítulo contém aspectos relevantes para o entendimento de conceitos básicos, assim como das correlações existentes entre eles, além de uma breve apresentação do recorte espacial da pesquisa. Para um melhor entendimento destes conceitos e suas relações (de associação ou casualidade), encerra-se a revisão da literatura com a Figura 5 trazendo uma síntese de aspectos abordados anteriormente ou inerentes a eles. Para facilitar o entendimento da pesquisa durante as análises dos dados, alguns conceitos serão recapitulados, e pesquisas específicas serão apresentadas como conteúdo complementar.

Figura 5 - Síntese e complementação do estado da arte

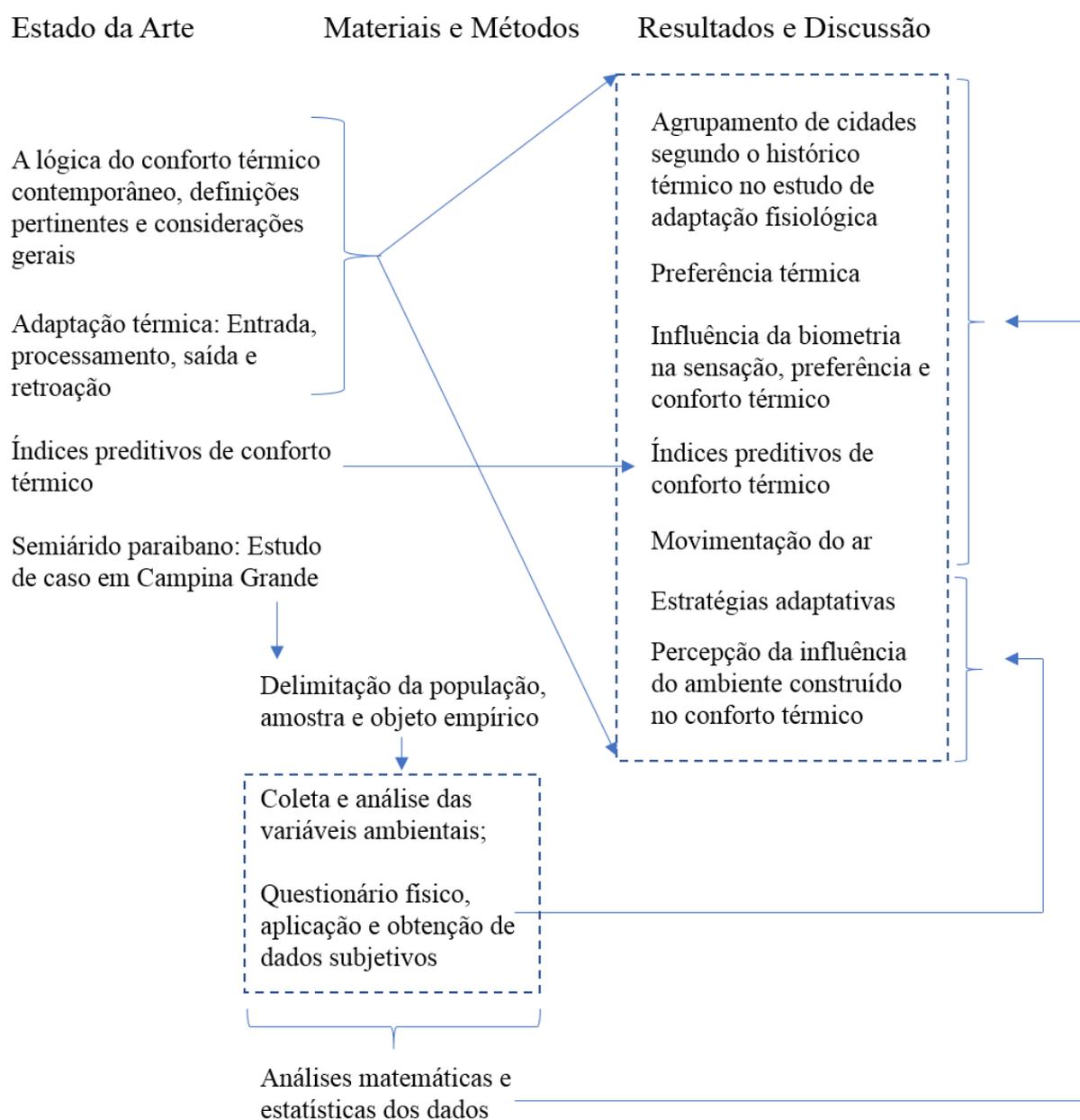


Fonte: Autora, 2018.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo, são delimitados os procedimentos metodológicos, a definição de população, a amostra, o objeto empírico, bem como os procedimentos e instrumentos para coleta e análise dos dados. A diagramação desta pesquisa, ilustrando os principais encadeamentos entre o referencial teórico, a metodologia adotada e os resultados, podem ser visualizados na Figura 6.

Figura 6 -Fluxograma ilustrando os principais encadeamentos entre o referencial teórico, a metodologia adotada e os resultados



Fonte: Autora, 2018.

3.1 DELIMITAÇÃO DA POPULAÇÃO, AMOSTRA E OBJETO EMPÍRICO

A população da pesquisa consiste em pessoas aclimatadas a diversos climas do Brasil que estavam na cidade de Campina Grande nos dias em que ocorreram as medições. Devido à dificuldade de se enumerar a população, por esta oscilar com base na variável tempo, optou-se por fazer uma amostragem não probabilística por conveniência. Conforme Tavares (2007), esta modalidade é usada quando existe a impossibilidade ou a necessidade de simplificar a obtenção de uma amostra, sendo uma de suas características o não conhecimento prévio da probabilidade de uma observação da população compor a amostra. A fim de amenizar a possibilidade de viés, optou-se por usar uma amostra significativa, que resultou em 583 questionários aplicados em 2017. Destes, 292 foram coletados na estação quente (verão e início do outono) e 291 na fria (inverno e início da primavera), bem como 294 foram coletados em ambientes condicionados artificialmente e 289 em ventilados naturalmente (*cf.* Tabela 4).

Tabela 4 - Questionários aplicados por estação

	Verão (verão e início do outono)	Inverno (inverno e início da primavera)
Ventilação Natural	121	168
Condicionamento artificial	171	123

Fonte: Autora, 2017.

Tendo como pressuposto que o ambiente escolhido para a aquisição de dados simultâneos das variáveis ambientais, subjetivas e pessoais dos usuários deveria diariamente possuir ocupantes aclimatados de diversos climas do Brasil, foram selecionadas três instalações institucionais, o Museu de Arte Popular da Paraíba, a Universidade Federal de Campina Grande e a Universidade Estadual da Paraíba, todas localizadas em Campina Grande-PB. As edificações operam com sistema misto de climatização: ventilação natural (VN) e condicionamento artificial (CA). Entretanto, nos dias de coleta, apenas um método foi utilizado por ambiente, a depender exclusivamente do usuário e sem qualquer intervenção do pesquisador.

As edificações utilizadas (*cf.* Figura 7) estavam em bom estado, não apresentando patologia aparente. A envoltória dessas edificações é de alvenaria convencional com janelas de vidro transparente ou de madeira para o ambiente educacional, enquanto que, no ambiente museológico, as salas condicionadas artificialmente são compostas por panos de vidro. O ambiente ventilado naturalmente se insere na categoria C, segundo a classificação de Pitts e Saleh (2007), constituindo o corredor de espaço de transição entre massas edílicas. Porém,

embora possua o nome de transição, nesse caso específico, este também funciona como espaço de permanência.

Figura 7 - Edificações utilizadas nos experimentos de campo



Fonte: Autora, 2018.

3.2 ESTUDO PILOTO E INSTRUMENTAÇÃO

A primeira etapa do estudo piloto em campo foi realizada nos dias 29 e 30 de outubro de 2016 no museu e contou com um levantamento de dados físicos (temperatura do bulbo seco, velocidade do ar, temperatura do bulbo úmido e temperatura de globo), teste da primeira versão do questionário e contagem do tempo médio de visitação por ambiente. O equipamento utilizado para as medições de temperatura de globo, bulbo seco e bulbo úmido foi o medidor de Stress Térmico digital portátil modelo TGD-300, que apresenta uma precisão de temperatura de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e opera em ambientes com temperatura entre -5°C a 60°C , cumprindo, assim, os requisitos mínimos para ambiente Classe C da norma ISO 7726:1998. Entretanto, foi utilizada uma esfera térmica de cobre com diâmetro de 02 polegadas, 5,08 cm. Para a instalação dos equipamentos, considerou-se ambiente homogêneo com medição ao nível do abdômen em pessoas erguidas, ou seja, 1,10 metros de acordo com a norma supracitada.

Para a medição da velocidade do ar, foi utilizado um anemômetro manual, modelo AM-4201, com alcance de 0,4 m/s a 30,0 m/s, resolução de 0,1 m/s e precisão de $\pm 2\% + 1d$. Como nenhuma medição alcançou velocidade do ar superior a 5m/s, o equipamento cumpriu

o requisito desejável da norma ISO 7726:1998. Os questionários se provaram insuficientes para a obtenção de dados desejados e o tempo médio das pessoas no ambiente analisado ficou na ordem de 10 minutos, valor inferior ao recomendado na ASHRAE 55-2017, que sugere como tempo mínimo 15 minutos.

O segundo teste piloto, que ocorreu em janeiro de 2017, avaliou outra formatação do questionário, e gerou a sua formatação final (*cf.* 3.5 QUESTIONÁRIO FÍSICO, APLICAÇÃO E OBTENÇÃO DE DADOS SUBJETIVOS), que teve como base, entre outras, as perguntas sugeridas nas normas ISO 10551:1995 e ASHRAE 55- 2010 e os resultados observacionais do estudo de Bernardi e Kowaltowski (2001), assim como as hipóteses de De Vecchi, Cândido e Lamberts (2016). Uma das principais diferenças entre a versão inicial e final do questionário refere-se à linguagem informal que foi adotada, adequando-o a um intervalo maior de usuários, solução também encontrada no trabalho de Xavier (2000).

As variáveis climáticas aferidas no teste piloto detectaram que os ambientes apresentaram condições microclimáticas moderadas (ambiente classe C) de acordo com a ISO 7726:1998(E). A percepção das pessoas que trabalhavam e visitavam o espaço de estudo indicou um possível estado de homogeneidade. Entretanto, conforme explanado por Xavier (2000), ambientes reais, não uniformes, geralmente não são homogêneos, por estarem sujeitos a variações contínuas. Neste trabalho, devido à limitação de equipamentos, considerou-se o ambiente como homogêneo.

Os equipamentos escolhidos para as medições (medidores de stress térmico TGD-300, termo anemômetro digital modelo INSTRUTHERM TAFR-180 e miniestações meteorológicas Davis Vantage Pro 2) atendem a precisão desejável da Tabela 2 da norma ISO 7726:1998 (E), como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Características dos instrumentos de medição

Equipamento	Grandeza	Símbolo	Faixa de medição	Precisão	Tempo de Resposta
Davis Vantage Pro 2	Temperatura do ar	t_a	-40 a + 65°C	0,5°C	2,5 segundos
	Umidade Relativa	UR	1 a 100%	3%, e 4% acima de 90%	
	Velocidade do ar	V_a	0,4 a 809m/s	5%	
TGD - 300	Temperatura do ar	t_a	-5 a + 60 °C	0,5°C	1 segundo
	Umidade Relativa	UR	0 a 85%	-	
	Temperatura de globo	t_g	-5 a + 60 °C	0,5°C	
TAFR - 180	Velocidade do ar	V_a	0,2 a 20 m/s	3%	0,8 segundo

Fonte: Autora, 2017.

3.3 CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos foram previamente submetidos a testes para comprovarem a sua precisão na coleta das variáveis ambientais, assim, todos foram postos lado a lado durante 24 horas, e seus dados posteriormente comparados. Foram detectadas pequenas diferenças entre os dados obtidos, e optou-se por calibrar os equipamentos por meio de modelagens matemáticas.

Nos dias 13 e 14 de dezembro de 2016, todos os equipamentos foram instalados em conjunto com a estação meteorológica do programa de Pós-Graduação de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. Os dados de todos os equipamentos foram analisados e, então, observou-se que houve falhas na programação de alguns equipamentos; em consequência, optou-se por considerar todos os dados espúrios.

Repetiu-se a experiência entre os dias 20 e 23 de dezembro (*cf.* Figura 8), com a ajuda de um meteorologista do programa supracitado. Dessa vez, todos os equipamentos foram instalados corretamente e, portanto, os dados foram considerados válidos. Foram analisadas 26.737 observações, que culminaram em regressões. Para cada sensor foram geradas equações com linha de tendência linear, exponencial, logarítmica, polinomial (na ordem de 2 a 6) e potência, e, em seguida, foi calculado o R^2 , o erro médio absoluto (EMA), o erro médio quadrático (EMQ) e o erro médio percentual absoluto (EMPA). Os modelos de regressão que obtiveram os menores erros médios foram escolhidos (*cf.* Tabela 6).

$$EMA = \frac{\sum_{t=1}^n |et|}{n} \quad (7) \quad EMQ = \frac{\sum_{t=1}^n et^2}{n} \quad (8) \quad EMPA = \frac{\sum_{t=1}^n |EPt|}{n} \quad (9)$$

Sendo,

et = erro no período t (valor real no período t – previsão para o período t);

n = número de períodos usados;

EPt = erro percentual no período t.

Tabela 6 - Calibração dos equipamentos

Equipamento	Variável Analisada	Linha de Tendência da regressão	Equação	R ²	EMA	EMQ	EMPA
Davis Estação 03	Umidade Relativa	Potência	$y = 0,27x^{1,2773}$	0,987	1,10	2,50	1,73
	Temperatura do ar	Potência	$y = 0,9103x^{1,0236}$	0,991	0,19	0,09	0,74
Davis Estação 06	Umidade Relativa	Polinômio 2ª ordem	$y = 0,0015x^2 + 0,9373x - 10,866$	0,978	1,58	5,04	2,36
	Temperatura do ar	Potência	$y = 0,8509x^{1,045}$	0,984	0,27	0,14	1,10
TGD-300 7175	Umidade Relativa	Polinômio 2ª ordem	$y = 0,0056x^2 + 0,1473x + 17,361$	0,855	2,00	6,82	3,83
	Temperatura do ar	Polinômio 2ª ordem	$y = -0,0432x^2 + 3,2734x - 30,71$	0,846	0,38	0,28	1,36
	Temperatura Globo negro	Linear	$y = 1,0735x - 2,5077$	0,997	0,03	0,00	0,12
TGD-300 2596	Umidade Relativa	Polinômio 2ª ordem	$y = 0,0279x^2 - 2,8499x + 114,66$	0,683	3,33	16,01	6,40
	Temperatura do ar	Polinômio 2ª ordem	$y = -0,0474x^2 + 3,5155x - 34,337$	0,830	0,43	0,32	1,53
	Temperatura Globo negro	Polinômio 2ª ordem	$y = -0,0201x^2 + 2,1116x - 15,957$	0,996	0,05	0,00	0,18
Hobo U12-435	Umidade Relativa	Logarítmica	$y = 51,739\ln(x) - 514,69$	0,897	1,62	4,24	3,15
	Temperatura do ar	Polinômio 2ª ordem	$y = -0,0188x^2 + 1,8638x - 10,702$	0,842	0,41	0,29	1,44
Hobo U12-449	Umidade Relativa	Logarítmica	$y = 50,16\ln(x) - 496,57$	0,885	1,67	4,73	3,24
	Temperatura do ar	Logarítmica	$y = 21,958\ln(x) - 46,497$	0,840	0,40	0,29	1,42

* Umidade Relativa (%); Temperatura do ar (°C); Temperatura Globo negro (°C).

Fonte: Autora, 2017.

Figura 8 - Calibração dos equipamentos



Fonte: Autora, 2016.

A calibração da temperatura de globo dos TGDs 300 foi realizada nos dias 28, 30 e 31 de dezembro de 2016, utilizando-se como referência o equipamento calibrado TGD-300 do Laboratório de Análise do Trabalho (LAT/UFPB). Com base nos resultados das regressões, optou-se por usar preferencialmente os sensores de umidade relativa e temperatura do ar das Davis, a temperatura de globo dos TGD, e descartou-se o uso dos Hobos; assim, o menor R²

foi 0,97. Não foi realizada conferência dos anemômetros, devido à inexistência de túnel de vento controlado.

No dia 12 de junho, antes das medições realizadas na estação fria, os equipamentos foram novamente submetidos a conferências comparativas em um ambiente com características homogêneas. Os dados coletados foram confrontados, não apresentando divergências significativas entre si.

3.4 COLETA E ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Os equipamentos foram instalados o mais próximo possível do eixo central dos ambientes onde ocorreram as medições, sendo feitos pequenos deslocamentos para evitar possíveis transtornos entre os usuários e o maquinário. A altura da instalação dos sensores foi baseada no uso predominante do local, de modo que foi considerada a posição dos usuários (se estes ficavam preponderantemente sentados ou em pé), sendo as dimensões de instalação 0,60 metros e 1,1 metros respectivamente (*cf.* Figura 9), valores estes baseados na altura recomendada pela ISO 7726:1998(E), tabela 5.

Figura 9 - Posicionamento dos equipamentos



Fonte: Autora, 2017.

Os sensores de medição da umidade relativa, da temperatura do ar e de globo foram programados para coletarem dados a cada 1 minuto. O anemômetro de fio quente no verão foi programado para coletar a cada 15 segundos, diminuindo a exposição a valores espúrios e, no inverno, a cada 1 minuto ou 20 segundos, dependendo do tempo em que ele permaneceria em funcionamento, pois o equipamento possui capacidade máxima de armazenar 1000 dados no datalogger. O anemômetro da Davis obtinha o dado médio de cada minuto. Os primeiros 20 minutos de medição foram considerados dados espúrios, por se tratar do tempo de estabilização dos sensores.

Os questionários aplicados no museu tiveram as variáveis ambientais calculadas individualmente, considerando-se o tempo de aplicação do questionário mais os 10 minutos

anteriores. Já para a instituição de ensino, os valores ambientais foram padronizados, usando a mediana do tempo inicial e do tempo final dos questionários respondidos, enfatizando-se que estes valores não possuísem diferenças significativas do restante coletado. Após o estabelecimento do intervalo temporal, foram extraídas as médias de cada variável, sendo estes os valores inseridos nos cálculos. As variáveis pessoais foram computadas de modo individual.

3.4.1 Dados climáticos referentes ao ambiente externo

As informações climáticas referentes ao ambiente externo foram extraídas de plataformas de coleta de dados, estações meteorológicas, com preferência por aquelas que disponibilizavam dados horários ou diários. As fontes de dados primárias foram:

- I. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP, 2017) na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);
- II. Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA, 2017) na plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);
- III. Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (SONDA, 2017) na plataforma do INPE;

As fontes de dados secundários foram:

- I. Base de dados climáticos em formato EPW (EnergyplusWeather Data) da plataforma Roriz Bioclimática: Conforto térmico e eficiência energética (RORIZ, 2017);
- II. Banco de dados climáticos do Brasil na plataforma Embrapa (EMBRAPA, 2017).

Para análise da temperatura externa unicamente dos dias em que ocorreram medições, foram considerados os dados horários obtidos através da estação automática do INMET e no intervalo de 07:00 às 18:00 horas, escala temporal correspondente a das medições no verão. A amplitude no intervalo encontrada foi de 12,6°C, sendo os valores máximos e mínimos encontrados no dia 11/03. Com exceção deste último, o dia que apresentou o maior intervalo foi 08/02 com 11,4°C (*cf.* Tabela no 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO).

3.5 QUESTIONÁRIO FÍSICO, APLICAÇÃO E OBTENÇÃO DE DADOS SUBJETIVOS

Conforme detectado no estudo piloto (*cf.* 3.2 ESTUDO PILOTO E INSTRUMENTAÇÃO), o tempo médio do visitante no museu foi de 10 minutos por sala, valor inferior aos 15 minutos sugeridos na norma ASHRAE 55-2010. Entretanto, o tempo médio de resposta do questionário foi superior a 5 minutos, situação semelhante a que ocorreu nos estudos desenvolvidos por Givoni *et al.* (2003). Deste modo, optou-se por primeiramente explicar ao visitante a natureza da pesquisa após este ficar um mínimo de 10 minutos no ambiente. Em seguida, solicitava-se a sua colaboração e, quando aceita, iniciava-se a aplicação do questionário, ficando as últimas perguntas do instrumento destinadas à percepção do ambiente para serem respondidas após o tempo mínimo exigido.

O tempo médio de resposta do questionário na estação quente no museu foi de 7 minutos e 18 segundos. Retirando-se os valores espúrios¹⁴, a média foi de 5 minutos e 28 segundos. Não foi contabilizado o tempo utilizado para a explicação da pesquisa; todavia, a soma é superior aos 15 minutos. Nos ambientes educacionais, os questionários foram entregues após mais de uma hora de climatização.

A aquisição de dados das variáveis subjetivas foi obtida através dos questionários aplicados, que detinham perguntas abertas e fechadas enfocando os seguintes tópicos: metabolismo, isolamento da vestimenta, estratégias adaptativas, percepção, avaliação afetiva, preferência térmica, aceitabilidade e aclimatação. O instrumento pode ser dividido em cinco blocos, como pode ser observado nas Figura 10, 11, 12, 13 e 14, que trazem o detalhamento das perguntas, o objetivo, a fonte que lhe deu origem e o código da tabulação.

3.5.1 Bloco A

O bloco A refere-se às questões biométricas, ao isolamento térmico e à cidade onde reside o entrevistado. As respostas que fazem alusão ao metabolismo só foram consideradas válidas quando o questionário era entregue ao entrevistado (nas universidades), devido ao fornecimento de respostas inconsistentes e à resistência por parte de muitos entrevistados, motivo pelo qual, durante a estação quente, estas perguntas foram descartadas das entrevistas conduzidas no museu. Em decorrência disso, as análises que envolvem o cálculo do

¹⁴ Observações inconsistentes, atípicas em relação aos demais dados. Estatisticamente, um valor espúrio (*outlier*) é calculado pela diferença interquartil multiplicada por 1,5 menos o primeiro e o terceiro quartil.

metabolismo individual só foram realizadas em tópicos específicos. Nas análises dos índices de conforto térmico, foram utilizados valores recomendados nas normas.

Figura 10 - Bloco A de perguntas

Qual é a sua/seu Idade? Metabolismo	Altura (cm)? Metabolismo	Peso (kg)? Metabolismo	Gênero? ()Feminino ()Masculino ()Outro Metabolismo	
Faz mais de 15 minutos que você está dentro deste ambiente? () Sim () Não				
O que você estava fazendo nos últimos 15 minutos?				
Usando a lista abaixo, por favor, cheque cada peça de roupa que está utilizando e marque um X				
Sapato ou Tênis* ()	Camiseta*()	Short*()	Saia Curta**()	Colete*()
Meia* ()	Camisa de manga curta*()	Bermuda*()	Saia longa**()	Jaqueta**()
Sandália* ()	Camisa de manga longa*()	Calça de tecido fino**()	Vestido curto**()	Suéter ou Casaco**()
Chinelo * ()	Camisa de flanela ou moletom*()	Calça Jeans** ()	Vestido longo**()	
		Calça grossa de lã ou flanela** ()		
Outro:				
*ASHRAE 55 - 2010; **ISO 7730:2005(E); Acrescenta-se 0,04 de <i>clo</i> referente a roupas íntimas. - Objetivo: Calcular o isolamento da vestimenta				

1) Em que cidade você mora? () Campina Grande () Outra, qual?

2) Há quanto tempo você reside nesta cidade?

3) PARA QUEM NÃO MORA EM CAMPINA GRANDE, há quanto tempo você está na cidade de Campina Grande?

Fonte: Autora, 2017.

Para o cálculo do *clo*, foram consideradas as normas ASHRAE 55-2010, ASHRAE 55-2013 e ISO 7730:2005 e os dados obtidos no estudo de Havenith *et al.* (2015). O banco de dados formulado com base nas normas e no estudo supracitado não foi suficiente para abranger todas as roupas computadas nas entrevistas, de modo que algumas foram estimadas por comparação. A descrição dos valores, assim como o referencial utilizado no cálculo do *clo*, pode ser vista na Tabela 7. Todos os entrevistados tiveram acréscimo de 0,04 *clo* correspondente a roupas íntimas. Este valor também foi utilizado em Rupp *et al.* (2017) e corresponde ao valor de cueca ou calcinha mais sutiã, conforme a ASHRAE 55-2013.

Tabela 7 - Isolamento da vestimenta

Vestimenta	Referencial ou roupa análoga	<i>Clo</i>	Vestimenta	Referencial ou roupa análoga	<i>Clo</i>
Sapato, tênis, sandália ou chinelo	ASHRAE 55-2010	0,02	Camiseta	ASHRAE 55-2010	0,12
Sapatilha*	Valor de sapato	0,02	Camisa de manga curta	ASHRAE 55-2010	0,19
Camisa de manga longa	ASHRAE 55-2010	0,25	Camisa de flanela ou de moletom	ASHRAE 55-2010	0,34
Short	ASHRAE 55-2010	0,06	Bermuda	ASHRAE 55-2010	0,08
Calça de tecido fino	ISO 7730:2005	0,20	Calça jeans	ISO 7730:2005	0,25
Calça grossa de lã ou flanela	ISO 7730:2005	0,28	Saia curta	ISO 7730:2005	0,15
Saia longa	ISO 7730:2005	0,25	Vestido curto	ISO 7730:2005	0,20
Vestido longo	ISO 7730:2005	0,40	Vestido médio*	Valor médio entre vestido curto e longo	0,30
Jaqueta	ISO 7730:2005	0,35	Suéter ou Casaco	ISO 7730:2005	0,60
Colete	ISO 7730:2005	0,10	Macacão curto*	Valor do short + camisa de manga curta	0,25
Touca	Havenith <i>et al.</i> (2015)	0,07	Boné ou chapéu*	Valor da touca	0,07
Cachecol	Havenith <i>et al.</i> (2015)	0,12	Bolsa nas costas*	Valor de ½ jaqueta	0,18
Casaco nas costas*	Valor de ½ jaqueta	0,18	Camisa longa aberta*	Valor de ½ camisa correspondente	-
Meia calça	ASHRAE 55-2013	0,02			

* Medidas definidas por equiparação.

Fonte: Autora, 2018.

3.5.2 Bloco B

O bloco B é composto por perguntas abertas de caráter exploratório, com o intuito de coletar e entender as estratégias adaptativas que as pessoas utilizam no seu cotidiano em prol de alcançar o conforto térmico. Também são procuradas diferenças de adaptação conforme o ambiente e a relação da adaptação e da conformidade de desconforto com uma conduta social.

Figura 11 - Bloco B de perguntas

4) Quando você sente calor o que costuma fazer? Por favor, tente citar ao mínimo três estratégias por ambiente. **Questão baseada no trabalho de BERNADI; KOWALTOWSKI (2001) – Objetivo: Descobrir estratégias térmicas usadas pela população para se adaptar ao clima.**

No trabalho/universidade	Em ambiente público ao ar livre	Em casa

5) E quando você sente frio, o que costuma fazer? Por favor, tente citar ao mínimo três estratégias por ambiente.

No trabalho/universidade	Em ambiente público ao ar livre	Em casa

Fonte: Autora, 2017.

3.5.3 - Bloco C e D

As perguntas referentes à relação do indivíduo com o ambiente térmico compõem o bloco C, enquanto que o bloco D estuda possíveis influências no histórico térmico como, por exemplo, o uso de ar-condicionado, a exposição direta às condições ambientais em espaços externos e a relação entre frequência e tempo de exposição

Figura 12 - Bloco D de perguntas

15) Qual destes sistemas de resfriamento você prefere? **DE VECCCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS (2016). Objetivo: Descobrir a preferência por tipo de resfriamento.**

- Ventilação natural Ventilação natural combinada com ventiladores
 Ar-condicionado

16) Você normalmente fica muito tempo em ambientes climatizados com ar-condicionado? **DE VECCCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS (2016). Objetivo: verificar possível aclimação do indivíduo e correlacionar com as respostas anteriores.**

- Sim Não

17) Quanto tempo você costuma ficar em ambientes sob ação do ar-condicionado? (horas por dia) **DE VECCCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS (2016). Objetivo: Descobrir o tempo médio em que o indivíduo está sob o efeito de ar-condicionado.**

Casa = No carro = No trabalho/escola = Outro=

18) Com que frequência você costuma frequentar espaços ao ar livre com intuito de permanência (áreas externas como calçadas, praças, jardins, piscinas e outros) ou para a prática de esportes como caminhar, pedalar, jogar futebol e outros? **Objetivo: Avaliar a frequência média em que o indivíduo está em contato direto com ambientes externos.**

- Todos os dias 3 a 5 vezes por semana 2 vezes por semana
 1 vez por semana ou menos

19) Quando você frequenta estes espaços externos, costuma demorar quantas horas?

Objetivo: Avaliar o tempo médio em que o indivíduo está em contato direto com ambientes externos.

20) Você possui algum problema de saúde relacionado a mudanças climáticas? Se sim, qual?

Objetivo: Verificar possível relação entre problemas de saúde relacionados a mudanças climáticas, uso do ar condicionado e permanência em espaços externos.

Fonte: Autora, 2017.

Figura 13 - Bloco C de perguntas

6) Em relação ao calor, como você está se sentindo neste momento? ? ISO 10551 (1995) – Objetivo: **Descobrir a percepção térmica.**
 Muito quente Quente levemente quente Neutro(a), nem frio nem quente
 levemente frio Frio Muito Frio

7) Em outras palavras você acha isto ? ISO 10551 (1995) – Objetivo: **Avaliação afetiva**
 Confortável Levemente desconfortável desconfortável Muito desconfortável

8) Neste momento como você preferia que o ambiente estivesse? ISO 10551 (1995) – Objetivo: **Avaliar a Preferência térmica**
 Bem mais quente Mais quente Um pouquinho mais quente
 Assim mesmo, nem mais quente nem mais frio
 Um pouquinho mais frio Mais frio Bem mais frio

9) Você tende a aceitar ou rejeitar este ambiente térmico? ISO 10551 (1995) – Objetivo: **avaliar a aceitabilidade pessoal.** Aceitar Rejeitar

10) Este ambiente, na sua opinião é: ISO 10551 (1995) – **Tolerância pessoal.**
 Perfeitamente tolerável Levemente difícil de tolerar
 um pouco difícil de tolerar Muito difícil de tolerar Intolerável

11) Em sua opinião, se o edifício fosse ser construído agora o que poderia ser modificado para melhorar a situação térmica dos seus ocupantes? KRUM; TUBELO; FEDRIZZI (2010) – Objetivo: **Descobrir a percepção dos usuários em relação ao conforto e a como este pode ser alcançado com modificações edilicias.**

12) Você se consideraria? Objetivo: **observou-se no teste piloto nº 1 que algumas pessoas, embora dissessem se sentir confortáveis, preferiam alterações na temperatura. Quando indagadas a esse respeito, elas afirmaram ser calorentas ou friorentas. Assim, considera-se essa pergunta uma complementação do tópico preferência térmica.**
 Uma pessoa friorenta (costuma sentir frio) Uma pessoa calorenta (costuma sentir calor)
 Nem um nem outro

13) Como você sente a umidade da sua pele agora? LINCCON (2016), RJAL; HUMPHREYS; NICOL (2015). Objetivo: **encontrar relação com a percepção térmica e a umidade da pele.**
 Nenhuma Levemente úmida Moderadamente úmida
 Abundantemente úmida

14) Se você pudesse controlar a temperatura deste ambiente, você preferiria? ? PEREIRA; RAIMONDO; CORGNATI; SILVA (2014) – Objetivo: **Descobrir se as pessoas preferem ambientes que variem ao longo do dia/ano, ou espaços estáticos.**
 Que ela variasse de acordo com as condições climáticas externas
 Que ela fosse a mesma ao longo de todo o ano, independentemente das condições climáticas externas

Fonte: Autora, 2017.

3.5.4 Bloco E

O último bloco de perguntas consiste em questionamentos que foram acrescentados na segunda etapa de coleta, a estação fria, devido a uma necessidade exploratória de alguns dados obtidos nas análises descritivas do período quente. Além dos cinco blocos, o questionário continha uma descrição introdutória, indicando dados como: data, local onde

ocorreu a entrevista, hora inicial, final, posição do entrevistado e outros. Para visualização completa do questionário, conferir Apêndice A.

Figura 14 - Bloco E de perguntas

XX) PARA QUEM MORA HÁ MENOS DE 01 ANO EM CAMPINA GRANDE, em que cidade você morava antes?

XX) Se você tivesse que escolher uma sensação térmica, qual destas você optaria: HUMPHREYS. HANCOCK (2007). Objetivo: Avaliar sensação desejada, preferência térmica.

() Prefiro o calor () Prefiro o frio

Fonte: Autora, 2017.

3.6 ANÁLISES MATEMÁTICAS E ESTATÍSTICAS DOS DADOS

No decorrer e ao final do experimento, todos os dados referentes a variáveis ambientais, pessoais e subjetivas foram codificados ou inseridos diretamente em uma planilha eletrônica no *software* Microsoft Excel. Após essa tabulação, esses dados foram submetidos a cálculos matemáticos e estudos estatísticos com ajuda do *software* R. Tais procedimentos são explicados a seguir.

3.6.1 Cálculo da temperatura radiante média

O cálculo da temperatura radiante média foi realizado por meio das variáveis: temperatura do ar, temperatura de globo e velocidade do ar, de acordo com a ISO 7726:1998 (E) anexo B. Primeiro, foi estimado o coeficiente de troca de calor por convecção natural (10) e forçada (11). Em seguida, aquele que obteve o maior valor final definiu como correspondente o meio de convecção. Os cálculos da temperatura radiante por convecção natural e por convecção forçada podem ser visualizados, respectivamente, nas equações 12 e 13.

$$h_{cg} = 1,4 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}} \quad (10)$$

$$h_{cg} = 6,3 \frac{V^{0,6}}{D^{0,4}} \quad (11)$$

$$tr = \sqrt[4]{(tg + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 \times \sqrt[4]{|tg - ta|} \times (tg - ta) - 273} \quad (12)$$

$$tr = \sqrt[4]{(tg + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times V^{0,6} \times (tg - ta)} - 273 \quad (13)$$

Sendo,

h_{cg} = coeficiente de troca de calor por convecção de globo (W/ (m² × K));

$\Delta T = t_g - t_a$;

D = diâmetro do globo (metros);

t_a = temperatura do ar (°C);

t_g = temperatura de globo (°C).

3.6.2 Cálculo da temperatura operativa

Nas medições foram detectadas flutuações significativas da velocidade do ar em espaços ventilados naturalmente. Com base nisso, optou-se por uma fórmula que não utilizasse a constante A, que se limita a valores de va até 1,0 m/s. Desse modo, o cálculo da temperatura operativa foi realizado seguindo a equação 14, obtida na ISO 7726:1998 (E) anexo G.

$$t_o = \frac{t_a \times \sqrt{10 \times va} + t_r}{1 + \sqrt{10 \times va}} \quad (14)$$

Sendo,

va = velocidade do ar, em metros por segundo;

t_r = temperatura radiante média, em graus Celsius;

t_a = temperatura do ar, em graus Celsius;

t_o = temperatura operativa, em graus Celsius.

3.6.3 Cálculo do histórico térmico

O cálculo do histórico térmico ocorreu em três etapas distintas:

1. Categorização por região climática onde o entrevistado reside;
2. Categorização por horas semanais de exposição a ambientes climatizados artificialmente por refrigeração;

3. Categorização por horas semanais de exposição a ambientes ao ar livre.

O objetivo desta categorização e análise foi descobrir qual variável influencia mais fortemente aspectos como sensação e preferência térmica.

3.6.3.1 Cálculo do histórico térmico _ Etapa 1

A primeira etapa do cálculo do histórico térmico consistiu em análises multivariadas das características climáticas das cidades onde residem os entrevistados. Esta técnica foi escolhida pois, a rigor, ela analisa analiticamente o comportamento de mais de uma variável simultaneamente. Optou-se por utilizar Análise de Agrupamento, também conhecido como *Cluster*, que pondera as variáveis através da sua proximidade geométrica.

A princípio, todas as cidades em que residem os entrevistados foram catalogadas. Em seguida, foi confeccionado um banco de dados com as variáveis climáticas dessas cidades ou de cidades próximas com características ambientais semelhantes. A análise detalhada das observações meteorológicas apontou uma série de incongruências, como umidade relativa superior a 100% ou velocidades do ar incompatíveis com o esperado, além de uma quantidade significativa de dados faltosos. Estes problemas foram percebidos na primeira análise de *cluster* realizada, que tinha como variáveis máxima, mínima e média: temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do ar.

Após a identificação do problema, optou-se por refazer as análises utilizando as mesmas variáveis, mas retirando previamente as observações espúrias e, em vez de empregar os valores máximos e mínimos, utilizar a média do 1º ao 10º e 91º do 100º percentil. Novamente o resultado não foi satisfatório, visto que valores errôneos e/ou pouco prováveis permaneceram, mantendo-se umidades relativas superiores a 100% e velocidades do ar por longos períodos iguais a zero. Por fim, decidiu-se fazer o agrupamento apenas com os dados referentes à temperatura do ar. Os dados de entrada podem ser visualizados no APÊNDICE C.

3.6.3.1.1 Análise de *cluster*

De acordo com Costa (2016), nos agrupamentos de *cluster* não se supõem relações de dependência ou independência entre as variáveis envolvidas. Considerando um determinado conjunto de dados, é definida uma regra de proximidade, de modo que as variáveis são agrupadas por sua semelhança (COSTA, 2016).

A análise de *Cluster*, segundo Pereira (1999), pode ser subdividida em três etapas sequenciais: a) cálculo das distâncias euclidianas no espaço multiplano das variáveis computadas dentro dos objetos analisados; b) agrupamento baseado na sua proximidade geométrica; e c) identificação dos agrupamentos entre os objetos analisados. As análises de agrupamento foram realizadas através do *software R*.

3.6.3.2 Categorização por horas semanais _ Etapas 2 e 3

Todos os entrevistados foram questionados sobre o tempo médio que passavam diariamente expostos a ambientes com condicionamento artificial, seja no carro, em casa, no trabalho, na escola e/ou em outro local. Para a soma de horas semanais, considerou-se a Equação 15 (soma das horas de exposição semanal a ambientes condicionados artificialmente por refrigeração). Os entrevistados que não possuíam uma rotina diária fixa de exposição tiveram seus cálculos feitos isoladamente conforme o hábito declarado, não sendo, portanto, utilizada esta equação. Para respostas intervalares, computou-se o valor médio.

Horas de exposição semanal

$$= \text{horas (casa)} \times 7 + \text{horas (carro)} \times 5 + \text{horas (trabalho)} \times 5 + \text{horas (outros ambientes)}$$

(15)

As análises das respostas evidenciaram que existe uma maior frequência de exposição em ambientes climatizados em espaços de trabalho, carro, casa e em outros ambientes, respectivamente. Sendo assim, optou-se por usar como fatores de categorização valores comumente encontrados como jornadas de trabalho, desde que nenhum grupo obtivesse valor inferior a 30 observações. O resultado alcançado pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Categorização e frequência de horas semanais de exposição a CA

	0 hora em amb. CA	0 < horas em amb. CA < 10	10 ≤ horas em amb. CA < 20	20 ≤ horas em amb. CA < 40	horas em amb. CA ≥ 40
Número de pessoas	57	34	33	72	96

Fonte: Autora, 2017.

Assim como na categorização anterior, foi perguntado o tempo médio de exposição a ambientes externos e, para toda resposta intervalar, também foi considerado o valor médio. Inicialmente, foi realizada a mesma categorização para ambientes CA; entretanto, as amostras ficaram concentradas e o valor de corte precisou ser modificado. O resultado final pode ser visualizado na Tabela 9.

Tabela 9 - Categorização e frequência de horas semanais de exposição à AE

	0 hora em amb. ext.	0 < horas em amb. ext. < 5	5 ≤ horas em amb. ext. < 10	10 ≤ horas em amb. ext. < 20	horas em amb. ext. ≤ 20
Número de pessoas	30	147	49	30	31

Fonte: Autora, 2017.

3.6.4 Cálculo dos modelos: PMV, Adaptativo e SET

Os cálculos dos modelos preditivos de conforto térmico PMV e do modelo adaptativo proposto pela ASHRAE 55-2013 foram realizados através do programa CBE Thermal Comfort Tool¹⁵, assim como o cálculo da Temperatura Efetiva Padrão (SET). No cálculo do PMV, considerou-se, para as pessoas em pé e andando dentro do museu, 1,6 met e, para os demais entrevistados que estavam sentados, assistindo aula, lendo ou conversando, 1,2 met.

3.6.4.1 Temperatura externa no cálculo adaptativo

A temperatura externa é um fator ímpar no cálculo de modelos adaptativos. Entretanto, não existe uma homogeneidade a respeito de como se utilizar esta variável. Assim, adotou-se cinco modelos de cálculo¹⁶, descritos abaixo, sendo os modelos I e II aplicados nos estudos de Yang *et al.* (2017); os III e IV provenientes da norma ASHRAE 55-2017; e o V do estudo de De Dear (2011b).

- I. Temperatura média compensada do dia anterior à medição;
- II. Temperatura compensada do mês da medição;

¹⁵ O CBE Thermal Comfort Tool está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. Desenvolvido por: Tyler Hoyt, Stefano Schiavon, Alberto Piccioli, Toby Cheung, Dustin Moon e Kyle Steinfeld. Baseado no trabalho no Center for the Built Environment. O programa é indicado na norma ASHRAE 55-2017.

¹⁶ Para simplificação das fórmulas, optou-se por uniformizar as variáveis, de modo que as equações originais podem ter nomenclaturas diferentes para estas, entretanto, tratam-se das mesmas grandezas físicas.

III. Temperatura aritmética simples de sete dias sequenciais imediatamente anteriores à medição:

$$t_{ext.} = \frac{t_{e(d-1)} + t_{e(d-2)} + t_{e(d-3)} + t_{e(d-4)} + t_{e(d-5)} + t_{e(d-6)} + t_{e(d-7)}}{7} \quad (16)$$

IV. Temperatura externa com fator de ponderação α de sete dias sequenciais imediatamente anteriores à medição (ASHRAE 55-2013). Para a cidade de Campina Grande, considerou-se α como igual a 0,7.

V.

$$t_{ext.} = (1 - \alpha)[t_{e(d-1)} + \alpha t_{e(d-2)} + \alpha^2 t_{e(d-3)} + \alpha^3 t_{e(d-4)} + \alpha^4 t_{e(d-5)} + \alpha^5 t_{e(d-6)} + \alpha^6 t_{e(d-7)}] \quad (17)$$

VI. Temperatura semanal média de dias imediatamente anteriores à medição com uso de ponderação de acordo com os estudos efetuados em Sydney por De Dear (2011b).

$$t_{ext.} = 0,34t_{e(d-1)} + 0,23t_{e(d-2)} + 0,16t_{e(d-3)} + 0,11t_{e(d-4)} + 0,08t_{e(d-5)} + 0,05t_{e(d-6)} + 0,03t_{e(d-7)} \quad (18)$$

Sendo,

$t_{ext.}$ = temperatura externa (°C);

$t_{e(d-n)}$ = temperatura externa do dia “n” anterior à medição (°C);

α = constante que varia de 0 a 1, a depender da velocidade de resposta das mudanças climáticas externas.

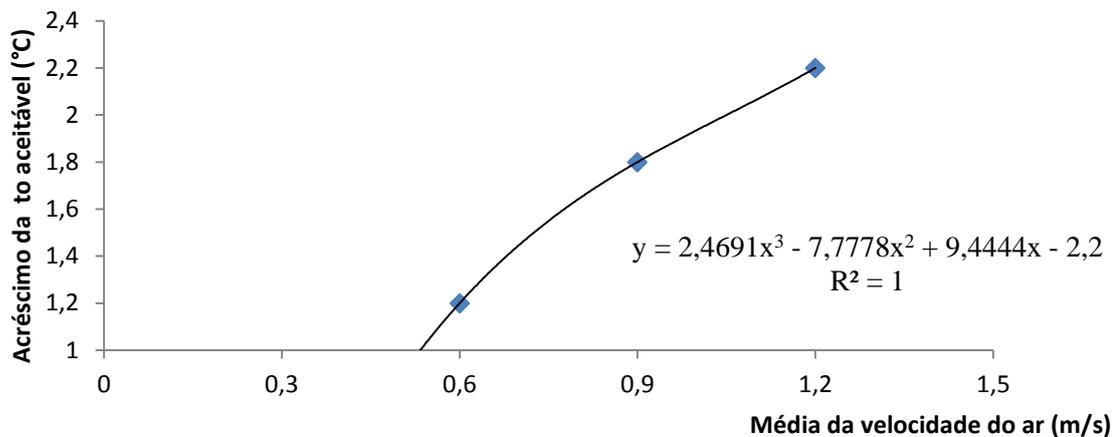
3.6.4.2 Interpolação da ampliação da temperatura operativa aceitável resultante do aumento da velocidade do ar no modelo adaptativo proposto na ASHRAE 55-2013

A norma ASHRAE 55-2013 sugere que no modelo adaptativo haja um aumento do limite da temperatura operativa aceitável resultante do aumento da velocidade do ar em intervalos de 0,3 m/s. Considerando-se que o acréscimo da t_o deveria ser contínuo, foi feita a

interpolação dos dados para criar uma fórmula que regesse a ampliação do limite de conforto. Os dados de entrada seguem a prescrição da norma: aumento de 1,2°C, 1,8°C e 2,2°C para velocidade do ar de 0,6 m/s, 0,9 m/s e 1,2 m/s, respectivamente.

A construção do novo conjunto de dados partindo dos valores previamente descritos na norma resultou em uma interpolação perfeita, $R^2=1,00$, utilizando a interpolação polinomial de ordem 3. O resultado pode ser conferido na Figura 15, assim como a equação resultante capaz de prever o aumento de t_o , sendo o $y = t_o$ e $x = va$.

Figura 15 - Aumento da temperatura operativa aceitável com base no aumento da velocidade do ar



Fonte: Autora, 2017.

Para calcular o modelo adaptativo utilizando a interpolação, não foi possível usar o *software* CBE, e, portanto, ajustou-se a fórmula do modelo, considerando os limites do conforto com 80% de aceitabilidade, segundo a Equação 19:

limite superior da aceitabilidade 80% (°C)

$$= 0,31 \times t_{ext.} + 21,3 + (2,4691 \times va^3 - 7,7778 \times va^2 + 9,4444 \times va - 2,2) \quad (19)$$

O modelo de interpolação só foi utilizado para velocidade do ar superior a 0,3m/s, e este só possui influência no limite superior, permanecendo o inferior inalterado, podendo ser observada sua equação no 2.3.1 Modelo Adaptativo.

3.6.5 Cálculo do PMV com sua extensão para edificações em climas quentes

Entre as perguntas do questionário aplicado, havia uma a respeito do tempo de exposição em ambientes refrigerados mecanicamente. Assim, optou-se por usar este dado em

vez de um fator genérico baseado na cidade onde o entrevistado reside (*cf.* 2.3.3 Extensão para o *Predicted Mean Vote*). O valor de expectativa utilizado seguiu a categorização empregada no histórico térmico. Os testes que foram realizados para se obter o melhor resultado podem ser visualizados no Apêndice B.

O melhor resultado obtido baseado nas respostas da estação quente pode ser visualizado abaixo:

- I. 0 hora em ambientes com CA, $e = 0,2$;
- II. Menos de 10 horas em ambientes CA, $e = 0,5$;
- III. Menos de 20 horas em ambientes CA, $e = 0,5$;
- IV. Menos de 40 horas em ambientes CA, $e = 0,6$;
- V. 40 ou mais horas em CA, $e = 0,7$.

Considerou-se, portanto, o melhor resultado em cada categoria, com exceção da “0 hora em ambientes CA”, optando-se pelo uso do 0,5, por dois motivos: i) um fator de expectativa de 0,2, limita o modelo a ter, no máximo, PMV de 0,6, tido como um valor muito baixo; ii) 0,5 é o menor valor indicado pelos criadores do método. Logo, entrevistados com menos de 20 horas de exposição semanal tiveram fator e de 0,5; menos de 40 horas $e = 0,6$; e exposições superiores a esta de 0,7. Para a redução da taxa de metabolismo, manteve-se o proposto por Fanger e Toftum (2002) de 6,7% para cada escala do PMV.

Os cálculos do PMVe foram efetuados através de algoritmos em linguagem R desenvolvidos por Silva *et al.* (2016a, 2016b). Os dados, antes de serem utilizados no estudo, foram avaliados quanto à sua adequação ao expresso na norma ASHRAE 55 (2017).

3.6.6 Normalidade

Uma autêntica distribuição normal apresenta assimetria = curtose = 0 ou, como expresso por Huff (1954), média = mediana = moda. Entretanto, como afirma Kline (2015), embora não seja conclusivo que uma distribuição é normal se apresentar $|assimetria| \leq 3$ e $|curtose| \leq 8$, é razoável afirmar que esta não é uma distribuição severamente não normal. Para este estudo, foram considerados como normais nas análises estatísticas os dados que estivessem dentro deste intervalo.

3.6.7 Regressão

Regressão é uma técnica estatística que explora a associação entre variáveis. Tem como pressuposto que uma variável Y (variável dependente, esperança) pode ser predita por uma ou mais variáveis X (variável independente). Esta associação pode ser formulada através de modelagem matemática, podendo-se dizer Y, dado X. As modelagens matemáticas podem ser de caráter linear ou não, com uma ou mais variáveis independentes (WILCOX, 2012; MORETTIN; BUSSAB, 2010). Esta pesquisa usou os *softwares* Excel e R para as modelagens de regressão.

A verificação da adequação de um modelo ocorre quando as suposições feitas para ele são satisfeitas, de modo que é realizada uma análise dos resíduos (MORETTIN; BUSSAB, 2010). Os pressupostos que serão analisados para regressões lineares neste trabalho são a homocedasticidade, a normalidade dos resíduos e a independência dos erros. Para avaliação da homogeneidade das variâncias, será utilizado o teste de Breusch-Pagan (*cf.* 3.6.8 Testes de hipótese); para a normalidade, serão avaliadas a assimetria e a curtose dos resíduos (*cf.* 3.6.6 Normalidade); e, com base na estrutura de coleta dos dados, assume-se que estes possuem independência, de modo que não será necessário realizar testes para validar este pressuposto.

3.6.7.1 Regressão logística ordinal

A regressão logística ordinal é indicada para a modelagem de preditores cuja variável dependente é de natureza ordinal. A resposta ordinal se caracteriza por possuir três ou mais resultados que possuem uma ordem, por exemplo: confortável, levemente desconfortável e desconfortável. Neste trabalho, para interpretação dos dados serão analisados os coeficientes e a razão da chance (OR – Odds Ratio).

3.6.8 Testes de hipótese

Os testes de hipótese, através da inferência estatística, fornecem metodologias capazes de afirmar ou refutar uma afirmação feita sobre uma ou mais populações a partir de uma amostra. Tais procedimentos supõem como verdadeira a hipótese nula (H_0) e analisam, com base na amostra, evidências experimentais que provem o contrário, através da validação da hipótese alternativa (H_1) (MORETTIN, BUSSAB; 2010). Obrigatoriamente, H_0 e

H_1 abrangem o universo, daí pode-se afirmar que os testes de hipótese são referentes à população e testados na amostra.

Para realização de um teste de hipótese, é selecionada uma amostra aleatória que possua o parâmetro populacional que se deseja analisar. Depois de delimitada a região crítica ou de rejeição do teste, pode-se, através de procedimentos estatísticos, afirmar se a hipótese nula é aceitável ou não (MORETTIN; BUSSAB, 2010).

Neste estudo, usou-se o valor-p como indicativo de afirmação ou rejeição de uma H_0 . Considerando a H_0 verdadeira, o valor-p indica a probabilidade, com base na amostra, de ela ocorrer. Sendo o valor-p pequeno, existem fortes evidências de que a H_0 seja falsa. Para análise do valor-p, adotou-se a escala de Fisher (cf. Tabela 10 - Escala de significância de Fisher), consequentemente valores de valor-p < 0,05 são indicativos de que H_0 deve ser rejeitada (MORETTIN; BUSSAB, 2010).

Tabela 10 - Escala de significância de Fisher

valor-p	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
Natureza da evidência	marginal	moderada	substancial	forte	muito forte	fortíssima

Fonte: MORETTIN, BUSSAB, 2010.

Os testes aplicados nesta pesquisa têm sua descrição, assim como a hipótese nula utilizada, expressa na Tabela 11 - Breve descrição dos testes de hipótese. Nas análises de testes de hipótese, é possível ocorrer dois erros: afirmar que H_0 é verdadeira quando esta é falsa ou rejeitar H_0 quando esta é verdadeira.

Tabela 11 - Breve descrição dos testes de hipótese

Teste de hipótese	Descrição	Hipótese nula
Teste t-student ou teste para a média	Teste para a comparação de duas médias com variâncias desconhecidas	$H_0 = \text{Média de } x = \text{Média de } y$
Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney	Teste não paramétrico para comparação de duas médias	$H_0 = \text{Média de } x = \text{Média de } y$
Teste para mediana	Teste para a diferença de duas medianas	$H_0 = \text{Mediana de } x = \text{Mediana de } y$
Teste de correlação de Pearson	Medida da distribuição linear entre duas variáveis com distribuição normal	$H_0 = \text{O valor da medida da associação é nulo}$
Teste de correlação de Kendall	Medida de correlação baseada em classificações entre dois vetores	$H_0 = \text{O valor da medida da associação é nulo}$
Teste de correlação de Spearman	Cálculo da correlação entre a classificação de x e y	$H_0 = \text{O valor da medida da associação é nulo}$
Teste de Breusch-Pagan	Cálculo da variância de erro constante em uma combinação linear de preditores	$H_0 = \text{Homogeneidade de variâncias}$

Fonte: Autora, 2017.

3.6.9 Bland Altman

Bland e Altman (1996) introduziram o gráfico Bland Altman como método de avaliação da concordância entre duas variáveis quantitativas. O método, visualizado através do gráfico, quantifica a concordância e, por isso, difere de testes de associação, sendo o seu uso indicado por Vieira *et al.* (2018) como modo de investigação da percepção térmica autorreferida com o predito em modelos de conforto térmico.

O gráfico resultante é do tipo de dispersão XY, sendo estes dados pareados. O eixo X corresponde à média $((A+B) / 2)$, enquanto que o eixo Y refere-se à diferença entre as variáveis pareadas (A-B). São traçados limites de concordância superior e inferior que correspondem à soma (superior) ou subtração (inferior) de 1,96 do desvio padrão em relação à média da diferença (GIAVARINA, 2015). O gráfico não confirma se os métodos são indiferentes matematicamente, mas quantifica o viés e um intervalo de concordância, sendo 95% das diferenças entre métodos incluídas. O gráfico de Bland e Altman supõe distribuição gaussiana na diferença entre A e B (GIAVARINA, 2015). Nesta pesquisa se usou esta técnica afim de avaliar a concordância entre os índices preditivos e o autorreferido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo contempla todas as análises realizadas com os dados coletados na estação do verão e inverno e as discussões que estes geraram à luz do referencial teórico. Os ambientes analisados, internos e parcialmente enclausurados, condicionados ou não, onde ocorriam atividades sedentárias, possuem resultados válidos para situações semelhantes, sendo possível que a extrapolação destes apresente divergências. Baseado nisto, a Tabela 12 e a Figura 16 trazem uma síntese das variáveis ambientais computadas durante as aplicações dos questionários, representando as condições climáticas analisadas. Todos os entrevistados foram esclarecidos brevemente em relação à pesquisa, e haviam concedido o seu consentimento livre, sendo este grupo composto por jovens e adultos, aparentemente saudáveis e desempenhando atividades leves.

Tabela 12 - Descrição das condições ambientais computadas individualmente para cada questionário

	Estatística Descritiva	Ventilado Naturalmente					Condicionado Artificialmente					T°ext.
		ta (°C)	ur (%)	va (m/s)	tr (°C)	to (°C)	ta (°C)	ur (%)	va (m/s)	tr (°C)	to (°C)	
V e r ã o	Média	27,6	54,8	1,1	29,2	28,1	20,3	54,0	0,0	20,0	20,2	26,1
	Mediana	27,6	55,5	0,8	29,1	28,3	20,0	51,0	0,0	19,5	20,0	26,5
	Modo	25,6	61,6	0,0	26,5	26,5	22,1	47,2	0,0	17,0	17,0	22,1
	Desvio padrão	1,6	7,9	1,0	2,3	1,2	2,1	11,4	0,0	2,1	2,0	3,4
	Var. da amostra	2,5	61,6	1,0	5,2	1,5	4,5	129,4	0,0	4,6	4,0	11,9
	Curtose	3,0	1,1	-0,9	-1,1	-0,2	0,3	0,0	11,2	2,6	1,9	-1,3
	Assimetria	-0,6	0,5	0,5	0,2	-0,1	0,3	0,8	3,4	1,1	0,8	0,0
	Intervalo	9,4	36,0	3,3	8,5	5,3	10,8	52,5	0,2	12,7	11,2	12,6
	Mínimo	21,2	39,4	0,0	25,1	25,1	15,0	33,0	0,0	16,1	16,4	20,0
	Máximo	30,6	75,4	3,3	33,6	30,3	25,8	85,5	0,2	28,8	27,6	32,6
I n v e r n o	Média	24,5	65,1	0,2	24,9	24,6	21,1	54,7	0,0	20,2	20,3	22,7
	Mediana	24,3	63,3	0,0	24,3	24,3	20,7	55,7	0,0	20,5	20,5	22,4
	Modo	24,3	63,3	0,0	24,3	24,3	24,0	55,7	0,0	22,1	22,7	25,4
	Desvio padrão	1,2	7,0	0,3	2,3	1,5	2,0	3,5	0,0	2,0	2,1	2,5
	Var. da amostra	1,3	49,0	0,1	5,2	2,2	4,1	12,3	0,0	4,0	4,5	6,5
	Curtose	0,7	0,8	3,8	0,5	-0,2	-1,2	0,4	58,4	-0,8	-1,0	-1,1
	Assimetria	0,4	0,9	2,2	0,8	0,4	0,1	-0,7	6,9	-0,5	-0,4	0,2
	Intervalo	5,1	37,3	1,4	10,6	5,7	6,8	15,2	0,2	8,5	8,5	10,5
	Mínimo	21,9	53,2	0,0	20,9	21,8	17,4	46,1	0,0	15,6	15,6	17,7
	Máximo	27,0	90,5	1,4	31,4	27,4	24,2	61,3	0,2	24,1	24,1	28,2

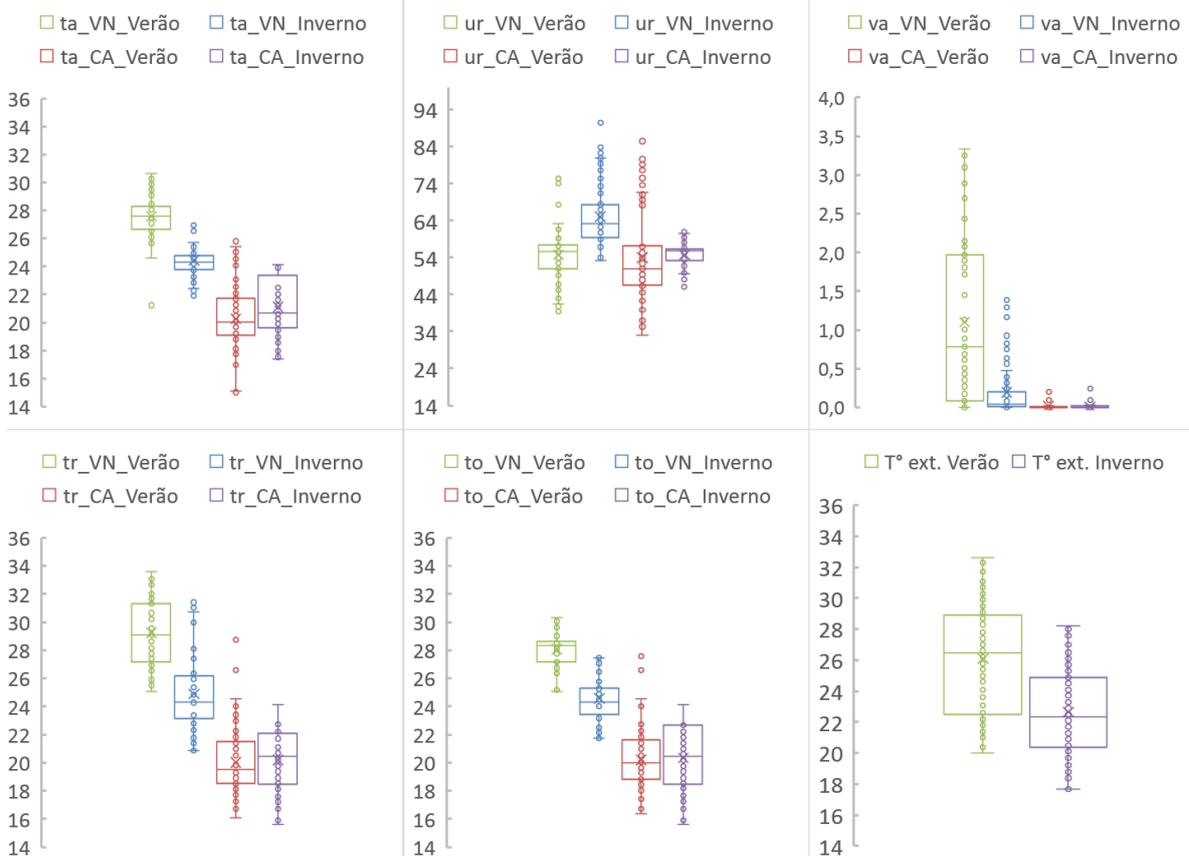
* T°ext. : referente aos dias que ocorreram medição entre os horários 07:00 às 18:00h, dados horários e instantâneos.

Fonte: Autora, 2018.

Em relação às condições climáticas dentro das edificações, observa-se que, com exceção da velocidade do ar em ambientes condicionados artificialmente, todas as demais

variáveis apresentaram distribuição normal em ambas as estações. Avaliando os dados do inverno e do verão, percebe-se que o espaço condicionado artificialmente tem todas as máximas superiores no verão, com exceção da velocidade do ar, que permanece constante. Já no ambiente ventilado naturalmente, apenas a umidade possui sua máxima no inverno. Na estação do verão, em espaços ventilados naturalmente, apenas a velocidade do ar apresentou intervalo superior. No inverno, apenas a temperatura do ar e a temperatura operativa apresentaram maior intervalo em espaços condicionados artificialmente.

Figura 16- Gráfico de caixa das variáveis ambientais



Fonte: Autora, 2018.

4.1 AGRUPAMENTO DE CIDADES SEGUNDO O HISTÓRICO TÉRMICO NO ESTUDO DE ADAPTAÇÃO FISIOLÓGICA

É consenso entre pesquisadores que atuam na área do conforto térmico a inexistência de um intervalo de variáveis climáticas que represente o conforto universal, como pode ser observado no trabalho de De Dear, Brager e Cooper (1998). Isto ocorre devido à adaptação fisiológica e ao fator expectativa, que estão diretamente associados ao histórico térmico.

Baseado nisto, foi avaliado o uso de técnicas de análises multivariadas como método de agrupamento de cidades segundo o histórico térmico (o clima das cidades) no estudo da adaptação fisiológica.

Primeiramente, foram selecionadas 25 cidades para a realização do teste piloto, extraíndo dos bancos de dados de variáveis meteorológicas os valores anuais médios, máximos e mínimos da temperatura do ar e da umidade relativa; e a média anual da velocidade do ar e da precipitação. A planilha eletrônica contendo estas variáveis foi utilizada como dado de entrada no software R para a realização da análise de agrupamentos. O primeiro resultado se mostrou insatisfatório para os objetivos desta pesquisa, com os *clusters* contendo cidades com climas divergentes. Uma análise detalhada dos dados de entrada apontou a suscetibilidade destes a valores espúrios, devido aos seus valores máximos e mínimos. Também foram encontrados dados errôneos como umidades relativas com valores superiores a 100%.

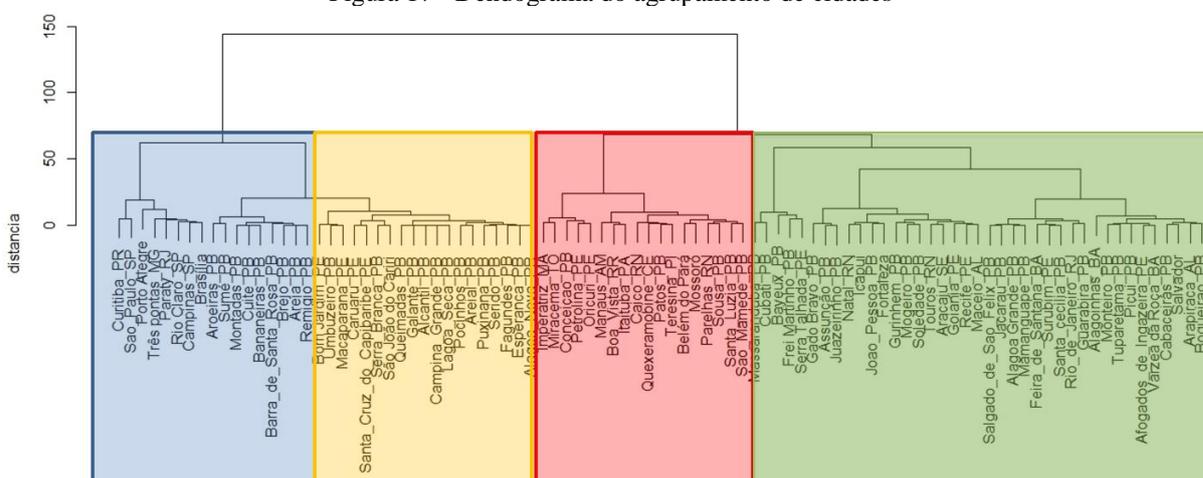
A segunda etapa para refinamento da técnica consistiu na retirada prévia de todos os valores espúrios; entretanto, valores atípicos permaneceram, mascarando os resultados obtidos nas análises de *cluster*. Foi detectado, através de análises do histograma, que os dados que apresentavam atipicidade se concentravam nas variáveis velocidade do ar e umidade relativa, de modo que estas foram descartadas. Um terceiro procedimento de análise multivariada foi realizado, utilizando-se os valores mínimos, médios e máximos da temperatura do ar, assim como o seu intervalo e a precipitação anual. O resumo estatístico do procedimento apontou a não significância estatística da precipitação anual, possivelmente devido à sua alta variação, de modo que esta variável foi eliminada.

Mesmo após a retirada de valores atípicos, foi observada a permanência de valores amostrais enviesados. Dado que estes valores se referiam aos limites intervalar (máximo e mínimo), optou-se por não usar um dado individual e, conseqüentemente, mais suscetível a erro. Foram criadas duas categorias: a primeira refere-se a valores mínimos e abrigava desde o valor mínimo até o primeiro decil; e a segunda refere-se aos valores máximos que continham os dados do 9º ao 10º decil. A média aritmética destas categorias resultou, respectivamente, nos valores mínimos e valores máximos. Realizou-se a quarta análise de *cluster*, usando como variáveis a média e o valor máximo e mínimo (baseado nas médias aritméticas) da temperatura do ar. Foi observado que os *clusters* resultantes possuíam características climáticas distintas entre si e características análogas dentro do mesmo agrupamento, sendo dividido em quatro grupos: cidades com clima similar ao da cidade analisada, cidades com

clima frio em relação à cidade analisada, cidades com clima quente em relação à cidade analisada e cidades com pequena amplitude térmica e características tipicamente litorâneas.

Novamente foi realizada a análise de *cluster*, mas desta vez contendo os dados das 93 cidades que compunham a amostra de onde residiam os entrevistados (cf. APÊNDICE C). A análise do dendograma resultante (cf. Figura 17), as análises dos gráficos de caixa da temperatura de conforto e exposição e os testes de hipótese dividiram as cidades nas categorias listadas abaixo. Observa-se que o primeiro grupo (colorido de azul no dendograma) poderia ser subdividido em dois grupos, entretanto as análises dos testes de hipótese confirmaram que estas cidades poderiam ficar agrupadas em conjunto.

Figura 17 - Dendograma do agrupamento de cidades



Fonte: Autora, 2018.

- I. Clima semelhante a Campina Grande (aproximadamente 20% da amostra); Bom Jardim (PE), Umbuzeiro (PB), Macaparana (PE), Caruaru (PE), Santa Cruz do Capibaribe (PE), Serra Branca (PB), São João do Cariri (PB), Queimadas (PB), Galante (PB), Alcantil (PB), Campina Grande (PB), Lagoa Seca (PB), Pocinhos (PB), Areal (PB), Puxinanã (PB), Seridó (PB), Fagundes (PB), Esperança (PB) e Alagoa Nova (PB).
- II. Clima com menores temperaturas (aproximadamente 18% da amostra) - Curitiba (PR), São Paulo (SP), Porto Alegre (RS), Três Pontas (MG), Paraty (RJ), Rio Claro (SP), Campinas (SP), Brasília (DF), Aroeiras (PB), Sume (PB), Montadas (PB), Cuite (PB), Bananeiras (PB), Barra de Santa Rosa (PB), Brejo (SP), Areia (PB) e Remigio (PB).
- III. Clima com maiores temperaturas (aproximadamente 19% da amostra); Imperatriz (MA), Miracema (TO), Conceição (PB), Petrolina (PE), Oricuri (PE), Manaus (AM), Boa Vista (RR), Itaituba (PA), Caicó (RN), Quixeramobim (CE), Patos (PB), Teresina (PI), Belém (PA), Mossoró (RN), Parelhas (RN), Sousa (PB), Santa Luzia (PB) e São Mamede (PB).
- IV. Clima com maiores temperaturas e menor amplitude térmica (cidades litorâneas ou próximas à grandes corpos d'água, aproximadamente 42% da amostra) - Massaranduba (PB), Cubati (PB), Bayeux (PB), Frei Martinho (PB), Serra Talhada (PE), Gado Bravo (PB), Assunção (PB), Juazeirinho (PB), Natal (RN), Icapui (CE), João Pessoa (PB), Fortaleza (CE), Gurinhém (PB), Mogeiro (PB), Soledade (PB), Touros (RN), Aracaju (SE), Goiânia (PE), Recife (PE), Maceió (AL), Salgado de São Félix (PB), Jacarau (PB), Alagoa Grande (PB), Mamanguape (PB), Feira de Santana

(BA), Surubim (PE), Santa Cecília (PB), Rio de Janeiro (RJ), Guarabira (PB), Alagoinhas (BA), Monteiro (PB), Tuparetama (PB), Picuí (PB), Afogados de Ingazeira (PE), Várzea da Roça (BA), Cabaceiras (PB), Salvador (BA), Arapiraca (AL) e Boqueirão (PB). (SOUSA; LEDER; COSTA, 2018).

A fim de testar a significância estatística do uso da técnica de *cluster* como método de agrupamento segundo o histórico térmico, foram separados os questionários das pessoas que residiam na cidade de Campina Grande e de todas as outras cidades que ficaram no mesmo *cluster*. A análise da curtose e a assimetria entre a temperatura de exposição em ambientes ventilados naturalmente e a de ambientes condicionados artificialmente demonstraram que os dados tinham distribuição normal, de modo que foi realizado o teste-t. A um nível de significância de 0,01, pode-se afirmar que as temperaturas de exposição eram distintas em ambientes ventilados naturalmente e, com valor-p maior > 0,1 elas eram iguais em ambientes condicionados artificialmente.

Os dados referentes à temperatura de conforto apresentaram distribuição não gaussiana, de modo que foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney. Fixado o nível de significância de 5%, aceita-se a hipótese de que probabilisticamente a temperatura de conforto em ambientes condicionados artificialmente é igual entre os dois grupos, com valor-p = 0,15. Foram encontradas evidências amostrais que comprovam a igualdade na temperatura de conforto em espaços ventilados naturalmente com valor-p = 0,055¹⁷, entretanto destaca-se que o menor valor-p deve ter sido influenciado pela divergência na temperatura de exposição (*cf.* Tabela 13).

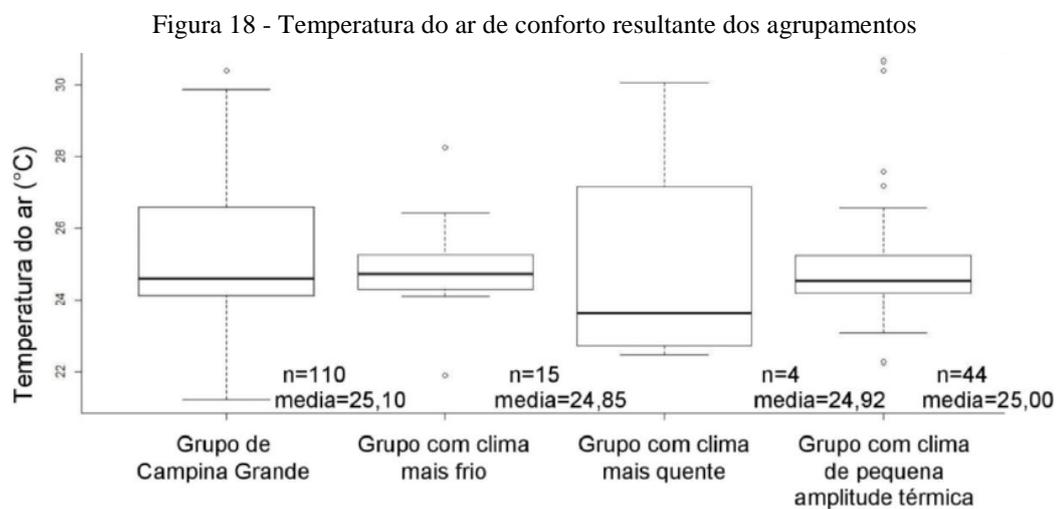
Tabela 13- Descrição da temperatura do ar ao quais os entrevistados estavam expostos e consideraram confortáveis

		Ambiente ventilado naturalmente		Ambiente condicionado artificialmente	
		Entrevistado residente em		Entrevistado residente em	
		Clima Semelhante	Campina Grande	Clima Semelhante	Campina Grande
Temperatura do ar	Máxima	27,60	30,39	25,80	25,80
	Mínima	21,23	21,23	16,99	15,10
	Média	24,30	25,24	21,74	22,93
	Curtose	0,57	0,30	-1,63	-0,19
	Assimetria	2,96	4,11	8,72	6,60
	Amostra	16	94	18	89

Fonte: Adaptada de Sousa, Leder e Costa (2018).

¹⁷ Originalmente no trabalho de Sousa, Leder e Costa (2018), o valor-p encontrado era menor que 0,05. Entretanto, nos cálculos originais, foi utilizada apenas uma casa decimal após a virgula. Com a adição de mais casas decimais na temperatura, observou-se que esse valor chegou a 0,0549.

Em seguida, foi analisada a temperatura de conforto entre os quatro agrupamentos em ambientes ventilados naturalmente, como pode ser observado na Figura 18. Observou-se que o grupo residente em cidades frias obteve a menor temperatura média de conforto (24,85°C) e o grupo residente em cidades quentes obteve a maior amplitude entre sua mediana e limite superior, destacando-se a maior aceitabilidade a climas quentes. As pessoas residentes em clima litorâneo tiveram a menor amplitude de conforto, o que condiz com a amplitude térmica anual.



Fonte: Sousa, Leder e Costa (2018).

4.2 PREFERÊNCIA TÉRMICA

Comumente em pesquisas de conforto térmico são encontrados dados considerados espúrios por apresentar inconsistência nas respostas referentes a conforto, sensação, aceitabilidade e preferência, como exemplificam a dissertação de Lyra (2007) e a tese de De Vecchi (2015). Essa discrepância nas respostas por parte dos entrevistados é recorrente, e foi estudada por Humphreys e Hancock (2007), que em sua amostra observaram que, em 57% das ocasiões, as pessoas preferiam temperaturas diferentes da neutralidade térmica, variando ao longo do dia com um desvio padrão de 0,5 na escala de 7 pontos da ASHRAE.

A teoria adaptativa identifica correlação positiva entre a temperatura externa e a interna desejada e considerada aceitável. Entretanto, existem outras variáveis que podem influenciar no histórico térmico, como a rotina de exposição a ambientes ventilados naturalmente, a ambientes externos e a espaços condicionados artificialmente. Isto pode ser

observado nos estudos de De Vecchi, Cândido e Lamberts (2016), que identificaram uma ligeira tendência dos usuários sem exposição a ar-condicionado em responderem que estavam sentindo frio e daqueles com exposição tenderem ao calor mesmo em condições similares.

Partindo das repetidas incidências destas discrepâncias, este estudo não considerou os dados aparentemente conflitantes como espúrios, mas procurou identificar possíveis correlações entre eles, cruzando os dados de sensação, preferência térmica, preferência por método de resfriamento, desejo por ambientes homogêneos ou heterogêneos e exposição semanal a espaços com condicionamento artificial e a ambientes externos.

4.2.1 Sensação e preferência

Observou-se que, dos 292 entrevistados no verão, 112 relataram preferir algo discordante da neutralidade térmica, como, por exemplo, sentir frio e preferir que o ambiente se mantivesse com as mesmas condições ambientais ou sentir frio e preferir que ele estivesse ainda mais frio. Este valor foi superior ao dos que alegaram sentir frio e preferiam um ambiente mais quente somado com o das pessoas que sentiam calor e preferiam um ambiente mais frio: 86 observações, o que resultaria teoricamente na neutralidade¹⁸.

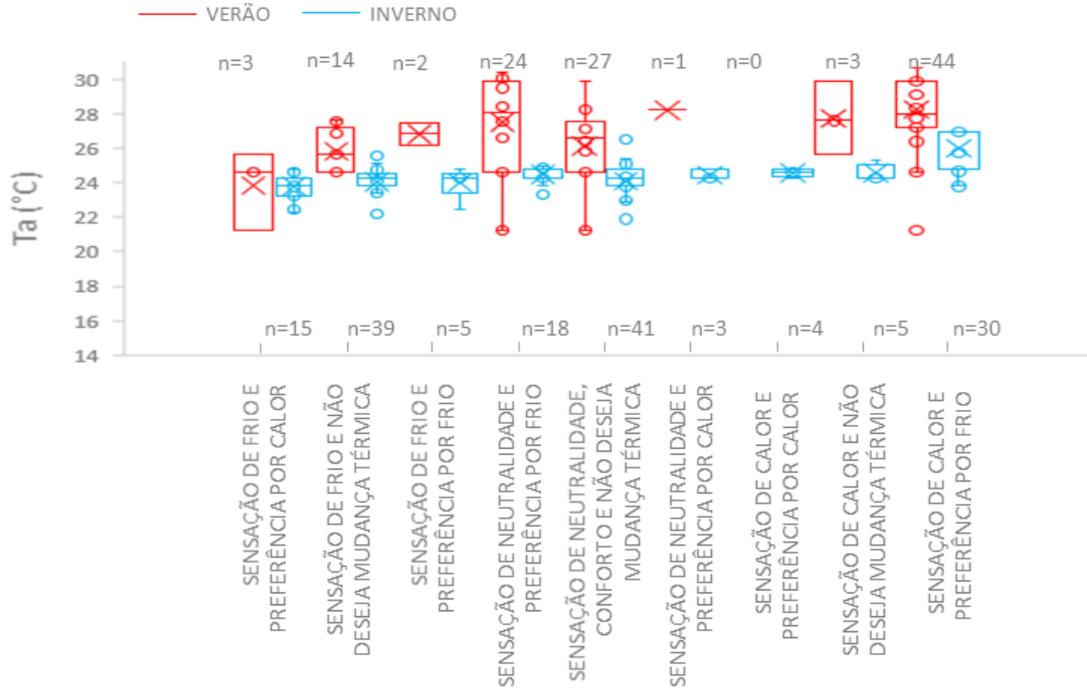
A amostra apontou uma preferência por ambientes frios, em um total de 104 pessoas contra 8 que optaram por sensações térmicas quentes. Como era previsto, os dados assinalaram que uma temperatura sob a qual as pessoas sentem calor em um ambiente condicionado artificialmente (25°C, por exemplo) traz uma sensação de frio em um ambiente ventilado naturalmente. Para pessoas com qualquer tipo de frio (levemente frio, frio ou muito frio) que preferiam a temperatura constante, identificou-se uma diferença em média de 4,6°C entre o ventilado naturalmente e o condicionado artificialmente.

No inverno, foram detectadas 121 pessoas que desejavam sensações térmicas não neutras: a maior parcela (102) preferindo sensações frias. Independentemente da estação analisada, foi observada a preferência por sensações frias. Em ambientes ventilados naturalmente, a temperatura de neutralidade térmica, do conforto e do desejo por manter inalteradas as condições ambientais no verão foi de 26,1°C, enquanto que, no inverno, essa temperatura foi de 24,1°C, o que equivale, em média, à temperatura de sensações frias e à preferência por espaços mais quentes no verão. Situação similar ocorreu em todas as categorias, sendo as temperaturas do inverno sempre inferiores às que traziam a mesma

¹⁸Considerou-se como neutralidade térmica a equação de balanço de calor com valor nulo.

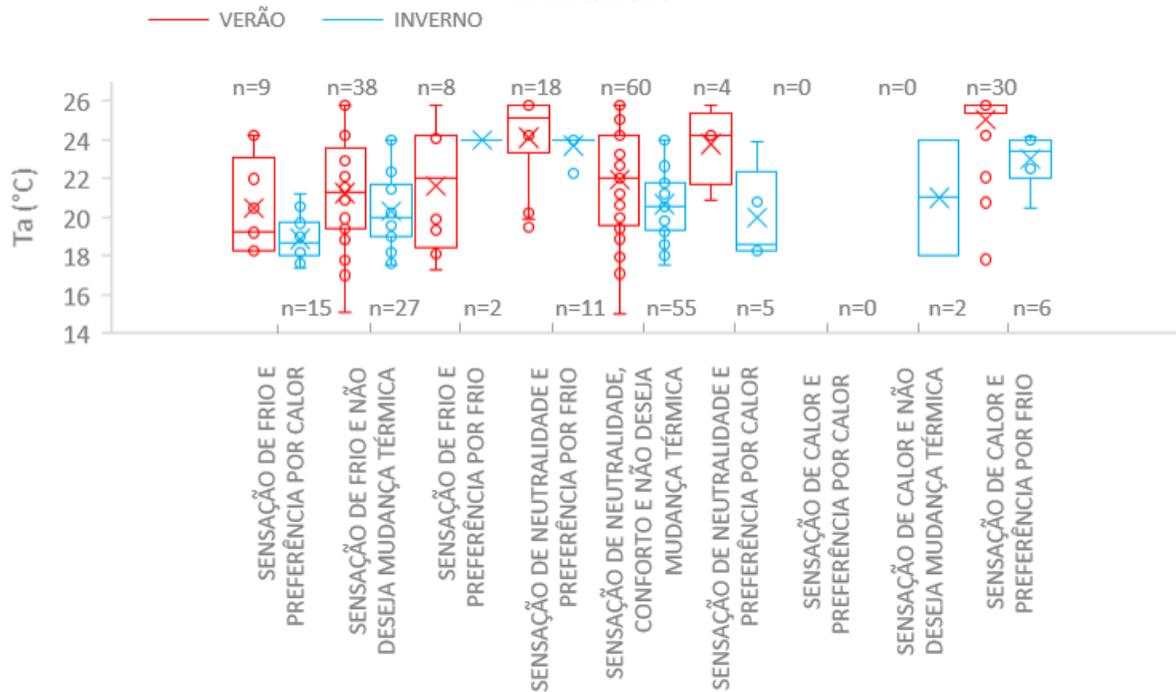
sensação no verão (cf. Figura 19). Tal resultado é condizente com a teoria da adaptação sazonal dos entrevistados.

Figura 19 - Relação da sensação e preferência térmica com a temperatura do ar em ambientes ventilados naturalmente



Fonte: Autora, 2018.

Figura 20- Relação da sensação e preferência térmica com a temperatura do ar em ambientes condicionados artificialmente



Fonte: Autora, 2018.

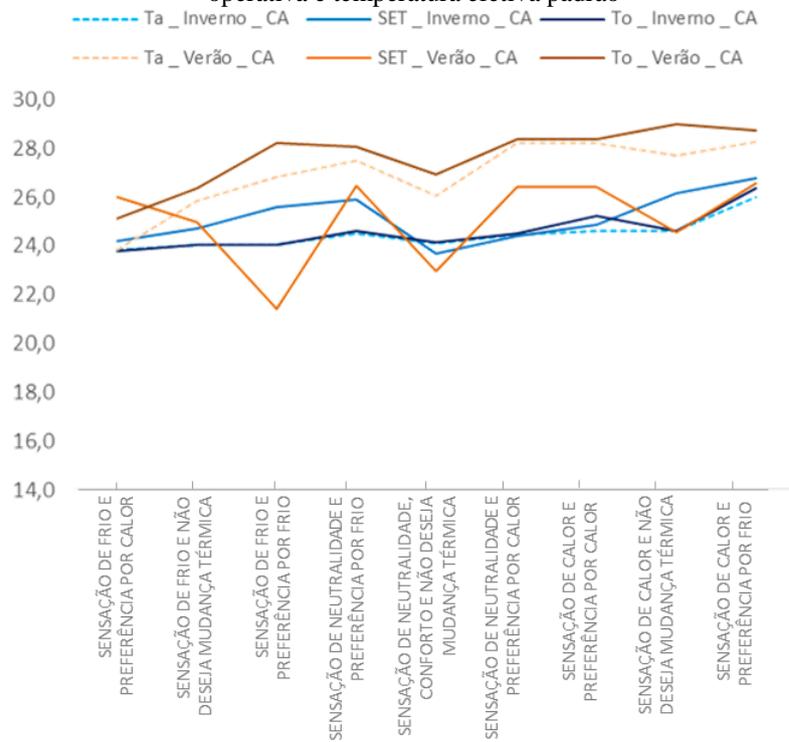
Em ambientes condicionados artificialmente, observou-se que o número de pessoas que desejavam neutralidade térmica era similar ao número das que não desejavam, independentemente da estação. Este resultado sugere que, em espaços ventilados naturalmente, é preferível a não neutralidade, enquanto que, em espaços condicionados artificialmente, esta característica é atenuada, não se observando diferenças significativas. As sensações térmicas alteraram-se de acordo com a estação, sendo observada em espaços condicionados artificialmente a diminuição da temperatura nas categorias analisadas (*cf.* Figura 20).

4.1.1.1 Temperatura do ar, temperatura efetiva padrão e temperatura operativa

Foram selecionadas as médias da temperatura do ar, da temperatura efetiva padrão e da temperatura operativa de cada categoria de sensação térmica, as quais se encontram expostas nas Figura 21 e 22. A temperatura do ar e a temperatura operativa apresentaram caráter predominantemente ascendente, se considerarmos as escalas “sensação de frio e preferência por calor”, “sensação de frio e não deseja mudança térmica”, “sensação de neutralidade, conforto e não deseja mudança térmica”, “sensação de frio e preferência por frio”, “sensação de neutralidade e preferência por frio”, “sensação de calor e preferência por calor”, “sensação de calor e não deseja mudança térmica” e “sensação de calor e preferência por frio”; de modo que as categorias de sensação fria apresentaram menor valor de temperatura média do que as de calor. A categoria de neutralidade térmica apresentou temperaturas tendendo as sensações de frio, embora próximo da mediana. Foi encontrada uma aparente tendência linear na t_a e t_o , sendo estas mais fortemente evidenciadas em espaços ventilados naturalmente.

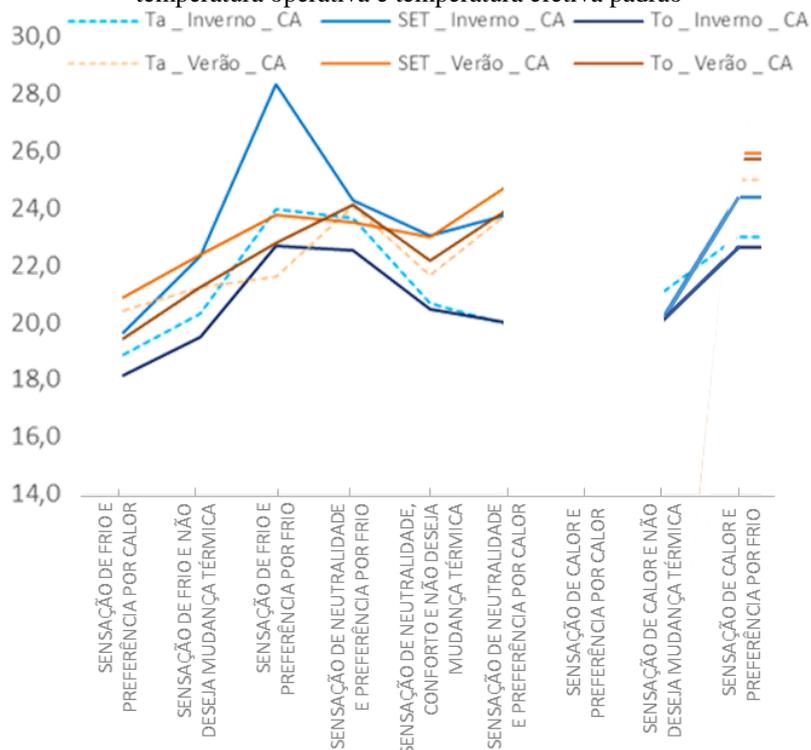
Quando analisada a temperatura efetiva padrão, não foi identificado uma linearidade que correlacionasse as sensações com os valores da SET. De acordo com De Vecchi (2015), as SETs encontradas em ambientes mistos possuem coerência com a não aceitabilidade térmica, sendo esta inversamente proporcional ao aumento da temperatura efetiva padrão, o que não ocorreu nos ambientes com sistema central de ar. Entretanto, neste trabalho, em nenhum dos ambientes ventilados naturalmente ou condicionados artificialmente analisados detectou-se uma linha de tendência para as respostas. Portanto, as evidências experimentais deste estudo são indicadores do uso da t_a e t_o como modo mais coerente de análise do conforto térmico.

Figura 21 - Preferência térmica média em ambientes ventilados naturalmente: temperatura do ar, temperatura operativa e temperatura efetiva padrão



Fonte: Autora, 2018.

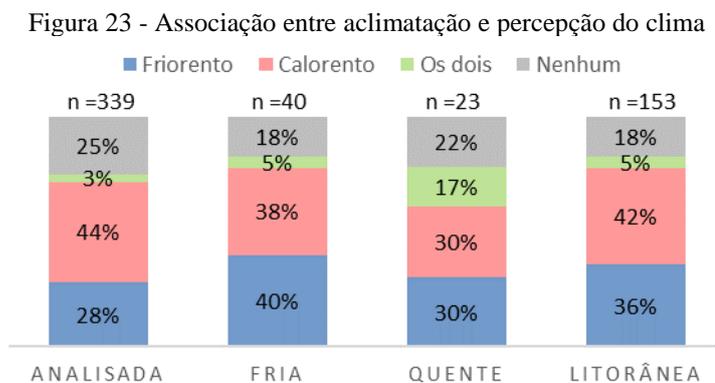
Figura 22 - Preferência térmica média em ambientes condicionados artificialmente: temperatura do ar, temperatura operativa e temperatura efetiva padrão



Fonte: Autora, 2018.

4.1.1.2 Sensação e preferência associados à aclimação

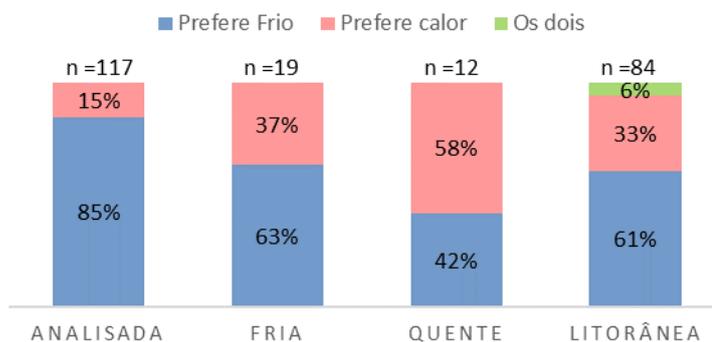
É consenso a existência de correlação entre o histórico térmico e a temperatura de conforto (*cf.* expresso no 2 ESTADO DA ARTE), de modo que é plausível a associação entre o histórico térmico e a percepção e preferência das condições climáticas. Baseado nisto, foi observada a associação entre o clima da cidade onde reside o entrevistado e a sua relação autorreferida de percepção térmica, ou seja, se este se considera friorento, calorento, os dois ou nenhum dos dois. Observou-se que, nas cidades com temperaturas elevadas, analisada e litorânea, houve um maior percentual de pessoas que se consideravam calorentas, 44% e 42%, respectivamente. O inverso ocorreu com as pessoas provenientes de clima frio, que 40% alegaram ser friorentas (*cf.* Figura 23). Tal característica sugere que as pessoas tendem a vincular diretamente a sua percepção contínua do clima com as temperaturas da cidade onde residem. Os dados referentes a regiões quentes foram desconsiderados devido ao tamanho diminuto da amostra.



Fonte: Autora, 2018.

Durante a estação do inverno, foi inserida uma pergunta no questionário sobre a preferência térmica geral do entrevistado, descartando-se a possibilidade de neutralidade quanto à preferência por sentir frio ou calor. As regiões com características climáticas frias e quentes tiveram amostras pouco representativas e, conseqüentemente, foram descartadas das análises. Observou-se, conforme exposto na Figura 24, que, nas cidades com clima semelhante a Campina Grande ou com características litorâneas, a população tende a preferir ambientes frios, 85% e 61% respectivamente. Tal resultado pode ter ligação direta com duas teorias: a) As pessoas tendem a preferir lugares frios quando vivem em regiões predominantemente quentes; e b) As pessoas preferem sensações térmicas frias.

Figura 24 - Associação entre aclimatação e preferência térmica



Fonte: Autora, 2018.

4.2.2 Conforto térmico e neutralidade térmica

Auliciems e Szokolay (2007) identificaram diferenças entre pessoas que ocupam ambientes internos e externos, sendo estes últimos os que possuem maior margem de condições aceitáveis. A amostra deste estudo apresentou resultado divergente, em ambas as estações, quando considerados unicamente aqueles que alegaram conforto independentemente da preferência ou sensação atual, conforme Tabela 14. No entanto, é possível que isto tenha ocorrido devido ao maior intervalo de temperatura durante as medições ter acontecido em ambientes condicionados artificialmente: 10,8°C contra 9,4°C no verão e 6,8 contra 5,1 no inverno (cf. Tabela 12 - Descrição das condições ambientais computadas individualmente para cada questionário no tópico 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO para maiores informações).

Foi observada uma maior resistência a elevadas temperaturas do ar em lugares ventilados naturalmente. No verão, foram encontradas a temperatura média de conforto operativa e a efetiva padrão em espaços ventilados naturalmente, respectivamente, 27,20°C e 22,69°C; e, em lugares condicionados artificialmente, 22,18°C e 23,11°C, respectivamente. No inverno, para ambientes ventilados naturalmente, a t_o e a SET média de conforto foram 24,26°C e 24,51°C, enquanto que, para espaços condicionados artificialmente, elas foram de 20,4°C e 22,9°C, respectivamente. Nota-se que a temperatura operativa apresenta um resultado similar à temperatura do ar e distante da temperatura efetiva padrão. A tabela 14 traz a estatística descritiva da temperatura ambiente a qual as pessoas alegaram conforto térmico e neutralidade conforme o tipo de condicionamento do ambiente e a estação.

Tabela 14 - Estatística descritiva da temperatura em pessoas que alegaram conforto térmico

	Pessoas em conforto _ ta °C				Pessoas em conforto que não desejam alteração no amb. _ ta °C				Pessoas que alegaram neutralidade térmica _ ta °C			
	Verão		Inverno		Verão		Inverno		Verão		Inverno	
	VN	CA	VN	CA	VN	CA	VN	CA	VN	CA	VN	CA
Média	26,6	22,0	24,2	20,8	26,1	21,7	24,1	20,5	26,7	22,5	24,2	21,1
Erro padrão	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,4	0,3	0,1	0,2
Mediana	26,6	22,1	24,3	20,5	26,6	21,7	24,3	20,2	26,7	24,2	24,3	20,8
Modo	24,6	24,2	24,3	24,0	24,6	24,2	23,8	24,0	24,6	24,2	24,8	24,0
Desvio padrão	2,4	2,9	0,8	2,1	1,9	2,8	0,9	1,9	2,7	2,8	0,9	2,0
Variância da amostra	5,5	8,1	0,6	4,2	3,8	7,7	0,8	3,5	7,1	8,0	0,8	4,2
Curtose	0,1	-1,0	1,5	-1,1	1,0	-0,9	1,1	-0,7	-0,2	-1,0	1,4	-1,2
Assimetria	-0,4	-0,3	-0,9	0,3	-0,8	-0,2	-0,6	0,4	-0,6	-0,5	-0,9	0,1
Intervalo	9,4	10,8	4,7	6,7	8,7	10,8	4,7	6,5	9,2	10,8	4,7	6,5
Mínimo	21,2	15,0	21,9	17,5	21,2	15,0	21,9	17,5	21,2	15,0	21,9	17,5
Máximo	30,7	25,8	26,5	24,2	29,9	25,8	26,5	24,0	30,4	25,8	26,5	24,0
Contagem	66	122	113	110	41	95	78	82	55	82	64	71

Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 14 evidencia que a temperatura das pessoas que alegaram neutralidade térmica (26,7°C no verão em VN e 22,5°C em CA; no inverno 24,2°C e 21,1°C em VN e CA, respectivamente) é superior à das pessoas que alegaram conforto (26,6°C e 22,0°C no verão em VN e CA, respectivamente; e no inverno 24,2°C em VN e 20,8 °C em CA), que, por sua vez, é superior à das pessoas que estavam em conforto e satisfeitas termicamente com o ambiente (não queriam nenhuma mudança no verão à 26,1°C em VN e 21,7°C em CA e no inverno 24,1°C em VN e 20,5°C em CA). Tal tendência observada corrobora a teoria de que as pessoas tendem a preferir ambientes frios em climas quentes (HUMPHREYS; NICOL, 2004).

Destaca-se que o número de pessoas que alegaram conforto é maior do que o das que alegaram neutralidade e das que não desejavam nenhuma mudança. Observa-se que mais pessoas afirmaram não querer alteração no ambiente condicionado artificialmente quando em conforto do que as que sentiam a condição térmica neutra, exatamente por preferirem a sensação de frio. Observa-se na Tabela 15 que no verão, em espaços ventilados naturalmente, 55 pessoas alegaram neutralidade e 66 conforto; no inverno 64 alegaram neutralidade e 113 conforto. Também no verão, em ambientes condicionados artificialmente, 82 pessoas alegaram neutralidade, enquanto 122 alegaram conforto; já no inverno, 71 afirmaram se sentir neutros e 110 em conforto. Também nota-se a diferença entre neutralidade térmica e conforto na mesma tabela comparativa de votos neutros com preferência e conforto, enfatizando que a neutralidade não é essencial para obtenção do conforto e que muitas

peças em neutralidade não estão completamente satisfeitas com a situação, preferindo alterações.

Tabela 15 - Comparação dos votos: conforto térmico, preferência e neutralidade

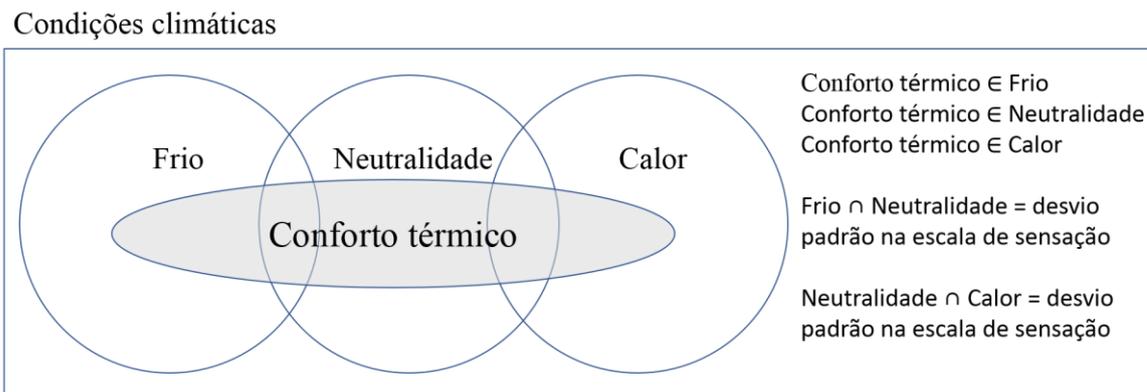
		Votos neutro	Votos neutro e conforto	Votos neutro que preferiam frio	Votos neutro que preferiam calor
Verão	VN	55	45	24	1
	CA	82	77	18	4
Inverno	VN	64	60	18	3
	CA	71	70	11	5

Fonte: Autora, 2018.

O conforto térmico e a sensação térmica não neutra não são mutuamente exclusivos. A percepção do conforto pode acontecer em sensações neutras ou não neutras, e o oposto também é verdadeiro, ou seja, a não ocorrência do conforto (desconforto) pode existir com sensações neutras e não neutras. Com base nisso, pode-se afirmar que o conforto térmico está contido nos conjuntos: sensações térmicas neutras, sensações térmicas de frio e sensações térmicas quentes (cf. Figura 25). A união entre os conjuntos de frio e neutralidade e de calor e neutralidade representa o desvio padrão do voto de sensação em relação às condições climáticas (cf.

4.1.1.2 Sensação e preferência associados à *aclimatação*). Com base nos experimentos realizados neste estudo, afirma-se que a probabilidade de as pessoas estarem em neutralidade térmica e alegarem conforto térmico em espaços condicionados artificialmente e ventilados naturalmente foi de aproximadamente 0,66, de modo que 34% das pessoas que afirmaram se sentir confortáveis expressaram sensações de frio ou calor.

Figura 25 - Análise do conforto térmico nos conjuntos Frio, Neutralidade e Calor



Fonte: Autora, 2018.

A Tabela 16 traz uma comparação entre as situações de conforto e neutralidade de diversos estudos através das análises das variáveis: temperatura do ar, temperatura operativa e temperatura efetiva padrão. Os resultados são similares ao que foi encontrado neste trabalho. Ressalta-se que muitas pesquisas denominam neutralidade o que seria conforto, assim como denominam conforto o que seria neutralidade, seguindo a metodologia que foi expressa neste estudo. Diante disto, sempre que expresse o modo de cálculo na metodologia das pesquisas que constam na Tabela 16, era considerado o método, não a denominação que os pesquisadores (autores do trabalho) deram, de modo que os termos usados nesta tabela são correspondentes aos desta pesquisa, e não necessariamente ao trabalho original.

Tabela 16 - Análise comparativa entre temperatura de conforto e neutralidade térmica entre diversos estudos

Região	Referência	Temp.	Ambiente	Amostra	Temp. de conforto	Temp. de neutralidade
Brasil	DE VECCHI (2015)	SET °C	Misto	1414	21 – 26	21 – 24
			CA	1274	23 – 26	21 – 26
Japão	RIJAL; HUMPHREYS; NICOL (2015)	t_a °C	VN	8282		27
			CA	4857		27,1
Reino Unido	HUMPHREYS; HANCOCK (2007)	t_a °C	CA	868	21	
Brasil	LYRA (2007)	t_a °C	VN	530	26,5	26,11 ¹
Brasil	LUCAS; SILVA (2017)	t_a °C	CA	76	22 - 24	
Japão	TAKASU, <i>et al.</i> (2017)	t_a °C	Misto	2722	23,5-26,6	
Brasil	VASCONCELOS (2013)	t_a °C	CA	60	21	23
China	MUI; CHAN (2003)	t_o °C	CA - verão	-	20,8 - 25	
			CA - inverno	-	19,5 - 21,5	
Brasil	XAVIER (2000)	t_o °C	Misto	841		22,11
Brasil	RUPP; DEAR; GHISI (2018)	t_o °C	Misto	5500	22 - 26	

¹ Média das entrevistas com voto de sensação térmica > -0.5 e <0.5. O total da amostra então é 55.

Fonte: Autora, 2018.

Djamila (2017) observou que, no banco de dados da ASHRAE RP-884¹⁹, existia um padrão, independentemente de o ambiente ser condicionado artificialmente ou ventilado naturalmente: a faixa de temperatura de 24°C a 25°C sempre se situava na temperatura neutra ideal. Baseado nisto, o pesquisador questionou se a temperatura de 24°C poderia ser considerada como um ponto de conforto universal. O levantamento deste estudo, conforme pode ser visualizado na Tabela 14, indicou pessoas em conforto na temperatura supracitada

¹⁹ Projeto do modelo adaptativo da ASHRAE, sendo o seu banco de dados composto de diversos estudos realizados em vários países.

em espaços condicionados artificialmente ou não, embora este valor não represente a média da temperatura do ar de conforto. Situação análoga aconteceu em muitos dos estudos citados na Tabela 16; entretanto, faz-se necessário analisar a significância deste argumento em outras pesquisas.

4.2.2.1 Histórico térmico

É consenso entre pesquisadores que estudam o conforto térmico que o histórico térmico influencia na preferência, na sensação e no conforto. A adaptação ocorre em três categorias: habituação, aclimação e ajustes. Assim sendo, pode-se afirmar que o microclima interno e externo ao qual uma pessoa repetidamente se sujeita interfere diretamente na sua relação térmica com o meio, e a soma contínua destas experiências altera e conduz a sua percepção climática. A Tabela 17 traz a temperatura de neutralidade e de conforto média com base no dendograma das temperaturas das cidades onde residem os entrevistados (cf. 3.6.3 Cálculo do histórico térmico).

Tabela 17 - Temperatura de conforto e neutralidade de acordo com histórico térmico – 01

		Amb.	Nº de votos em conforto	ta média (°C)	to média (°C)	Nº de votos em neutralidade	ta média (°C)	to média (°C)
Região analisada	Verão	VN	52	26,2	27,0	45	26,3	27,2
		CA	78	22,9	23,3	57	23,4	23,8
	Inverno	VN	58	24,1	24,0	37	24,2	24,1
		CA	29	22,4	21,4	21	22,4	21,5
Região Fria	Verão	VN	4	26,5	26,9	2	27,3	27,3
		CA	11	20,0	19,9	5	20,4	21,5
	Inverno	VN	11	24,3	24,7	6	24,0	24,3
		CA	10	21,4	21,2	6	21,9	21,9
Região Quente	Verão	VN	1	30,1	29,9	1	30,1	29,9
		CA	5	20,9	19,9	3	20,9	19,0
	Inverno	VN	3	23,2	23,5	2	23,6	24,1
		CA	10	20,3	19,6	5	21,7	21,0
Região Litorânea	Verão	VN	7	28,4	28,5	5	28,6	28,7
		CA	22	20,8	20,7	11	20,4	20,4
	Inverno	VN	37	24,4	24,7	16	24,5	25,1
		CA	58	20,1	19,8	37	20,2	20,2

Fonte: Autora, 2018.

A subdivisão dos dados nas categorias elencadas na Tabela 17 gerou amostras pouco representativas para os votos provenientes de residentes de regiões frias (4, 11, 11 e 10 à depender da estação e do condicionamento do ambiente) e quentes (1, 5, 3 e 10 à depender da estação e do condicionamento do ambiente) e da região litorânea em espaços ventilados

naturalmente na estação do verão (7). Portanto, estes são dados exploratórios e não são passíveis de gerar conclusões. As temperaturas médias do ar do conforto e da neutralidade são similares, sendo a t_a de conforto comumente um pouco menor.

Observa-se que as pessoas provenientes de regiões litorâneas preferem espaços ventilados naturalmente com temperaturas mais elevadas (28,4°C no verão e 24,4°C no inverno) do que as pessoas provenientes de regiões com clima igual ou similar ao do semiárido (26,2°C no verão e 24,1°C no inverno). O inverso ocorreu em espaços condicionados artificialmente, sendo as pessoas do semiárido confortáveis a 22,9°C no verão e 22,4°C no inverno; enquanto que os residentes de regiões litorâneas, se sentiram confortáveis a 20,8°C no verão e 20,1°C no inverno.

A fim de avaliar se as diferenças na temperatura de conforto eram estatisticamente significativas, utilizou-se o teste T-student, cujos resultados estão expostos na Tabela 18. Os testes detectaram que a temperatura de conforto em ambientes condicionados artificialmente é diferente; nos espaços ventilados naturalmente, com valor-p de 0,12, não se pode rejeitar a hipótese nula de que a temperatura de conforto é igual para pessoas provenientes de áreas litorâneas e da região analisada. Entretanto, destaca-se o pequeno valor dos testes e a possível influência da amostragem pouco representativa.

Tabela 18 - Teste-t: duas amostras presumindo variâncias populacionais diferentes com a t_a °C das pessoas que alegaram conforto

Verão	P(T<=t) bi-caudal	Região Fria	Região Quente	Região Litorânea	VN CA	Inverno	P(T<=t) bi-caudal	Região Fria	Região Quente	Região Litorânea	VN CA
	Região analisada	0,697	-	0,031			0,001	VN	Região analisada	0,59	
Região Fria	0,005	0,040	0,088	0,001	CA	Região Fria	0,16	0,01	0,00	CA	
Região Quente	-	-	0,088	0,001	VN	Região Quente	-	0,18	0,71	VN	
		0,431	0,397	0,397	CA			0,21	0,07	CA	
			-	-	VN				0,16	VN	
			0,956	0,956	CA				0,84	CA	

Fonte: Autora, 2018.

Após detectar uma diferença na temperatura de conforto de pessoas de diversas regiões localizadas em um mesmo ambiente condicionado artificialmente, pode-se supor que a aclimação fisiológica nos espaços analisados foi mais efetiva que os demais métodos de adaptação. Entretanto, devido às limitações às quais esta análise está sujeita, é essencial aumentar a amostra e refazer os testes.

Depois de suposta a influência do histórico térmico referente ao clima externo com o qual o sujeito está em contato, foram isolados os questionários de respondentes que moram

em Campina Grande ou em cidades com condições climáticas semelhantes e estudada a influência das rotineiras exposições a ambientes com ar-condicionado. Os dados foram subdivididos em 4 grupos, descritos abaixo, e os resultados podem ser visualizados na Tabela 19.

- I. Pessoas em ambientes ventilados naturalmente com exposição semanal igual ou inferior a 20 horas em espaços refrigerados mecanicamente;
- II. Pessoas em ambientes ventilados naturalmente com exposição semanal superior a 20 horas em espaços refrigerados mecanicamente;
- III. Pessoas em ambientes condicionados artificialmente com exposição semanal igual ou inferior a 20 horas em espaços refrigerados mecanicamente;
- IV. Pessoas em ambientes condicionados artificialmente com exposição semanal superior a 20 horas em espaços refrigerados mecanicamente.

Tabela 19 - Pessoas residentes em Campina Grande ou em cidades com clima semelhante e sua temperatura do ar de conforto analisada em função da exposição semanal a ambientes condicionados artificialmente

	VN		CA	
	Até 20 horas de exposição em amb. CA	Mais de 20 horas de exposição em amb. CA	Até 20 horas de exposição em amb. CA	Mais de 20 horas de exposição em amb. CA
Número de observações	110	75	42	110
Média da temp. do ar (°C)	25,9	25,8	22,1	23,6
Mediana da temp. do ar (°C)	24,8	24,8	21,9	24,2
Intervalo da temp. do ar (°C)	21,2-29,9	21,2-30,4	15,2-25,8	17,3-25,8
Número de observações em conforto	62	41	30	77
Média da temp. do ar (°C) confortável	25,2	25,1	21,4	23,3
Mediana da temp. do ar (°C)	24,8	24,6	20,9	24,2
Intervalo da temp. do ar (°C)	21,2-29,9	21,2-30,4	15,2-25,8	17,3-25,8
Média da temp. operativa (°C)	25,5	25,6	21,4	23,3
Observações em conforto que preferem o ambiente mais frio (%)	29,03%	21,95%	23,33%	31,17%
Observações em desconforto que preferem o ambiente mais frio (%)	12,50%	14,71%	25,00%	21,21%

Fonte: Autora, 2018.

Nos ambientes ventilados naturalmente, observou-se que as condições climáticas aos quais os entrevistados estavam expostos, em intervalo, média e mediana são análogas para o grupo com exposição inferior ou igual a 20 horas e o grupo com exposição superior a 20 horas, não sendo encontradas evidências experimentais que possam rejeitar a hipótese de serem iguais com valor-p > 0,1 no teste-t. Dado que as condições de exposição eram iguais e

que as condições de conforto encontradas foram iguais (valor-p > 0,1), não se pode rejeitar a hipótese de que não existe diferença na temperatura de conforto em espaços ventilados naturalmente influenciada pela exposição a espaços refrigerados mecanicamente, sendo a média da temperatura do ar confortável para aqueles com menor exposição 25,2°C e 25,1°C para os com maiores exposição.

Paradoxalmente, os resultados obtidos em ambientes condicionados artificialmente encontraram, com nível de significância valor-p < 0,01, temperatura de conforto distinta para as amostras considerando como filtro o tempo de exposição a ambientes refrigerados. Contudo, a temperatura à qual os grupos ficaram expostos foi probabilisticamente divergente (valor-p < 0,05), com temperatura do ar média de exposição de 22,1°C para os que possuem menor exposição em ambientes refrigerados mecanicamente e 23,6°C para os que possuem maior tempo de exposição, de tal modo que não se pode afirmar que a temperatura de conforto entre as amostras foi distinta por causa do tempo de exposição semanal a espaços condicionados artificialmente. Todavia, evidencia-se uma maior porcentagem de pessoas em conforto que desejavam espaços com menor temperatura no público com exposição superior a 20 horas.

De modo análogo, foi observado se o tempo de exposição em ambientes externos altera a temperatura de conforto (cf. Tabela 20). Os testes de hipóteses para confirmar que as situações climáticas a que os sujeitos estavam expostos eram similares apresentaram os seguintes resultados: os dois grupos expostos a ambientes ventilados naturalmente tiveram estatisticamente a temperatura do ar aferida similar com valor-p > 0,1 e o mesmo ocorreu com os dois grupos expostos a espaços condicionados artificialmente.

Tabela 20 - Pessoas residentes em Campina Grande ou em cidades com climas semelhantes e sua t_a de conforto analisada em função da exposição semanal a ambientes externos

	VN		CA	
	Menos de 5 horas de exposição em ambientes externos	De 5 a mais horas de exposição em ambientes externos	Menos de 5 horas de exposição em ambientes externos	De 5 a mais horas de exposição em ambientes externos
Número de observações	118	74	84	69
Média da temp. do ar (°C)	25,7	26,0	23,1	23,4
Intervalo da temp. do ar (°C)	21,2-30,4	23,8-29,9	15,1-25,8	17,0-25,8
Número de observações em conforto	72	38	61	46
Média da temp. do ar (°C) confortável	24,87	25,54	22,7	22,8
Intervalo da temp. do ar (°C)	21,2-30,4	23,8-28,6	15,1-25,8	17,0-25,8
Observações em conforto (%)	61,0%	51,4%	72,6%	66,7%

Fonte: Autora, 2018.

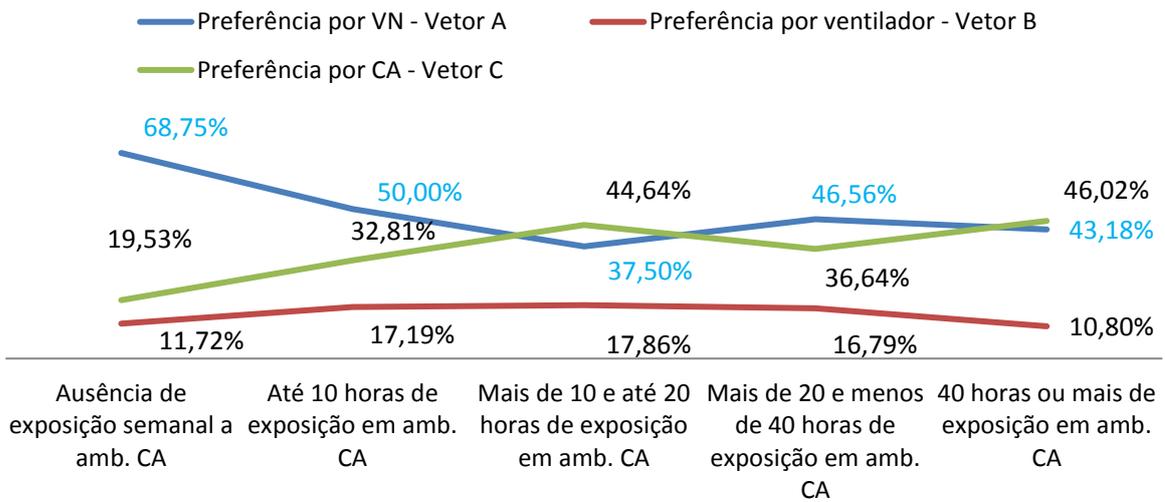
Para os ambientes ventilados naturalmente, foi detectada uma diferença aproximada de 0,7°C na temperatura média do ar de conforto, com valor-p < 0,1, rejeitando a hipótese de que a temperatura média do ar é igual para ambas as situações. Deste modo, pode-se afirmar que o tempo de exposição a espaços externos altera a percepção de conforto em espaços ventilados naturalmente. Por outro lado, as análises em espaços condicionados artificialmente apontam a inexistência de influência estatisticamente significativa entre a exposição a ambientes externos e a temperatura de conforto em espaços condicionados artificialmente, com valor-p > 0,1.

4.2.3 Preferência por método de resfriamento

O histórico térmico influencia na sensação e na percepção térmica, mas ele também é capaz de influenciar na escolha pelo método de resfriamento, de acordo com o levantamento realizado em campo (*cf.* Figura 26). O aumento do tempo de exposição em ambientes refrigerados artificialmente aumentou também a preferência por este tipo de mecanismo (variando de 19,53% a 46,02%, conforme aumentava a exposição), com correlação de 0,75 e valor-p < 0,15. Ocorre uma relação inversa pela preferência por ambientes ventilados naturalmente (variando de 68,75% a 43,18%, conforme aumentava a exposição), com correlação de -0,62 e valor-p de 0,26. Quando analisada a preferência por ventiladores, obteve-se correlação²⁰ de -0,22 e valor-p > 0,1, com variação de 11,72% a 10,80%.

²⁰ De acordo com Silva *et al.*, (2009), a correlação é nula quando apresenta valor igual a 0, fraca com valor entre 0 e 0,3, regular com valor entre 0,3 a 0,7, forte com valor entre 0,7 a 0,99, e perfeita quando R é igual a 1.

Figura 26 - Relação da exposição a ambientes CA com preferência (%) por método de resfriamento



Fonte: Autora, 2018.

O comportamento das variáveis expresso na Tabela 21 demonstra tendência não linear. Com base nisto, foram realizados os testes de Spearman e de Kendall (*cf.* Figura 26). Os resultados sugerem que existe associação entre a preferência por ambientes condicionados artificialmente e o tempo de exposição a espaços condicionados artificialmente (valor-p < 0,1 nos testes de Spearman e Kendall). Foi encontrado valor-p igual a 0,23 nos testes de Spearman e Kendall, entre a preferência por ventilação natural e o tempo de exposição a ambientes condicionados artificialmente, de modo que não se pode rejeitar a 95% de confiança que não existe associação entre as variáveis. Embora não se possa rejeitar a hipótese nula com base nas evidências amostrais, o coeficiente de Pearson encontrado é de -0,62, o que sugere uma possível associação regular negativa.

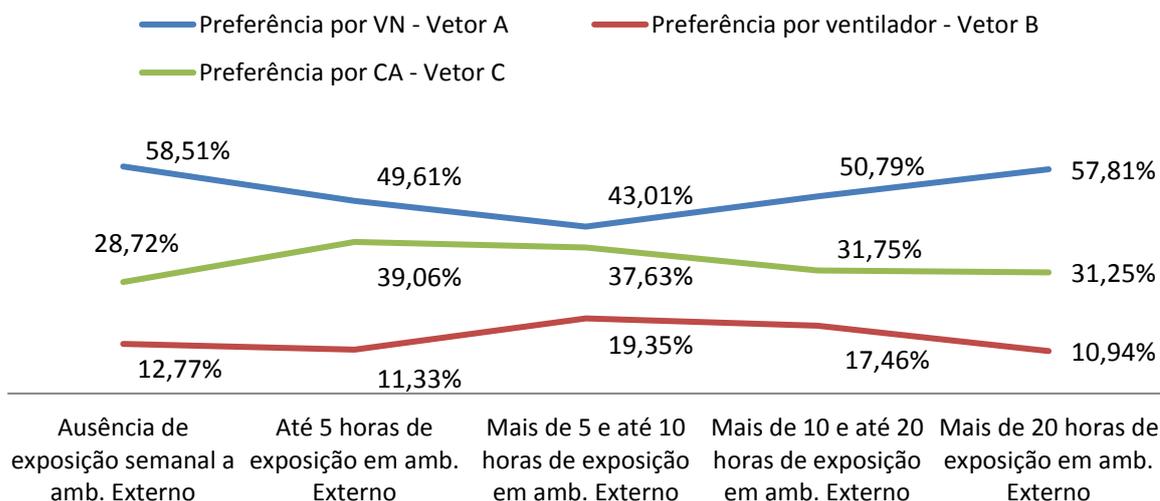
Tabela 21 - Força do relacionamento entre preferência por método de resfriamento e tempo semanal de exposição a ambientes condicionados artificialmente

	Ausência de exposição semanal a amb. CA	Até 10 horas de exposição em amb. CA	Mais de 10 e até 20 horas de exposição em amb. CA	Mais de 20 e menos de 40 horas de exposição em amb. CA	40 horas ou mais de exposição em amb. CA	Força do relacionamento entre os vetores	Correlação	Valor-p no teste de correlação	Valor-p no teste de Spearman	Valor-p no teste de Kendall
Preferência por VN - Vetor A	68,75%	50,00%	37,50%	46,56%	43,18%	Vetor A com Vetor D	-0,62	0,26	0,23	0,23
Preferência por ventilador - Vetor B	11,72%	17,19%	17,86%	16,79%	10,80%	Vetor B com Vetor D	-0,22	0,72	0,68	0,81
Preferência por CA - Vetor C	19,53%	32,81%	44,64%	36,64%	46,02%	Vetor C com Vetor D	0,75	0,14	0,08	0,08
Escala - Vetor D	0	5	15	30	40					

Fonte: Autora, 2018.

Quando estimada a relação entre exposição a ambientes externos e preferência por método de resfriamento, foi detectado um grau fraco de relacionamento entre as variáveis preferência por ventilação natural, ventilador ou ar condicionado, com correlação de 0,13, 0,06 e -0,23, respectivamente, como pode ser observado na Figura 27 e na Tabela 22. Dados os valores-p dos testes de correlação, Spearman e Kendall, pode-se afirmar a inexistência de evidências amostrais que comprovem a associação entre as variáveis. Com base nisso, não se pode rejeitar a hipótese de que o tempo de exposição a ambientes externos não possui associação com a preferência por métodos de refrigeração passivos ou ativos.

Figura 27 - Relação da exposição a ambientes externos com preferência (%) por método de resfriamento



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 22 - Força do relacionamento entre preferência por método de resfriamento e tempo semanal de exposição em ambientes externos

	Ausência de exposição semanal a amb. Externo	Até 5 horas de exposição em amb. Externo	Mais de 5 e até 10 horas de exposição em amb. Externo	Mais de 10 e até 20 horas de exposição em amb. Externo	Mais de 20 horas de exposição em amb. Externo	Força do relacionamento entre os vetores	Valor-p no teste de correlação	Valor-p no teste de Spearman	Valor-p no teste de Kendall	
Preferência por VN - Vetor A	58,51%	49,61%	43,01%	50,79%	57,81%	Vetor A com Vetor D	0,13	0,84	0,95	1,00
Preferência por ventilador - Vetor B	12,77%	11,33%	19,35%	17,46%	10,94%	Vetor B com Vetor D	0,06	0,92	0,78	0,81
Preferência por CA - Vetor C	28,72%	39,06%	37,63%	31,75%	31,25%	Vetor C com Vetor D	-0,23	0,70	1,00	0,81
Escala - Vetor D	0	2,5	7,5	15	20					

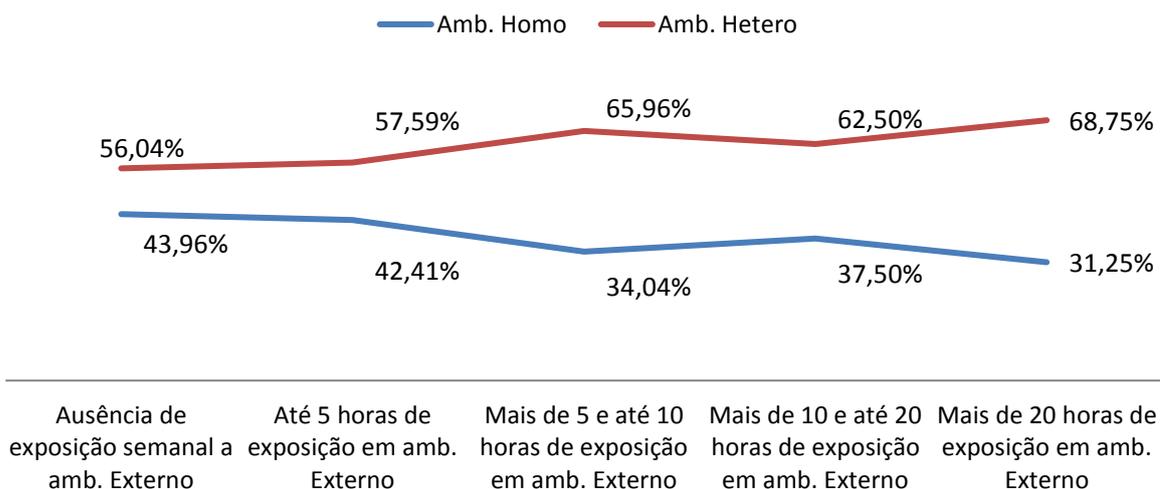
Fonte: Autora, 2018.

Durante a aplicação do questionário, foi solicitado que o entrevistado informasse sua preferência por ambientes homogêneos ou heterogêneos termicamente, ou seja, se ele pudesse controlar a temperatura do ar do ambiente ele escolheria: a) que esta variasse de acordo com as condições climáticas externas (heterogêneo); b) que esta fosse a mesma ao longo de todo o ano, independente das condições climáticas externas (homogêneo).

Observaram-se correlações significativas entre tempo de exposição a ambientes externos e preferência por ambientes heterogêneos (0,85), com valor-p < 0,1, como pode ser analisado na Figura 28 e na

Tabela 23. De modo análogo, identificou-se correlação positiva entre tempo de exposição a ambientes condicionados artificialmente e preferência por espaços homogêneos (cf. Figura 29). Todavia, com valor-p > 0,1, não se pode rejeitar a hipótese nula de que não existe associação, embora se destaque que foi encontrada correlação de 0,73.

Figura 28 - Relação da exposição a ambientes externos com preferência (%) por tipo de ambiente



Fonte: Autora, 2018.

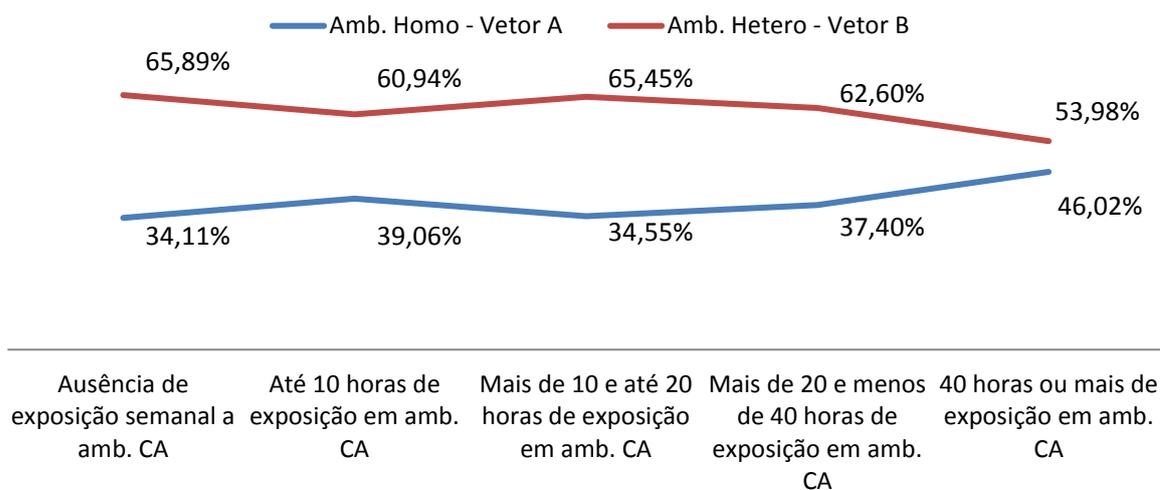
Tabela 23 - Força do relacionamento entre preferência por ambientes homogêneos ou heterogêneos e tempo semanal de exposição a ambientes externos

	Ausência de exposição semanal a amb. CA	Até 10 horas de exposição em amb. CA	Mais de 10 e até 20 horas de exposição em amb. CA	Mais de 20 e menos de 40 horas de exposição em amb. CA	40 horas ou mais de exposição em amb. CA	Força do relacionamento entre os vetores	Correlação	Valor-p no teste de correlação	Valor-p no teste de Spearman	Valor-p no teste de Kendall
Amb. Homo - Vetor A	34,11%	39,06%	34,55%	37,40%	46,02%	Vetor A e C	0,73			
Amb. Hetero - Vetor B	65,89%	60,94%	65,45%	62,60%	53,98%	Vetor B e C	-0,73	0,16	0,23	0,23
Escala - Vetor C	0	5	15	30	40					
	Ausência de exposição semanal a amb. Externo	Até 5 horas de exposição em amb. Externo	Mais de 5 e até 10 horas de exposição em amb. Externo	Mais de 10 e até 20 horas de exposição em amb. Externo	Mais de 20 horas de exposição em amb. Externo	-	-	-	-	-
Amb. Homo - Vetor A	43,96%	42,41%	34,04%	37,50%	31,25%	Vetor A e C	-0,85			
Amb. Hetero - Vetor B	56,04%	57,59%	65,96%	62,50%	68,75%	Vetor B e C	0,85	0,069	0,083	0,083
Escala - Vetor C	0	2,5	7,5	15	20					

Fonte: Autora, 2018.

Os dados sugerem que o histórico térmico do indivíduo influencia diretamente na sua preferência por um método de resfriamento, assim como no dinamismo térmico do ambiente. Entretanto, embora seja alta a preferência pelo uso de ar-condicionado, a maioria das pessoas optou por ambientes heterogêneos, cuja temperatura interna se relacionasse diretamente com o ambiente externo, evidenciando a possibilidade de ambientes com condicionamento misto e a economia de energia com condicionamento não estático. Por fim, se evidencia que as correlações de Pearson e os testes de Correlação, Spearman e Kendall efetuados neste tópico, estão sujeitos a viés, devido as categorizações e, conseqüentemente, pequenas amostras. Baseado na existência de uma possível tendência nos dados, é enfatizado que estas análises são de caráter exploratório e não devem ser interpretadas como conclusivas.

Figura 29 - Relação da exposição a ambientes CA com preferência (%) por tipo de ambiente



Fonte: Autora, 2018.

4.3 INFLUÊNCIA DA BIOMETRIA NA SENSACÃO, PREFERÊNCIA E CONFORTO TÉRMICO

Após calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) dos entrevistados, foram elaborados histogramas a fim de observar a distribuição da amostra. A concentração do IMC em poucas classes resultou na categorização dos dados em três conjuntos: pessoas abaixo do peso, normal e acima do peso. Observou-se que a temperatura de exposição destes grupos, eram, de acordo com os testes de hipótese t-student, similares. Dado que eram análogas à situação de exposição e que os testes de hipótese não rejeitaram a hipótese nula de que é igual a temperatura de conforto entre as categorias de IMC, pode-se afirmar a inexistência de evidências experimentais que confirmem a influência do IMC nas condições de conforto (*cf.* Tabela 24). Entretanto, ressalta-se que as pessoas abaixo do peso tiveram a maior temperatura média de conforto (24,65°C), e as pessoas acima do peso tiveram a menor (24,59°C).

Tabela 24 - Índice de Massa Corporal e sua influência na temperatura do ar de conforto

IMC	Observações	\bar{t}_a exp.	\bar{t}_a conforto	Aplicação do teste t nos vetores da t_a de conforto	valor-p
Abaixo do peso	21	24,7	24,65	Abaixo do peso e Normal	0,9
Normal	163	25,3	24,62	Normal e Acima do peso	0,9
Acima do peso	62	25,0	24,59	Abaixo do peso e Acima do peso	0,8

Fonte: Autora, 2018.

Foram extraídos os questionários respondidos em ambientes ventilados naturalmente e categorizados pelo gênero do respondente: feminino e masculino, conforme pode ser observado na Tabela 25. Os testes de hipótese t-student confirmaram que a temperatura de

exposição entre estes dois grupos era estatisticamente equivalente, com valor-p > 0,1. De modo análogo, não se encontraram evidências amostrais que refutassem a hipótese de a temperatura de conforto ser igual entre homens e mulheres (valor-p > 0,1).

Tabela 25 - Gênero e sua influência na temperatura do ar de conforto em ambientes ventilados naturalmente

Gênero	Observações	\bar{t}_a exp.	\bar{t}_a conforto	valor-p exp.	valor-p conf.
Feminino	161	25,6	25,0	0,8	0,5
Masculino	127	25,5	25,2		

Fonte: Autora, 2018.

A fim de verificar a influência dos parâmetros IMC, gênero e *Clo*, foram elaborados modelos de regressão linear múltipla juntamente com as variáveis clássicas dos índices preditivos de conforto: velocidade do ar, temperatura do ar e umidade relativa. Estas variáveis independentes foram usadas como coeficientes de determinação da sensação térmica, preferência térmica e conforto térmico. Destaca-se que não é proposta deste trabalho criar modelos para estimar estas variáveis dependentes, mas apenas avaliar a influência destes estimadores.

A descrição do modelo da estimação da sensação térmica pode ser visualizado na Tabela 26. O modelo elaborado não foi satisfatório, visto que os níveis de significância do IMC, do gênero e da umidade relativa não atingiram o nível de significância fixado de 5%. Mostraram-se bons estimadores para a sensação térmica as variáveis temperatura do ar, velocidade do ar e *clo*. As variáveis *clo* e velocidade do ar apresentaram associação positiva, o que sugere que o aumento destas variáveis é associado com a sensação de frio, de modo que, quanto maior o isolamento da vestimenta e da velocidade do ar, probabilisticamente maior é a chance da sensação de frio (no caso do *clo*, é provável que a sensação de frio tenha relação causal com o aumento do *clo*). Situação inversa ocorreu com a temperatura do ar, que, quanto maior, aumenta a probabilidade de sensações quentes. Se, ao invés de 5%, o nível de significância adotado fosse de 10%, observa-se que o IMC e a umidade relativa seriam estimadores estatisticamente significativos com associação negativa, ou seja, seu aumento estaria vinculado a sensações térmicas quentes.

Tabela 26 - Resumo do modelo de regressão linear múltiplo para estimação da sensação térmica

Correlação das variáveis dependentes na modelagem da sensação térmica		Coeficientes			Erro padrão	valor-P
		Interseção				
Estatística de regressão		IMC	-0,001	0,000		0,071
R múltiplo	0,538683857	Gênero	-0,068	0,126		0,591
R-Quadrado	0,290180298	Clo	0,795	0,305		0,010
R-quadrado ajustado	0,272725715	Va	4,817	1,404		0,001
Erro padrão	0,982360488	Ta	-0,376	0,054		0,000
Observações	251	Ur	-0,021	0,012		0,079

Fonte: Autora, 2018.

A fim de analisar a confiabilidade do modelo de regressão linear múltipla para estimar a sensação térmica, foram avaliados os resíduos, cuja análise apontou para não violação dos pressupostos de normalidade e independência (assume-se como independentes os dados da pesquisa baseado na estrutura de coleta). As análises de homogeneidade de variâncias obtiveram, no teste de Breusch-Pagan, valor-p = 0,017, e tal resultado implica a quebra do pressuposto de homogeneidade. Com base nisto, e na impossibilidade de transformar os valores em logaritmos (devido à velocidade do ar apresentar valor zero), optou-se por realizar regressão logística ordinal. O resultado, assim como a razão da chance, pode ser visualizado na Tabela 27. A interpretação dos dados do modelo de regressão logarítmica ordinal para sensação térmica apontou as variáveis independentes velocidade do ar, *clo* e temperatura do ar, a um nível de significância de 5%, estatisticamente significantes como preditoras da sensação. Observa-se que a razão de possibilidade é maior na velocidade do ar, seguida pelo *clo*, o que indica que, quanto maiores estas variáveis, mais aumenta a probabilidade de ocorrência de sensações térmicas frias. O oposto ocorreu com a temperatura do ar.

Os coeficientes lineares do gênero, da velocidade do ar e da temperatura do ar se mostraram estatisticamente significativos como ponderadores da preferência térmica (*cf.* Tabela 28). Observa-se, através do nível de significância, que o gênero é mais influente na preferência térmica que a velocidade do ar, a qual obteve associação negativa. Em outras palavras, pode-se afirmar que, quanto maior a velocidade do ar, mais aumenta a preferência por ambientes mais quentes. O estimador gênero, com coeficiente positivo, indica que o gênero masculino tende a preferir ambientes mais frios, enquanto que o gênero feminino tende a preferir espaços mais quentes. A variável temperatura do ar com coeficiente positivo indica que, quanto maior a temperatura, mais aumenta a probabilidade de as pessoas preferirem ambientes frios. A análise dos resíduos da regressão linear multivariada da

preferência térmica validou a pressuposição da normalidade, da independência e da homoscedasticidade, tendo a última valor-p = 0,89.

Tabela 27- Resumo do modelo de regressão logística ordinal para estimação da sensação térmica

	Coef	Pr(> Z)	Razão da chance
y>=2	20,03	<0,0001	5,02E+08
y>=3	18,91	<0,0001	1,63E+08
y>=4	17,72	<0,0001	4,97E+07
y>=5	15,32	0,0001	4,53E+06
y>=6	12,06	0,0029	1,74E+05
IMC	-0,0029	0,485	9,97E-01
Gênero	-0,26	0,2771	7,68E-01
Clo	1,75	0,0028	5,79E+00
Va	7,52	0,008	1,85E+03
Ta	-0,62	<0,0001	5,37E-01
Ur	-0,03	0,1555	9,60E-01

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 28 - Resumo do modelo de regressão linear múltiplo para estimação da preferência térmica

Correlação das variáveis dependentes na modelagem da preferência térmica		Coeficientes			Erro padrão	valor-P
Estatística de regressão		Interseção	-5,740	1,961		0,004
		IMC	0,000	0,000		0,761
R múltiplo	0,4794642	Gênero	0,478	0,127		0,000
R-Quadrado	0,2298859	Clo	0,314	0,304		0,302
R-quadrado ajustado	0,2105525	Va	-3,511	1,395		0,013
Erro padrão	0,9762753	Ta	0,347	0,054		0,000
Observações	246	Ur	0,017	0,012		0,155

Fonte: Autora, 2018.

Como estimadores do conforto térmico, mostraram-se probabilisticamente significativas as variáveis velocidade do ar, temperatura do ar e umidade relativa, como pode ser observado na Tabela 29. Destaca-se que, a um nível de 10% de significância, o IMC seria considerado um parâmetro significativo. Para o clima do semiárido paraibano, foi identificado o aumento da temperatura do ar e da umidade relativa com associação positiva ao aumento do desconforto. Inversamente, o aumento da velocidade do ar se associou com a diminuição dos níveis de desconforto.

Tabela 29 - Resumo do modelo de regressão linear múltiplo para estimação do conforto térmico

Correlação das variáveis dependentes na modelagem do conforto térmico		Coeficientes			Erro padrão	valor-P
Estatística de regressão		Interseção	-8,392	1,597		0,000
R múltiplo	0,5304225	IMC	0,001	0,000		0,061
R-Quadrado	0,281348	Gênero	0,021	0,104		0,839
R-quadrado ajustado	0,2636035	Clo	-0,283	0,250		0,260
Erro padrão	0,804973	Va	-5,771	1,150		0,000
Observações	250	Ta	0,344	0,044		0,000
		Ur	0,029	0,010		0,004

Fonte: Autora, 2018.

Os resíduos da regressão de conforto foram analisados, atestando-se a independência e a normalidade dos dados. Entretanto, o teste de Breusch-Pagan obteve valor-p $<0,001$ e, portanto, pode-se afirmar que os resíduos apresentaram heteroscedasticidade. Seguindo o mesmo princípio adotado para avaliação da sensação térmica, foi modelada uma regressão logística ordinal, cujo resumo pode ser visualizado na Tabela 30. Observa-se que as variáveis IMC, gênero e *clo* não foram consideradas boas preditoras a um nível de significância de 10%. O mesmo não ocorreu com as variáveis clássicas de modelos preditivos de conforto térmico: velocidade do ar, temperatura do ar e umidade relativa. As interpretações da razão da chance sugerem que o aumento da temperatura do ar e da umidade relativa está associado ao desconforto, enquanto que o aumento da velocidade do ar é probabilisticamente um preditor de situações confortáveis. Destaca-se que as variáveis temperatura do ar e velocidade do ar se apresentaram como boas preditoras da sensação térmica, preferência térmica e conforto térmico.

Tabela 30 - Resumo do modelo de regressão logística ordinal para estimação do conforto térmico

	Coef	Pr(> Z)	Razão da chance
y>=2	-25,00	<0,0001	1,38E-11
y>=3	-26,52	<0,0001	3,03E-12
y>=4	-27,68	<0,0001	9,48E-13
IMC	0,00	0,4885	1,00E+00
Gênero	0,23	0,3893	1,26E+00
Clo	-0,85	0,2377	4,25E-01
Va	-12,30	0,0003	4,51E-06
Ta	0,81	<0,0001	2,26E+00
Ur	0,07	0,0043	1,08E+00

Fonte: Autora, 2018.

4.4 ÍNDICES PREDITIVOS DE CONFORTO TÉRMICO

Em situações não ideais, nas quais um espaço contém pessoas com diferentes históricos térmicos, é substancial saber qual índice preditivo de conforto obtém melhor desempenho. Deste modo, observaram-se os resultados obtidos com o PMV, com o modelo adaptativo normatizado pela ASHRAE-55 (2017) e com o PMVe. Considerou-se como tópico de análise se o índice acertou na sensação do entrevistado e se acertou quando ele estava em conforto e desconforto independentemente do nível predito, como pode ser visto na Tabela 31. Não foi considerado o nível específico de desconforto devido ao baixo acerto na sensação e a não possível comparação, já que o adaptativo não trabalha com as mesmas escalas. Outro aspecto importante é que o índice adaptativo trabalha com até 80% de aceitação, enquanto o PMV se limita a 90%.

Tabela 31 - Concordância entre os índices preditivos e a sensação real do entrevistado em percentual

	Museu VN		Museu CA		Univ. VN		Univ. CA	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Amostra	54	52 e 50 ¹	87	84 ³	58	95 ²	84	25
Ta max. °C	30,6	26,5	25,4	25,4	29,9	27,0	25,8	23,97*
Ta min. °C	25,6	21,9	15,0	15,0	21,2	23,8	24,2	24,0
To max. °C	30,3	27,1	27,6	27,6	30,1	27,4	26,6	22,69*
To min. °C	26,4	21,8	16,4	16,4	25,1	23,4	24,5	22,7
PMV_ Sensação	24,1%	36,0%	51,7%	51,2%	43,1%	26,3%	40,5%	48,0%
PMV_ Conforto	46,3%	32,0%	47,7%	48,8%	50,0%	45,3%	44,0%	64,0%
PMV_ Conf. x Desconf.	46,3%	32,0%	48,8%	50,0%	72,4%	64,2%	51,2%	64,0%
Adap._ Conforto	50,0%	80,8%	13,8%	11,9%	41,4%	57,9%	56,0%	84,0%
Adap. Conf. x Desconf.	51,9%	86,5%	25,3%	19,0%	72,4%	57,9%	56,0%	84,0%
PMVe_ Sensação	35,2%	56,0%	55,8%	63,1%	50,0%	32,6%	47,6%	64,0%
PMVe_ Conforto	40,7%	48,0%	62,8%	69,0%	41,4%	55,8%	54,8%	84,0%
PMVe_ Conf x Desconf.	53,7%	90,0%	95,3%	97,6%	72,4%	60,0%	56,0%	84,0%

* As medições consistiram em um único momento

¹ 14 e 16 questionários foram descartados nas avaliações dos índices adaptativo e PMV respectivamente

² 5 questionários foram descartados nas avaliações dos índices

³ 14 questionários foram descartados nas avaliações dos índices

Fonte: Autora, 2018.

O índice PMV apresentou, em ambientes condicionados artificialmente, o seu melhor resultado na predição da sensação (51,72%), destacando-se a baixa predição de sensação no ambiente ventilado naturalmente (24,07%) em decorrência dos valores considerados na

variável velocidade do ar. Entretanto, quando este índice apresentou valores pequenos na velocidade do ar, resultou na melhor predição de conforto deste modelo, a saber, 72,41%.

O modelo adaptativo, como esperado, obteve melhor desempenho no espaço ventilado naturalmente, o mesmo do PMV, e apresentou resultados insatisfatórios no condicionado artificialmente (24,14%), pois este teve, como temperatura do ar aferida, resultados discrepantes da média encontrada nos espaços externos. Os resultados obtidos no adaptativo da Universidade _CA conseguiram prever os estudantes em conforto, mas não os que estavam em desconforto. Isso ocorreu porque o intervalo de temperatura obtido neste ambiente se assemelha à temperatura média mensal e, portanto, o seu resultado no índice tendia ao conforto.

Os resultados derivados da extensão do PMV elaborado por Fanger e Toftum (2002) obtiveram o maior percentual de acerto na predição do conforto, independentemente de o espaço ser condicionado artificialmente ou ventilado naturalmente. No entanto, em relação à concordância entre a sensação predita e a real, o seu percentual máximo foi de 64%.

Teoricamente, o índice adaptativo apresenta resultados satisfatórios quando aplicado em ambientes ventilados naturalmente. O PMVe, quando utilizado em pessoas aclimatadas a regiões quentes e em espaços ventilados naturalmente, e o PMV têm caráter universal, desde que suas variáveis ambientais estejam dentro de limites definidos. Sendo assim, observou-se o índice de acerto percentual com base na região onde o entrevistado alegou residir (*cf.* Tabela 32).

Tabela 32 - Comparação dos resultados preditos em relação ao conforto e desconforto por região onde reside o entrevistado

		Índice de Acerto por região do entrevistado							
Região	Observações consideradas	Índice							
		adaptativo		pmv		pmve		pmve*	
Analisada	334	183	54,95%	184	55,26%	203	60,96%	71	33,33%
Fria	37	20	54,05%	20	54,05%	24	64,86%	8	38,10%
Quente	22	7	31,82%	8	36,36%	11	50,00%	5	35,71%
Litorânea	137	59	43,07%	67	48,91%	82	59,85%	26	36,11%

* pmve calculado com o fator de expectativa e com a diminuição de 6,7% da taxa de metabolismo. Avaliado unicamente em ambientes ventilados naturalmente.

Devido a problemas com equipamentos e questionário incompleto foram descartados: 14, 4, 1 e 16 questionários da região analisada, fria, quente e litorânea, respectivamente.

Foram desconsiderados os questionários que não tiveram cidade declarada.

Fonte: Autora, 2018.

O modelo adaptativo apresentou melhor resultado (\cong 55%) com as pessoas residentes na região analisada, o que era esperado, já que a temperatura externa utilizada no cálculo

condiz com a que elas estão habituadas. O modelo PMV apresentou melhores resultados para a população habituada ao clima local, seguida por aqueles que residem em regiões frias. Já o modelo PMVe apresentou novamente os melhores resultados em todas as categorias, destacando-se as pessoas provenientes da região fria e da região analisada.

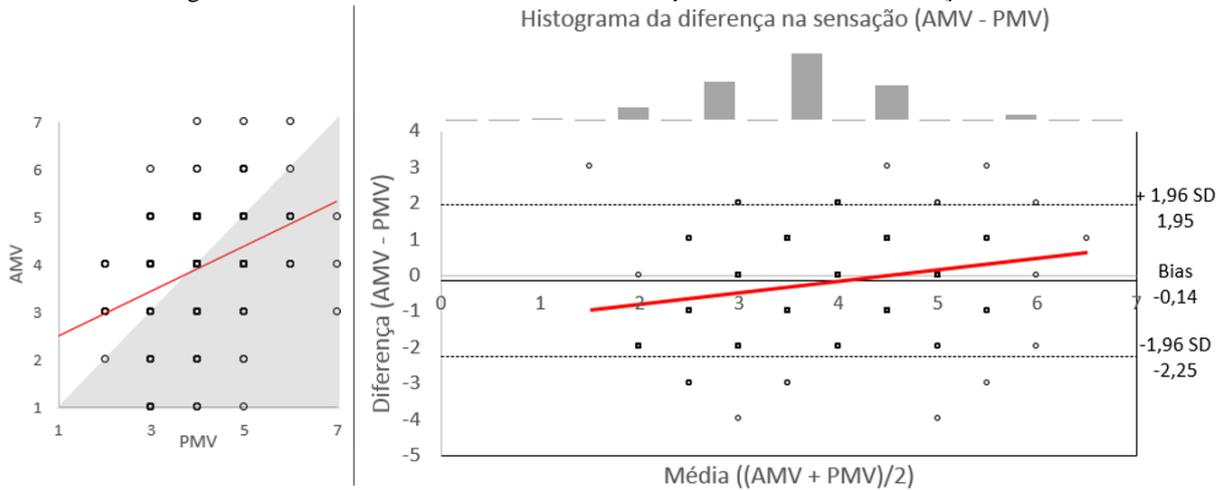
Como pode ser visualizado na Tabela 32, o uso do índice PMVe com o fator expectativa e a taxa de redução de 6,7% do metabolismo obteve o pior resultado. Dado que este só foi aplicado em ambientes ventilados naturalmente, não era esperada uma concordância pequena. As análises dos dados apontam que houve uma superestimação das condições climáticas confortáveis quentes e uma subestimação das condições frias.

4.4.1 Análise da concordância entre o autorreferido (AMV) e o predito nos índices PMV e PMVe

Após quantificado o acerto relativo entre modelos preditivos de conforto térmico, analisou-se a dispersão e o gráfico de Bland Altman (*cf.* tópico 3.6.9 Bland Altman), a fim de descobrir o nível de concordância e a distribuição das respostas (AMV – Actual Mean Vote) com o predito. Foram estudados os índices PMV, PMVe* com fator expectativa e diminuição de 6,7% da taxa de metabolismo, e o PMVe unicamente com o fator expectativa, nas escalas de sensação e de conforto, devido à categorização destes possuírem a mesma distribuição da empregada no questionário. Para o índice PMVe* com fator expectativa e redução de 6,7% da taxa de metabolismo, só foram considerados os dados referentes a pessoas em espaços ventilados naturalmente, mas, para os demais, foram consideradas pessoas em espaços ventilados naturalmente e condicionados artificialmente.

Observou-se, na Figura 30, que a concordância da sensação térmica entre o autorreferido e o predito no PMV apresentou um viés próximo a zero (-0,14). Entretanto, isso ocorreu por existir uma maior concentração de valores negativos nas três primeiras categorias de medição (remetentes ao calor) e de valores positivos nas últimas três (remetentes ao frio). Embora se tenha encontrado concentrações das diferenças entre medido e predito, os erros amostrais (provenientes dos índices) oscilaram por toda a escala.

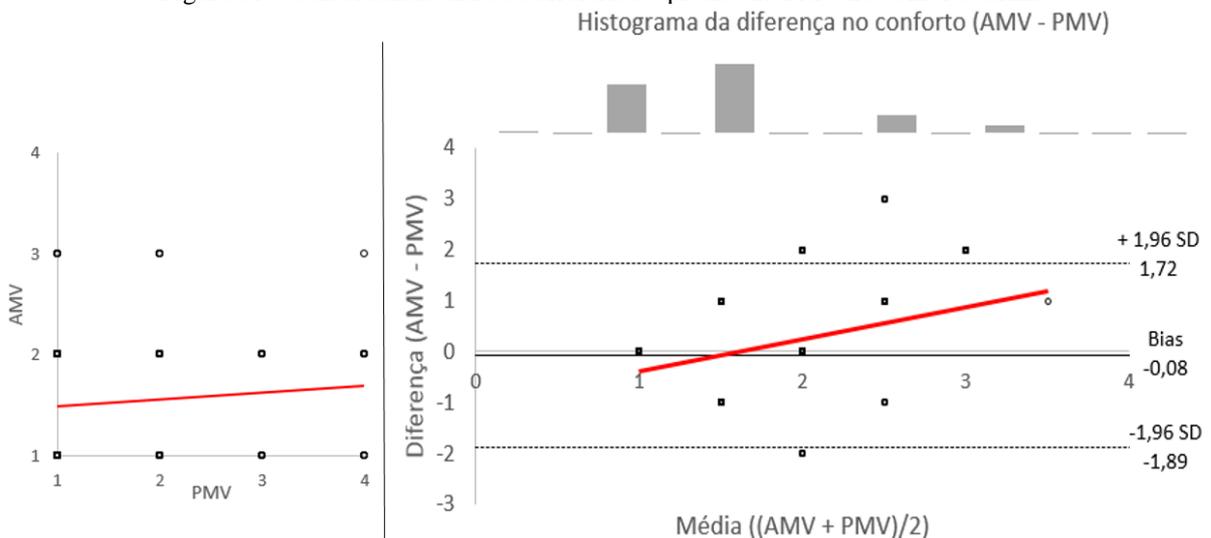
Figura 30 - Concordância entre autorreferido e predito no PMV na sensação térmica



Fonte: Autora, 2018.

Quando se comparou a concordância do PMV e do AMV em relação ao conforto (*cf.* Figura 31), foram encontradas diferenças significativas e dispersas ao longo da escala. Devido à não normalidade das diferenças, não foi considerado o gráfico de Bland Altman. No gráfico de dispersão, observa-se a tendência linear com inclinação levemente ascendente, o que sugere uma leve convergência dos dados preditos aumentarem com o autorreferido.

Figura 31 - Concordância entre autorreferido e predito no PMV no conforto térmico

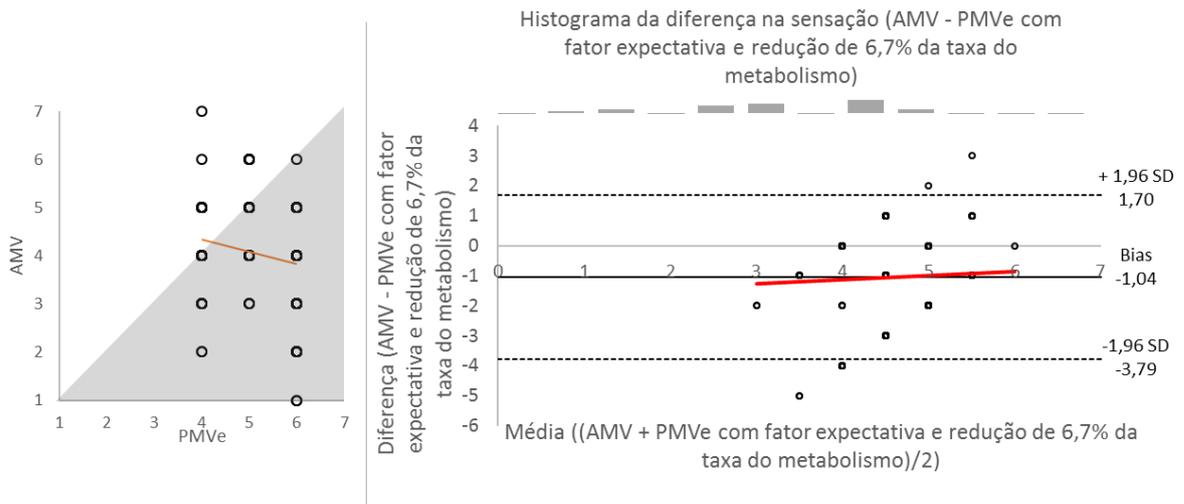


Fonte: Autora, 2018.

O gráfico de dispersão dos votos autorreferidos de sensação térmica com o predito pelo PMVe* com fator expectativa e redução de 6,7% da taxa metabólica (*cf.* Figura 32) indica uma concentração dos dados estimados pelo PMVe nas categorias de neutro, levemente frio e frio, enquanto as pessoas afirmavam sentir sensações quentes. Esta distribuição sugere

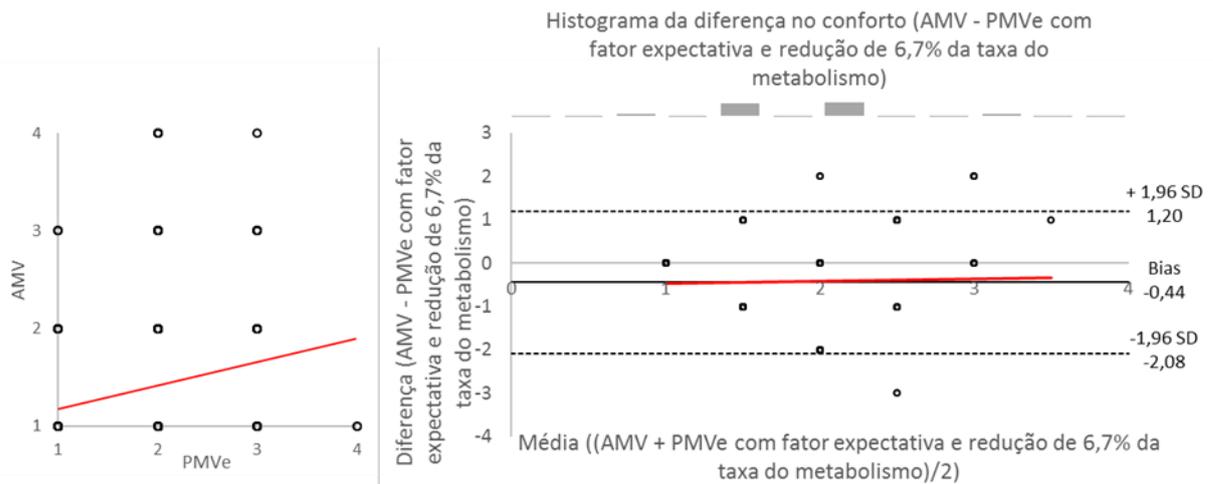
subestimação das sensações quentes pelo índice, o que é confirmado pela linha de tendência com inclinação descendente. A concordância em relação ao conforto entre o PMVe* e o AMV (cf. Figura 33), embora com um pequeno viés médio (0,44), não possui distribuição linear ao longo das escalas, não sendo encontrado um erro constante proporcional dentro do intervalo avaliado.

Figura 32- Concordância entre autorreferido e predito no PMVe* (com fator expectativa e redução de 6,7% da taxa metabólica) na sensação térmica



Fonte: Autora, 2018.

Figura 33 - Concordância entre autorreferido e predito no PMVe* (com fator expectativa e redução de 6,7% da taxa metabólica) no conforto térmico

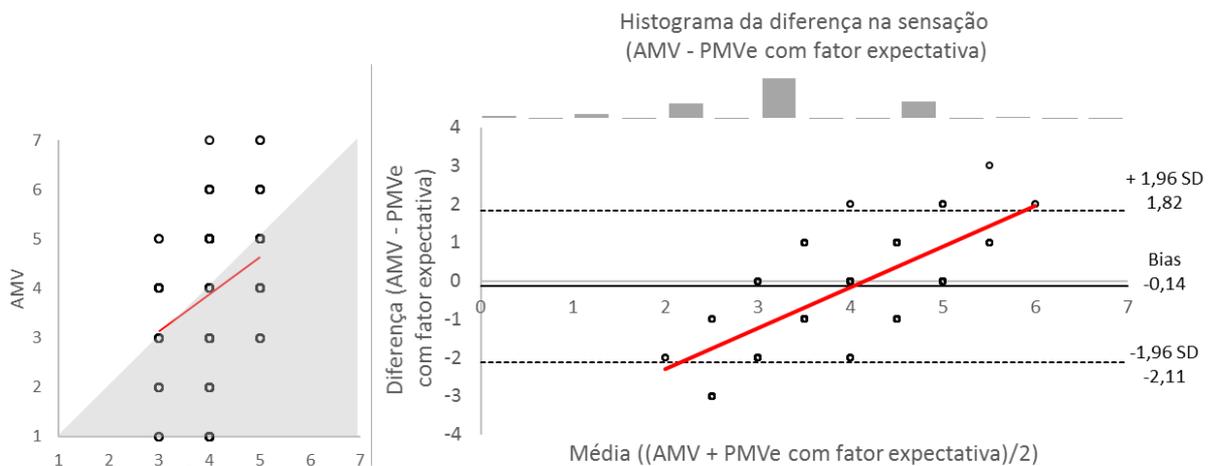


Fonte: Autora, 2018.

O índice PMVe, calculado com a inserção do fator expectativa, obteve melhor resultado absoluto na avaliação dos modelos preditivos de conforto térmico. Na análise de concordância da sensação observada no gráfico de dispersão, atenta-se para a linha de

tendência traçada, que possui um ligeiro desvio, sendo sua inclinação levemente inferior a 45°. Este resultado sugere que, em média, o erro do índice é pequeno. Análises do gráfico de Bland Altman juntamente com o de dispersão (cf. Figura 34) apontam que o PMVe se concentrou nas escalas levemente quente (3), neutro (4) e levemente frio (5), enquanto os votos autorreferidos variaram nas sete escalas de sensação. Este resultado implica na subestimação da real sensação das pessoas.

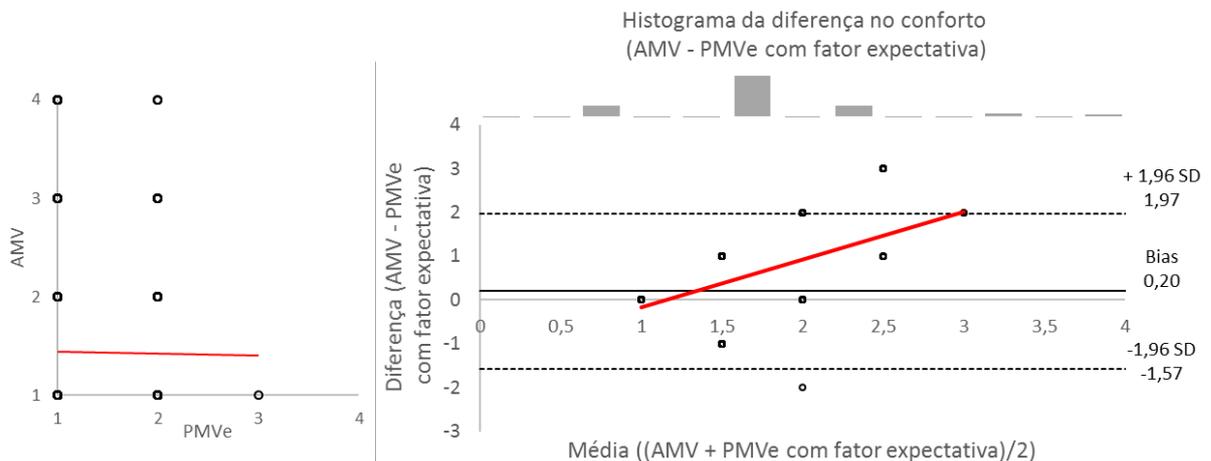
Figura 34 - Concordância entre autorreferido e predito no PMVe (com fator expectativa) na sensação térmica



Fonte: Autora, 2018.

Analisando a Figura 35, que retrata a concordância entre o autorreferido e o predito pelo PMVe com fator expectativa, visualiza-se a subestimação do índice em relação ao desconforto. Observa-se que a diferença entre o AMV e o PMVe se concentra em valores positivos, o que indica que o PMVe tendia a valores de conforto e leve desconforto, enquanto as pessoas alegavam um nível maior de desconforto.

Figura 35 - Concordância entre autorreferido e predito no PMVe (com fator expectativa) no conforto térmico



Fonte: Autora, 2018.

4.4.2 Temperatura externa no modelo adaptativo

Nos estudos que utilizam o conforto adaptativo, destaca-se a variedade de opções para se calcular a temperatura externa. Optou-se por avaliar, dentre algumas delas (cf. 3.6.4.1 Temperatura externa no cálculo adaptativo), quais obteriam o maior percentual de concordância com a sensação real de conforto. O resultado pode ser visualizado na Tabela 33.

Observou-se que o uso da temperatura com fator de ponderação alfa igual a 0,7 obteve o maior índice de acerto absoluto (305). Entretanto, quando isolados os acertos provenientes de ambientes ventilados naturalmente, este índice só acertou 168 de 259, enquanto todos os demais acertaram 170 (65% da amostra). O seu desempenho superior em números absolutos em relação aos demais índices se deve ao um maior nível de acertos em ambientes condicionados artificialmente, que totalizou 137, enquanto os demais variaram de 106 a 117. As análises dos dados apontam que este maior acerto é proveniente da sua temperatura inferior em 97% dos casos em relação aos demais métodos, desta forma aumentando a tolerância das pessoas expostas a ambientes frios. De forma análoga, diminui o limite da tolerância máxima a temperaturas elevadas, motivo pelo qual acertou menos em ambientes ventilados naturalmente que os demais índices.

Tabela 33 - Índice de acerto do modelo adaptativo utilizando métodos distintos para cálculo da temperatura externa

Verão							
	Amostra	Adp. T°ext. Ted-1	Adp. T°ext. comp. Mês	Adp. T°ext. med. Arit. Ted- 1 à Ted-7	Adp. T°ext. ASHRAE com $\alpha = 0,7$	Adp. T°ext. DE DEAR et al.	
	Museu_VN	54	51,9%	51,9%	51,9%	40,7%	51,9%
	Museu_CA	87	25,3%	23,0%	23,0%	34,5%	26,4%
	Universidade_VN	58	72,4%	72,4%	72,4%	72,4%	72,4%
	Universidade_CA	84	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%	57,1%
	Número de acertos :		139	137	137	141	141
Inverno							
	Amostra	Adp. T°ext. Ted-1	Adp. T°ext. comp. Mês	Adp. T°ext. med. Arit. Ted- 1 à Ted-7	Adp. T°ext. ASHRAE com $\alpha = 0,7$	Adp. T°ext. DE DEAR et al.	
	Museu_VN	52	86,5%	86,5%	86,5%	90,4%	86,5%
	Museu_CA	84	19,0%	31,0%	32,1%	53,6%	29,8%
	Universidade_VN	95	57,9%	57,9%	57,9%	60,0%	57,9%
	Universidade_CA	25	84,0%	84,0%	84,0%	60,0%	84,0%
	Número de acertos :		137	147	148	164	146
	Número de acertos total:		276	284	285	305	287

Fonte: Autora, 2018.

Com exceção do índice com ponderação alfa, todos os demais erraram 89 previsões de conforto em ambientes ventilados naturalmente. Destas, oito ocorrências previram desconforto enquanto o entrevistado alegava conforto, enquanto 81 previram conforto enquanto o usuário alegava desconforto. A exceção foi o índice que utilizou a temperatura do dia anterior, o qual obteve 11 erros por alegar desconforto enquanto o entrevistado alegava conforto. Situação diferente ocorreu com o índice de ponderação alfa, que, dos 91 erros de previsão, 42 aconteceram por alegar desconforto enquanto o entrevistado afirmou se sentir confortável, e 49 por alegar conforto enquanto o entrevistado alegou desconforto.

Observou-se que parcela significativa dos erros encontrados nos modos de cálculo da temperatura externa decorria do fato de esta prever temperaturas de conforto acima do que foi encontrado nas pesquisas em campo, de modo que o índice predizia conforto enquanto os entrevistados alegavam desconforto com sensação de calor. Surge a hipótese de isto ocorrer devido ao fato de estes modelos usarem a temperatura média do dia como fonte primária e a cidade analisada apresentar uma considerável amplitude diária.

Em decorrência disso, testou-se a utilização da temperatura diária média como igual à média aritmética do intervalo de 06h00min às 18h00min, e a interpolação do aumento da temperatura operativa limite resultante da velocidade do ar, nos modelos: temperatura externa com fator de ponderação α de sete dias sequenciais imediatamente anteriores à medição e temperatura semanal média de dias imediatamente anteriores à medição com uso de ponderação.

Na Tabela 34, identificam-se alterações mínimas nos modelos originais e as alterações propostas. Para os ambientes ventilados naturalmente, houve um aumento de duas previsões para os modelos adaptativos elaborados por De Dear com horário de 06:00 às 18:00h e com a modificação do horário e a interpolação do acréscimo da temperatura operativa máxima aceitável. Considerando os ambientes ventilados naturalmente e condicionados artificialmente, o único modelo que obteve melhor resultado absoluto foi elaborado com o uso da ponderação alfa igual a 0,7 e com a interpolação da temperatura operativa. Entretanto, o índice conseguiu apenas uma previsão a mais em espaço condicionado artificialmente. As alterações na forma de cálculo da temperatura externa elevaram a temperatura operativa dita como confortável e, devido a isso, não se conseguiu obter melhor resultado.

Tabela 34 - Índice de acerto do modelo adaptativo utilizando a interpolação do aumento limite da t_o

Verão										
	Adp. T°ext. ASHRAE com e = 0,7 _ Modelo com T°ext. 06:00-18:00h		Adp. T°ext. ASHRAE com e = 0,7 _ Modelo Interpolarizado		Adp. T°ext. ASHRAE com e = 0,7 _ Modelo Interpolarizado e com T°ext. 06:00-18:00h		Adp. T°ext. DE DEAR et al _ Modelo Interpolarizado		Adp. T°ext. DE DEAR et al _ Modelo Interpolarizado e com T°ext. 06:00-18:00h	
Museu_VN	28	51,9%	26	48,1%	25	46,3%	30	55,6%	29	53,7%
Museu_CA	24	27,6%	30	34,5%	24	27,6%	15	17,2%	30	34,5%
Universidade_VN	42	72,4%	42	72,4%	42	72,4%	42	72,4%	31	53,4%
Universidade_CA	50	59,5%	50	59,5%	49	58,3%	48	57,1%	31	36,9%
N° de acertos:	144		148		140		135		121	
Inverno										
	Adp. T°ext. ASHRAE com e = 0,7 _ Modelo com T°ext. 06:00-18:00h		Adp. T°ext. ASHRAE com e = 0,7 _ Modelo Interpolarizado		Adp. T°ext. ASHRAE com e = 0,7 _ Modelo Interpolarizado e com T°ext. 06:00-18:00h		Adp. T°ext. DE DEAR et al _ Modelo Interpolarizado		Adp. T°ext. DE DEAR et al _ Modelo Interpolarizado e com T°ext. 06:00-18:00h	
Museu_VN	45	83,3%	45	83,3%	45	83,3%	45	83,3%	45	83,3%
Museu_CA	25	29,8%	37	44,0%	19	22,6%	24	28,6%	27	32,1%
Universidade_VN	55	57,9%	55	57,9%	55	57,9%	55	57,9%	55	57,9%
Universidade_CA	21	84,0%	21	84,0%	21	84,0%	21	84,0%	21	84,0%
N° de acertos:	146		158		140		145		148	
N° de acertos total:	290		306		280		280		269	279

Fonte: Autora, 2018.

Dos erros encontrados nos índices adaptativos em ambientes ventilados naturalmente, observou-se que cerca de 70% destes ocorreram com pessoas que estavam aclimatadas ao clima local (moravam na cidade ou em outra com clima semelhante). Estes resultados evidenciam que os modelos adaptativos da ASHRAE 55-2017 superestimam a temperatura operativa máxima aceitável para o conforto em clima quente e seco.

Considerações similares a estas foram realizadas em estudos conduzidos em residências na Austrália (DE DEAR *et al.*, 2018), observando-se uma superestimação da temperatura máxima aceitável e uma subestimação da temperatura mínima em modelos adaptativos. Este mesmo estudo estabeleceu intervalos de conforto maior para residências do que a norma ASHRAE 55 (2013) previa, entretanto, esta delimitação estava deslocada para zonas com temperaturas inferiores. Para explicar o ocorrido, foi formulada a hipótese de que pessoas em residências possuem um maior grau de liberdade e de oportunidades de adaptação do que pessoas em ambientes de escritório, o que corresponde à amostra da norma supracitada, motivo pelo qual esta não é adequada para tipos de ambientes distintos. Este estudo também corrobora pesquisas que vêm encontrando preferência por ambientes mais frios em residências.

Como observado neste trabalho, a maior parte dos erros do modelo adaptativo decorreu da superestimação da temperatura máxima de conforto. Tal achado, principalmente por se tratar de um ambiente de museu, sugere que, em espaços de lazer e descanso, possa existir uma preferência por ambientes frios. Entretanto, são necessários mais estudos que evidenciem empiricamente a relação de casualidade entre estes espaços e a temperatura desejada.

4.5 MOVIMENTAÇÃO DO AR

Os efeitos da velocidade do ar vêm sendo debatidos há décadas, havendo uma mudança de paradigma nos últimos anos, quando estes passaram a ser vistos como benéficos (DE DEAR *et al.*, 2013). Entre as qualidades desejáveis da ventilação natural, destaca-se a renovação do ar e a perda de calor do corpo para o meio ambiente. Todavia, embora seja consenso que exista uma associação positiva entre a temperatura operativa máxima aceitável e a velocidade média do ar, não se tem definido até que ponto esta pode ser desejável.

As mudanças recentes na norma ASHRAE 55-2013 comprovam a rápida modificação de conceitos sobre a influência da velocidade do ar. Na sua primeira versão, para metabolismos abaixo de 1,3 met, admitia-se para ambientes com controle da velocidade do ar o limite de 1,2 m/s e sem controle para $t_o < 22,5^\circ\text{C}$ limite máximo de 0,15 m/s (ASHRAE 55-2013). Em dezembro de 2014, foi lançado o addendum b, que afirmava não haver limite para velocidade do ar se o ocupante tivesse controle e que aumentou a velocidade máxima permitida para 0,20 m/s para $t_o < 22,5^\circ\text{C}$. Em junho de 2015, foi divulgado o addendum d, que limitava para $t_o < 23^\circ\text{C}$ o limite de 0,20 m/s. Embora tenham ocorrido estas alterações na norma, a sua última revisão (ASHRAE 55-2017) manteve intacto o limite máximo da velocidade do ar de 0,8 m/s para $t_o > 25,5^\circ\text{C}$.

Nesta pesquisa foram detectadas 15 pessoas no verão e seis no inverno que alegaram conforto estando em ambientes internos, ventilados naturalmente, com $t_o > 25,5^\circ\text{C}$ e velocidade média do ar superior a 0,8 m/s. Todas estas pessoas estavam sentadas e executando atividades leves, com seu met estimado em 1,2. Estas não tinham qualquer tipo de controle sobre a ventilação. Uma descrição breve sobre estas pessoas pode ser vista na Tabela 35.

Tabela 35 - Pessoas em conforto com $t_o > 25,5^\circ\text{C}$ e $va > 0,8$ m/s.

	Sexo	Clo	Região	Sensação	Preferência	Horas		t_o ($^\circ\text{C}$)	va (m/s)	
						CA*	ext.*			
1	masculino	0,33	litoranea	lev. Quente	um pouco mais frio	40	6	30,32	1,0	V e r ã o
2	feminino	0,46	litoranea	neutro	um pouco mais frio	0	2,31	30,19	1,1	
3	feminino	0,45	analísada	neutro	um pouco mais frio	0	3,5	28,35	1,8	
4	feminino	0,45	analísada	lev. Quente	um pouco mais frio	0	4	28,35	1,8	
5	masculino	0,52	analísada	neutro	assim mesmo	0	32	28,12	2,2	
6	masculino	0,28	analísada	neutro	assim mesmo	0	14	28,70	1,7	
7	masculino	0,44	analísada	lev. Frio	assim mesmo	30	8	28,64	2,0	
8	masculino	0,33	analísada	lev. Quente	assim mesmo	20	6	28,33	2,1	
9	masculino	0,58	não iden	neutro	assim mesmo	2	0	27,37	2,2	
10	masculino	0,33	analísada	neutro	assim mesmo	37,5	21	27,19	2,4	
11	feminino	0,5	analísada	lev. Frio	assim mesmo	25	14	26,89	3,1	
12	masculino	0,52	analísada	neutro	bem mais frio	5	2	26,60	2,7	
13	masculino	0,45	litoranea	neutro	assim mesmo	27,5	4,5	26,51	2,9	
14	feminino	0,26	analísada	neutro	assim mesmo	55	21	26,38	3,3	
15	feminino	0,42	fria	neutro	assim mesmo	0	0	26,35	3,3	
16	feminino	0,26	litoranea	neutro	assim mesmo	50	0	25,59	1,0	I n v e r n o
17	feminino	0,24	litoranea	lev. Frio	assim mesmo	10	3	25,91	0,9	
18	feminino	0,4	fria	lev. Quente	um pouco mais quente	32,5	0	25,86	1,2	
19	feminino	0,38	fria	lev. Quente	um pouco mais quente	32,5	0	25,86	1,2	
20	feminino	0,36	litoranea	lev. Frio	assim mesmo	14	8	25,93	1,4	
21	masculino	0,35	litoranea	frio	assim mesmo	7	1	25,93	1,4	

* Refere-se ao cálculo semanal de horas expostas.

** Não identificada a cidade onde reside o entrevistado e, portanto, não computada na análise de agrupamento.

Fonte: Autora, 2018.

A análise da tabela aponta para alguns dados que merecem destaque:

- I. No verão, apenas duas pessoas alegaram não se expor semanalmente a ambientes externos; entretanto, estas praticamente não possuem contato com espaços condicionado artificialmente (9 e 15). No inverno, três pessoas (16, 18 e 19) alegaram não frequentar regularmente ambientes externos, mas permanecem em média mais de 30 horas em locais refrigerados mecanicamente;
- II. Cinco pessoas alegaram passar mais tempo em ambientes externos do que em espaços condicionado artificialmente (2,3,4,5 e 6);
- III. Entre as pessoas que permanecem mais tempo em lugares condicionados artificialmente em relação a espaços externos, a menor razão entre exposição a espaços externos e condicionados artificialmente foi de 1/7;
- IV. Onze pessoas alegaram neutralidade, cinco levemente quente, quatro levemente frio e um frio;

- V. Das cinco pessoas que preferiam o ambiente mais frio, quatro estavam em espaços com $t_o > 28^\circ\text{C}$;
- VI. As duas pessoas que preferiam o ambiente levemente mais quente afirmaram estar com calor leve, vinham de regiões frias e estavam submetidas a $t_o < 26^\circ\text{C}$;
- VII. Não se percebeu associações significativas entre o *clo* e o voto de sensação ou preferência.
- VIII. Embora as 21 pessoas estivessem submetidas a velocidades do ar elevadas, observou-se que o maior *clo* encontrado foi de 0,58, com *clo* médio de 0,39.

Uma análise comparativa dos dados encontrados neste estudo com outros demonstra a discrepância da maior velocidade do ar aceitável achada neste trabalho, em especial por ser um ambiente sem controle pessoal (*cf.* Tabela 36). Este achado pode sugerir que, para ambientes de lazer e parcialmente enclausurados, as pessoas têm uma maior aceitabilidade para altas velocidades do ar, tal qual para espaços externos.

Tabela 36 - Análise comparativa da velocidade do ar entre diversos estudos

Região	Referência	Amostra	Temp.	°C	va (m/s)	<i>clo</i>	O ocupante possui controle
BRASIL	CÂNDIDO <i>et al.</i> (2010)	2075	t_o	30	0,9	0,3-0,7	Sim
EUA	ZHAI <i>et al.</i> (2013)	16	t_a	30	1,3	0,5	Sim
EUA	ZHANG <i>et al.</i> (2007)	2067	t_o	24,3*	0,2-0,95	-	Sim
EUA	ARENS <i>et al.</i> (1998)	119	t_a	29	1,4	0,73**	Sim

* Refere-se às pessoas que votaram em neutralidade nesta situação (73), sendo a t_o máxima analisada de $27,3^\circ\text{C}$ com amostra de 10.

** O isolamento da vestimenta dos sujeitos era de aproximadamente 0,5 *clo*. O valor de 0,73 surge do aumento das cadeiras acolchoadas usadas por estes e testadas em manequins.

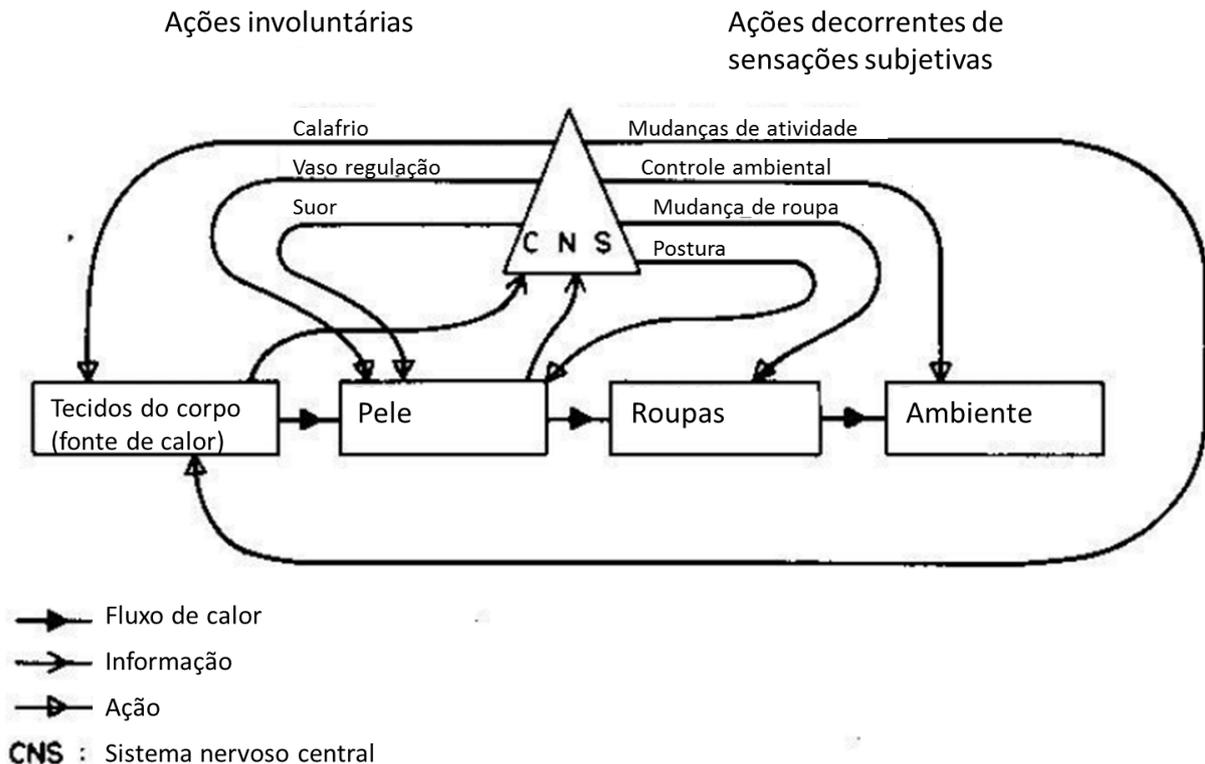
Fonte: Autora, 2018.

4.6 ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS

Conforme ressaltado por Bernardi e Kowaltowski (2001), entre os componentes que determinam o conforto ambiental (não se restringindo a questões térmicas) estão o projeto arquitetônico, o design interno, a atividade a ser exercida no espaço, o número de ocupantes, o

isolamento da vestimenta e o comportamento dos usuários, sendo este último as opções adaptativas possíveis. De acordo com Nicol e Humphreys (1973), a adaptação ocorre de dois modos, por ações involuntárias e por ações decorrentes de sensações subjetivas, o que inclui mudança de atividade, controle ambiental, mudança de roupa e postura, como pode ser observado na Figura 36.

Figura 36- Sistema térmico regulatório



Fonte: adaptado de Nicol e Humphreys (1973).

Segundo Humphreys *et al.* (2016), o uso de estratégias de adaptação é resultado da consciência que existem soluções mecânicas ou não mecânicas capaz de restabelecer o conforto térmico. De modo que a adaptação comportamental assume todas as ações conscientes e inconscientes a fim de tornar o microclima compatível com o desejado (COLET, *et al.*, 2017). Com o intuito de analisar as estratégias usadas pela população, foram inseridas nos questionários perguntas sobre o que as pessoas faziam quando em desconforto por frio e por calor em ambientes de trabalho/universidades, espaços abertos e em casa. Neste subcapítulo só consta os dados referentes ao verão.

4.6.1 Oportunidade adaptativa

De acordo com De Dear *et al.* (2018) o termo oportunidade adaptativa se refere ao grau de controle que os ocupantes da edificação possuem para alcançar o conforto. Os resultados obtidos na pesquisa de De Dear *et al.* (2018) sugerem a hipótese que usuários de residências possuem uma maior zona de conforto devido ao amplo grau de liberdade e as oportunidades de adaptação que possuem dentro de suas casas. Esta evidência empírica, implica na inadequação de modelos preditivos universais, que não consideram o uso dentro do ambiente; sendo os modelos baseados em escritórios possíveis superestimadores da temperatura limite máxima e subestimadores da temperatura limite mínima em relação ao conforto dentro de habitações (DE DEAR *et al.*, 2018).

Dos 292 questionários analisados, foram computadas 3330 estratégias válidas, subdivididas em 85 categorias. Dentre as respostas, 1898 se refere a ações e medidas quando em situação de desconforto por calor e 1432 em situações de frio, o que evidencia o maior conhecimento das pessoas entrevistadas para adaptação em espaços quentes. É plausível que isto tenha ocorrido pela maior porcentagem de entrevistados residentes da região analisada e litorânea.

Independente de situações de desconforto por calor ou por frio, foi observado uma maior frequência de estratégias em ambientes residenciais, seguida de espaços de trabalho ou estudo e, com uma menor frequência absoluta, espaços públicos ao ar livre. Esta variação das respostas pode ser oriunda de regras de condutas sociais e da inexistência de estratégias edilícias em espaços abertos.

As estratégias mais citadas para os espaços de trabalho e universidades, para atenuação do desconforto por calor, foram: tomar água ou bebida fria (n=120), abanar (n=87), ligar o ar-condicionado (n=77), procurar espaços mais ventilados naturalmente ou artificialmente (n=62) e diminuir a vestimenta (n=42). Para ambientes públicos ao ar livre, com desconforto por calor, teve maior frequência as respostas: procurar sombra (n=136), tomar água ou bebida fria (n=105), procurar espaços mais ventilados naturalmente ou artificialmente (n=47), abanar (n=43) e ficar próximo de árvores (n=32). Para os ambientes residenciais quentes as estratégias mais usadas foram: ligar o ventilador (n=170), tomar banho ou molhar o corpo (n=142), diminuir a roupa (n=92), tomar água ou bebida fria (n=82) e abrir esquadrias (n=73).

As estratégias mais citadas para ambientes de trabalho e universidades, quando desconfortáveis por frio, foram: aumentar a vestimenta (n=202), desligar ou se afastar do ar-condicionado ou ventilador (n=43), consumir bebida ou comida quente (n=40), esquentar por atrito (n=24) e ficar próximo de pessoas (n=19). Em ambientes públicos ao ar livre com sensações térmicas frias, se destacou as estratégias: aumentar a vestimenta (n=135), consumir bebida ou comida quente (n=33), aumentar a movimentação (n=23), procurar lugares com menor ventilação como abrigos ou barreiras (n=22) e ir para um lugar fechado (n=20). Para espaços residenciais frios as estratégias mais citadas foram: aumentar a vestimenta (n=180), se cobrir com edredom (n=133), consumir bebida ou comida quente (n=68), fechar esquadrias (n=55) e se deitar (n=39).

Se observa que entre as cinco estratégias mais citadas para atenuação do desconforto por calor e por frio, em espaços de trabalho e de universidade, nenhuma remeteu a alteração do espaço físico, como manuseio de esquadrias; em contrapartida, o calor e o frio foi associado a não operação adequada do ar-condicionado e/ou ventilador. Para as residências, as pessoas elencaram o manuseio de esquadrias para o frio ou calor e estratégias menos formais (com possíveis restrições sociais a depender do local) como se molhar, se cobrir com edredom e se deitar.

Para ambientes ao ar livre foram encontradas estratégias praticamente únicas com associação com a vegetação, sombra, movimentação e barreiras para o vento, destacando as analogias de conforto com componentes do típico cenário praça urbano. A ausência ou dificuldade do uso de práticas mecânicas para se alcançar o conforto em espaços abertos, aparentemente, induz as pessoas a se usarem de artifícios dos espaços mais do que quando situadas em ambientes fechados.

Na pesquisa realizada por Nogueira (2018) as estratégias mais utilizadas em ambientes de trabalho com frequência diária, dentro das opções sugeridas no questionário, foram, respectivamente: consumir bebida quente ou fria (58,82%), mudar o ambiente (28,68%), adicionar mais camadas de roupa (20,59%), usar roupas mais leves (18,38%) e manusear as cortinas (14,71%). Outra pesquisa realizada em ambiente de escritório foi conduzida por Humphreys *et al.* (2016) no período do inverno, nesta, as estratégias mais recorrentes foram: aumento do calor pessoal (roupas extras), calor extra (bebida quente), reduzir a perda de calor para o ambiente (fechar esquadrias) e aumentar a atividade (caminhar). Em ambas as pesquisas, é explícito o uso de mais de uma estratégia para alcançar o conforto. Gifford

(1976) estudando a adaptação em ambientes educacionais sintetizou a hipótese que, em ambientes institucionais, mesmo quando os usuários possuem conscientização ambiental, não mudam substancialmente um ambiente inóspito.

4.6.2 Ações e medidas não capturadas por modelos de balanço de calor

Entre as estratégias descritas pelos entrevistados no verão, foi detectado que algumas delas não seriam captadas em modelos elaborados através da união de aspectos fisiológicos e físicos, oriundos do balanço de calor (se excluindo os modelos de multi nós). Desta amostra, foram seleccionadas as ações e medidas que possuíam mais de cinco citações, conforme pode ser observado na Tabela 37.

Tabela 37- Ações e medidas não capturadas por modelos de balanço de calor

Estratégia	Nº de citações	Estratégia	Nº de citações
Tomar água ou bebida fria	309	Soprar a mão com bafo quente	9
Tomar banho ou molhar o corpo	159	Cruzar os braços	9
Consumir bebida ou comida quente	143	Não fazer nada	9
Esquentar por atrito	39	Relaxar ou meditar	8
Prender o cabelo	29	Desabotoar a camisa ou arregaçar as mangas	6
Se encolher	26	Consumir bebida alcoólica quente	6
Abraçar pessoas	20	Movimentar a roupa para fazer vento	6
Lavar o rosto	16	Usar boné ou sombrinha	5
Ascender algo quente	10	Colocar mãos no bolso	5
Deitar no chão	10	Consumir bebida alcoólica fria	5

Fonte: Autora, 2018.

Das 19 estratégias citadas na Tabela 37, sete oferecem calor extra (tomar banho ou molhar o corpo, consumir bebida ou comida quente, esquentar por atrito, abraçar pessoas, ascender algo quente, soprar a mão com bafo quente, consumir bebida alcoólica quente), quatro reduzem a perda de calor para o ambiente (se encolher, cruzar os braços, usar boné ou sombrinha e colocar as mãos no bolso), sete facilitam a perda de calor para o meio (prender o cabelo, desabotoar a camisa ou arregaçar as mangas, tomar água ou bebida fria, lavar o rosto, consumir bebida alcoólica fria, tomar banho²¹ ou molhar o corpo e deitar no chão²²), e duas de

²¹ Tomar banho foi uma ação encontrada em situação de frio ou calor, alterando a temperatura d'água conforme a necessidade.

²² Esta estratégia só foi encontrada em situação por desconforto derivado do calor.

ordem psicológica (relaxar ou meditar e não fazer nada). Foram encontradas outras estratégias invisíveis para modelos analíticos tradicionais, possuindo uma menor frequência, como: fumar, usar acelerador de metabolismo, ou gelo. Para visualização completa de todas as estratégias e suas distribuições nos espaços, observar Apêndice D.

4.6.3 Reinterpretando o desconforto térmico através de adaptações pautadas na *alliesthesia* térmica

Segundo Parkinson, De Dear e Candido (2016), a *alliesthesia* térmica se baseia no princípio do caráter hedônico de um ambiente térmico, sendo este determinado através do próprio ambiente e do estado geral do sujeito. O prazer térmico é alcançado quando um estímulo ambiental é capaz de compensar ou contornar um desvio da temperatura central corporal, de modo que este estímulo é interpretado como uma sensação agradável (PARKINSON; DE DEAR; CANDIDO, 2016).

A *alliesthesia* assume duas situações, temporal e espacial. A temporal se refere quando o corpo inteiro está sujeito a variações térmicas através de ambientes sequenciais e transitórios, enquanto que a *alliesthesia* de caráter espacial assume o restabelecimento da temperatura central, através de estímulos térmicos aplicados localmente em regiões do corpo (PARKINSON; De DEAR; CANDIDO, 2016). A *alliesthesia* positiva se resume a estímulos assimétricos e/ou não estacionários que geram conforto, o contrário é denominado como *alliesthesia* negativa.

De acordo com Parkinson e De Dear (2014), o que seria considerado como desconforto térmico localizado na norma ASHRAE-55 (2013), é resultado de estudos desenhados na teoria da *alliesthesia* negativa. Todos os experimentos que embasaram a norma foram conduzidos com os sujeitos (participantes da pesquisa) sentados, em estado estacionário e com sua temperatura preferida, sendo, sequencialmente, expostos a situações assimétricas, o que, em essência, perturbaria a temperatura estável e adequada do núcleo central, gerando desconforto (*alliesthesia* negativa) (PARKINSON; DE DEAR, 2014).

Um dos maiores contrapontos da teoria do desconforto em ambientes assimétricos, conforme ressaltado no 2 ESTADO DA ARTE, são os controles ambientais pessoais. Neste sentido, foram agrupadas todas as estratégias que partem de um estímulo assimétrico para alcançar o conforto. Ao todo, foram consideradas 18 ações ou medidas pautadas na

alliesthesia positiva, totalizando 1103 votos ou 33% das estratégias contabilizadas. As descrições destas estratégias assim como a frequência dos seus votos constam na Tabela 38.

Tabela 38 - Ações e medidas embasadas na *alliesthesia* positiva

Estratégia	Nº de citações	Estratégia	Nº de citações
Tomar água ou bebida fria	309	Acender algo quente	10
Ligar ventilador	202	Soprar a mão com bafo quente	9
Tomar banho ou molhar o corpo	159	Movimentar a roupa para fazer vento	6
Consumir bebida ou comida quente	143	Fumar	2
Abanar	141	Ficar próximo de superfícies aquecidas	2
Comer coisas geladas / sorvete	51	Bolsa térmica	1
Esquentar por atrito	39	Assoprar	1
Lavar o rosto	16	Ficar descalço	1
Deitar no chão	10	Gelo no corpo	1

Fonte: Autora, 2018.

Conforme pode ser observado na Tabela 38, algumas das estratégias elencadas pelos entrevistados podem ser consideradas como ações geradoras de desconforto, de acordo com a norma ASHRAE 55. Tal achado, enfatiza a necessidade de estudos conduzidos em ambientes heterogêneos termicamente, não estacionários e de exposições térmicas assimétricas como promovedoras do conforto.

4.7 PERCEPÇÃO DA INFLUÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NO CONFORTO TÉRMICO

Como expressado por Kowaltowski *et al.* (2001), a maior parte dos estudos sobre conforto ambiental, analisa e correlaciona as condições ambientais com a satisfação dos usuários, de modo que o conhecimento destes usuários sobre o conforto é pouco explorado. Baseados no estado da arte da pesquisa, os autores supracitados, concluíram que conhecimentos acerca do conforto ambiental são restritos a uma pequena parcela da população. Assim, características construtivas simples capazes de melhorar o conforto térmico, por exemplo, são frequentemente ignoradas. Os motivos apontados para este desconhecimento são: baixa frequência de projetos que usem estratégias para conseguir conforto e, conseqüentemente, ausência de bons referenciais, código de obras e clientes pouco exigentes e ausência de normas, regulamentações e consciência energética ambiental no país (KOWALTOWSKI *et al.*, 2001).

Segundo Watrin e Kowaltowski (2003), a casa tradicional brasileira não se configura como uma edificação bioclimática efetiva, sendo empregados poucos elementos que

contribuem para o conforto térmico. As casas produzidas pelos autoconstrutores são de baixa qualidade projetual, e questões relacionadas ao conforto ambiental não se configuram como prioridades (WATRIN; KOWALTOWSKI, 2003).

A fim de investigar a percepção das pessoas referente a estratégias edílicas capazes de gerar conforto térmico, foi inserida a seguinte pergunta no questionário: “em sua opinião, se o edifício fosse ser construído agora, o que poderia ser modificado para melhorar a situação térmica dos seus ocupantes?”. Observou-se que, dos 583 questionários aplicados, apenas 150 entrevistados responderam a esta pergunta, totalizando 136 respostas válidas, consequentemente, este foi o questionamento com maior evasão. Como pode ser visualizado na Tabela 39, foram mencionadas 243 estratégias passivas ou ativas de condicionamento ambiental, distribuídas em 49 categorias, divididas em seis grupos de estratégias: aquecimento ou resfriamento ativo, ventilação natural, sombreamento, aquecimento ou resfriamento passivo, resfriamento evaporativo e inércia térmica.

A análise do resultado aponta que 78% dos dados estão concentrados nas categorias: aquecimento e resfriamento ativo (43%) e ventilação natural (35%). A estratégia mais recorrente foi a instalação de ventiladores, ar-condicionado ou equipamentos mais potentes (31%), seguida da instalação de janelas (8%) e alteração do termostato (7%). A alta evasão de respostas, a concentração dos dados e o maior número de respostas referentes à implantação de sistemas mecânicos, aponta que a população entrevistada possui pouco conhecimento de estratégias bioclimáticas passivas aplicadas na arquitetura.

Observou-se que embora nas estratégias pessoais fosse recorrente a percepção da vegetação como atenuadora das condições climáticas isso não foi rebatido nas estratégias edílicas. De igual modo, houve uma pequena frequência de estratégias vinculadas ao sombreamento. Estes resultados sugerem que as pessoas não correlacionam as estratégias climáticas individuais e seu potencial arquitetônico. É possível também que a forma como foi elaborada a pergunta tenha induzido os entrevistados a não realizarem essa associação. Também se destaca a pequena frequência de estratégias vinculadas a materiais de construção.

Tabela 39 - Estratégias edíficas para promoção do conforto térmico

Estratégias baseadas em	Estratégia proposta pelo usuário	Nº de citação	Total por categoria
Aquecimento ou resfriamento ativo	Instalar ventiladores, ar-condicionado ou equipamentos mais potentes	76	105
	Alterar o termostato	18	
	Instalar exaustores	1	
	Promover manutenção periódica do condicionamento artificial	4	
	Elaborar projeto de refrigeração	3	
	Instalar aquecedor	3	
Ventilação Natural	Instalar janelas venezianas	1	85
	Acrescentar janelas	19	
	Considerar direção dos ventos para o posicionamento de janelas	6	
	Aumentar o tamanho das janelas	5	
	Melhorar ventilação dos ambientes localizados no oeste	1	
	Inserir abertura no teto	1	
	Barrar entrada direta do vento	6	
	Aumentar o controle da ventilação	4	
	Melhorar circulação do ar / ventilação	12	
	Instalar janelas pivotantes	1	
	Projetar o edifício livre para promoção da ventilação natural	1	
	Possibilitar maior ventilação natural	11	
	Promover ventilação cruzada	2	
	Aumentar área de ventilação	3	
	Investir em janelas	2	
	Diminuir a quantidade de janelas	3	
	Tirar barreiras que impossibilitem a ventilação	2	
	Utilizar cobogó	2	
Promover espaços internos compatíveis com os espaços externos	2		
Aumentar o recuo em relação às edificações vizinhas	1		
Sombreamento	Proteger face oeste	1	22
	Sombrear edificação / Instalação de proteção solar	9	
	Aumentar cobertura	2	
	Proteger janelas da insolação direta	6	
	Instalar brises	2	
	Diminuir recuo em relação as edificações vizinhas	1	
	Instalar janelas nas direções norte e sul	1	
Aquecimento ou resfriamento passivo	Utilizar envoltória vertical de vidro	1	13
	Rever orientação das fachadas	4	
	Diminuir pé-direito	1	
	Aumentar pé-direito	2	
	Considerar trajetória solar no projeto da edificação	1	
	Dimensionar os espaços internos considerando o número de usuários	4	
Resfriamento Evaporativo	Colocar um ponto de água	3	9
	Inserir áreas verdes	4	
	Instalar umidificador de ar	1	
	Irigar plantas próximas a edificação	1	
Inercia térmica	Inserir telhado verde	1	9
	Utilizar manta térmica	2	
	Inserir janelas com isolamento térmico	1	
	Utilizar outro material para envoltória vertical	3	
	Utilizar paredes grossas para aumentar o isolamento térmico	1	
	Utilizar materiais com isolamento térmico	1	

Fonte: Autora, 2018.

5 CONCLUSÕES

Conforme introduzido no capítulo 2 ESTADO DA ARTE, o conforto térmico é resultado da adaptação térmica, da *alliesthesia*, da experiência térmica e da expectativa térmica. Esta dissertação avaliou, entre outros aspectos, a influência da adaptação e da experiência térmica no semiárido paraibano com pessoas aclimatadas ou não a este clima. O objeto de pesquisa consistiu na relação (de associação ou casualidade) entre as variáveis microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa, temperatura radiante média e velocidade do ar) com variáveis subjetivas e individuais dos entrevistados.

Os dados desta pesquisa experimental e longitudinal foram coletados, predominantemente, no verão e inverno de 2017, na cidade de Campina Grande – PB, em ambientes de lazer e de trabalho que funcionavam com condicionamento passivo ou ativo. A amostra foi composta por 583 questionários físicos e semiestruturados. Os aspectos mais relevantes da pesquisa, a revisão crítica da metodologia utilizada, assim como os apontamentos para estudos futuros estão descritos no decorrer deste capítulo.

5.1 ASPECTOS MAIS RELEVANTES APONTADOS NA PESQUISA

- I. O emprego de técnicas estatísticas multivariadas, especificamente a análise de *Cluster*, mostrou-se adequado para os agrupamentos da adaptação fisiológica segundo o histórico térmico. Neste trabalho, utilizou-se como variável a temperatura média do ar, a média aritmética do 9º ao 10º decil e do menor valor ao 1º decil. Ressalta-se que é necessário fazer mais testes, com amostras significativas, a fim de comprovar a eficácia do método e a inserção de mais variáveis.
- II. Observou-se que aproximadamente 40% dos entrevistados preferiam sensações térmicas não neutras, por exemplo, sentir frio e manter as condições climáticas inalteradas ou se sentir em neutralidade térmica e preferir sentir frio. A maior parte destas pessoas desejavam sensações frias.
- III. As evidências experimentais deste estudo encontraram aparente tendência entre a temperatura média do ar e a temperatura operativa de exposição com as sensações relatadas pelos entrevistados. Assim, baseando-se nesta amostra, a temperatura do ar e a temperatura operativa se mostraram melhores preditoras de sensação térmica do que a temperatura efetiva padrão corrigida (SET).

- IV. A percepção térmica autorreferida do entrevistado apontou correlação com o clima da cidade onde este reside, de modo que pessoas que vivem em cidades quentes tendem a se declarar calorentas. Inversamente, pessoas que vivem em cidades frias se declaram friorentas.
- V. Observou-se que as pessoas que vivem em Campina Grande ou em cidades com clima similar e em regiões com características litorâneas, quando obrigatoriamente sujeitas à não neutralidade térmica, preferiam sensações frias. Os dados das regiões frias e quentes foram descartados devido à pequena amostra. Neste caso, a preferência por frio pode ter como causa o aparente desejo de espaços frios em regiões predominantemente quentes e/ou alterações na preferência devido a exposições prolongadas a ambientes refrigerados mecanicamente.
- VI. Observou que 34% das pessoas que afirmaram conforto alegaram sentir sensações térmicas não neutras, e 20 pessoas (3,4%) declararam neutralidade térmica e desconforto térmico. Dada esta relação, conclui-se que sensações térmicas não neutras e conforto térmico não são mutuamente exclusivos, assim como desconforto e sensações térmicas neutras.
- VII. Os testes de hipóteses detectaram, a um nível de significância de 5%, diferença estatística na temperatura de conforto entre pessoas adaptadas a climas diferentes em espaços ventilados naturalmente e condicionados artificialmente.
- VIII. Não foram encontradas evidências experimentais que comprovem a influência da exposição a ambientes refrigerados mecanicamente na temperatura de conforto em espaços ventilados naturalmente.
- IX. A um nível de significância de 5%, aceita-se a hipótese de que a temperatura de conforto em espaços ventilados naturalmente sofre influência do tempo médio de exposição em ambientes externos.
- X. Com base na amostra, não se rejeita a hipótese de que não existe influência do tempo de exposição em ambientes externos na temperatura de conforto de ambientes condicionados artificialmente. De igual modo, não se rejeita a hipótese de que não existe influência do tempo de exposição em ambientes condicionados artificialmente na temperatura de conforto de ambientes externos.
- XI. Foi encontrada correlação positiva entre a preferência por ambientes condicionados artificialmente e o tempo de exposição a espaços mecanicamente refrigerados. Não foram encontradas evidências amostrais que aceitem a hipótese de o tempo de

exposição a ambientes externos influenciar na preferência por um método de refrigeração passivo ou ativo.

- XII. Foram encontradas correlações positivas, e estatisticamente significativas, que associam o tempo de exposição em ambientes externos à preferência por espaços heterogêneos.
- XIII. Não foram encontradas evidências amostrais que confirmem a influência do IMC ou do gênero na temperatura de conforto.
- XIV. Para a sensação térmica, foram influentes as variáveis velocidade do ar, *clo* e temperatura do ar; já as variáveis estatisticamente pouco significativas foram a umidade relativa, o IMC e o gênero.
- XV. Para predição da preferência térmica, as variáveis gênero, velocidade do ar e temperatura do ar foram estimadores estatisticamente significativos. As variáveis independentes IMC, umidade relativa e *clo* não são estatisticamente preditoras adequadas para estimar a preferência térmica.
- XVI. As variáveis independentes temperatura do ar, velocidade do ar e umidade relativa se mostraram estimadoras estatisticamente influentes para o conforto térmico. O mesmo não aconteceu com as variáveis IMC, *clo* e gênero.
- XVII. Foi analisada a eficácia dos índices preditivos de conforto térmico: PMV, adaptativo e PMVe. O índice PMVe calculado com o fator expectativa e sem a redução do metabolismo teve o maior acerto absoluto.
- XVIII. Para o cálculo da temperatura externa do modelo adaptativo, observou-se que o uso do fator de ponderação alfa igual a 0,7 (*cf.* 3.6.4.1 Temperatura externa no cálculo adaptativo) obteve o maior acerto absoluto.
- XIX. Foram encontradas evidências que sugerem a maior aceitabilidade a altas velocidades do ar ($v_a > 0,8$ m/s) em espaços de lazer e parcialmente enclausurados, mesmo sem o controle pessoal.
- XX. As análises das estratégias arquitetônicas sugeridas pelos entrevistados em prol do conforto sugerem que eles possuem pouco conhecimento sobre técnicas passivas e não articulam aspectos da adaptação individual com a edfílica.

5.2 REVISÃO CRÍTICA DA METODOLOGIA USADA

Nesta seção são expostos os aspectos mais relevantes e os mais frágeis na metodologia empregada, assim como sugestões a serem refletidas em pesquisas futuras.

5.2.1 Mudança na escala de conforto

A escala de conforto frequentemente utilizada em pesquisas de conforto térmico é composta pelos seguintes níveis: confortável, levemente desconfortável, desconfortável e muito desconfortável. Entretanto, com os avanços dos conhecimentos na área, sabe-se hoje que existem diversos níveis de conforto, incluindo o ótimo conforto térmico (comumente associado a teoria da *alliesthesia*). De maneira não incomum durante a realização desta pesquisa, alguns entrevistados se questionavam sobre o que responder, já que, segundo estes, o termo ‘confortável’, assim como ‘levemente desconfortável’, era exagerado, sendo a sensação correta levemente confortável. O termo ‘desconfortável’ era associado a desagrado, e o conforto era associado ao que comumente se denomina como ‘ótimo conforto’, de modo que algumas pessoas que se sentiam levemente confortáveis oscilaram entre estas duas categorias. Com base nesta percepção, sugere-se o uso da escala de Bedford para pesquisas futuras conduzidas no Brasil, com os seguintes níveis: muito quente, quente, confortavelmente quente, confortável, confortavelmente frio, frio e muito frio. Outra sugestão seria: muito confortável, confortável, levemente confortável, levemente desconfortável, desconfortável e muito desconfortável.

5.2.2 Questões de protocolo de medição

Como ressaltado por Fanger e Toftum (2002), é necessário existir um rigor técnico para as medições na área do conforto térmico. Os equipamentos devem ser calibrados e possuir as especificações técnicas com níveis de precisão desejáveis. Na ausência de possibilidades para calibrações oficiais, sugere-se o uso de modelagens para correção dos dados aferidos nos equipamentos.

5.2.3 Possíveis imprecisões de aferição climática ocasionadas por espaços não homogêneos

Diferentemente de câmaras climatizadas, os ambientes reais são comumente não uniformes e, portanto, é uma tarefa difícil atestar a sua homogeneidade (XAVIER, 2000), principalmente quando estes são ventilados naturalmente e podem sofrer influências adaptativas diversas dos seus usuários, como o manuseio de esquadrias que podem modificar (barrar, canalizar, dispersar e outros) o movimento do ar. A mudança da trajetória solar ao

longo do dia e do ano também pode modificar as condições climáticas internas de um ambiente, tornando-o heterogêneo. Em todos os ambientes onde ocorreram medições foi instalado um mínimo de dois equipamentos; entretanto, é possível que algum entrevistado estivesse exposto a uma situação climática diferente da aferida.

5.2.4 Possíveis imprecisões no PMV ocasionadas pelo cálculo do *clo* e da determinação da taxa metabólica

Como exposto no trabalho de Xavier (2000), o cálculo do *clo*, assim como a determinação da taxa metabólica, quando realizado através de tabelas normatizadas, possui grandes imprecisões, o que pode influenciar diretamente o índice PMV.

5.2.5 Técnicas de amostragem e possível tendência nos dados

A amostragem desta pesquisa não seguiu a rigor a aleatoriedade, ou seja, a seleção da amostra baseada no acaso. Para as pessoas que estavam no museu, teve-se como requisito básico (*cf.* capítulo 3) aquelas que estavam a um mínimo de 10 minutos dentro do ambiente que continha os equipamentos, descartando as crianças. Após o comprimento desta condição, as pessoas eram abordadas, previamente explicadas da pesquisa e em seguida perguntadas se tinham o interesse de participar. Não foram identificados possíveis casos de tendenciosidade visíveis na opinião das pessoas nesta amostra.

A segunda amostra desta pesquisa, consiste em universitários, de modo que o intervalo da faixa etária foi reduzido. A fim de se evitar uma homogeneidade expressiva na amostra optou-se por usar como base as universidades públicas da cidade, UFCG e UEPB, diversificando a variável renda. Diferente de outras pesquisas similares, não se delimitou a amostra a alunos dos cursos de Engenharia e Arquitetura. Foram escolhidos diversos cursos, sem critério prévio, e enviado ofícios a coordenações pedindo permissão para execução da pesquisa. A amostra foi composta por alunos dos cursos de matemática, engenharias (de minas, elétrica, civil e outras), física, biologia, odontologia, computação, fisioterapia, arquitetura e urbanismo, nos turnos da manhã, tarde e noite. Ressalta-se que muitos outros cursos foram notificados, entretanto ocorreram problemas como: não responderam a notificação, não se conseguiu contato com o coordenador, o professor indicado não se mostrou interessado na pesquisa, houve incompatibilidade no cronograma ou houve dificuldade na comunicação.

Para todas as medições realizadas nas universidades foi solicitado ao professor que o pesquisador tivesse 20 minutos da aula (a qualquer momento, desde que se tenha passado 30 minutos do começo da mesma), os primeiros 10 minutos para explicação da pesquisa e os últimos para responder o questionário. Foi explicado aos alunos a importância de serem honestos e que a pesquisa era de ordem estritamente acadêmica. Acredita-se que com isso diminui a tendência de respostas negativas oriundas de insatisfação com o espaço ou a universidade em si. Entretanto ressalta-se que a amostra não abrange todas as camadas da população do semiárido, se restringindo a alunos universitários e pessoas que visitaram o museu.

Como expresso por Huff (1954), a amostra aleatória é a única na qual se pode ter total confiança, seguindo os princípios da estatística, entretanto conforme afirmado pelo autor esta é inconveniente devido ao seu alto custo operacional. Esta é uma pesquisa de opinião e possivelmente existe tendenciosidade introduzida devido a fatores desconhecidos, de modo que os dados são estimativas para a amostra, não necessariamente da população. A confiança com o que está expresso nesse trabalho, conforme ressaltado Djamila (2017), ocorrerá quando outras pesquisas tiverem resultados semelhantes.

5.2.6 Tempo prévio de exposição

Conforme explicito na norma ASHRAE 55 (2017), na seção 2.3, as diretrizes e apontamentos da mesma é válido para pessoas com tempo de exposição não inferior a 15 minutos. Entretanto, através de conversas informais com os entrevistados, foi detectado que alguns respondentes tinham a sua sensação térmica alterada em um intervalo maior de tempo, mesmo que a o ambiente que estivessem antes fosse similar assim como a atividade a ser executada. Partindo destas observações, destaca-se que tempos de aclimatação maiores podem ter resultados levemente diferentes.

5.3 APONTAMENTOS PARA ESTUDOS FUTUROS

A teoria do conforto adaptativo ocasionou uma mudança de paradigma na área dos índices preditivos genéricos e de caráter universal, sendo estes substituídos por índices regionais. Algoritmos como o PMV se mostram insatisfatórios em climas distintos do qual foi criado, especialmente em ambientes com condicionamento passivo. Nos últimos anos, cresceu exponencialmente o número de pesquisas em espaços com condicionamento misto e

ventilados naturalmente. Entretanto, são poucos os trabalhos que avaliam a mudança da percepção térmica devido ao histórico térmico ou a percepção de ambientes dinâmicos. Neste sentido, indica-se como apontamentos para estudos futuros as seguintes perguntas de pesquisa:

- I. Ambientes turísticos contemplam diariamente pessoas com diversos históricos térmicos em um mesmo espaço. Neste caso, qual índice de conforto térmico seria mais adequado para avaliação do espaço, os tipos analíticos, adaptativos ou adaptativos regionais?
- II. Qual seria a faixa microclimática capaz de gerar o mínimo de desconforto, quando expostas pessoas com históricos térmicos distintos?
- III. A sensação e preferência térmica são influenciadas mais fortemente pelo histórico térmico ou o fator de expectativa?
- IV. Como a arquitetura pode incorporar aspectos remetentes a *alliesthesia* positiva aumentando a sua eficiência energética?

REFERÊNCIAS

_____. **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.** ISO 7730:2005 (E), third edition, 2005.

_____. **Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales.** ISO 10551, Genebra 1995.

_____. **Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.** ISO 7726:1998(E), second edition, Suíça, 1998.

_____.ASHRAE (2010). **ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: Thermal environmental conditions for human occupancy.** American Society of Heating, Refrigeration and Air-Condition Engineers, Inc. Atlanta, EUA, 2010. ISSN 1041-2336.

_____.ASHRAE (2013). **ANSI/ASHRAE Standard 55-2013: Thermal environmental conditions for human occupancy.** American Society of Heating, Refrigeration and Air-Condition Engineers, Inc. Atlanta, EUA. ISSN 1014-2336.

ALVARES, *et al.*. **Köppen’s climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, 22, 6, 711–728, 2014.

APOLO11. **Latitude e Longitude das cidades Brasileiras.** Disponível em: <http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=pb&cityid=2599>. Acesso em 06 de novembro de 2017.

ARENS *et al.*. **A study of occupant cooling by personally controlled air movement.** Energy and Building, 27, pp. 45-59, 1998.

ASA - ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Semiárido – É no semiárido que a vida pulsa.** Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/semiariado>. Acesso em 05 de novembro de 2017.

AULICIEMS, A. **Towards a Psycho-Physiological Model of Thermal Perception.** J. Biometeor, 25, 2, pp. 109-122, 1981.

AULICIEMS, Andris; SZOKOLAY, Steven V. **Thermal comfort. Design Tools and Techniques.** Passive and low energy architecture international, note 3, 2007. ISSN 0 86776 729 4.

BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso segundo trimestre de 2017.

BERNADI, Núbia; KOWALTOWSKI, Doris. **Avaliação da Interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas-SP.** VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Paulo, 2001.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações.** Editora Vozes, 6ª edição, Petrópolis, Rio de Janeiro, 2012. ISBN: 978-85-326-3690-4.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G.. **Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement.** Lancet, 8, 1, 1986.

BOGO, A. J. **Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575.** HOLOS, 2016.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Portaria nº 89, de 16 de março de 2007.

CABANAC, Michel. Physiological Role of Pleasure: A stimulus can feel pleasant or unpleasant depending upon its usefulness as determined by internal signals. **Science**, 173, pp. 1103-1107, 1971. DOI: 10.1126/science.173.4002.1103.

CÂNDIDO *et al.*. Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Building and Environment**, vol 45, pp. 222-229, 2010. doi:10.1016/j.buildenv.2009.06.005.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Campina Grande**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/4449/>. Acesso em 06 de novembro de 2017.

COLEY, *et al.*. **Probabilistic adaptive thermal comfort for resilient design**. Magazine Article, 123, pp. 109-118, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.050>.

COSTA, Franzé. **Análise de dados: Procedimentos Exploratórios**. Apostila do Curso de Métodos Quantitativos Aplicados, da Universidade Federal da Paraíba, 2016.

COUTINHO, Antonio Souto. **Conforto e Insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. João Pessoa: Edições PPGEP, 1998.

DACANAL, Cristiane; LABAKI, Lucila Chebel; SILVA, Talita Meulman Leite. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído**, 10, pp. 115-132, 2010. ISSN: 1678-8621.

DE DEAR, *et al.*. Progress in thermal comfort research over the last twenty years. **Indoor Air**, 23, Singapura, pp. 442-461, 2013.

DE DEAR, Richard. Revisiting an old hypothesis of human thermal perception: *alliesthesia*. **Building Research e Information**, 39:2, pp. 108-117, 2011. DOI: 10.1080/09613218.2011.552269.

DE DEAR, Richard; BRAGER, Gail; COOPER, Donna. **Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference**. Final Report, ASHRAE RP-884, March, 1997.

DE DEAR, Richard; KIM, Jungsoo; PARKINSON, Thomas. Residential adaptive comfort in a humid subtropical climate – Sydney Australia. **Energy and Buildings**, 158, pp 1296-1305, 2018.

DE DEAR. **Recent Enhancements to the Adaptive Comfort Standard in ASHRAE 55-2010**. 45th Annual Conference of the Architectural Science Association. The University of Sydney, 2011b.

DE VECCHI, Renata. **Avaliação de conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido**. Florianópolis, 2015. 237 pag. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

DE VECCHI, Renata; CÂNDIDO, Christhina Maria; LAMBERTS, Roberto. Thermal history and comfort in a Brazilian subtropical climate: a 'cool' addiction hypothesis. **Ambiente Construído**, vol. 16, nº1, pag. 7-20, 2016. ISBN: 1675-8621.

D'ELL SANTO, E. A. **Conforto e desempenho térmico em contradição na NBR 15575**. Cadernos do PROARQ 20, 2013.

DICIO, Dicionário Online. **Desconforto**. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/desconforto/>. Acesso em 26 de outubro de 2017.

DJAMILA, Harimi. Indoor thermal comfort predictions: Selected issues and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 74, pp. 569-580, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.076>.

EMBRAPA. **Banco de Dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/index/index.html>. Acesso segundo trimestre de 2017.

FANGER, P. O. **Assessment of man's thermal comfort in practice**. British Journal of Industrial Medicine, 30, pp. 313-324, 1973.

FANGER; TOFTUM. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. Elsevier, **Energy and Buildings**, 34, pag. 533-536, 2002.

FERIADI, Henry; WONG, Nyuk Hien. Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia. **Energy and Building**, 36, pp. 614-626, 2004. DOI: doi:10.1016/j.enbuild.2004.01.011.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. Studio Nobel, 5. Edição, São Paulo, 2001. ISBN: 85-85445-39-4.

GIAVARINA, Davide. **Understanding Bland Altman analysis**. Biochemia Medica, 25(2), p. 141–151, 2015. DOI: 10.11613 / BM.2015.015.

GIFFORD, Robert. **Environmental numbness in the classroom**. The journal of experimental education, 44:3, 4-7, 1976. ISSN 1940-0683.

GIVONI, Baruch; *et al.*. Outdoor comfort research issues. **Energy and Buildings**, Elsevier Science, vol. 35, pag 77-86, 2003.

HAVENITH, G.; *et al.*, 2015. **A database of static clothing thermal insulation and vapor permeability values of non-western ensembles for use in ASHRAE Standard 55, ISO 7730, and ISO 9920 CH-15-018 (RP-1504)**. ASHRAE Transactions, 121 (1), 19pp.

HUFF, Darrell. **Como mentir com estatística**. Editora Intrínseca LTDA, Edição digital 2016, 1954. E-ISBN 978-85-8057-953-6.

HUMPHREYS, M. A.; RIJAL, H. B.; NICOL, J. F. Updating the adaptive relation between climate and comfort indoors; new insight and an extended database. **Building and Environment**, 63, pp. 40-55, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.024>.

HUMPHREYS, Michael A.; HANCOCK, Mary. Do people like to feel 'neutral'? Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale. Elsevier, **Energy and Buildings**, 39, 2007. doi:10.1016/j.enbuild.2007.02.014.

HUMPHREYS, Michael A.; NICOL, J. Fergus. **Do people like to feel a “neutral”? Response to the ASHRAE Scale of subjective warmth in relation to thermal preference, indoor and outdoor temperature**. ASHRAE Transactions, v 110, pag 569-577, 2004.

HUMPHREYS, Michael; NICOL, Fergus; ROAF, Susan. **Adaptive Thermal Comfort: Foundations and Analysis**. Routledge, 2016. ISBN: 978-0-415-69161-1.

HUMPHREYS; *et al.*. **Standards for Thermal comfort: Indoor air temperature standards for the 21st century**. Taylor & Francis Group, 1995. ISBN: 0-419-20420-2.

INMET. **Gráficos Climatológicos (1931-1960 e 1961-1990)**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acesso em 05 de novembro de 2017.

INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**. INMET, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, Brasília, 2018. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/normais_climatologicas/mobile/index.html#p=1. Acesso em 31 de julho de 2018.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**, 2013.

KLINE, Rex B. **Principles and practice of structural equation modeling**. Guilford Publications, 2015. ISBN 1462523358.

KOWALTOWSKI *et al.*. **Divulgação do conhecimento em conforto ambiental**. VI ENCAC, São Pedro, São Paulo, 11 a 14 de setembro, 2001.

KRUM, C. C.; TUBELO, R. C. S.; FEDRIZZI, B. M. **Avaliação da percepção dos usuários em relação ao conforto térmico e lumínico de uma sala de aula na escola de Feliz-RS**. ENTAC, 2010.

LAMBERTS *et al.*. **Conforto e Stress térmico**. Laboratório de eficiência energética em edificações, 2011.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Eletrobrás/Procel, v.3, 2014.

LICARIÃO, Morgana R.; BEZERRA, Dandara M. M.; ALVES, Rômulo R. N. **Wild birds as pets in Campina Grande, Paraíba State, Brazil: An Ethnozoological Approach**. An. Acad. Bras. Ciênc., 85, 1, 2013.

LINCCON, de Carvalho Lima. **Conforto térmico em espaços abertos: Estudo de caso em um parque urbano na cidade de João Pessoa – PB**. João Pessoa, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba.

LUCAS, Ruan Eduardo Carneiro; SILVA, Luiz Bueno. **Conforto ambiental em sala de aula: análise da percepção térmica dos estudantes de duas regiões e estimação de zonas de conforto**. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v.17, n. 3, p. 804-827, 2017.

LYRA, Débora Santa Fé Monteiro. **Aplicabilidade de índices de conforto térmico: um estudo de caso em Salvador - BA**. Salvador, 2007. 131 pag. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

MONTEIRO, Leonardo Marques. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos**. São Paulo, 2008. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

MORETTIN, Pedro Alberto; BUSSAB, Wilton. **Estatística Básica**. 6º edição, São Paulo, Saraiva, 2010. ISBN 978-85-02-08177-2.

MUI, Kwok Wai Horace; CHAN, Wai Tin Daniel. Adaptive comfort temperature model of air-conditioned building in Hong Kong. **Building and Environment**, 38, Janeiro de 2003, pag 837-852.

NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. Thermal comfort as part of a self-regulating system. **Building Research and Practice** (J. CIB) 6 (3), pp. 191-197, 1973.

NICOL, J. F.; ROAF, S. **Rethinking Thermal Comfort**. Building Research & Information, 45, pp. 711-716, 2017. ISSN: 0961-3218. DOI: 10.1080/09613218.2017.1301698.

NOGUEIRA, Barbara Lumy Noda. **Percepção e reação de trabalhadores ao ambiente térmico em escritórios condicionados artificialmente no contexto do clima quente e úmido**. João Pessoa, 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba.

OROSA, José A.; OLIVEIRA, Armando C. A new thermal comfort approach comparing adaptive and PMV models. **Renewable Energy**, 36, pp. 951-956, 2010. ISBN 0960-1481.

PANET, Mirian de Farias. **Um futuro confortável: Proposta de parâmetros de conforto térmico para pessoas idosas**. Natal, 2016. Qualificação de doutorado (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://sigaa.ufrn.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=lc=pt_BR&id=102¬icia=119904147. Acesso: abril de 2018.

PARKINSON, Thomas; DE DEAR, Richard. Thermal pleasure in built environments: physiology of *alliesthesia*. **Building Research & Information**, 2014. DOI: 10.1080/09613218.2015.989662

PARKINSON, Thomas; DE DEAR, Richard; CANDIDO, Christhina. Thermal pleasure in built environments: *alliesthesia* in different thermoregulatory zones. **Building Research & Information**, 44:1, 20-33, 2016. DOI: 10.1080/09613218.2015.1059653.

PEI *et al.*. Comparative study on the indoor environment quality of green office buildings in China with a long-term field measurements and investigation. **Building and Environment**, 84, pp. 80-88, 2015.

PEREIRA, Júlio Cesar Rodrigues. **Análise de dados qualitativos. Estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais**. EdUSP, 1999. ISBN: 8531405238.

PEREIRA, L. D.; RAIMONDO, D.; CORGNATI, S. P.; SILVA, M. C. G. Energy consumption in schools – A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 40, pp. 911–922, 2014.

PITTS, Adrian; SALEH, Jasmi Bin. Potential for energy saving in building transition spaces. **Energy E Buildings**, vol. 39, pp. 815-822, 2007. ISSN: 0378-7788; DOI: 10.1016/j.enbuild.2007.02.006.

RIJAL, Hom. B.; HUMPHREYS, Michael; NICOL, Fergus. Adaptive Thermal Comfort in Japanese Houses during the Summer Season: Behavioral Adaptation and the Effects of Humidity. **Buildings**, 5, 2015. DOI: 10.3390.

ROHLI, Robert V.; VEGA, Anthony J. **Climatology**. Jones & Bartlett Learning, 2017. ISBN 128411998X, 9781284119985.

RORIZ. **Roriz Bioclimática: conforto térmico e eficiência energética**. Disponível em: http://www.roriz.eng.br/epw_9.html. Acesso segundo trimestre de 2017.

RUPP, Ricardo F.; VÁSQUEZ, Natalia G.; LAMBERTS, Roberto. A review of human thermal comfort in the built environment. **Energy and Buildings**, 105, pp. 178-205, 2015.

RUPP, Ricardo Forgiarini. **Conforto térmico humano em edificações de escritórios localizadas no clima subtropical úmido de Florianópolis/SC**. Florianópolis, 2018-b. Tese (Doutorado em

Engenharia Civil) – Programa de Pós graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

RUPP, Ricardo Forgiarini; DEAR, Richard de; GHISI, Eneidir. Field study of mixed-mode office building in Southern Brazil using an adaptive thermal comfort framework. *Energy and Buildings*, 158, pp- 1475-1486, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.047>.

RUPP; *et al.*. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. **Ambiente Construído (online)**, v. 17, p. 111-123, 2017.

SILVA *et al.*. **Algoritmos em linguagem R para análises de conforto térmico de acordo com os métodos da ASHRAE Standard 55**. Laboratório de Eficiência Energética, Relatório Técnico, Florianópolis, 2016-b. Disponível: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Relat%C3%B3rio_Comfort%20algorithms.pdf. Acesso: abril de 2018.

SILVA, *et al.*. Performance evaluation of long-term thermal comfort indices in building simulation according to ASHRAE Standard 55. **Building and Environment**, v. 102, p. 95–115, 2016-a. [dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.004](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.004).

SILVA; DINIZ; BORTOLUZZI .**Minicurso de estatística básica: introdução ao software R**. Universidade Federal de Santa Maria, Abril de 2009.

SIMÕES, Gianna Monteiro Farias. **Conforto e adaptação especial e individual em conjuntos habitacionais de interesse social: estudo em João Pessoa -PB**. João Pessoa, 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba.

SINDA. **Dados históricos**. Disponível em: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/historico/index.php>. Acesso segundo trimestre de 2017.

SONDA. **Estações sonda**. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/infos/index.html>. Acesso segundo trimestre de 2017.

SOUZA, Aderson Rodrigues de. **Análise do conforto térmico de uma edificação em ensino superior em Campina Grande – PB**. Campina Grande, 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba. Disponível em: https://sigaa.ufpb.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=pt_BR&id=1872¬icia=80575391. Acesso: Abril de 18.

TAKASU *et al.*. Study on adaptive thermal comfort in Japanese offices under various operation modes. **Building and Environment**, 118, pp. 273-288, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.02.023>.

TAVARES, M. **Estatística aplicada a Administração**. EaD - UFSC, 2007.

TORRES, Manoel Geronimo Lino. **Conforto térmico e desempenho nos ambientes de ensino com inovações tecnológicas – estudo de multicascos no nordeste brasileiro**. João Pessoa, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba.

VASCONCELOS, Priscila Elida de Medeiros. **Estudo da relação entre as variáveis térmicas e o desempenho de estudantes da academia de polícia militar do estado da Paraíba**. João Pessoa, 2013. 118 pag. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba.

VIEIRA, E. A. *et al.* Comportamento de modelos adaptativos de conforto térmico frente ao modelo de Fanger em intensivistas adaptados ao clima tropical. **Ambient. constr.** [online]. 18: 479-490 p. 2018.

WATRIN, Vanessa; KOWALTOWSKI. **Arquitetura autoconstruída e tradição.** ENCAC – COTEDI, Curitiba, 5 a 7 de novembro de 2003.

WEBB, A. L. **Mapping Comfort: An analysis method for understanding diversity in the Thermal comfort.** 2012. 166 Architecture, Massachusetts Institute of Technology.

WILCOX, Rand. **Modern Statistics for the Social and Behavioral Sciences: A practical Introduction.** A Chapman & Hall Book, 2012. ISBN 978-1-4665-0323-6.

XAVIER, Antonio Augusto de Paula. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividade sedentárias – Teoria física aliada a estudos de campo.** Florianópolis, 2000. 251 pag. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

YANG, Diyu; XIONG, Jing; LIU, Weiwei. Adjustments of the adaptive thermal comfort model based on the running mean outdoor temperature for chinese people: A case study in Changsha China. **Building and Environment**, 114, pp 357-365, 2017.

ZHAI *et al.*. Comfort under personally controlled air movement in warm and humid environments. **Building and environment**, 65, pp.109-117, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.03.022>.

ZHANG *et al.*. Air movement preferences observed in office buildings. **Int J Biometeorol**, 51, pp. 349–360, 2007. DOI 10.1007/s00484-006-0079-y.

ZHANG, *et al.*. Comfort, perceived air quality, and work performance in a low-power task-ambient conditioning system. **Building and Environment**, vol 45, pp. 29-39, 2010.

ZHANG, Hui; ARENS, Edward; ZHAI, Yongchao. A review of the corrective power of personal comfort systems in non-neutral ambient environments. **Building and Environment**, 91, pp. 15-41, 2015.

APÊNDICE A

Prezado(a) Participante,

Este questionário faz parte de uma pesquisa sobre conforto térmico adaptativo no semiárido paraibano, desenvolvido como subsídio na dissertação de mestrado da aluna Mayara Cynthia associada ao LabCom (Laboratório de Conforto) da UFPB. Suas respostas são essenciais para o sucesso da pesquisa, por isso, desde já agradecemos a sua colaboração e reiteramos que este é um questionário anônimo.

Data:	Horário Início:	Horário Fim:		
Em qual andar você se encontra? () térreo () 1º pav. () 2º pav. () 3º pav. () 4º pav.				
Você está próximo de uma parede externa (menos de 10 passos)? () Sim () Não				
Qual é a sua/seu				
Idade?	Altura (cm)?	Peso (kg)?		
Gênero? () Feminino () Masculino () Outro				
Faz mais de 15 minutos que você está dentro deste ambiente? () Sim () Não				
O que você estava fazendo nos últimos 15 minutos?				
Usando a lista abaixo, por favor, cheque cada peça de roupa que está utilizando e marque um X				
Sapato ou Tênis ()	Camiseta ()	Short ()	Saia Curta ()	Colete ()
Meia ()	Camisa de manga curta ()	Bermuda ()	Saia longa ()	Jaqueta ()
Sandália ()	Camisa de manga longa ()	Calça de tecido fino ()	Vestido curto ()	Suéter ou Casaco ()
Chinelo ()	Camisa de flanela ou moletom ()	Calça Jeans ()	Vestido longo ()	
		Calça grossa de lã ou flanela ()		

Outro:

1) Em que cidade você mora?

2) A quanto tempo você reside nesta cidade?

3) PARA QUEM NÃO MORA EM CAMPINA GRANDE, a quanto tempo você está na cidade de Campina Grande?

4) PARA QUEM MORA A MENOS DE 01 ANO EM CAMPINA GRANDE, em que cidade você morava antes?

5) Quando você sente calor o que costuma fazer? Por favor, tente citar ao mínimo três estratégias por ambiente.

No trabalho/universidade

Em ambiente público ao ar livre

Em casa

6) E quando você sente frio, o que costuma fazer? Por favor, tente citar ao mínimo três estratégias por ambiente.

No trabalho/universidade

Em ambiente público ao ar livre

Em casa

7) Em relação ao calor, como você está se sentindo neste momento?

- Muito quente Quente levemente quente Neutro(a), nem frio nem quente
 levemente frio Frio Muito Frio

8) Em outras palavras você acha isto?

- Confortável Levemente desconfortável desconfortável Muito desconfortável

9) Neste momento como você preferia que o ambiente estivesse?

- Bem mais quente Mais quente Um pouquinho mais quente
 Assim mesmo, nem mais quente nem mais frio
 Um pouquinho mais frio Mais frio Bem mais frio

10) Você tende a aceitar ou rejeitar este ambiente térmico? Aceitar Rejeitar

11) Este ambiente, na sua opinião é:

- Perfeitamente tolerável Levemente difícil de tolerar
 um pouco difícil de tolerar Muito difícil de tolerar Intolerável

12) Em sua opinião, se o edifício fosse ser construído agora o que poderia ser modificado para melhorar a situação térmica dos seus ocupantes?

13) Você se consideraria?

- Uma pessoa friorenta (costuma sentir frio) Uma pessoa calorenta (costuma sentir calor)
 Nenhum nem outro

14) Se você tivesse que escolher uma sensação térmica, qual destas você optaria:

- Prefiro o calor Prefiro o frio

15) Como você sente a umidade da sua pele agora?

- Nenhuma Levemente úmida Moderadamente úmida abundantemente úmida

16) Se você pudesse controlar a temperatura deste ambiente, você preferiria?

- Que ela variasse de acordo com as condições climáticas externas
 Que ela fosse a mesma ao longo de todo o ano, independentemente das condições climáticas externas

17) Qual destes sistemas de resfriamento você prefere ?

- Ventilação natural Ventilação natural combinada com ventiladores Ar-condicionado

18) Você normalmente fica muito tempo em ambientes climatizados com ar-condicionado?

- Sim Não

19) Quanto tempo você costuma ficar em ambientes sob ação do ar-condicionado? (horas por dia)

Casa = No carro = No trabalho/escola = Outro=

20) Com que frequência você costuma frequentar espaços ao ar livre com intuito de permanência (áreas externas como calçadas, praças, jardins, piscinas e outros) ou para a prática de esportes como caminhar, pedalar, jogar futebol e outros?

- Todos os dias 3 a 5 vezes por semana 2 vezes por semana 1 vez por semana ou menos

21) Quando você frequenta estes espaços externos, costuma demorar quantas horas?

22) Você possui algum problema de saúde relacionado a mudanças climáticas? Se sim, qual?

APÊNDICE B

PMVe	Museu _ CA			Museu _ VN			Universidade _ VN			Universidade _ CA		
	Sensação	Conforto	Conf X Desc.	Sensação	Conforto	Conf X Desc.	Sensação	Conforto	Conf X Desc.	Sensação	Conforto	Conf X Desc.
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9	52	48	85	16	24	55	29	30	50	35	38	65
	0,59	0,55	0,97	0,25	0,38	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,475	0,81
Exposta a 0 horas = 3; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9	51	54	85	18	26	55	29	30	50	35	38	65
	0,58	0,62	0,97	0,28	0,41	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,475	0,81
Exposta a 0 horas = 4; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9	52	50	85	17	25	55	29	30	50	35	38	65
	0,59	0,57	0,97	0,26	0,39	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,475	0,81
Exposta a 0 horas = 2; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9	52	55	85	18	26	55	29	30	50	35	38	65
	0,59	0,63	0,97	0,28	0,41	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,475	0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.5 ; - 20=0.7; +20=0.9	51	49	85	17	25	55	29	30	50	35	38	65
	0,58	0,56	0,97	0,26	0,39	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,475	0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.4 ; - 20=0.7; +20=0.9	51	49	85	17	25	55	29	30	50	35	38	65
	0,58	0,56	0,97	0,26	0,39	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,475	0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.7 ; - 20=0.7; +20=0.9	52	48	85	16	24	55	29	30	50	35	38	65
	0,59	0,55	0,97	0,25	0,38	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,475	0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.8; +20=0.9	51	48	84	18	23	55	29	30	50	35	37	65
	0,58	0,55	0,96	0,28	0,36	0,87	0,5	0,51	0,86	0,43	0,46	0,81

Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.6; +20=0.9	52 0,59	49 0,56	85 0,97	18 0,28	27 0,42	55 0,87	29 0,5	30 0,51	50 0,86	35 0,43	38 0,475	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.5; +20=0.9	51 0,58	50 0,57	85 0,97	18 0,28	27 0,42	55 0,87	29 0,5	30 0,51	50 0,86	36 0,45	38 0,475	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.8	52 0,59	48 0,55	85 0,97	17 0,26	23 0,36	55 0,87	29 0,5	30 0,51	50 0,86	38 0,47	46 0,57	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.7	50 0,57	51 0,58	85 0,97	19 0,3	25 0,39	56 0,88	29 0,5	30 0,51	50 0,86	39 0,48	47 0,58	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.6	50 0,57	52 0,59	85 0,97	19 0,3	25 0,39	56 0,88	29 0,5	30 0,51	50 0,86	39 0,48	47 0,58	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9;+40=1	50 0,57	48 0,55	55 0,97	15 0,23	24 0,38	53 0,84	30 0,51	30 0,51	49 0,84	35 0,43	38 0,475	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9;+40=0.9	52 0,59	48 0,55	85 0,97	16 0,25	24 0,38	55 0,87	29 0,5	30 0,51	50 0,86	35 0,43	38 0,475	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9;+40=0.8	52 0,59	48 0,55	85 0,97	17 0,26	23 0,36	55 0,87	29 0,5	30 0,51	50 0,86	38 0,475	41 0,51	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9;+40=0.7	51 0,58	50 0,57	85 0,97	18 0,28	23 0,36	56 0,88	29 0,5	30 0,51	50 0,86	39 0,48	43 0,53	65 0,81
Exposta a 0 horas = 5; -10=0.6 ; - 20=0.7; +20=0.9;+40=0.6	51 0,58	51 0,58	85 0,97	18 0,28	23 0,36	56 0,88	29 0,5	30 0,51	50 0,86	39 0,48	43 0,53	65 0,81

APÊNDICE C

Cidade	T.max. m	T.comp .med	T.min. m	Cidade	T.max. m	T.comp .med	T.min. m
Campina_Grande_PB*	29,6	23,5	19,6	Sousa_PB ^{13***}	33,7	27,0	20,8
Cabaceiras_PB****	32,6	25,4	19,9	Santa_cecilia_PB ^{13*}	30,6	24,5	20,6
Areia_PB*	28,0	22,8	20,2	Brejo_PB ^{3*}	28,0	22,8	20,2
João_Pessoa_PB*	30,8	27,2	23,7	Gurinhém_PB ^{23*}	30,8	25,5	23,7
Monteiro_PB*	32,7	25,6	18,9	Alagoa_Nova_PB ^{13*}	29,6	22,9	19,6
Patos_PB*	34,9	28,4	22,4	Fagundes_PB ^{13*}	29,6	22,7	19,6
Picui_PB**	32,2	24,9	19,0	Bananeiras_PB ^{13*}	28,0	22,3	20,2
Boa_Vista_RR*	34,6	28,6	25,0	Boqueirão_PB ^{13****}	32,6	24,1	19,9
Teresina_PI*	35,3	28,0	22,8	Queimadas_PB ^{3*}	29,6	23,5	19,6
Curitiba_PR*	23,4	17,5	13,9	Areial_PB ^{23*}	29,6	22,2	19,6
Rio_de_Janeiro_RJ*	29,0	24,8	21,8	Goiania_PE**	31,3	26,6	22,3
Natal_RN*	30,0	27,3	25,3	Belém_PA*	32,8	27,2	23,6
Touros_RN****	29,9	26,8	23,1	Três_pontas_MG ^{3*}	29,4	20,2	11,7
Caicó_RN*	35,8	29,0	23,2	Fortaleza_CE*	31,6	27,5	24,5
São_Paulo_SP*	26,1	20,4	15,9	Mossoró_RN*	33,5	27,6	22,9
Campinas_SP****	31,2	22,0	13,9	São_João_do_Cariri_PB****	31,3	24,3	19,0
Manaus_AM*	33,2	28,5	25,5	Quexeramobine_CE*	35,5	27,5	22,1
Feira_de_Santana_BA*	30,8	25,0	20,3	Alagoa_Grande_PB ^{13**}	31,3	25,1	21,3
Itaituba_PA*	34,4	28,4	24,6	Mamanguape_PB ^{13**}	31,3	25,3	21,3
Aracaju_SE*	29,6	26,7	23,4	Bom_Jardim_PE****	28,8	22,0	17,6
Caruaru_PE****	30,2	23,3	18,5	Brasília_DF*	32,6	22,3	13,2
Surubim_PE*	30,6	24,5	20,6	Icauí_CE**	30,7	28,0	25,1
Recife_PE*	30,4	26,3	22,5	Jacarau_PB ^{3**}	31,3	25,6	21,3
Maceio_AL*	30,5	26,1	22,9	Tuparetama_PB ^{3**}	33,3	25,5	18,3
Arapiraca_AL****	31,8	24,8	20,2	Sumé_PB ^{13*}	25,6	23,8	18,9
Lagoa_Seca_PB ^{3*}	29,6	23,5	19,6	Porto_Alegre_RS*	34,4	19,8	6,9
Montadas_PB ^{23*}	28,0	22,2	20,2	Bayeux_PB ^{3*}	27,2	30,8	23,7
Esperança_PB ^{23*}	29,6	22,9	19,6	Salvador_BA*	33,0	25,7	20,6
Barra_de_Santa_Rosa_PB ^{13*}	28,0	23,6	20,2	Umbuzeiro_PB ^{13****}	28,8	22,3	17,6
Cuité_PB ^{13*}	28,0	22,3	20,2	Imperatriz_MA*	38,7	28,7	19,8
Puxinanã_PB ^{13*}	29,6	23,1	19,6	Alagoinhas_BA*	35,4	25,0	16,5
Serido_PB ^{23*}	29,6	23,1	19,6	Varzea_da_Roça_BA ^{3**}	32,9	24,5	18,4
Pocinhos_PB ^{13*}	29,6	22,2	19,6	Rio_Claro_SP ^{13*}	32,3	21,6	11,3
Guarabira_PB ^{13****}	29,6	25,2	21,0	Frei_Martinho_PB ^{3**}	24,9	32,2	19,0
Conceição_PB ^{3***}	36,6	25,3	19,8	Miracema_TO ^{3*}	39,9	27,7	20,5
Alcantil_PB ^{3*}	29,6	23,5	19,6	Petrolina_PE*	36,7	28,3	20,1
Aroeiras_PB ^{13*}	26,9	23,9	19,6	Paraty_RJ*	30,6	22,7	15,6
Santa_Cruz_do_Capibaribe_PE ^{3***}	30,2	23,3	18,5	Oricuri_PE*	36,9	27,3	19,3
Afogados_de_Ingazeira_PE**	32,8	24,8	18,4	Serra_Talhada_PE***	25,3	36,6	19,8
Remigio_PB ^{3*}	28,0	22,8	20,2	Massaranduba_PB ^{3*}	23,5	29,6	19,6
Salgado_de_São_Felix_PB ^{3**}	31,3	25,6	21,3	Macaparana_PE ^{3****}	28,8	22,3	17,6
Parelhas_RN**	33,6	26,9	21,8	Cubati_PB ^{23*}	22,8	28,0	20,2
Galante_PB ^{3*}	29,6	23,5	19,6	Mogeyro_PB ^{23*}	29,6	25,3	23,5
Serra_Branca_PB ^{13****}	31,3	24,3	19,0	Assunção_PB ^{23*}	29,6	23,1	23,5
Santa_Luzia_PB ^{13**}	33,6	25,5	21,8	Soledade_PB ^{13*}	29,6	24,6	23,5
São_Mamede_PB ^{13*}	34,9	25,8	22,4	Gado_Bravo_PB ^{23*}	29,6	23,9	23,5
				Juazeirinho_PB ^{13*}	29,6	23,1	23,5

* Fonte: INMET

**Fonte:SINDA

***Fonte:Roriz

****Fonte:SONDA

¹Fonte da t. comp. m. : Embrapa

²Fonte da t. comp. M. referente a uma cidade próxima : Embrapa

³Dados referente a uma cidade próxima

Temperatura máxima média = média dos 10% maiores valores;

Temperatura mínima média = média dos 10% menores valores;

Temperatura compensada = média de todos os valores;

OBS: Os outliers foram retirados antes do cálculo das médias;

Fonte: Sousa, Leder e Costa (2018).

APÊNDICE D

Descrição	Trabalho e/ou uni.	Espaço externo	Residencial	Soma verão	Trabalho e/ou uni.	Espaço externo	Residencial	Soma Inverno	Soma total
Ligar Ventilador	30	0	170	200	1	0	1	2	202
Ligar Ar-condicionado	77	2	39	118	0	0	0	0	118
Ligar ventilador ou ar-condicionado	6	0	4	10	0	0	0	0	10
Lavar o rosto	14	0	2	16	0	0	0	0	16
Procurar sombra	17	136	1	154	0	0	0	0	154
Diminuir a roupa	42	28	92	162	0	0	0	0	162
Tomar banho ou molhar o corpo	2	5	142	149	0	0	10	10	159
Procurar espaços mais ventilados naturalmente ou artificialmente	62	47	23	132	2	0	0	2	134
Aumentar a vestimenta	0	1	1	2	202	135	180	517	519
Consumir bebida ou comida quente	0	1	1	2	40	33	68	141	143
Fechar esquadrias	0	0	1	1	14	0	55	69	70
Deitar	0	0	1	1	0	1	39	40	41
Se cobrir com edredom	0	0	0	0	2	1	133	136	136
Tomar água ou bebida fria	120	105	82	307	0	2	0	2	309
Mudar de lugar	24	13	3	40	12	15	2	29	69
Sair do lugar	32	12	0	44	17	13	0	30	74
Alterar o termostato	3	0	0	3	18	0	3	21	24
Acender algo quente	0	1	0	1	2	3	4	9	10
Abanar	87	43	11	141	0	0	0	0	141
Se encolher	0	0	0	0	15	8	3	26	26
Procurar um lugar mais quente	0	0	0	0	16	19	5	40	40
Brigar com as pessoas	2	1	2	5	0	0	0	0	5
Não fazer nada	2	2	0	4	4	1	0	5	9
Ir para um ambiente ao ar livre	12	3	26	41	0	1	0	1	42
Procurar lugares com movimento	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Ficar em pé	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Desabotoar a camisa / arregaçar as mangas	5	1	0	6	0	0	0	0	6
Separar os membros do corpo ou mudar de posição afim de esfriar	2	1	0	3	0	0	0	0	3
Abrir esquadrias	36	2	73	111	0	0	1	1	112
Cruzar os braços	0	0	0	0	6	3	0	9	9
Soprar a mão com bafo quente	0	0	0	0	5	3	1	9	9

Esquentar por atrito	0	0	0	0	24	12	3	39	39
Prender cabelo	16	10	3	29	0	0	0	0	29
Trocar de vestimenta	0	0	5	5	0	0	1	1	6
Ficar próximo de pessoas	0	0	0	0	19	16	3	38	38
Ligar aquecedor	0	0	0	0	4	0	1	5	5
Usar boné, sombrinha	0	5	0	5	0	0	0	0	5
Protetor solar	0	2	0	2	0	0	0	0	2
Comer coisas geladas / sorvete	18	27	5	50	0	1	0	1	51
Procura algo que quente como uma árvore	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Aumentar a movimentação	2	3	0	5	16	23	6	45	50
Procurar lugares com menor ventilação como abrigos ou barreiras	0	0	0	0	18	22	3	43	43
Fechar a circulação de ar	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Procurar lugar com menos pessoas	7	4	0	11	0	0	0	0	11
Relaxar, meditar	5	1	0	6	2	0	0	2	8
Ir para um lugar fechado	0	2	0	2	5	20	2	27	29
Desligar ou se afastar de ar-condicionado ou ventilador	0	0	0	0	43	1	9	53	53
Fumar	0	0	0	0	0	2	0	2	2
Diminuir o movimento	12	17	4	33	2	0	1	3	36
Ficar perto de esquadrias	10	0	1	11	0	0	0	0	11
Ficar perto de árvores	2	32	0	34	0	1	0	1	35
Ficar longe de esquadrias	0	0	0	0	1	0	1	2	2
Movimentar a roupa para fazer vento	4	2	0	6	0	0	0	0	6
Evitar o sol	1	6	0	7	0	0	0	0	7
Colocar mãos no bolso	0	0	0	0	4	1	0	5	5
Ingerir vitamina C	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Procurar lugar mais frio	0	1	3	4	0	0	0	0	4
Ficar exposto ao sol	0	0	0	0	6	12	1	19	19
Se afastar de superfícies frias	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Colocar pano molhado perto do ventilador	1	0	1	2	0	0	0	0	2
Evitar bebidas geladas	0	0	0	0	1	1	0	2	2
Tirar a bolsa das costas	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Evitar lugares ventilados	0	0	0	0	1	1	0	2	2
Abraçar pessoas	0	1	0	1	6	8	5	19	20
Ficar próximo de corpos d'água	0	3	0	3	0	0	0	0	3
Bebida alcoólica - cana	0	0	0	0	5	1	0	6	6
Ficar descalço	0	0	1	1	0	0	0	0	1

Evitar superfícies quentes como cadeiras acolchoada	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Gelo no corpo	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Bebida alcoólica - cerveja	1	2	1	4	0	1	0	1	5
Aquecedor	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Deitar no chão	0	0	10	10	0	0	0	0	10
Agarra o cachorro	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Ficar próximo de superfícies aquecidas, como pavimentos	0	0	0	0	0	1	1	2	2
Abrir geladeira	0	0	3	3	0	0	0	0	3
Acelerador de metabolismo	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Andar de bicicleta por conta da brisa	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Tentar se distrair	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Rede	0	0	2	2	0	0	0	0	2
Assoprar	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Balançar as pernas	1	0	0	1	2	0	0	2	3
Se proteger de ambientes externos	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Evitar alimentos gelados	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Tentar se esquentar	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Bolsa térmica	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Promover ventilação cruzada	0	0	1	1	0	0	0	0	1