Thiago José Vieira Silva

Calibração do *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*) para Espaços Abertos do Município de Belo Horizonte, Minas Gerais

Dissertação de Mestrado

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do CEFET-MG como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Profª. Dra. Simone Queiroz da Silveira HIrashima

Belo Horizonte, 12 de abril de 2019.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da Instituição, do autor e da orientadora, exceto se citar a fonte.

Thiago José Vieira Silva

Pesquisador do grupo de Arquitetura Bioclimática e Construção Sustentável, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Mestrando em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (PPGEC.CEFET-MG), área de concentração: Construção Civil e linha de pesquisa: Materiais, Componentes de Construção e Processos Construtivos (2017 - 2018). Pós-graduado em MBA Gestão Estratégica de Projetos pelo Centro Universitário Una (2018). Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Newton Paiva (2015) e em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade FUMEC (2007). Docente no curso de Arquitetura e Urbanismo na Rede de Ensino DOCTUM, João Monlevade – Minas Gerais.

\

Thiago José Vieira Silva

CALIBRAÇÃO DO *UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX* (*UTCI*) PARA ESPAÇOS ABERTOS DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do CEFET-MG como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Profª. Simone Queiroz da Silveira Hirashima, D.Sc.
Orientadora
Departamento de Engenharia Civil, CEFET-MG

Belo Horizonte, 12 de abril de 2019.

Silva, Thiago José Vieira
S586c Calibração do Universal Thermal Climate Index (UTCI) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, Minas Gerais / Thiago José Vieira Silva. – 2019.
145 f. : il., gráfs, tabs., fotos.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil.
Orientadora: Simone Queiroz da Silveira Hirashima.
Bibliografia: f. 109-117.
Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Civil

1. Bioclimatologia – Belo Horizonte (MG) – Teses. 2. Climatologia urbana – Belo Horizonte (MG) – Teses. 3. Conforto térmico – Belo Horizonte (MG) – Teses. 4. Edifício – Detalhes – Desenhos – Padrões – Teses. I. Hirashima, Simone Queiroz da Silveira. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD 631.3

Elaboração da ficha catalográfica pela Biblioteca-Campus II / CEFET-MG

AGRADECIMENTOS

A Deus, o que seria de mim sem a sua presença em minha vida. Que a minha fé seja mantida intacta.

À minha esposa, Valquíria Vieira, amor incondicional, por estar ao meu lado e ser de extrema importância para a concretização de meus sonhos.

À minha família, que soube conviver com a minha ausência subsequente a necessidades de cumprir cronogramas e atividades. Obrigado Ulicio, Ivani e Philipe.

À minha orientadora, professora Dra. Simone Queiroz da Silveira Hirashima, que me apresentou o verdadeiro significado da pesquisa científica e proporcionou-me maiores entendimentos sobre conforto térmico e clima urbano com suas orientações e direcionamentos. Proporcionou também a expansão de meus horizontes de pesquisa por meio de uma um estudo bi-lateral entre a Universidade de Kassel e o CEFET-MG.

À professora PhD. Eleonora Sad de Assis, por esclarecimentos advindos de sua expertise sobre clima urbano e pelos empréstimos de equipamentos do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética nas Edificações – LABCON, da Escola de Arquitetura da UFMG.

À professora Dra. Francine Rossi pelo desprendimento e generosidade quando solicitada à esclarecimentos sobre o cálculo do *UTCI.*

Ao professor Dr. Eduardo L. Krüger pelas contribuições advindas da banca de qualificação, pelo aceite em participar da banca de defesa e também pela parceria em outros projetos de pesquisa em andamento.

Ao professor Dr. Conrado de Souza Rodrigues palas contribuições na banca de qualificação e pelo aceite em participar de minha banca de defesa. Saliento gratidão especial pelo empenho desprendido para tornar possível a viagem à Kassel, Alemanha, onde pude enriquecer os meus conhecimentos sobre clima urbano e mapas climáticos urbanos.

Ao professor Dr. Lutz Katzchner pela disponibilidade e desprendimento para montar uma agenda de trabalho na Universidade de Kassel, Alemanha e apresentar-me ferramentas comprobatórias sobre a relevância da avaliação e construção de mapas climáticos urbanos.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e sua coordenação pelo compromisso com a pesquisa.

Aos pesquisadores do PPGEC-CEFET.MG que também são parte desta etapa conquistada. Sem eles as coletas de dados não seriam possíveis.

À CAPES, CNPQ e Fundação CEFET.MG pelo apoio recebido no desenvolvimento deste trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa ao meu Senhor e Salvador, Jesus Cristo, que me capacitou à finalização desta dissertação de mestrado e que, mesmo em momentos de ansiedade, acalmou-me com a suas assertivas respostas e doces consolações do Espirito Santo.

Também dedico à minha amada esposa, Valquíria Vieira, que em nenhum momento questionou as minhas ausências e, pelo contrário, assistiu-me com incentivos e sábios conselhos.

Meus familiares que são responsáveis pela minha formação enquanto pessoa, esta dedicatória também cabe a vocês.

RESUMO

As elevadas cargas térmicas, muitas vezes presentes nas grandes cidades de clima tropical, podem expor seus habitantes, e principalmente os usuários de seus espaços abertos, a possíveis desconfortos térmicos. Para avaliar os níveis de conforto e desconforto térmico, vários aspectos precisam ser considerados: meteorológicos (microclima), termofisiológicos (termorregulação do corpo humano) e psicossociais/culturais (contextualização). Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é calibrar o *Universal Thermal Climate Index (UTCI)* para espaços urbanos para Belo Horizonte / Minas Gerais - Brasil, cidade caracterizada por um clima tropical com invernos secos e frios e verões úmidos e quentes. Para o presente propósito foram realizadas campanhas em quatro sítios urbanos em Belo Horizonte, entre os meses de agosto de 2018 e janeiro de 2019, em três estações diferentes, para levantamento de variáveis microclimáticas , pessoais e subjetivas, durante as quais foram aplicados 755 questionários. Essa amostra foi somada aos dados coletados por Hirashima (2014), o que proporcionou três modelagens estatísticas de Regressão Logística Ordinal (RLO) com tamanhos diferentes: n=755, n=1693 e n=2448. Dentre as modelagens, a que apresentou maior acurácia foi a que considerou o n=1693, em conformidade ao trabalho de Silva e Hirashima (2018). Então,as faixas de conforto térmico propostas para Belo Horizonte são: desconforto para frio UTCI < 19,3°C; conforto térmico 19,3°C ≤ UTCI ≤ 26,7°C; e desconforto para calor UTCI > 26,7°C. Conclui-se que a calibração do índice apresentou boa capacidade preditiva. Sendo assim, os resultados alcançados proporcionam uma melhor compreensão da experiência dos usuários em espaços abertos com relação às condições microclimáticas, bem como podem subsidiar a tomada de decisões relacionadas às estratégias de planejamento urbano e saúde publica.

Palavras-chave: biometereologia; clima urbano; conforto térmico; *UTCI*.

ABSTRACT

The high thermal loads, often present in large cities with a tropical climate, can expose its inhabitants, and especially the users of its open spaces, to possible thermal discomforts. In order to evaluate the levels of thermal comfort and discomfort, several aspects need to be considered: meteorological (microclimate), thermophysiological (thermoregulation of the human body) and psychosocial / cultural (contextualization). In this context, the objective of the present study is to calibrate the Universal Thermal Climate Index (UTCI) for urban spaces to Belo Horizonte / Minas Gerais - Brazil, a city characterized by a tropical climate with dry and cold winters and humid and hot summers. For this purpose, campaigns were carried out in four urban sites in Belo Horizonte, between August 2018 and January 2019, in three different seasons, to collect microclimatic, personal and subjective variables, during which 755 questionnaires were applied. This sample was added to the data collected by Hirashima (2014), which provided three statistics Ordinal Logistic Regression modeling (OLR) with different sizes: n = 755, n = 1693 and n = 2448. Among the modeling, presented greater accuracy was the deemed the n = 1693, in accordance to the work of Silva and Hirashima (2018). So, the thermal comfort proposals for Belo Horizonte are: discomfort for cold UTCI < 19.3°C; thermal comfort 19.3°C ≤ ≤ UTCI 26.7°C; heat and discomfort for UTCI > 26.7°C. It was concluded that the index calibration presented good predictive capacity. Thus, the results obtained provide a better understanding of the users' experience in open spaces regarding microclimatic conditions, as well as they can subsidize the decision making related to urban planning and public health strategies.

Keywords: biometereologia; urban climate; thermal comfort; UTCI.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers

ASV – Overall Actual Senation Vote

Aw – Clima Tropical de Savana com Inverno Seco

Cwa - Clima Temperado Úmido com inverno seco e verão quente

Cwb - Clima Temperado Úmido com inverno seco e verão moderadamente quente

GIS – Geographical Information System

IBGE – Instituto Brasileiro de de Geografia e Estatística

IMC – Indice de Massa Corporal

IMGW – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISB – Internacional Society of Biometerrology

ISO – Internacional Organization for Standardization

LOESS – Estimated Smoothing Functions

MAS – Monção Sul-Americana

NBR – Norma Técnica Brasileira

PET - Physiological Equivalent Temperature

Proknow-C – Knowledge Development Process – Constructivist

RBC – Rede Brasileira de Calibração

RBGC – Royal Botanic Gardens Cranbourne

RBGM – Royal Botanic Gardens in Melbourne

RLO – Regressão Logística Ordinal

SFV – Sky View Factor

STI – Subjective Temperature Index

UC Berkeley – University of California Berkeley

UTCI – Universal Thermal Climate Index

WHO – World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES DE MEDIDAS

% - por cento

°C – Graus Celsius

AB – Análise Bibliométrica

AS – Análise Sistemática

clo – clothing

dc – distanciamentos das edificções até o equipamento

E - erro amostral

h – hora

hpa – hectopascal

Ia – Isolamento pela camada de ar

Icl – Isolamento do material do vestuário e da camada de ar enclausurada

IT – Isolamento Total

Km/h – Kilômetro por hora

Km² - Kilômetro quadrado

m – metro linear

m/s – metro por segundo

mm - milímetros

n - tamanho da amostra

N - tamanho da população

O – Oeste

Pa – Pascal

PB – Portifólio Bibliográfico

PP – Pergunta de Pesquisa

S – Sul

Ta - Temperatura do ar

Tcore - Temperatura média do centro do corpo

Tg - Temperatura de globo

Trm - Temperatura radiante média

Tsk - Temperatura média da pele

UR – Umidade Relativa

Va - Velocidade do ar

W/m² - Whatt por metro quadrado

α - absortividade

εg - emissividade do material do termômetro de globo

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 01 - Resistência Térmica da Vestimenta 34

Quadro 02 – Caracterização da altura e Posicionamento da Edificações 61

Quadro 03 – Caracterização das propriedades térmicas dos materiais construtivos do piso e das fachadas das edificações 62

Quadro 04 – Resumo da caracterização dos pontos de coleta de dados 69

Quadro 05 - Planejamento do Trabalho de Campo 72

Quadro 06 - Escalas térmicas usadas nos questionários 75

Quadro 07 - Escalas de ventilação usadas nos questionários 76

Quadro 08 - Variáveis e Critérios de Exclusão considerados na Pesquisa 77

Quadro 09 - Instrumentos de Pesquisa utilizados 79

Quadro 10 – Controle de Coletas 83

Tabela 01 – Taxa Metabólica por Atividade Física.....33

Tabela 02 – Caracterização descritiva qualitativa da amostra global 88

Tabela 03 – Caracterização descritiva quantitativa da amostra global 91

Tabela 04 – Sensação Térmica e Autoavaliação de Conforto Térmico 92

Tabela 05 – Sensação Térmica e Preferência Térmica 93

Tabela 06 – Sensação Térmica e Aceitação Térmica 94

Tabela 07 – Sensação Térmica e Percepção da Ventilação 94

Tabela 08 – Sensação Térmica e Autoavaliação da Ventilação 95

Tabela 09 – Sensação Térmica e Preferência da Ventilação 96

Tabela 10 – Análise Descritiva dos Valores de *UTCI* 96

Tabela 11 – Sensação Térmica e faixas do *UTCI* 97

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 01 – Trocas Térmicas 26

Figura 02 – Modelagem do Balanço Térmico 28

Figura 03 - *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*) 41

Figura 04 – Etapas do Estudo Desenvolvido 55

Figura 05 – Enquadramento Metodológico da Abordagem 57

Figura 06 – Caracterização da Área de Estudo 60

Figura 07 – Caracterização da vegetação Presente no Espaço Urbano 61

Figura 08 – Ponto de Coleta de dados P1 63

Figura 09 – Vista representativa do Ponto de Coleta de dados P1.....64

Figura 10 – Ponto de Coleta de dados P2 65

Figura 11 – Vista representativa do Ponto de Coleta de dados P2 66

Figura 12 – Ponto de Coleta de dados P3 67

Figura 13 – Vista representativa do Ponto de Coleta de dados P3 67

Figura 14 – Ponto de Coleta de dados P4 68

Figura 15 – Equipamento posicionado no Ponto de Coleta de dados P4 69

Figura 16 – Equipamento montado no ponto P2 79

Gráfico 01 – Calibração do *UTCI* para Belo Horizonte (n=755) 98

Gráfico 02 – Faixas calibradas do *UTCI* e Temperatura do ar (Ta) 99

Gráfico 03 – Faixas calibradas do *UTCI* e Temperatura radiante média (Trm) 100

Gráfico 04 – Faixas calibradas do *UTCI* e Velocidade do vento a 10m de altura 101

Gráfico 05 – Faixas calibradas do *UTCI* e Umidade Relativa do ar (UR) 102

Gráfico 06 – Faixas calibradas do *UTCI* e Taxa Metabólica (M) 103

Gráfico 07 – Faixas calibradas do *UTCI* e Isolamento do Vestuário (Icl) 103

Gráfico 08 - Calibração do *UTCI* para Belo Horizonte a partir da amostra de Hirashima (2014) (n=1693) 104

Gráfico 09 - Calibração do *UTCI* para Belo Horizonte a partir do somatório das duas amostras (n=2448) 106

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO 19

1.1 QUESTÃO NORTEADORA 20

1.2 OBJETIVOS 20

1.2.1 OBJETIVO GERAL 20

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA 21

1.4 RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA 21

CAPÍTULO 2

REVISÃO TEÓRICA 22

2.1 CLIMA E PLANEJAMENTO URBANO 22

2.2 AMBIENTE TÉRMICO URBANO 23

2.3 CONFORTO TÉRMICO 24

2.3.1 CONFORTO TÉRMICO ADAPTATIVO E ACLIMATAÇÃO 28

2.4 CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS 30

2.4.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS 30

2.4.2 VARIÁVEIS PESSOAIS 32

2.4.3 VARIÁVEIS SUBJETIVAS 34

2.4.4 TEMPO DE EXPOSIÇÃO ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS 36

2.4.5 DIVERSIDADE TÉRMICA 38

2.4.6 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO 38

2.5 *UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI)* 40

2.5.1 ESTUDOS PRECEDENTES: CONTEXTO INTERNACIONAL 42

2.5.2 ESTUDOS PRECEDENTES: HORIZONTE NACIONAL 49

CAPÍTULO 3

MATERIAIS, MÉTODOS E CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO 54
3.1 ETAPA PREPARATÓRIA 56
3.1.1 ESTADO DA ARTE 56
3.1.1.1 MÉTODO DE ABORDAGEM 56
3.1.2 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 58
3.1.2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO 59
3.1.3 CLASSIFICAÇÃO DA POPULAÇÃO E CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA 70
3.1.4 DEFINIÇÃO DOS MESES E PERÍODOS DO DIA DE COLETA 71
3.1.5 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS E CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO DOS QUESTIONÁRIOS 73
3.1.5.1 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS 73
3.1.5.2 VARIÁVEIS INDIVIDUAIS 74
3.1.5.3 VARIÁVEIS SUBJETIVAS 75
3.1.5.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO DOS QUESTIONÁRIOS 76
3.1.6 INSTRUMENTOS, MONTAGEM EM CAMPO E METODOLOGIA DE MEDIÇÃO 77
3.1.6.1 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO 77
3.1.6.2 MONTAGEM EM CAMPO DOS EQUIPAMENTOS E METODOLOGIA DE MEDIÇÃO 79
3.1.7 QUESTIONÁRIOS 80
3.1.7.1 ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS 80
3.1.8 CALIBRAÇÃO, AFERIÇÃO E TESTES DE INSTRUMENTOS 82
3.1.9 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS 82
3.1.9.1 DIMENSIONAMENTO E TREINAMENTO DA EQUIPE 82
3.2 ETAPA DE COLETA DE DADOS 83

3.3 ETAPA DE TRATAMENTO DE COLETA DE DADOS.....84

3.3.1 CÁLCULO DO UTCI 84

3.3.2 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....84

3.3.2.1 PRIMEIRA ETAPA: ANÁLISE DESCRITIVA 85

3.3.2.2 SEGUNDA ETAPA: MÉTODOS ESTATÍSTICOS MULTIVARIADOS.....85

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO 87

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA 87

4.1.1. CARACTERIZAÇÃO DESCRITIVA QUALITATIVA DA AMOSTRA GLOBAL.....87

4.1.2. CARACTERIZAÇÃO DESCRITIVA QUANTITATIVA DA AMOSTRA GLOBAL.....91

4.1.3. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E AUTOAVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO.....92

4.1.4. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA.....92

4.1.5. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E ACEITAÇÃO TÉRMICA.....93

4.1.6 RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E PERCEPÇÃO DA VENTILAÇÃO 94

4.1.7 RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E AUTOAVALIAÇÃO DE CONFORTO COM RELAÇÃO À VENTILAÇÃO 95

4.1.8 RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E PREFERÊNCIA DA VENTILAÇÃO 96

4.2 OBTENÇÃO DO *UTCI* 96

4.2.1. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E *UTCI* 96

4.3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS MULTIVARIADOS.....97

4.3.1. CALIBRAÇÃO DO *UCTI* PARA BELO HORIZONTE.....97

4.3.2. CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS FAIXAS DE CONFORTO CALIBRADAS DO *UTCI* E AS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS E INDIVIDUAIS 99

4.3.3. *UTCI* CALIBRADO A PARTIR DA AMOSTRA DE HIRASHIMA (2014) 103

4.3.4. SOMATÓRIO DOS BANCOS DE DADOS E AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DO TAMANHO DA AMOSTRA SOBRE O RESULTADO DA CALIBRAÇÃO DO *UTCI* 105

4.3.5.RELAÇÃO ENTRE O UTCI CALIBRADO PARA BELO HORIZONTE E AS FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO DEFINIDAS PARA CURITIBA . 107

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES 108

APENDICE A 118

APENDICE B 123

APENDICE C 129

APENDICE D 131

APENDICE E 135

APÊNDICE F 137

ANEXO A 141

ANEXO B 142

ANEXO C 144

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O clima urbano é resultado de alterações causadas pela urbanização das metrópoles, sendo definido como o ambiente gerado em um determinado sítio urbano ocasionado por alterações antrópicas (OKE,1978; OKE et al. 2017).

Para Assis (2007) a referência bibliográfica produzida sobre clima urbano é bastante fragmentada e desintegrada de sua real multidisciplinaridade, gerando em sua maioria resultados de pesquisa de caráter descritivo. O entendimento da climatologia urbana prevê a compreensão da relação existente entre conforto térmico, (micro, meso e macro) clima e características urbanas locais.

Alterações climáticas proporcionam interferências significativas sobre os seres humanos e podem influenciar sua saúde, fisiologia, desempenho e conforto (AYOADE, 2003). Dessa forma, o contexto urbano leva a geração de diferentes percepções do espaço, bem como afeta o comportamento de seus usuários (STEEMERS et al. 2004).

As condições de conforto térmico urbano influenciam diretamente o uso do espaço urbano. Um ambiente termicamente confortável promove a vitalidade das relações sociais, econômicas e culturais da cidade (NIKOLOPOULOU, 2004).

Para agregar e avaliar os diferentes fatores relacionados a conforto térmico são utilizados os índices térmicos. Eles buscam a integração dos parâmetros microclimáticos, individuais e subjetivos relacionados ao ambiente urbano no qual os usuários estão inseridos. (POTCHER et al. 2018). Givoni (1976) elucida a afirmativa anterior e define índices térmicos como formulações que relacionam variáveis climáticas e suas relações com os comportamentos fisiológicos do corpo humano.

Desde a *COST Action 730 on UTCI*, em 2004, precedido pela implementação da *Comimssion 6* da *Internacional Society of Biometerology* (*ISB*), em 2001, o *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*) tem sido amplamente estudado e adotado por pesquisadores com foco em conforto térmico no ambiente construído. Em 2009, estes esforços foram justificados e apresentados no Simpósio sobre o *UTCI* que aconteceu

em Genebra, Suiça (*INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY, 2001, 2003*).

Este estudo parte da premissa de que a sensação térmica em espaços abertos e a predição do conforto térmico de seus usuários precisam levar em consideração as especificidades microclimáticas de cada sítio urbano, bem como as características indivicuais e subjetivas de seus usuários. Além de presumir que é possível determinar condições de conforto térmico em espaços abertos por meio da calibração do *UTCI.*

1.1 QUESTÃO NORTEADORA

Quais são as faixas calibradas do índice *UTCI* para as diversas categorias de sensação térmica para espaços abertos na realidade climática de Belo Horizonte?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste estudo é calibrar o *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, Minas Gerais.

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos:

- estabelecer o estado da arte sobre o *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*) no Brasil e no mundo por meio do Processo de Investigação e Análise Bibliométrica do *Proknow-C*;
- coletar os dados microclimáticos, individuais e subjetivos relacionados às sensações térmicas;
- analisar a sensação térmica da população de Belo Horizonte;
- avaliar as influências das variáveis microclimáticas e pessoais coletadas sobre a sensação térmica dos indivíduos aclimatados da capital mineira;
- comparar o *UTCI* calibrado a partir dos dados coletados por este trabalho (755 valores), com o *UTCI* calibrado a partir do banco de dados de 1693 valores de Hirashima (2014) e, por fim, com o UTCI calibrado a partir da soma dos dois bancos de dados (2448 valores). Essa análise permitirá verificar a influência do tamanho da amostra sobre as faixas calibradas.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Para o planejamento urbano, principalmente em grandes metrópoles, os estudos sobre o clima urbano têm sido crescentemente considerados como definidores de parâmetros de natureza urbanística. Neste contexto, os urbanistas, arquitetos e engenheiros possuem papel relevante no desenvolvimento de projetos que possibilitem aos usuários dos espaços abertos diversas sensações térmicas contribuindo assim para proporcionar mais condições agradáveis e de conforto (HIRASHIMA, 2010; 2014).

No Brasil, vários são os estudos em desenvolvimento sobre conforto térmico em espaços abertos, no entanto a sua dimensão continental e diversidade climática presumem que os estudos devem ser pontuais e metodologicamente repilcáveis.

Justifica-se este trabalho também pelo ineditismo da calibração do *UTCI* para a capital do estado de Minas Gerais considerando a necessidade de parametrizar a sensação térmica de seus usuários com vistas a subsidiar decisões de planejamento urbano e regional, bem como políticas de saúde.

1.4 RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As pesquisas relacionadas a clima urbano, biometereologia e conforto térmico em espaços abertos, por envolver comumente variáveis microclimáticas, individuais e subjetivas, conectam-se a contextos específicos; no caso deste estudo, com a cidade de Belo Horizonte.

CAPÍTULO 2

REVISÃO TEÓRICA

2.1 CLIMA E PLANEJAMENTO URBANO

De um modo geral, a partir do século XIX, o sistema econômico dominante passou a definir a conformação urbana da cidade. Sua disposição espacial prioriza hierarquicamente algumas áreas subjugadas pela especulação imobiliária em detrimento a questões importantes, tais como o conforto térmico, que são negligenciadas. A indústria da construção impõe à paisagem urbana um modelo construtivo que objetiva tão somente o crescimento das cidades. Poucas são as iniciativas que se preocupam com a minimização de impermeabilização dos solos, com os baixos índices de ventilação e insolação, com a escolha dos materiais construtivos, ou mesmo com a densidade urbana local (CASTELLS, 1978).

Os objetivos da indústria da construção civil limitam-se a atender determinações de legislações municipais como critério de aprovação que, em sua maioria, não contemplam aspectos climáticos, ambientais e sociais. Então, mesmo atendendo a legislação urbanística, a máxima ocupação do solo gera problemas climáticos como a elevação da temperatura do ar, alteração da ventilação e problemas de escoamento, dentre outros. Por isso, os climas urbanos possuem características induzidas por sua conformação espacial e ocupação do solo (SOUZA, 2001).

O clima urbano pode ser definido como as condições ambientais geradas em um determinado local condicionadas pelas suas características atmosféricas e ações humanas no espaço urbano. Então, clima urbano relaciona-se com o resultado das alterações urbanísticas sobre a superfície terrestre provenientes das necessidades e anseios de seus usuários e moradores (MONTEIRO, 2003).

Katzschner (2015) pondera que para a definição de clima urbano é necessário considerar a escala do ambiente analisado (macro-escala, meso-escala ou micro-escala) a interação entre o ambiente urbano e os edifícios e fatores biometereológicos humanos.

A definição de Lombardo (1985) para clima urbano salienta que se trata do clima de um espaço limitado por sua urbanização, responsável pela produção de interrelações

pautadas pela ação ecológica natural e ação do homem como agente dos fenômenos urbanos.

Frota e Schiffer (p. 65, 2003) afirmam que “uma aglomeração urbana não apresenta, necessariamente, as mesmas condições climáticas relativas ao macroclima regional na qual está inserida”. O clima urbano relaciona-se diretamente ao porte do município e às atividades predominantes de seu núcleo.

As condicionantes que definem o clima urbano podem influenciar o conforto térmico dos habitantes de uma cidade afetando a saúde, qualidade de vida, atividades sociais, econômicas e político-administrativas realizadas em ambientes externos das cidades (HIRASHIMA, 2010; 2014).

O planejamento urbano busca estabelecer condicionantes que promovam para a cidade, soluções para problemas de cunho social, econômico e cultural. Por meio dessa ferramenta urbanística, são definidos os usos e ocupações dos espaços, bem como as relações sociais ali compreendidas. As características naturais do sítio, tais como, clima, ventilação, orientação solar, dentre outros, também deveriam ser levadas em consideração, complementarmente à solução dos problemas sociais e ambientais, no entanto, isso não ocorre na maioria das vezes (ASSIS, 2007).

Como fatores definidores de um adequado planejamento urbano, Givoni (1998) aponta: a escolha do local de implantação da cidade, o seu tamanho, a sua densidade construtiva, altura média das construções, projeto das edificações, o porte das vias e a cobertura do solo; esta última exerce influência direta sobre a elevação das temperaturas dos climas urbanos quando relacionados às áreas vegetadas.

Oke (1978) afirma que a inserção de uma edificação na cidade altera o comportamento dos ventos, transforma o ambiente térmico e modifica a umidade do ar. Portanto, o planejamento urbano possui papel importante sobre as variáveis climáticas que definem o equilíbrio térmico entre o ambiente e o homem.

2.2 AMBIENTE TÉRMICO URBANO

Fatores climáticos, tais como, temperatura e umidade do ar, intensidade de radiação solar, direção e velocidade da circulação do ar são afetados pela artificialidade gerada

pelo ambiente urbano e sua morfologia. Cita-se a presença ou ausência de vegetação, a poluição do ar, as propriedades dos materiais de revestimento, bem como as condições de permeabilidade do solo (BARBIRATO et al. 2011).

Oke et al. (1991) ratifica que temperaturas mais elevadas em áreas urbanas são consequência do armazenamento de radiação solar proeminentes das estruturas urbanas das cidades, da quantidade de áreas vegetadas, da interferência na circulação dos ventos e da alteração do fluxo de radiação de ondas curtas.

Os materiais e elementos construtivos se comportam mediante as suas propriedades térmicas. A temperatura da superfície das fachadas e do piso são influencias diretas para a temperatura do ar. A radiação solar incidente em um material construtivo será absorvida, refletida e transmitida (LAMBERTS E DUTRA, 2001).

As superfícies dos materiais e seus acabamentos distribuídos nos sítios urbanas, seja no solo ou nas fachadas das edificações, tem influência direta sobre a radiação de ondas curtas. Parte da radiação solar é refletida pelos materiais e outra parte é absorvida. A razão entre porção de radiação solar incidente e a radiação refletida pelo material pode ser denominada albedo. Já a capacidade de emissão de energia por radiação da sua superfície do material denomina-se emissividade (HEISLER; BRAZEL, 2010).

Tanto o albedo quanto a emissividade dos materiais possuem impacto direto sobre a temperatura do ambiente urbano (OKE et al., 1991). Quanto maior a diversificação de materiais e superfícies vegetadas do solo, fachadas e cobertura, maior é a variação do albedo, portanto, maior a interferência sobre o clima local.

Para Heisler e Brazel (2010) as variações do albedo em perímetros urbanos são resultado da proporção de cobertura vegetal, das propriedades térmicas dos materiais e conformação do uso do solo, altura e tipologia das edificações, por exemplo.

2.3 CONFORTO TÉRMICO

HÖPPE (2002) refere-se a conforto térmico por três vertentes distintas: psicológica, termofisiológica e de equilíbrio térmico.

A dimensão psicológica relaciona-se com a definição da *ASHRAE* (2005) e determina a condição mental de satisfação com o ambiente térmico; esta dimensão é muito importante para avaliações de ambientes externos, no entanto é de difícil avaliação pelo seu caráter individualizado e subjetivo. Então, em um mesmo contexto microclimático, diferentes usuários responderão singularmente a seu ambiente térmico de exposição.

A *ISO 7730* (2005) define conforto térmico como a manutenção do equilíbrio energético do corpo. Esse equilíbrio é alcançado quando as trocas energéticas do corpo com o meio atingem uma neutralidade, ou seja, quando as trocas de calor do corpo humano com o meio e do meio com o corpo humano mantém-se em uma faixa neutra (HOPPE, 2002).

Em relação à vertente termofisiológica, essa se relaciona com o sistema nervoso e os estímulos dos receptores térmicos da pele e do hipotálamo.

Os seres humanos possuem mecanismos de controle de temperatura, representado pelo aparelho termorregulador, responsáveis pelos ganhos e perdas de calor de seu organismo (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Em ambientes de baixas temperaturas, o sistema nervoso simpático envolve-se com a tarefa de reduzir as perdas de calor e aumentar as atividades celulares internas. Eleva-se muito a resistência térmica, por meio de vasoconstrição e arrepio, caracterizando a ação de termogênese do sistema glandular endócrino (FROTA; SCHIFFER, 2003).

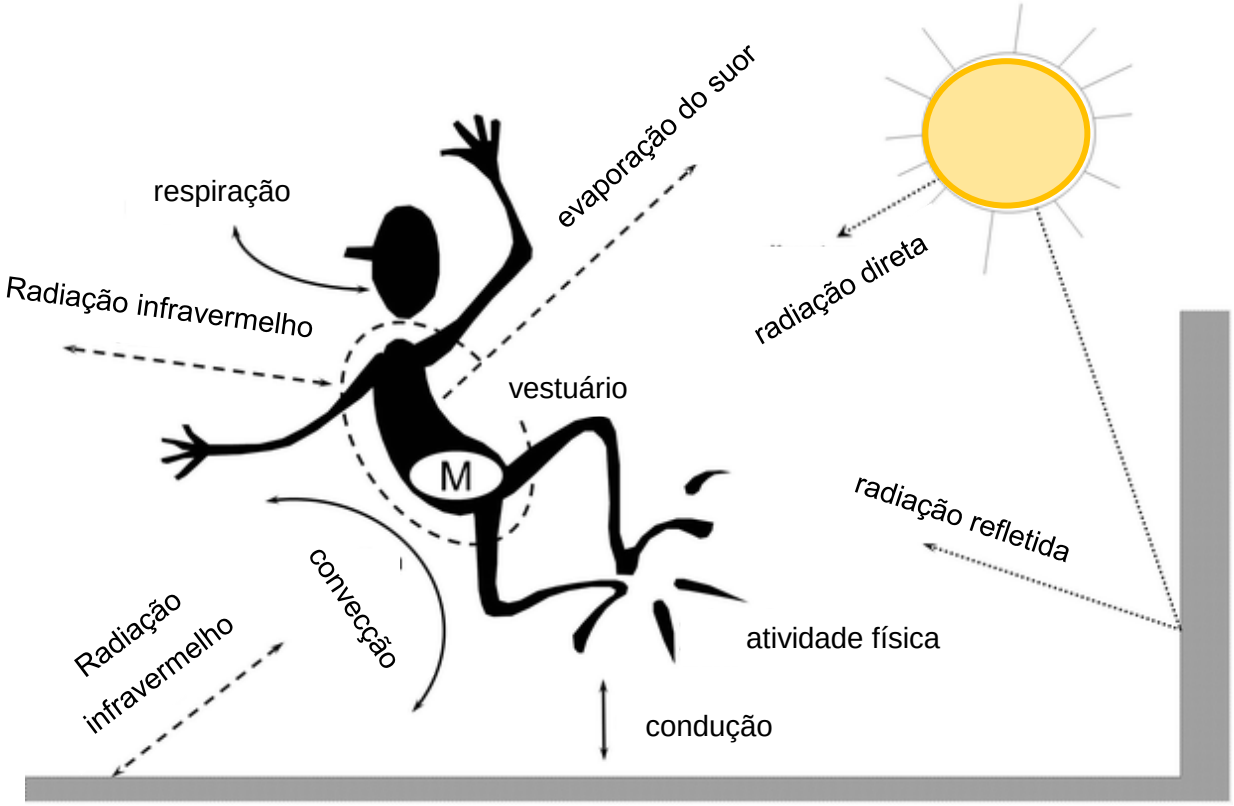
Em lógica inversa, quando o ambiente se apresenta com temperaturas mais altas do que a do organismo humano, momento em que as perdas de calor são inferiores às necessárias, o sistema nervoso simpático encarrega-se de proporcionar condições de trocas de calor mais intensas entre o ambiente e o corpo humano, comumente por vasodilatação e exsudação. Estes eventos caracterizam a termólise (FROTA; SHIFFER, 2003).

Dois são os mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente: trocas secas e trocas úmidas. A primeira divide-se em condução, convecção e radiação e a segunda trata da evaporação e condensação. As trocas secas referem-se ao calor

sensível enquanto as trocas úmidas relacionam-se ao calor latente (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Lamberts et al. (2014) corroboram com a definição anterior e afirmam que as trocas térmicas buscam o equilíbrio e são constantes entre o meio e o ser humano. Figura 01.

Figura 01 – Trocas Térmicas



Fonte: Traduzido pelo autor (JENDRITZKY et al., 2012)

Frota e Schiffer (2003) definem a troca seca por convecção como aquela que se realiza entre dois corpos sendo um deles sólidos e o outro líquido ou gasoso, proporcionada principalmente pela circulação de ar e respectiva velocidade; já a condução pode ser definida pela troca de calor entre dois corpos que estejam em temperaturas diferentes que se tocam; e radiação como a troca de calor entre dois corpos distantes entre si pela emissão e absorção de energia térmica.

A evaporação é uma troca térmica úmida proveniente da mudança do estado líquido para o gasoso e a condensação é a alteração do estado gasoso para o estado líquido.

Ambas as alterações de estado físico são acompanhadas por dispêndio de energia, logo emissão de calor (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Condições climáticas adversas, que induzem a sensações de desconforto térmico por frio ou calor, comumente ativam mecanismos de controle térmico os quais assistem fisiologicamente na manutenção da homeotermia do corpo humano (FROTA; SCHIFFER, 2003).

A termogênese e a termólise são as principais ações de resposta involuntária aos estímulos térmicos e visam manter o balanço termofisiológico do corpo humano equilibrado. Conscientemente, moldado por princípios instintivos, o ser humano aposta em posturas de encohimento, por exemplo, buscando a redução de área de contato com o meio mais frio, ou, em caso de sensação de desconforto térmico por calor, a redução da taxa metabólica pela redução da prática de atividades físicas (LAMBERTS et al., 2014).

Subsidiado pela *ASHRAE* (2005), o equilíbrio térmico caracteriza-se quando o calor produzido pelo corpo humano equivale ao calor perdido para o ambiente.

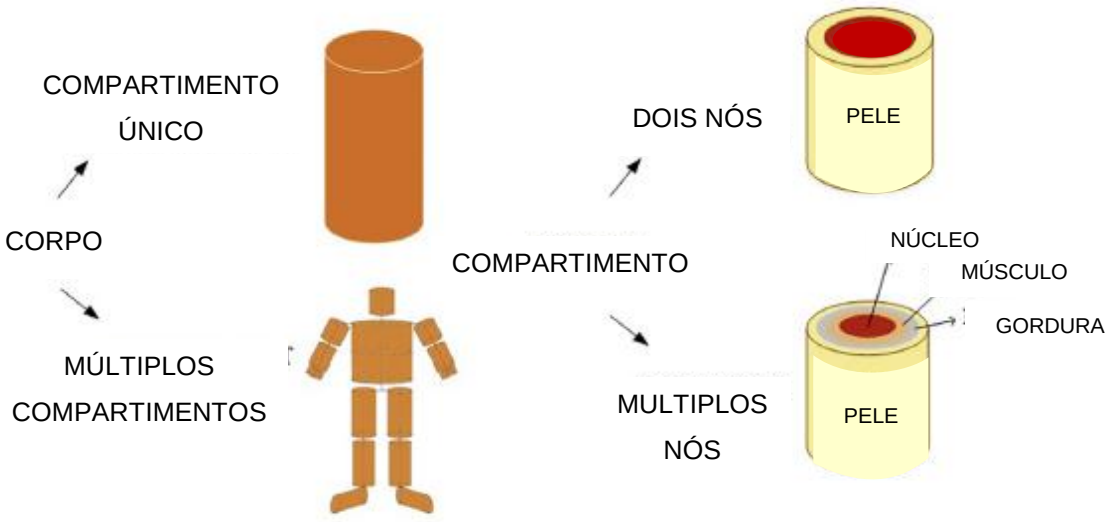
Ressalta-se que modelo de balanço térmico é diferente de equilíbrio térmico, pois o primeiro não trata somente dos processos físicos de transferência de calor; também envolve parâmetros meteorológicos e termofisiológicos (HÖPPE, 1999).

Nas últimas décadas, modelos de termorregulação humana foram desenvolvidos. Com o passar dos anos, estes transformaram-se em ferramentas essenciais para pesquisas relacionadas ao conforto térmico (FIALA et al. 2001).

Surgem então os índices térmicos que buscam considerar todos as possíveis variáveis de influência direta sobre a sensação térmica dos indivíduos e agrupá-las por respostas semelhantes. Então, a sua calibração consiste, de acordo com Hirashima (2010; 2014), na definição de faixas de conforto e desconforto térmico para as diferentes populações.

Ao tratar de trocas térmicas, o corpo humano pode ser considerado, para modelagem do balanço térmico, sob três óticas: como um compartimento único; ou como dois segmentos térmicos, pele e núcleo; ou ainda, como múltiplos nós (KATIC et al., 2016).

Figura 02 – Modelagem do Balanço Térmico



Fonte: adaptado de KATIC et al. (2016).

Em referência à modelagem do balanço térmico, os intitulados modelos multinodais ou multisegmentares, Figura 02, buscam prever as respostas humanas relacionadas à termorregulação em diferentes condições térmicas. Por isso as pesquisas apontam para o seu emprego em índices de conforto térmico (FIALA et al. 2001).

2.3.1 CONFORTO TÉRMICO ADAPTATIVO E ACLIMATAÇÃO

Brager e De Dear (1998) mencionam que o conforto térmico é influenciado pela capacidade adaptativa do ser humano de ajuste fisiológico às condições climáticas a que está exposto.

O conforto adaptativo refere-se à aspectos culturais, tais como vestimenta, tecnologia e arquitetura, que objetivam a adaptação do ser humano ao clima em que se encontra inserido (*ISO 7730*, 2005). Trata-se das ações realizadas pelas pessoas para se ajustarem ao ambiente térmico onde estão inseridas (NIKOLOPOLOU, 2004).

Segundo Nikolopoulou (2004), o conforto térmico adaptativo pode ser dividido em três categorias: adaptações fisiológicas, físicas e psicológicas.

As adaptações fisiológicas relacionam-se aos reflexos proporcionados à estímulos repetidos que proporcionam a minimização de seu efeito de forma progressiva (NIKOLOPOLOU, 2004).

As adaptações físicas referem-se àquelas que são realizadas pelas pessoas objetivando a adequação do ambiente às suas demandas térmicas. Nikolopolou (2004) cita duas categorias: a reativa e a interativa.

A primeira trata de alterações individuais e pessoais, como por exemplo, tomar uma bebida quente para mitigar a sensação de desconforto para frio ou ingerir uma bebida fria para diminuir a sensação de desconforto por calor. Outros bons exemplos são a postura (de encolhimento ou alongamento) e o vestuário. Com o mesmo objetivo, as adaptações interativas, tratam de alterações nos ambientes de inserção das pessoas buscando adequá-lo termicamente (NIKOLOPOLOU, 2004).

A outra vertente do conforto térmico adaptativo determina que a percepção humana de um ambiente não depende somente da magnitude de seus estímulos, no entanto, interliga-se à fatores psicológicos particulares. Da mesma maneira, a percepção térmica do espaço é influenciada por uma conjuntura de aspectos individuais, que podem ser categorizados segundo as ponderações de Nikolopoulou e Steemers (2003) e Nikolopoulou (2004). São elas: expectativa, experiências (memória de curto e longo prazo), percepção de controle, estímulos do ambiente, tempo de exposição e neutralidade.

A expectativa relaciona-se a maneira como as pessoas esperam que o ambiente térmico se apresente. Comumente relaciona-se a experiências anteriores que marcaram uma época do ano “muito fria” ou “muito quente”. Por exemplo, se em 2017 o mês de junho foi considerado um período de baixas temperaturas, no ano de 2018, os indivíduos tendem a esperar o mesmo comportamento climático, gerando uma expectativa. No caso exemplificado, percebe-se também o aspecto da experiência de memória (NIKOLOPOULOU e STEEMERS, 2003).

Também é importante ressaltar a experiência de curto prazo que são tangíveis à ações tomadas como resposta imediata à uma percepção individual do espaço, como por exemplo, o consumo de alimentos quentes em períodos de baixas temperaturas e a ingestão de bebidas frias em tempos de altas temperaturas (NIKOLOPOULOU, 2004).

Steemers et al. (2004) mencionam que a percepção de controle, ou seja, a sensação de domínio sobre as condicionantes térmicas, levam o indivíduo a sentir-se mais

confortável termicamente. A opção de escolha é decisiva como adaptação psicológica. Em ambientes externos, em uma praça, por exemplo, a possibilidade de permanência à sombra de uma árvore, ou exposto ao sol, direciona a sensação de conforto do ser humano.

Nikolopoulou (2004) corrobora com o exposto e complementa que os estímulos do ambiente que possibilitem ações diversas aos estímulos térmicos também influenciam a adaptação psicológica do indivíduo.

A possibilidade de definir o tempo de exposição às condições adversas de clima, como por exemplo, sair para um ambiente externo em um dia de altas temperaturas, é significativa como adaptação psicológica (NIKOLOPOULOU, 2004).

As adaptações fisiológicas, físicas e psicológicas são complementares e o seu entendimento é de fundamental importância para avaliação do conforto em espaços abertos e subsequente aplicação no planejamento urbano (NIKOLOPOULOU, 2004; STEMEERS et al. 2004; HIRASHIMA, 2010; 2014; ROSSI, 2012).

2.4 CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS

Até então consolida-se que o conforto térmico ocorre por meio de trocas térmicas subsidiadas por leis físicas, pela termorregulação do organismo humano e por variáveis ambientais, pessoais e subjetivas. A seguir serão apresentadas os fatores que influencia o conforto térmico em espaços abertos.

2.4.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As variáveis ambientais que influenciam o conforto térmico em espaços abertos são a temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar (ROSSI 2012; HIRASHIMA 2010;2014).

A *ISO 7726* (1998) afirma que a Temperatura do ar (Ta) é a temperatura ao redor do indivíduo. Essa temperatura age sobre a troca térmica por convecção e pela respiração. Quanto maior a diferença de temperatura, maiores são as trocas por convecção.

No que tange a Temperatura de globo (Tg) cabe ressaltar a sua origem do termômetro e adaptações para aplicação em ambientes externos.

A princípio, o termômetro de globo foi desenvolvido para a realização de medições em ambientes internos, mas ao longo dos anos começou a ser utilizado também para a realização de medições em ambientes externos (NIKOLOPOULOU et al., 2001).

O globo padrão necessita de 20 a 30 minutos para chegar ao equilíbrio, pois esse só é alcançado quando o ganho de calor por radiação se iguala à perda de calor por convecção e irradiação, momento este em que três componentes devem entrar em equilíbrio: o globo, o ar contido em seu interior e o termômetro (NIKOLOPOULOU et al., 1999).

Dessa forma, devido à sua inércia térmica, o termômetro de globo padrão não é adequado para medir a temperatura de globo em ambientes cujas condições variem rapidamente (*ISO 7726*, 1998), como é o caso dos ambientes externos.

A rápida mudança nas condições de radiação dos ambientes externos requer, portanto, a utilização de um termômetro de globo com uma resposta também mais rápida. Então, por conveniência, pesquisas foram desenvolvidas com globos de diâmetros menores. Segundo Nikolopoulou et al. (2001), o termômetro de globo comumente utilizado é o confeccionado com uma bola de tênis-de-mesa preta, de 38mm, desenvolvido por Humphreys, em 1977 (NIKOLOPOULOU et al., 1999).

Para ambientes externos, a *ISO 7726* (1998) recomenda a utilização da cor cinza médio quando o globo for exposto ao sol, devido à sua absorção de radiação térmica de onda curta ser semelhante à das pessoas normalmente vestidas.

Isto posto, o termômetro de globo utilizado nesta pesquisa foi confeccionado com bolas de tênis-de-mesa, em conformidade com o trabalho desenvolvido por Humphreys, em 1977, descrito pelo estudo de Nikolopoulou et al. (1999). A cor utilizada segue a recomendação da *ISO 7726* (1998), cor cinza médio. A descrição dos passos adotados para a confecção do referido instrumento consta no Apêndice D.

A Temperatura radiante média (Trm) define-se como a média das temperaturas superficiais que trocam calor com o corpo humano em um dado microclima. Esta troca acontece por radiação. A Trm pode ser maior ou menor que a temperatura do ar

devido a influência direta das temperaturas das superfícies circundantes (*ISO 7726*, 1998).

A obtenção da Trm deve seguir as recomendações da *ISO 7726* (1998) que apresenta os procedimentos de cálculos e suas variáveis. O cálculo desta variável será abordado no tópico 3.1.5.1.

A *ASHRAE Standard 55* (2010) define a umidade como uma referência geral ao teor de umidade do ar, que é expressa em termos de diversas variáveis termodinâmicas, incluindo pressão de vapor, temperatura do ponto de orvalho e taxa de umidade.

A Umidade Relativa do ar (UR) interfere diretamente sobre a Ta e sobre a remoção de calor da pele por evaporação. Em ambientes mais úmidos, a umidade da pele é dificilmente absorvida pelo ar, ao passo que, em ambientes mais secos, a umidade da pele é absorvida facilmente pelo ar (ROSSI, 2012).

Segundo a *ISO 7726* (1998), a Velocidade do ar (Va) é definida pela sua magnitude e direção. Interfere na temperatura e umidade relativa do ar. Em microclimas onde a temperatura do ar é inferior à temperatura da superfície da pele, altas velocidades do vento significam evaporações mais rápidas o que aumenta a sensação de conforto térmico.

2.4.2 VARIÁVEIS PESSOAIS

Como variáveis pessoais têm-se dois fatores que influenciam o conforto térmico em espaços abertos, respectivamente, calor metabólico típico produzido por atividade física e isolamento (resistência térmica) do vestuário (HIRASHIMA 2010; 2014).

A taxa metabólica decorre do nível de atividade física, do ambiente externo, do peso, da altura e da idade. O metabolismo pode ser definido como o conjunto de reações químicas que ocorrem no corpo humano objetivando o gasto energético; já o metabolismo basal define-se como o gasto energético necessário para manter o corpo humano, em repouso, em funcionamento. Por taxa metabólica, entende-se a quantidade de calor necessária para o corpo humano manter-se em equilíbrio térmico (*ISO 8996*, 2004).

Wilmore (2001) afirma que a produção metabólica está diretamente relacionada às proporções corporais, bem como sua composição e temperatura homeoterma. No que tange às dimensões corporais quanto maior o indivíduo, maiores são as dimensões de sua pele, e, portanto, maior é a taxa metabólica.

Quanto maior a massa muscular constituinte do organismo do ser humano, maior é a sua taxa metabólica. Paradoxalmente, a gordura corporal funciona como um "isolante térmico", pois quanto maior a gordura corporal, menor é a perda de calor para o ambiente e menor é a produção energética do metabolismo (WILMORE, 2001).

As mulheres, normalmente, apresentam menores quantidades de massa muscular em sua composição, logo a sua taxa metabólica é, comumente, inferior a taxa metabólica dos homens. Em relação a temperatura corporal, quanto maior a temperatura mais elevada é a taxa metabólica. Já em relação à faixa etária, quanto mais velho o indivíduo, menor é a quantidade de massa muscular constituinte em seu organismo, e, portanto, menor é a sua taxa metabólica (WILMORE, 2001).

A *ISO 8996* (2004) apresenta em seu anexo 3, a tabela B.3 intitulada Taxa metabólica por Atividade Física. A Tabela 01, mostra algumas taxas metabólicas por atividade física recomendadas, que foram consideradas por este trabalho.

Tabela 01 - Taxa Metabólica por Atividade Física

ATIVIDADE	VELOCIDADE (km/h)	TAXA METABÓLICA (W/m²)
Sentato	0	45
Em pé	0	60
Caminhando	3.2	115
Acaminhando rápido	4.3	150

Fonte: adaptado pelo autor (HIRASHIMA, 2010 apud *ISO 8996* (2004)

O isolamento térmico proporcionado pelos vestuários acarreta em resistência às trocas de calor entre o corpo e o ambiente, portanto, o conforto térmico em espaços abertos mostra-se dependente desta variável pessoal (*ISO 9920*, 2007; HIRASHIMA, 2010;2014; ROSSI, 2012).

A *ISO 9920* (2007) recomenda alguns valores de resistência térmica das vestimentas (Icl), que é expressa em *"clo".* O Quadro 01 a seguir apresenta valores de resistência térmica normatizados e utilizados por esta pesquisa.

Quadro 01 - Resistência Térmica da Vestimenta

VESTUÁRIO	Icl (clo)
RI - calcinha	0,03
RI - sutien	0,01
RI - cueca	0,04
RI - combinação	0,16
RI - ceroulas	0,15
M - meia fina	0,02
M - meia grossa	0,03
M - meião fino	0,03
M - meião grosso	0,06
C - sandálias	0,02
C - chinelo	0,02
C - bota	0,1
C - tênis	0,02
C - sapato	0,02
CB - camiseta manga curta	0,09
CB - camiseta manga longa	0,16
CB - camisa manga curta	0,25
CB - camisa manga longa	0,28
CB - regata	0,06
CB - top	0,06
CB - blusa 3/4	0,27
Cl - calça fina	0,15
Cl - calça grossa	0,24
Cl - bermuda	0,11

VESTUÁRIO	Icl (clo)
Cl - short	0,08
Cl - macacão sem mangas	0,24
Cl - macacão com mangas	0,49
A - luvas	0,08
A - gorro	0,01
A - boné	0,01
CS - colete fino	0,13
CS - colete grosso	0,22
CS - suéter fino	0,23
CS - suéter grosso	0,29
CS - jaqueta leve curta	0,21
CS - jaqueta leve longa	0,34
CS - jaqueta grossa curta	0,35
CS - blazer	0,35
CS - jaqueta grossa longa	0,42
CS - paletó	0,44
CS - moletom	0,36
VS - saia longa	0,23
VS - saia "até a panturrilha"	0,1
VS - saia até o joelho	0,14
VS - vestido manga curta	0,29
VS - vestido manga longa	0,32
VS - vestido sem manga	0,23

Fonte: adaptado pelo autor (ROSSI, 2012 apud *ISO 9920*, 2007)

Legenda: RI – Roupas ìntimas; C – Calçados – M – Meias; CB – Camisas e Blusas; Cl – Calças; A – Acessórios; CS – Casacos e Suéteres; VS – Vestidos e Saias

2.4.3 VARIÁVEIS SUBJETIVAS

A avaliação do ambiente térmico é realizada singularmente por cada indivíduo segundo aspectos sociais, culturais e psicológicos (HIRASHIMA, 2010; ROSSI, 2012; HIRASHIMA, 2014; *ISO 10551*, 2015).

A *ISO 10551* (2015) recomenda escalas para levantar as variáveis subjetivas: escalas de julgamento de percepção, avaliação e preferência térmicas; e escala de aceitação pessoal e tolerância térmica.

Dentre as escalas de julgamento térmico a *ISO 10551* (2015) estabelece três aspectos, respectivamente: percepção, avaliação e preferência. Ver Apêndice F.

Rossi (2012) e Hirashima (2010; 2014) salientam que a escala de percepção térmica busca entender como uma pessoa percebe o ambiente térmico no momento da abordagem. Ela possui sete valores sendo um de neutralidade e dois polos (frio e calor) com três intensidades cada.

A *ISO 10551* (2015) apresenta nove valores de escala para a percepção térmica, no entanto, as noves escalas só devem ser utilizadas em ambientes de temperaturas muito extremas. O presente estudo apropriou-se de sete pontos de escala, conforme recomendação normativa, haja vista que o local de aplicação dos questionários não apresenta ambientes térmicos extremos.

O objetivo da escala de avaliação térmica é julgar a carga térmica do ambiente enquanto confortável ou desconfortável. Esta escala apresenta um polo e quatro graus e intensidade (HIRASHIMA, 2010; ROSSI, 2012; HIRASHIMA, 2014; *ISO 10551*, 2015).

A escala de preferência térmica, similarmente à escala de percepção térmica, também apresenta sete pontos sendo um valor neutro e dois polos (quente e frio) de intensidade, com três gradações cada (HIRASHIMA, 2010; ROSSI, 2012; HIRASHIMA, 2014; *ISO 10551*, 2015).

Complementares às escalas de julgamento de percepção, avaliação e preferência térmicas, e aplicação subsequente, a escala de aceitação pessoal e tolerância térmicas buscam responder qual a relação entre os indivíduos e o microclima (*ISO 10551*, 2015).

As gradações da escala binária de aceitação térmica visam verificar se o indivíduo aceita ou rejeita o ambiente térmico, considerando suas preferências individuais (*ISO 10551*, 2015).

Já a escala de tolerância térmica, com um pólo e cinco graus de intensidade, compreende a complacência do indivíduo às condições térmicas do microclima onde se encontra (*ISO 10551*, 2015).

Em suma, para a avaliação do conforto térmico em ambientes abertos é necessário o monitoramento de dados climáticos, pessoais e subjetivos.

Embasado pelo trabalho de Silva e Alvarez (2015) que avaliou o efeito da ventilação sobre o conforto térmico dos pedestres em regiões costeiras com climas quentes e úmidos realizada no Espirito Santo, Brasil, para esta dissertação também foram coletadas variáveis subjetivas relacionadas a ventilação nos espaços abertos. A intenção é avaliar, em estudos futuros, a interferência da ventilação sobre o conforto térmico dos usuários.

As variáveis subjetivas relacionadas à ventilação abrangeram três aspectos: percepção, avaliação e preferência. Ver Apêndice F.

Já a escala de percepção da ventilação busca entender como uma pessoa compreende a velocidade do vento no momento em que foi questionada. Ela possui cinco pontos de escala sendo um pólo de neutralidade e outros dois polos (fraco e forte) com duas intensidades cada. Já a escala de avaliação da ventilação objetiva julgar a ventilação no local de coleta de dados enquanto confortável ou desconfortável. Essa escala apresenta um pólo e quatro graus de intensidade. Similarmente a percepção, a escala de preferência da ventilação possui um polo neutro e dois outros polos antagônicos, mais forte e mais fraco.

Silva e Alvarez (2015) enfatizam a importância de uma abordagem integrada que considere ventilação urbana não só como uma variável microclimática de velocidade do ar. Salientam que o entendimento da interferência da ventilação no conforto térmico das pessoas em um determinado local, deve ser investigado em âmbito objetivo, subjetivo e legislativo.

2.4.4 TEMPO DE EXPOSIÇÃO ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O tempo de exposição às condições climáticas é fundamental para a definição da sensação de conforto térmico do ser humano. Höppe (2002), em uma pesquisa,

analisou dois cenários buscando respostas referentes ao tempo de exposição às condições climáticas. No primeiro cenário simularam-se condições para um dia frio e as conclusões foram que, em condições de frio, faz-se necessário um longo período de tempo para aproximar-se da estabilidade térmica, aproximadamente 43h.

O segundo cenário foi simulado para condições de um dia de calor. O estado estacionário foi alcançado com 28 minutos para Tsk (temperatura média da pele) e 56 minutos para Tcore (temperatura média do centro do corpo) (HÖPPE, 2002).

As divergências das duas simulações realizadas podem ser explicadas, fisiologicamente, pelo fato de que, em temperaturas mais baixas, há uma redução do fluxo do sangue do corpo humano, causado pela vasoconstrição. Já em temperaturas mais altas o corpo humano sofre um aumento do fluxo sanguíneo caracterizando a vasodilatação, o que promove uma adaptação térmica do corpo humano mais rápida (HÖPPE, 2002).

Em um estudo mais recente, Krüger et al. (2017) avaliaram, sob a utilização de uma câmara climática, o efeito da aclimatação referente à percepção térmica comparando-as às previsões térmicas calculadas pelo índice *UTCI* para a cidade de Karlsruhe, Alemanha.

O experimento assegurava o estado estacionário pela permanência de indivíduos em uma câmara de teste com temperatura controlada sob condições de conforto térmico em ambientes fechados por cinco horas consecutivas antes destes saírem para o ar livre. Após deixarem a câmara, os indivíduos andaram com ritmo controlado, quando foram questionados sobre preferência e sensação térmica, de acordo com o questionário padrão recomendado pela *ISO 10551* (2015). Os questionários foram aplicados com tempos de 15 minutos e 30 minutos de aclimatação. O experimento foi realizado em 36 sessões no ano de 2015 sob condições de inverno, verão e primavera (KRÜGER et al., 2017).

Krüger et al. (2017) concluíram que o histórico térmico de curto prazo influencia diretamente os votos de sensação e percepção térmica dos indivíduos podendo conduzir à calibração de índices de conforto com erros significativos. Como principal contribuição do estudo definiu-se um mínimo de 30 minutos como período de

aclimatação sugerido, no caso de estudos de campo para definição de faixas de conforto e desconforto térmico em espaços abertos.

O referido estudo de Höppe (2002) subsidia esta pesquisa enquanto justificativa para a calibração do *UTCI* em Belo Horizonte, haja vista que as Normais Climatológicas 1981-2010 (INMET, BRASIL, 2018) não apresentam temperaturas de inverno rigorosas, bem como, assistem à determinação do tempo de aclimatação dos indivíduos da capital mineira. Já a pesquisa de Krüger et al., (2017) assistiu a definição do tempo de aclimatação necessário para que o histórico térmico de curto prazo não comprometa os votos de percepção e sensação térmica dos índividuos, 30 minutos.

2.4.5 DIVERSIDADE TÉRMICA

A arquitetura e urbanismo são fundamentais para a construção de condições térmicas diversas. Sua concepção projetual evidencia alguns aspectos individuais para adaptações psicológicas do ser humano, tais como percepção de controle e neutralidade. Para Steane e Steemers (2004), oportunizar ambientes térmicos diversos é tão significativo quanto proporcionar um ambiente térmico aceitável. As oportunidades mencionadas, levam à formação consciente da diversidade e de sua incorporação como variável de adaptação ao ambiente.

Hirashima (2010; 2014) afirma que a diversidade térmica aumenta a faixa de percepção de conforto térmico. Em ambientes abertos, a oportunidade de adaptação térmica pode ser exemplificada como a possibilidade de escolha de se expor ao sol ou se proteger sob uma sombra.

Corroborando com o exposto, Nikolopoulou et al. (2004) afirmam o importante papel que o planejador urbano tem sobre o ambiente térmico. Em seus projetos aspectos de diversidade ambiental devem ser aplicados para gerar diferentes sensações de conforto térmico.

2.4.6 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

Para avaliar os níveis de conforto e desconforto térmico, vários aspectos precisam ser considerados: meteorológicos (microclima), termofisiológicos (termorregulação do corpo humano) e psicossocial / cultural (contextualização). O efeito integrado dessas

variáveis pode ser alcançado e avaliado usando índices de conforto térmico calibrados.

O ambiente térmico pode ser definido por seis parâmetros básicos: Temperatura e Umidade Relativa do ar, Temperatura radiante média, Velocidade do vento, isolamento térmico do vestuário e calor metabólico produzido por atividade física momentânea (STAIGER et al., 2019).

Inicialmente, os índices foram desenvolvidos para suprir as demandas da indústria e do serviço militar. A intenção era avaliar a produtividade dos funcionários e militares sobcondições térmicas extremas e periculosidade de ambientes termicamente áusteros. Neste tempo, os índices eram desenvolvidos por estudiosos da área da saúde pública, medicina, fisiologia, biometeorologia e engenharia (POTCHER et al., 2018).

No início do século XXI, a atenção dos pesquisadores voltou-se para o conforto térmico em espaços abertos objetivando a construção de estratégias capazes de promover um planejamento urbano mais sustentável, o que direcionou recentemente as pesquisas para os campos da arquitetura, geografia, climatologia e biometeorologia. Até então, o conforto térmico em espaços abertos tinha recebido pouca atenção. Os índices térmicos eram desenvolvidos sob a ótica estacionária para serem aplicados em ambientes externos, necessitavam de adaptações. Já os índices *PET*, *OUT_SET* e *UTCI* foram projetados para o ambiente externo (POTCHER et al., 2018).

Nos últimos 100 anos, o grande número de índices térmicos desenvolvidos salienta a importância da temática para a comunidade científica que desenvolve pesquisas sobre o ambiente térmico. Os índices térmicos buscam atribuir significado para o efeito integrado das variáveis climáticas, individuais e subjetivas que influenciam o conforto térmico. Foram levantados 165 índices térmicos diferentes (DE FREITAS E GRIGORIEVA, 2015).

Em continuação à pesquisa anteriormente descrita, De Freitas e Grigorieva (2017) classificaram os índices térmicos levantados. Eles foram classificados e avaliados segundo seis critérios: escopo, sofisticação, transparência, usabilidade e validade. O

UTCI, objeto de pesquisa deste projeto, segundo o critério de avaliação dos autores, alcançou uma pontuação de vinte sete pontos em trinta possíveis; sendo que dos três pontos perdidos, dois relacionam-se a usabilidade que tangem à facilidade de aplicação e um ponto está relacionado à sua validade relativa à sua concepção.

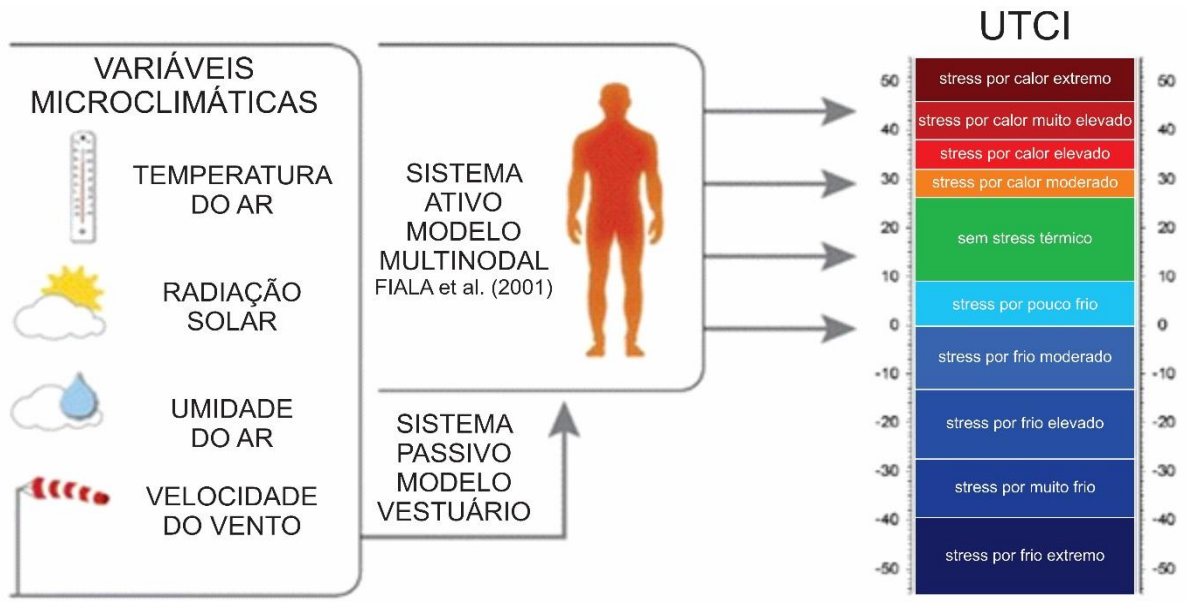
2.5 UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI)

Em 2001, a Comission 6 to *International Society of Biometereology (ISB)* desenvolveu o *Universal Thermal Climate Index (UTCI)* que avalia as condições térmicas externas através da resposta termofisiológica do corpo humano, e faz referência à sua aplicação universal a todos os tipos de clima, independentemente das características pessoais dos indivíduos (*ISB*, 2001; 2003).

O *UTCI* surge como uma tentativa multidisciplinar de reunir os cientistas para elaborar um índice térmico de empregabilidade universal. Desta maneira, o referido índice busca uma padronização de procedimentos de aplicação de pesquisas biometeorológicas a fim de possibilitar a evolução da temática por sistematização de seus procedimentos (JENDRITZKY; HÖPPE, 2017; BLAZEJCZYK et al. 2013; NOVÁK, 2011).

O referido índice baseia-se no modelo de termorregulação humana de múltiplos-nós de Fiala et al., 2001. Blazejczyk et al. (2013) complementam que este modelo de múltiplos nós compreende doze elementos do corpo abarcando 187 nós do tecido total do corpo humano.

Figura 03 - *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*)



Fonte: BRÖDE et al. (2001) adaptado pelo autor

De acordo com a *ISB* (2001, 2003), as onze faixas originalmente estabelecidas para o *UTCI* e suas relações com o estresse térmico Figura 03, são:

- 46 ° C (estresse extremo por calor);
- 38 ºC a 46 ºC (estresse muito forte para o calor);
- 32 a 38 (forte tens de calor);
- 26 a 32 (tens de calor moderado);
- 18 ºC a 26 ºC (conforto térmico);
- 9 ºC a 18 ºC (sem estresse térmico);
- 0 ºC a 9 ºC (pouco estresse para o frio);
- 0 ° C a -13 ° C (estresse térmico moderado);
- -13 ºC a -27 ºC (forte estresse para o frio);
- -27 ºC a -40 ºC (muito forte estresse para o frio); e
- <-40 ° C (estresse extremo para o frio).

O ambiente de referência proposto pelo *UTCI* define-se, conforme ponderações de Staiger et al. (2019), como um ambiente isotérmico, com velocidade do vento baixa, aproximadamente 0,3 m/s, se considerado uma altura de 1,1 m acima do solo,

umidade relativa do ar de 50% e uma pressão de vapor de água fixa de 20hPa. Presume-se o valor do calor metabólico do sujeito de referência em 135 W/m².

O *UTCI* pode ter suas aplicações universalizadas para a área de biometeorologia com grande potencial para avaliação de faixas de conforto e desconforto térmico (BRÖDE et al., 2012; JENDRITZKY; HÖPPE, 2017; BLAZEJCZYK et al., 2013).

Em seu estudo de comparação de alguns índices térmicos e o *UTCI*, Blazejczyk et al. (2012) mencionaram que o referido índice térmico é muito sensível aos estímulos ambientais de temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa e, principalmente, velocidade do vento, concluindo que ele pode ser aplicado sob várias condições climáticas.

2.5.1 ESTUDOS PRECEDENTES: CONTEXTO INTERNACIONAL

Maras et al. (2016) aplicaram o *UTCI* com o objetivo de avaliar questões biometereologicas e de percepção humana em locais públicos do centro histórico *"Elisenbrunnen"* da cidade de Aachen, Alemanha. A estação meteorológica móvel utilizada coletou a Temperatura do ar, em °C, a Umidade Relativa, em %, a direção e a Velocidade do vento, em m/s, e a Pressão de Vapor do ar, em hPa. Os autores também utilizaram um radiômetro para a coletar dados de radiação solar. As variáveis climáticas foram coletadas no inverno e verão de 2014, entre 10h e 17h, de 10 em 10 minutos em um total de duas campanhas em cinco pontos diferentes. Também foram aplicados 138 questionários nas mesmas ocasiões que incluíram perguntas relacionadas à percepção do conforto térmico pela temperatura percebida, umidade do ar e condições climáticas gerais. Os resultados e discussões da pesquisa focaram em dois pontos dos cinco de coletas com características distintas em relação à proporção de cobertura vegetal e permeabilidade da superfície, volume de tráfego de pessoas e veículos, condições microclimáticas perceptíveis e estruturas das edificações do entorno.

Também na Alemanha, com o objetivo de comparar dois índices térmicos, em um período de dez anos, na cidade de Freiburg, Matzarakis et al. (2014) demonstraram a eficácia dos índices *Universal Thermal Climate Index (UTCI)* e *Physiologically Equivalent Temperature (PET)* para aplicações gerais. Os autores deste estudo, diferente de Maras et al. (2016), utilizaram os dados de medições horárias da

Temperatura e Umidade Relativa do ar, Velocidade do vento e radiação global fornecidos pela estação meteorológica da *Chair of Meteorology and Climatology Albert-Ludwigs* da Universidade de Freiburg para calcular o *UTCI*, o *PET* e Trm. Dentre as discussões e conclusões o estudo recomendou a utilização de mais de um índice térmico para condições extremas. No entanto, o *UTCI* foi classificado como melhor opção para aplicação em ambientes quentes e úmidos, bem como, para condições de clima frio.

Com metodologia similar pela utilização de dados de estações meteorológicas fixas, Nowosad et al. (2013) calcularam os valores do *UTCI* para duas cidades da Polônia, Lesko e Lublin, entre os anos de 1981 e 2005. Foram utilizados os dados de estações metereológicas do *Institut Metereorologii I Gospodarki Wodnej (IMGM)* localizadas nas duas cidades. O objetivo inicial do estudo foi calcular o *UTCI* para os dois locais. Para o referido cálculo utilizou-se o software Bioklima 2.6. O segundo objetivo foi realizar a comparação dos cálculos. Apesar da distância entre as estações meteorológicas do *IMGW* notou-se uma forte correlação entre os seus valores diários do *UTCI* entre os resultados dos dois locais, principalmente na primavera e no outono.

Com uma entrada de dados diferente dos estudos apresentados anteriormente, Błażejczyk (2011) calculou o *UTCI* para vários cenários climáticos de Varsóvia. Foi dada uma atenção especial para os ambientes da cidade com apreço turístico. Foram selecionados oito locais com características urbanas e climáticas distintas comumente visitados. O objetivo do estudo foi validar a utilização de dados *GIS* (*Geographical Information System*) para a criação de mapas climáticos. O cálculo *UTCI* utilizou parte da base de dados do *GIS* de Varsóvia criada em 1996. Para a validação do uso destes dados, os resultados foram correlacionados com o cálculo do índice que utilizou dados de entrada de estações meteorológicas. Como resultados, o autor validou a metodologia aplicada no estudo para o cálculo do *UTCI* e para criação de mapas climáticos. Sobre os cenários climáticos analisados observou-se que, em dias com temperaturas mais baixas, as regiões florestadas são significativamente mais quentes. Paradoxalmente em dias de temperaturas mais altas, as regiões centrais apresentam temperaturas superiores.

O trabalho de Lindner-Cendroswska (2013), também em Varsóvia, buscou contextualizar as atividades turísticas com os valores preditivos de conforto térmico dos índices *UTCI* e *PET*. O autor selecionou o ponto turístico mais popular de Varsóvia, *"Old Town".* Neste local foram coletados dados microclimáticos. Simultaneamente foram aplicados questionários relacionados com a percepção térmica dos turistas em uma área de 90mx73m, delimitados pelas construções existentes. Os dados coletados, nos anos de 2010 e 2011 nas quatro estações do ano, foram: Temperatura e Umidade Relativa do ar, Temperatura de globo e Velocidade do vento. A partir destes dados coletados calculou-se a temperatura radiante média. Foram aplicados 553 questionários válidos. Após análise dos resultados, o estudo concluiu que a utilização do *UTCI* é apropriada para pesquisas de conforto térmico com foco em atividades de turismo.

Os dois estudos anteriores comprovam o interesse de pesquisas de clima urbano, conforto térmico e biometereologia com atividades turísticas e de recreação. Corroborando com o afirmado, Rutty et al. (2015) coletaram variáveis microclimáticas, pessoais e subjetivas em ambientes costeiros de 472 turistas em algumas praias do Caribe nas Ilhas de Barbados, Santa Lúcia e Tobago. As variáveis microclimáticas coletadas foram, Temperatura e Umidade relativa do ar, Velocidade do vento, e Temperatura de globo. A temperatura radiante média foi calculada em conformidade com a *ISO 7726* (1998). Informações sobre as características pessoais dos entrevistados, suas percepções e preferências das condições térmicas e do vento, bem como tolerância dos referidos parâmetros, foram obtidas por meio de questionários. A coleta de dados aconteceu entre março e abril de 2012, no período do dia de 11h e 17h. Os resultados indicam que as percepções e preferências de conforto térmico dos "usuários de praia" são marcadamente diferentes quando comparados com outros estudos. Dificilmente os destinos para o turismo de verão serão considerados desconfortáveis por calor porque, nestes locais, os turistas encontram-se mais resilientes à elevadas temperaturas.

Em Atenas, Grécia, clima mediterrâneo, Pantavou et al. (2013) aplicaram questionários, bem como coletaram dados microclimáticos para avaliar votos de sensação térmica comparados aos valores do *UTCI*. Os dados foram coletados em dois pontos do centro de Atenas, Praça "*Sintagma"* e Rua "*Erous"*, e em um local na

costa, região denominada "*Flivos".* Os autores justificaram a escolha dos locais de coleta devido ao grande número de pessoas e das diferentes características microclimáticas entre os dois pontos. O objetivo principal do estudo foi investigar as sensações de conforto térmico em diferentes condições meteorológicas. As coletas aconteceram em três estações diferentes, nos meses de julho e outubro de 2010 e fevereiro de 2011, divididos em dezesseis dias de pesquisa de campo. Foram coletados um total de 1706 questionários válidos. A estação meteorológica móvel utilizada coletou a Temperatura e Umidade Relativa do ar, Velocidade máxima e média do vento, Temperatura de globo, radiação solar e Temperatura do solo. Simultaneamente as entrevistas foram aplicadas por pessoas familiarizadas com questões biometereológicas treinadas previamente. As questões abordadas levaram em consideração sete pontos relacionados a sensação térmica, características pessoais, bem como fatores psicológicos e de expectativa térmica. Como resultados relevantes os indivíduos apresentaram preferência térmica por temperaturas mais elevadas; as mulheres apresentaram maior sensibilidade às alterações microclimáticas; a velocidade e temperatura do ar, bem como a radiação influenciaram as respostas relacionadas a sensação térmica. O Isolamento do vestuário também apresentou significativa interferência sobre as respostas de sensação térmica das pessoas.

Em continuidade ao estudo caracterizado anteriormente, Pantavou et al. (2014) utilizou os mesmos dados para avaliar a aplicação de três índices térmicos: *Overall Actual Sensation Vote (ASV), Subjective Temperature Index (STI) e Universal Thermal Climate Index (UTCI)* e três métodos estatísticos: regressão linear, regressão cúbica e Probit Analysis. . O principal objetivo do estudo foi identificar qual dos índices seria mais adequado para simulação de votos de sensação térmica das pessoas. Em relação aos três índices térmicos, todos apresentaram bons resultados. A segurança para a utilização do *UTCI* foi relacionada, pelos autores, por seu cálculo fundamentar-se em uma equação polinomial baseada em dados meteorológicos. Diferente, por exemplo, do *ASV* que é considerado um índice empírico.

Em *Wuhan*, China, caracterizado como clima subtropical úmido, dados microclimáticos, bem como pessoais e subjetivos, foram coletados durante quatro anos (2011, 2012, 2013 e 2014) em seis pontos diferentes, totalizando cento e trinta

e dois dias de coleta em todas as estações do ano. Os seis espaços abertos diferiram-se entre si pelos materiais de pavimentação, cobertura vegetal e layout de edifícios próximos. Os dados microclimáticos monitorados foram: radiação solar, Temperatura e Umidade Relativa do ar e Velocidade do vento. Também foram coletados dados pessoais dos usuários, categorizados por faixa etária, e dados relacionados a sensação térmica totalizando uma amostra de 1460 questionários válidos. Em um dos seis pontos de coleta de dados, denominado "*playground"*, foi instalada uma estação meteorológica para medição de dados microclimáticos. Neste espaço, foi construído, entre os anos de 2012 e 2013, um espaço recreativo com o objetivo de reduzir o excessivo estresse térmico do verão. Huang et al. (2016), autores deste estudo, mencionam que trabalhos anteriores diagnosticaram a baixa taxa de utilização deste espaço urbano como consequência do excessivo estresse térmico no verão. O ambiente térmico externo foi avaliado pela utilização do *UTCI*, que segundo os autores, apresentam vantagens em relação aos demais índices térmicos existentes. Para o cálculo estatístico optou-se por modelos de regressão aplicados sob a utilização do *software STATA.* Os resultados do estudo mostraram que as estratégias para redução do estresse térmico por calor no verão surtiram efeito e houve um aumento na utilização do espaço de aproximadamente 80%. Após a construção do espaço recreativo, o "*playground* renovado", com estresse térmico reduzido, tornou-se um lugar mais popular e socialmente interativo, onde os ocupantes ficavam mais tempo e reportavam menos calor.

O estudo apresentado anteriormente demonstra uma aplicação direta da utilização do *UTCI* enquanto ferramenta adequada para intervenções em espaços urbanos que visem a qualidade do ambiente térmico.

Em um campus universitário em Hong Kong, 1107 indivíduos foram entrevistados simultaneamente a medições meteorológicas em seis posições diferentes, sendo três delas em espaços abertos e outras três "sob edificações" (palafitas ou pilotis) do campus. A coleta dos dados microclimáticos e aplicação dos questionários aconteceram no verão, outono e inverno de 2016. As variáveis microclimáticas monitoradas foram: Temperatura e Umidade relativa do ar, Velocidade e direção do vento, Temperatura de globo e radiação de onda curta e longa. Já as variáveis observacionais e psicológicas coletadas foram os dados biométricos, isolamento de

vestuário, calor metabólico e avaliação da percepção térmica dos usuários. Os índices térmicos calculados e comparados entre si foram o *PET, UTCI e o* modelo *UC-Berkeley.* Dentre os objetivos do estudo, está a comparação dos votos de sensação térmica em espaços abertos e em palafitas, bem como a comparação entre as respostas dos três índices térmicos. Como resultados, os votos médios de sensação térmica, estabelecidos por uma regressão linear, se relacionaram bem com os calculados pelos índices. No entanto, Huang et al. (2017) afirmaram que os impactos da radiação solar e da velocidade do ar não foram muito bem previstos pelos índices, levando a conclusão de que é necessário um refinamento para melhor comparação do conforto térmico entre ambientes abertos e ambientes “sob edificações”.

Buscando uma aplicação mais específica, Lam et al. (2016), na Austrália, combinou dados microclimáticos de estações meteorológicas fixas (Temperatura e Umidade Relativa do ar, Velocidade do Vento e Temperatura de globo) com a aplicação de questionários em dias com previsão de ondas de calor. O seu objetivo é, diferente de outras pesquisas, realizar a coleta de dados em condições de calor acima dos 36ºC, quando havia uma onda de calor, e compará-las com dias sem ondas de calor. As sensações de preferência e tolerância térmica foram condizentes com as faixas calculadas pelo *UTCI*. Os dados foram monitorados em dois jardins botânicos, *Royal Botanic Gardens in Melbourne (RBGM)* e *Royal Botanic Gardens Cranbourne (RBGC).* Estes espaços são comumente visitados em dias com altas temperaturas. As condições da onda de calor foram encontradas de 14 a 17 de janeiro de 2014, quando foram aplicados 1122 questionários no *RBGC* e 2198 no *RGBM*, e de 7 a 9 de fevereiro de 2014, quando foram realizadas 917 entrevistas no *RGBC* e 1247 no *RGBM.* As variáveis coletadas por estas pesquisas consideraram questões de percepção térmica e o isolamento do vestuário dos visitantes. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que a expectativa térmica das pessoas alterara as suas percepções durante as condições de ondas de calor. Isto foi percebido porque os visitantes se sentiam com mais calor durante uma onda de calor, apesar de, não necessariamente, a temperatura estar mais alta. O fato de os usuários saberem que vivenciavam uma onda de calor levaram os visitantes a utilizar menos roupas, além de direcionar as suas respostas para desconforto por calor.

Com um resultado semelhante ao anteriormente descrito, Yang et al. (2017) constatou que o fato dos suecos utilizarem espaços de parques para banhos de sol no verão leva-os a predição de sensação térmica “confortável” em elevadas temperaturas, haja vista a sua predisposição para a referida condição climática. Os autores exploraram a relação entre microclima, uso de parques e padrões comportamentais humanos na cidade de *Umeå*, Suécia. Por meio de uma estação meteorológica portátil, foram coletados os seguintes dados microclimáticos: Temperatura e Umidade relativa do ar, Velocidade do vento, Radiação solar e Temperatura de globo (foi utilizado um globo negro de 70mm de diâmetro). A Temperatura radiante média foi calculada com base na *ISO* 7726 (1998). Paralelamente foram aplicadas entrevistas estruturadas com questões relacionadas a características biométricas e de sensações térmicas. A coleta de dados aconteceu em sessenta e dois dias sequenciais entre 01 de julho e 31 de agosto de 2015 em dois parques da cidade: o Parque da Universidade e o Parque Central. Os referidos sítios urbanos apresentam características distintas, segundo os autores. O Parque da Universidade apresenta basicamente superfícies onduladas e arvores espaçadas. Já o Parque da Cidade fica ao longo de um rio e possui superfície gramada plana com arvores e arbustos.

Os estudos analisados, mesmo com objetivos diferentes, validaram a utilização do *UTCI* enquanto adequado para a definição de faixas de conforto térmico. Algumas aplicações ainda precisam ser melhor avaliadas como, por exemplo, sua utilização para a predição de sensações térmicas para o mercado do turismo. Outra significante questão são os dados de entrada para o cálculo do índice. A coleta de dados com estações meteorológicas móveis mostra-se mais adequada para avaliação de aspectos microclimáticos, haja vista que fatores como, área vegetada, materiais de revestimento de fachadas, pavimentação e quantidade de pessoas circulantes influenciam as respostas dos entrevistados relacionadas a sensação térmica. Dados de entrada coletados por estações fixas ou pelo *GIS* também foram utilizadas e não podem ser descartadas como uma opção.

As características microclimáticas baseadas na classificação *Köppen-Geiger* são de fundamental importância para pesquisas relacionadas com conforto térmico em espaços abertos. A dimensão continental do Brasil consolida a heterogeneidade de fatores climáticos que influenciam, sobremaneira, a predição de votos de sensação

térmica. A sessão a seguir, buscou direcionar a análise de estudos precedentes com aplicações do *UTCI* no Brasil.

2.5.2 ESTUDOS PRECEDENTES: HORIZONTE NACIONAL

Um estudo realizado em Curitiba, Paraná, analisou as variáveis climáticas, pessoais e subjetivas dos indivíduos em espaços abertos objetivando calibrar o *UTCI* para as condições térmicas da capital paranaense. Rossi et al. (2012) definiram as faixas de conforto térmico baseados no *UTCI* para a população da cidade de Curitiba, Paraná. Os autores realizaram quatorze medições de dados microclimáticos, individuais e subjetivos, por pares de pontos com características urbanas diferentes, entre 10h e 15h, entre os meses de janeiro e agosto de 2009, totalizando 2024 questionários aplicados, dos quais 1654 válidos. A definição de cada ponto de monitoramento foi baseada no levantamento fotográfico da área e *no Sky Factor View (SVF)* obtidos. Os dados microclimáticos coletados foram a Temperatura e Umidade Relativa do ar, Temperatura de globo, Velocidade e direção do vento e radiação solar. A temperatura radiante média foi calculada sob a utilização da fórmula de convecção forçada estabelecida pela *ISO* 7726:1998. De forma concomitante, foram realizadas entrevistas com questões relacionadas ao conforto térmico do usuário do espaço urbano, tendo como base a *ISO* 10551:1995. O modelo estatístico utilizado para estabelecer a relação entre entre a temperatura ambiente e o *UTCI* de forma não linear, foi a *Estimated Smoothing Functions (LOESS)*. O estudo concluiu a eficácia do índice *UTCI* para a definição de faixas de temperatura de conforto e desconforto. As faixas preditas pela análise das respostas das entrevistas relacionadas a sensações térmicas para os indivíduos de Curitiba foram: desconforto para o frio, $UTCI < 15°C$; conforto, $15°C \leq UTCI \leq 27°C$ e desconforto para o calor, $UTCI > 27°C$.

A base de dados anteriormente descrita foi utilizada por outros estudos, descritos a seguir, o que comprova a relevância do banco de dados levantados por Rossi et al. (2012).

Krüger et al. (2012) compararam em seu estudo as sensações térmicas humanas para ambientes abertos para a cidade de Curitiba, clima subtropical em elevação, e para a cidade de Glasgow, Reino Unido, clima marítimo temperado. Também foram avaliados aspectos relacionados ao vestuário utilizado pelos indivíduos nas duas

cidades. Foram consideradas as variáveis microclimáticas, individuais e subjetivas coletadas em espaços abertos das duas cidades. Os dados de Rossi (2012) foram utilizados para a capital paranaense. Já os dados de Glasgow foram obtidos por dezenove campanhas realizadas entre março e julho de 2011, entre 10h e 13h. Os dados microclimáticos coletados foram Temperatura e Umidade Relativa do ar, Temperatura de globo, Velocidade do vento e radiação solar. Paralelamente foram conduzidas entrevistas para a predição de sensação térmica real dos indivíduos. Dentre os resultados e conclusões apresentados, cita-se que para o início do verão em Glasgow, os indivíduos aceitaram temperaturas do ar mais baixas que em Curitiba, sugerindo uma maior aclimatação, haja vista que, considerando temperaturas do ar idênticas, esses indivíduos usavam quantidade de roupas isolantes inferiores aos entrevistados em Curitiba.

Também com base nos dados coletados durante a pesquisa de campo de Rossi (2012), um estudo conduziu às conclusões de que a “aparência geral” do local aberto influencia a percepção térmica dos usuários do espaço urbano. O aumento da abertura para o céu, ou seja, espaços urbanos menos densos, traz um julgamento térmico mais preciso do que em ambientes mais densos, onde existem muitas edificações próximas entre si (KRÜGER, 2017).

Krüger (2017) afirma que campanhas relacionadas a conforto em espaços abertos devem descrever melhor a morfologia urbana onde as pesquisas foram realizadas buscando deixar claro, os impactos da morfologia urbana sobre os votos térmicos relatados. Corroborando com esta conclusão, um estudo avaliou a aplicabilidade e adequação do *UTCI* para a predição de faixas de conforto térmico em áreas urbanas. O objetivo da pesquisa foi identificar qual a importância do *UTCI* para determinação do grau de influência da morfologia urbana sobre o conforto térmico. Este estudo também utilizou os dados de Rossi et al. (2012) e levou em consideração o *SVF* calculado. Para ao tratamento de dados estatísticos foi utilizado o modelo de Regressão Logística Ordinal (RLO). Dentre as conclusões, respondendo ao objetivo principal do estudo, certificou-se que o *UTCI* é uma ferramenta útil para o planejamento urbano quando se trata de avaliar a influência da morfologia urbana sobre o conforto térmico.

Bröde et al. (2012), sob a análise da mesma base de dados, avaliaram o impacto da Temperatura e Umidade do ar, Velocidade do vento, bem como, fluxos de calor radiante de ondas longas e ondas curtas, pelos votos de sensação térmica em comparação com as previsões de *UTCI*. Quando comparado o gênero, as mulheres escolheram menos roupas isolantes, em condições de calor, se comparados aos homens entrevistados. Os autores também concluíram que o *UTCI* pode servir como uma ferramenta de planejamento adequada para o conforto térmico urbano em regiões subtropicais.

O *UTCI* e o *PET* foram calibrados por meio do método *PROBIT* para a cidade de Curitiba por Krüger et al. (2018). Considerando a amostra de Rossi et al (2012), os autores adotaram três diferentes percentuais de insatisfeitos para a situação limite da faixa de conforto. Considerando 10% de insatisfeitos, a faixa de conforto térmico foi 14,0°C *UTCI* a 27,0°C *UTCI; j*á sob a consideração de 20% de insatisfeitos, houve um ganho de amplitude térmica, entre 11,1°C *UTCI* e 28,7°C *UTCI*; e, quando considerado 30% de insatisfeitos, a faixa de conforto apresenta uma amplitude térmica ainda maior, entre 8,8°C *UTCI* a 29,9°C *UTCI*.

Também em Curitiba, Minella e Krüger (2016) avaliaram a significância de áreas vegetadas sobre a sensação térmica dos pedestres em dias de desconforto por calor, em uma área projetada para futuras intervenções urbanísticas. O objetivo do estudo foi estabelecer um índice de fração vegetada relevante de modo a reduzir temperaturas do ar em dias de verão. Foram realizadas medições em campo de dados microclimáticos, em duas áreas com características urbanas distintas, em situação de verão, entre 9h e 15h. Os dados coletados foram a Temperatura e Umidade Relativa do ar, Temperatura de globo, Velocidade e direção do vento e radiação solar. A Temperatura radiante média foi calculada levando em consideração a fórmula de convecção forçada da *ISO* 7726:1998. Também foram realizadas simulações computacionais no *ENVI-met*. O referido software foi desenvolvido para a simulação de interações “superfície-vegetação-ar” frequentemente usado para simular ambientes urbanos, permitindo a análise de interações entre edifícios individuais, superfícies e plantas. Os autores firmam que é possível a utilização da metodologia proposta para contribuir com um planejamento urbano climaticamente responsável. Após a modelagem computacional e simulação, chegou-se a relação de que para uma

redução de 1ºC de temperatura média do ar, 70% das áreas estudadas deveriam possuir cobertura vegetal.

Com similar objetivo, ainda na capital paranaense, Martini et al. (2014) concluiu que grande parte dos curitibanos percebem a significância das arvores para o conforto térmico em espaços abertos. Como metodologia, foram realizadas entrevistas simultâneas em ambientes com e sem arvores, nas quatro estações do ano. Paralelamente foram coletados dados microclimáticos, tais como, a Temperatura e Umidade do ar, Velocidade do vento, Temperatura de globo e radiação. A temperatura radiante média foi calculada conforme a *ISO* 7726 (1998). Um total de cento e setenta e cinco questionários foram aplicados. O *UTCI* também foi calculado a partir dos dados coletados e considerado eficiente para análise de conforto térmico. Os resultados enfatizaram que a população que transita nas ruas de Curitiba sente-se mais confortável termicamente em ruas que possuem árvores. Como sugestão, os autores indicam a necessidade de novos estudos para aperfeiçoamento da utilização aplicada do *UTCI* à realidade das regiões brasileiras.

O *UTCI* e o *PET* foram utilizados para uma avaliação das condições microclimáticas e de conforto em espaços abertos na região central do Rio de Janeiro, Brasil. Foram selecionados oito pontos de coletas por apresentarem distintas morfologias urbanas e *SVF*. Os dados microclimáticos (Temperatura e Umidade Relativa do ar, Velocidade do Vento, Temperatura de globo e radiação solar) foram monitorados, no verão de 2012 e 2015, entre 10h e 15h, por uma estação meteorológica *Davis Vantage Pro2* e, paralelamente, foram aplicados questionários parametrizados à *ISO 10551* (1995) relacionadas a percepção e preferência térmica. As entrevistas abarcavam também perguntas relacionadas à dados demográficos, à aclimatação e vestuário. Foram coletadas um total de 985 questionários válidos. Para efeito de comparação entre variáveis microclimáticas e predição de sensação térmica foram adotados os índices *UTCI* e *PET* (KRÜGER et al. 2015).

Em outro estudo Krüger e Drach (2017) avaliaram os resultados, dos dados anteriormente descritos, sob o viés das características antropométricas da amostra, sexo, idade, índice de massa corporal (IMC) e cor da pele. Em relação ao gênero não

houve significância estatística. Já o julgamento térmico apresentou significância quando relacionado à idade e à cor da pele.

Os efeitos da cor da pele sobre a sensação e percepção térmica foram avaliados em outra publicação. Incluíram-se nos questionários a questão de autoclassificação da cor da pele conforme as categorias raciais nos censos demográficos do IBGE. As pessoas que se autoclassificaram como tendo pele branca apresentaram maior tolerância por estresse térmico por calor, porém maior preferência térmica por temperaturas mais baixas (KRÜGER e DRACH, 2017b).

Os dados do *PET* e *UTCI* coletados no Rio de Janeiro para avaliação das condições microclimáticas e de faixas de conforto em espaços abertos, entre 2012 e 2015, conforme descrição dos parágrafos anteriores, foram base para outros dois estudos, com foco em descobrir a real interferência entre a climatização artificial de espaços internos sobre o fator de aclimatação dos indivíduos ao saírem para os espaços externos. Para estes trabalhos foram incluídas aos questionários, perguntas relacionadas ao condicionamento de ar em ambientes internos de trabalho ou de moradia. Concluiu-se que a utilização de ar condicionado frequente pode ser um viés para a delimitação de faixas de conforto e desconforto térmico do *UTCI* e *PET* (KRÜGER e DRACH, 2016; 2017a).

Os estudos encontrados tratam basicamente de duas capitais brasileiras: Rio de Janeiro e Curitiba. O que comprova a escassez de pesquisas nacionais envolvendo o *UTCI* como índice térmico. Os votos preditivos de conforto gerados pelo índice foram comparados com questões de geometria urbana, variáveis pessoais, superfície vegetada, condições de aclimatação e história térmica.Ressalta-se a importância de bases de dados consistentes. O levantamento de campo realizado por Rossi (2012) em Curitiba proporcionou a publicação de cinco estudos com objetivos diferentes. O mesmo vale para o banco de dados do Rio de Janeiro levantado por Krüger et al. (2015), que apesar de não apresentar o objetivo principal de calibração do *UTCI*, gerou seis trabalhos subsidiados pela utilização do referido índice térmico.

CAPÍTULO 3

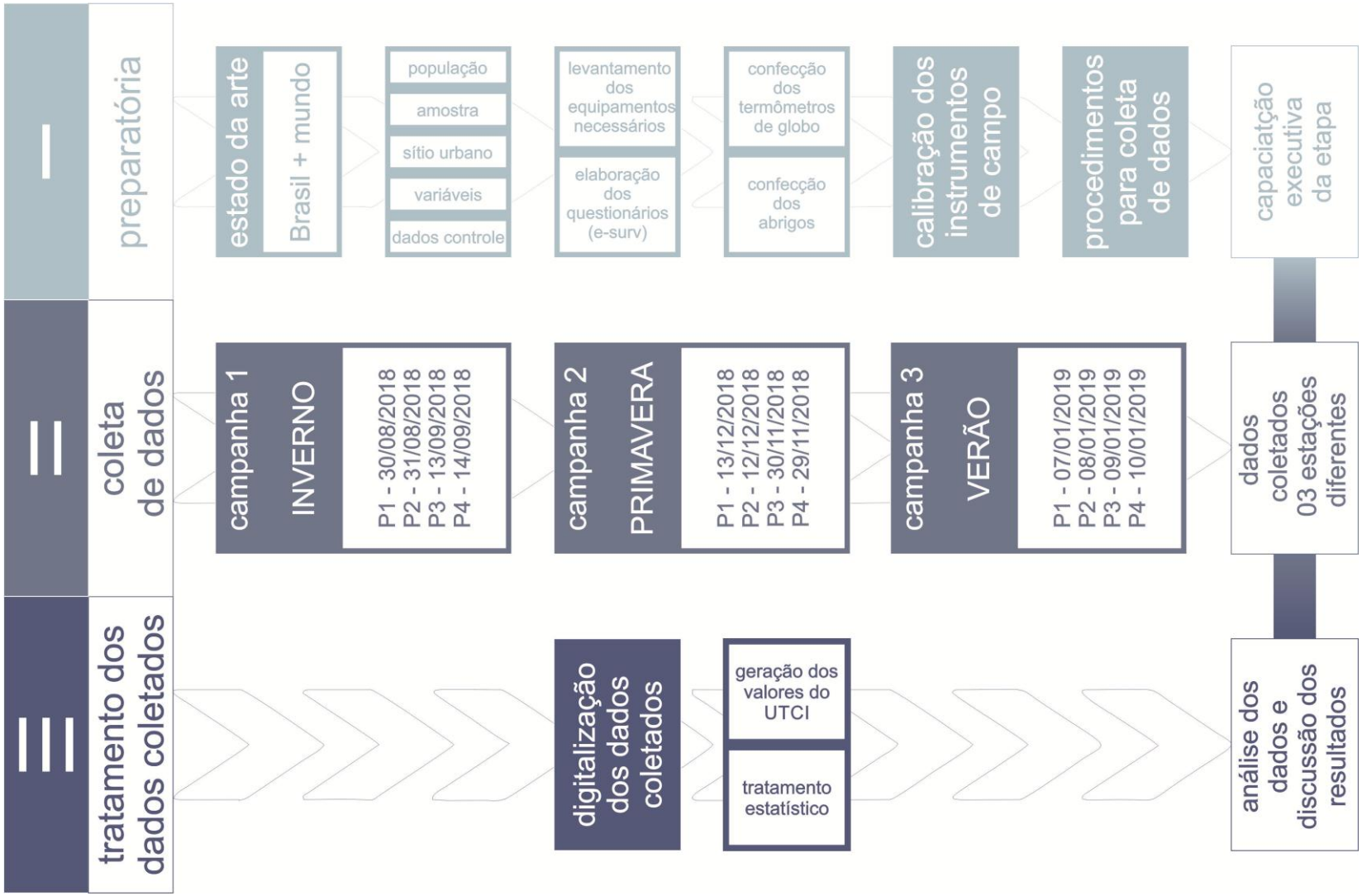
MATERIAIS, MÉTODOS E CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A calibração de índices térmicos abrange várias áreas da pesquisa. É necessária a adoção de ferramentas diversas de coleta e tratamento de dados (ROSSI, 2012).

A metodologia adotada para a pesquisa pode ser classificada como um método indutivo experimental. O caráter experimental da pesquisa, segundo Prodanov e Freitas (2013), consiste na submissão do estudo à variáveis controladas e conhecidas pelo pesquisador. Já o caráter indutivo remete à um método de generalização, o qual parte de um caso particular para uma análise mais generalizada.

Para melhor sistematização, este estudo foi dividido em três etapas: preparatória, coleta de dados e tratamento dos dados coletados. Figura 04.

Figura 04 - Etapas do Estudo Desenvolvido



Fonte: desenvolvido pelo autor.

3.1 ETAPA PREPARATÓRIA

3.1.1 ESTADO DA ARTE

Para Romanowski e Ens (2006), o estado da arte de um tema pode contribuir significativamente para o campo teórico de suas respectivas áreas de conhecimento. Objetiva identificar experiencias inovadoras, relevantes e recentes, bem como lacunas e restrições em pesquisas.

3.1.1.1 MÉTODO DE ABORDAGEM

Prodanov e Freitas (2013, p. 45) definem a pesquisa científica como “uma atividade humana, cujo objetivo é conhecer e explicar os fenômenos, fornecendo respostas às questões significativas para a compreensão da natureza.”

A definição de Lakatos e Marconi (2007) certifica que os métodos adotados devem ser reflexivos, sistemáticos e críticos. Para Silva e Menezes (2005) a pesquisa pode ser classificada mediante a sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos. Isto posto, o levantamento do estado da arte deste estudo define-se como uma pesquisa de natureza aplicada, abordagem qualitativa, objetivo exploratório e procedimento de pesquisa bibliográfica, mais especificamente uma análise bibliométrica.

O rigor sistemático, reflexivo e crítico desta pesquisa bibliográfica, mencionado por Lakatos e Marconi (2007) valida-se sobremaneira pela adoção da metodologia *Knowledge Development Process - Constructivist (ProKnow-C)*, que assiste o pesquisador na seleção estruturada de pesquisas relevantes e justificadas, objetivando a identificação de oportunidades de pesquisa. O referido método divide-se em quatro etapas: seleção Portifólio Bibliográfico (PB); Análise Bibliométrica (AB); Análise Sistêmica (AS) e definição de Pergunta de Pesquisa (PP) (ENSSLIN et al., 2013).

A Figura 05, a seguir, representa a sistematização dos procedimentos bibliográficos adotados.

Figura 05 – Enquadramento Metodológico da Abordagem

Fonte: produzida pelo autor

Para o presente trabalho, duas análises bibliométricas descritas nos Apêndices A e B, foram realizadas com o objetivo de consolidar o estado da arte do *UTCI* no mundo e no Brasil, respectivamente.

Como uma das referências norteadoras, pode-se mencionar que em fevereiro de 2018, Potcher et al. (2018) publicou no periódico *Science of the Environment*, o artigo de revisão sistemática intitulado *"Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification"*. O referido estudo objetivou levantar as pesquisas existentes na literatura referente as sensações térmicas humanas em espaços externos, bem como identificar os índices utilizados para avaliação da percepção térmica humana dos ambientes externos, examinar as faixas de conforto térmico estabelecidas pela calibração dos índices térmicos levantados e, comparar as categorizações estabelecidas pelas faixas de conforto de diferentes zonas climáticas.

Como consolidação do estado da arte, os artigos que tratavam do *UTCI* na referida publicação foram abarcados ao Portfólio Bibliográfico. Os trabalhos selecionados estão descritos no Apêndice C.

3.1.2 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A definição dos sítios urbanos pesquisados é fundamental para a relevância da pesquisa. Hirashima et al. (2016) estabelece que, na definição das áreas de estudo, é preciso considerar características microclimáticas contrastantes. Isto justifica-se pelo objetivo de quantificação de variáveis relacionadas ao conforto térmico com amplitude significativa para a calibração do índice.

Segundo o IBGE (2018), Censo de 2010, Minas Gerais é a unidade federativa do Brasil com maior área territorial da região Sudeste e quarta maior do país. Sua área territorial é de 586.522,122 km², cerca de 6,9% do território nacional.

De acordo com a classificação Köppen-Geiger, o Clima Tropical com inverno seco (Aw) é o que prevalece em Minas Gerais, cerca de 67% do território do estado. Esta classificação compreende o clima da capital mineira. Outros dois tipos climáticos compõem a classificação do estado: Clima Temperado Úmido com inverno seco e verão quente (Cwa) e Clima Temperado Úmido com inverno seco e verão moderadamente quente (Cwb), respectivamente, 21% e 11% do território mineiro (REBOITA et al. 2015).

Reboita et al. (2015) retrata em seu estudo que em Minas Gerais o nível de precipitação do verão é superior ao do inverno devido a atividade convectiva da Monção Sul-Americana (MAS), diretamente relacionada ao aquecimento diferencial entre o continente e os oceanos. Já as temperaturas são influenciadas pela latitude, altitude e pelo predomínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que concerne com o transporte de umidade para o continente. As menores temperaturas ocorrem no inverno, no entanto, as máximas, não necessariamente, prevalecem no verão, sendo percebidas, em algumas regiões do estado, na primavera.

A capital mineira, Belo Horizonte, está localizada na porção central do estado de Minas Gerais. 44,2% de seus domicílios encontram-se em adequadas condições de urbanização (IBGE, 2018). Com área territorial de aproximadamente 331,401 km², e clima tropical de altitude, o município tem como coordenadas geográficas a latitude 19º 55’ 15” S (sul) e longitude 43º 56’ e 16” O (oeste); altitude 858m e ventos predominantes da direção leste (IBGE, 2018).

A classificação Köppen-Geiger para Belo Horizonte, segundo Assis (1990) é Clima Tropical chuvoso (Aw) com temperatura média do mês mais frio acima de 18°C e inverno seco.

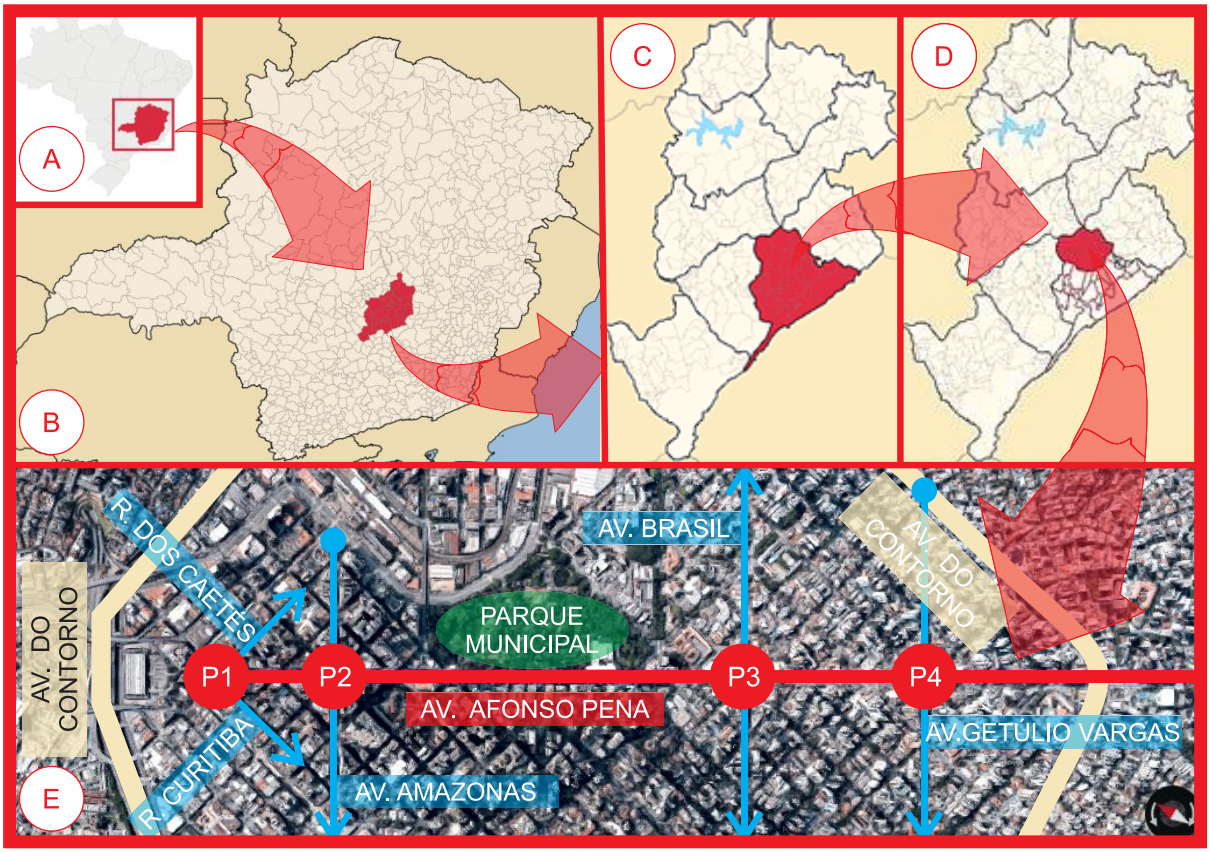
As Normais Climatológicas 1981-2010 do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (INMET, BRASIL, 2018) indicam uma temperatura média anual em Belo Horizonte de 21,8ºC, umidade relativa do ar compensada anual de 67,2%, precipitação anual acumulada de 1602,6mm, insolação total anual de 2.424,7h, pressão atmosférica ao nível do barômetro anual 914,2Pa, intensidade do vento anual 1,7m/s e nebulosidade média anual de 0,5 décimos.

3.1.2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Belo Horizonte foi uma das primeiras cidades brasileiras planejadas. O autor do Projeto foi engenheiro Aarão Reis que entre 1894 e 1897 concebeu o desenho da capital mineira. Dentre as suas diretrizes projetuais, com traçados ortogonais e ruas diagonais duas avenidas destacavam-se: a Avenida Afonso Pena, ligação norte e sul, e a Avenida do Contorno, delimitadora do perímetro do traçado urbano (CALVO, 2013).

Para o presente estudo, foram selecionadas quatro sítios urbanos dentro do perímetro da Avenida do Contorno. Como eixo principal a Avenida Afonso Pena. Como transversais a Rua dos Caetés e Rua Curitiba, Avenida Amazonas, Avenida Brasil e Avenida Getúlio Vargas. Todos estes cruzamentos estão localizados na região centro-sul da capital mineira e possuem alto fluxo de veículos e pessoas (Figura 06).

Figura 06 - Caracterização da área de estudo



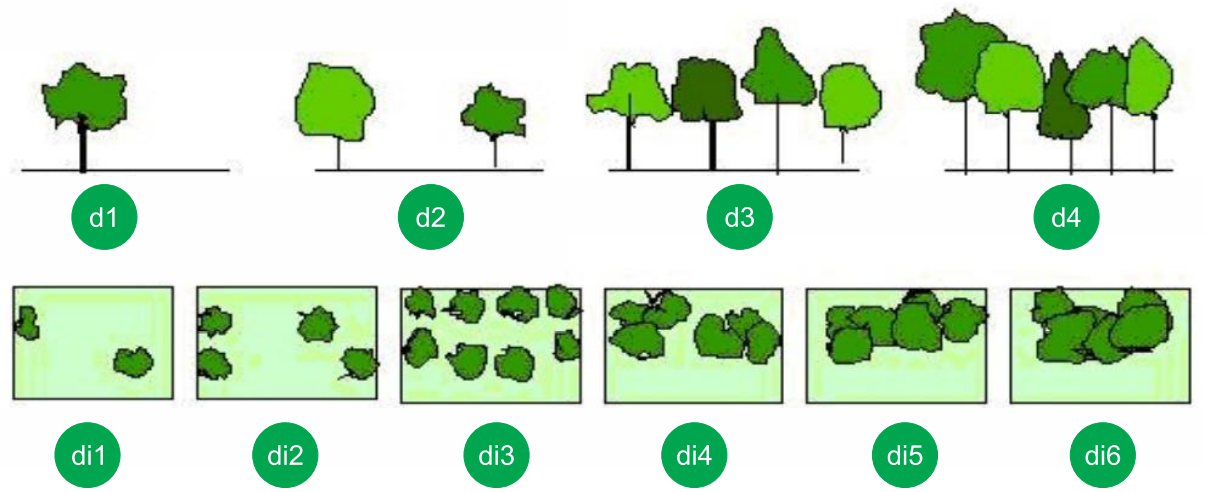
Legenda:
A – Brasil → Minas Gerais; B – Minas Gerais → Região Metropolitana de Belo Horizonte;
C - Belo Horizonte → Região Centro Sul; D – Belo Horizonte → Avenida do Contorno;
E – Avenida Afonso Pena e Cruzamentos
P1 – Praça Rio Branco (Rodoviária); P2 – Praça Sete de Setembro; P3 – Praça Tiradentes; P4 – Praça Benjamin Guimarães (ABC)
Fonte: IBGE (2018) e Google Maps adaptado pelo autor.

Os pontos de coletas selecionados apresentam características urbanas significativamente contrastantes, apesar de sua denominação comum de “Praça”. Os contrastes relacionam-se a característica da vegetação presente ou ausência de superfície vegetada (1); as características das edificações do entorno (2); bem como, as características térmicas dos materiais do piso e das fachadas das edificações (3).

Considerou-se um raio de vinte e cinco metros para a caracterização do espaço urbano a partir da posição do equipamento de coleta de dados. Ver Figuras 08, 10, 12, e 14.

Para caracterização da vegetação presente nos ambientes de coletas, Figura 07, levou-se em consideração duas características ponderadas por Labaki et al. (2011): densidade de árvores e disposição dos indivíduos.

Figura 07 - Caracterização da vegetação presente no espaço urbano



Legenda:
Diversidade das Árvores → d1 – isolado; d2 – parcialmente isolado;
d3 – agrupados/rarefeitos; d4 – agrupados/densos
Disposição dos Indivíduos → di1 – casual; di2 – pontual; di3 – isolada;
di4 – difusa; di5 – intersectante; di6 – aglomerada
Fonte: Labaki et al. (2011) adaptado pelo autor

A forma e tipologia das edificações do entorno foram relacionadas com a proximidade e altura das edificações em relação ao posicionamento do equipamento, Quadro 02. Para a altura das construções (hc), três categorias foram propostas: hc < 03 pavimentos; 03 pavimentos < hc < 06 pavimentos; e hc > 06 pavimentos. Em relação ao distanciamento da construção mais próxima (dc) à posição do equipamento, mais três categorias: dc < 5 metros; 5 metros < dc < 15 metros; e dc > 25 metros.

Quadro 02 - Caracterização da altura e posicionamento das edificações

ALTURA DAS CONSTRUÇÕES	DISTÂNCIA ENTRE EQUIPAMENTOS E A CONSTRUÇÃO MAIS PRÓXIMA
hc < 03 pavimentos;	dc < 5 metros
03 pavimentos < hc < 06 pavimentos	5 metros < dc < 15 metros
hc > 06 pavimentos.	dc > 25 metros.

Fonte: elaborado pelo autor

Lamberts e Dutra (2001) afirmam que os materiais construtivos são seletivos à radiação solar (onda curta) e uma de suas principais determinantes é a sua cor superficial. Este conceito tange a propriedade de absortividade (α). Por exemplo, se em uma fachada de concreto aparente, Quadro 03, 80% da radiação solar é absorvida, isso significa que 20% será refletida para o meio externo.

Para a caracterização em relação as propriedades térmicas dos materiais construtivos do piso e fachadas considerou-se a absortividade (α).

Quadro 03 - Caracterização das propriedades térmicas dos materiais construtivos do piso e das fachadas das edificações

TIPO DE SUPERFÍCIE		ABSORTIVIDADE (α)
Chapa de alumínio nova e brilhante		0.05
Chapa de alumínio oxidada		0.15
Chapa de aço galvanizada nova e brilhante		0.25
Caiação nova		0.12 / 0.15
Concreto aparente		0.65 / 0.80
Telha de barro		0.75 / 0.80
Tijolo aparente		0.65 / 0.80
Reboco claro		0.30 / 0.50
Revestimento asfáltico		0.85 / 0.98
Vidro incolor		0.06 / 0.25
Vidro colorido		0.40 / 0.80
Vidro metalizado		0.35 / 0.80
Pintura	Branca	0.20
	Amarela	0.30
	Verde clara	0.40
	“Alumínio”	0.40
	Verde escura	0.70
	Vermelha	0.74
	Preta	0.97

Fonte: NBR15220-2 (2003) adaptado pelo autor

A seguir a descrição dos pontos de coleta de dados subsidiados pelos parâmetros anteriormente explanados que justificam a afirmativa sobre a heterogeneidade das características urbanas dos espaços selecionados.

O P1, Figura 08 e Figura 09, é o ponto de coleta da Praça Rio Branco, mais conhecida como Praça da Rodoviária, que é compreendida pelo cruzamento das ruas Curitiba e Dos Caetés, além de demarcar o início da Avenida Afonso Pena.

Figura 08 - Ponto de Coleta de Dados P1

Fonte: Google Maps com montagem elaborada pelo autor

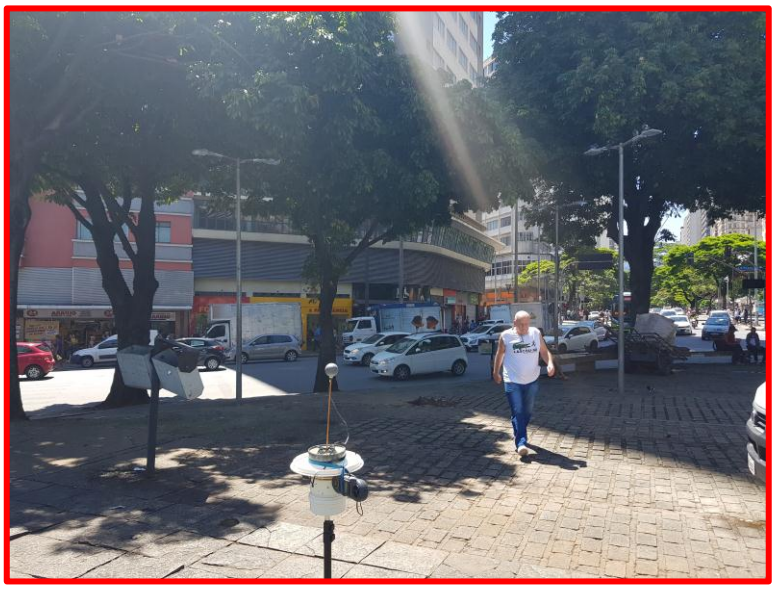
Em um raio de 25 metros, tendo como centro o local de posicionamento do equipamento, é possível caracterizar a vegetação como indivíduos intersectantes e agrupados/densos plantados no perímetro da praça.

Também é considerável a área com vegetação rasteira, tipo grama, o que caracteriza maior permeabilidade do solo. Compondo o piso, este local apresenta uma pedra basáltica tipo ardósia e intertravado de concreto aparente, local de passagem de pedestre, e considerável área de pavimentação asfáltica, nas ruas Curitiba e dos Caetés.

As edificações mais próximas estão a uma distância de aproximadamente vinte e cinco metros, na Rua Curitiba. Possuem entre três e vinte e três pavimentos. O acabamento das fachadas é, principalmente, pintura vermelha e bege sobre reboco. É válido ressaltar a presença de painéis de alumínio e vidros incolores. No centro da praça há um monumento em concreto aparente com altura aproximada de quinze metros.

Ressalta-se o grande fluxo de veículos e de pessoas transitando pelo local, haja vista a presença da Rodoviária de Belo Horizonte e do caráter comercial do entorno. Como equipamentos, a praça apresenta somente alguns bancos de concreto abaixo das sombras das arvores perimetrais.

Figura 09 - Vista Representativa do Ponto de Coleta de Dados P1



Fonte: arquivo do autor

A Praça Sete de Setembro, marco do Hipercentro da capital mineira, ponto P2 deste estudo, Figura 10 e 11, merece uma ressalva quanto ao seu uso e conformação urbana. Trata-se de um conjunto de quatro quarteirões triangulares, que em 2003, quando reformada, buscou resgatar o seu caráter de praça, com o fechamento de suas ruas diagonais para a passagem de veículos.

O seu principal monumento em formato de agulha, mais conhecido como “pirulito da praça sete”, construído em granito alcança aproximadamente sete metros de altura e está implantado no centro do cruzamento das avenidas Afonso Pena e Amazonas, as 02duas vias mais movimentadas de Belo Horizonte.

Figura 10 - Ponto de Coleta de Dados P2

Fonte: Google Maps com montagem elaborada pelo autor

Os instrumentos de monitoramento de dados foram posicionados à aproximadamente cinco metros de distância da fachada frontal da Unidade de Atendimento Integrado da Praça Sete de Setembro; edificação, do final do século XIX, com três andares. Suas fachadas apresentam pintura bege. A outra edificação a, aproximadamente, dez metros da posição do equipamento, possui mais de vinte pavimentos e uma fachada marcada por brises horizontais de concreto e vidros incolores.

Não há presença de vegetação, a não ser alguns indivíduos no canteiro central das avenidas. O piso é majoritariamente em concreto armado aparente, desde o local de circulação de pedestre até as vias de circulação de veículos.

Figura 11 - Vista Representativa do Ponto de Coleta de Dados P2

Fonte: arquivo do autor

A Praça Tiradentes, P3, Figura 12 e 13, é outro espaço urbano que surgiu como consequência do traçado ortogonal definido pelo projeto original da capital mineira. Sua conformação urbana é semelhante às definições da Praça Sete de Setembro, definida pelas Avenidas Brasil e Afonso Pena, onde se encontra postado uma estátua de Bronze em homenagem ao Joaquim José da Silva Xavier, popularmente chamado de “Tiradentes”, mártir da Inconfidência Mineira.

Em relação à vegetação, a Praça Tiradentes, apresenta vegetações difusas e parcialmente isoladas. O piso caracteriza-se pela pedra portuguesa com três tonalidades, branca, preta e vermelha, além da pavimentação asfáltica das vias de circulação de veículos.

Duas edificações estão em um raio menor que vinte e cinco metros a partir do posicionamento do equipamento. Uma delas, com apenas um pavimento, apresenta a fachada predominantemente em concreto aparente. A outra com dois pavimentos apresenta pintura predominante na cor vermelha sobre reboco.

Figura 12 - Ponto de Coleta de Dados P3

Fonte: Google Maps com montagem elaborada pelo autor

O local apresenta grande fluxo de pedestres e veículos devido a sua proximidade com várias clínicas e consultórios médicos.

Figura 13 - Vista Representativa do Ponto de Coleta de Dados P3

Fonte: arquivo do autor

A cruzamento entre as avenidas Afonso Pena e Getúlio Vargas foi selecionado como o quarto ponto de coleta de dados, P4, Figuras 14 e 15, praça Benjamin Guimarães. Trata-se de um local de significativo fluxo de pedestres e veículos pela grande concentração de escritórios de empresas.

Figura 14 - Ponto de Coleta de Dados P4

Fonte: Google Maps com montagem elaborada pelo autor

A vegetação apresenta-se agrupada/densa e aglomerada, o que proporciona grande área de sombreamento sobre o local de passagem dos pedestres. O piso é em pedra portuguesa e intertravado de pedra basáltica. Em um raio de vinte e cinco metros a partir da posição dos instrumentos há a presença de duas edificações com dois pavimentos. Uma delas apresenta na fachada um painel de alumínio e pintura na cor azul e a outra apresenta pintura vermelha sobre reboco.

Figura 15 - Vista Representativa do Ponto de Coleta de Dados P4

Fonte: arquivo do autor

O Quadro 04, apresenta um resumo dos quatro pontos de coletas definidos para este estudo e demonstram descritivamente os contrastes das estruturas urbanas selecionadas.

Quadro 04: Resumo da caracterização dos pontos de coleta de dados

	VEGETAÇÃO*		EDIFICAÇÃO		ABSORTIVIDADE DOS MATERIAIS****	
	DIVERSIDADE	DISPOSIÇÃO	DISTÂNCIA DA EDIFICAÇÃO MAIS PRÓXIMA**	ALTURA DA EDIFICAÇÃO***	PISO	FACHADA
P1	d4	di5	dc > 25 metros.	hc > 06 pavimentos	0,85/0,98 + 0,65/0,80	0,74 + 0,05 + 0,3 + 0,06/0,25
P2	d1	di1	dc < 5 metros	hc > 06 pavimentos	0,85/0,98 + 0,65/0,80	0,3 + 0,65/0,80 + 0,06/0,25
P3	d2	di4	5 metros < dc < 15 metros	hc < 03 pavimentos	0,85/0,98 + 0,65/0,80 + 0,74 + 0,2 + 0,97	0,74 + 0,2 + 0,05
P4	d4	di6	5 metros < dc < 15 metros	hc < 03 pavimentos	0,85/0,98 + 0,65/0,80 + 0,74 + 0,2 + 0,97	0,70 + 0,74 + 0,05
OBSERVAÇÕES	* Adotou-se a classificação de Labaki etal (2011)					
	** A referida distância considera a posição do equipamento de coleta de dados					
	*** A altura da edificação foi contabilizada em pavimentos					

	**** A absortividade considerada levou tão somente em conta a tipologia a classificação dos materiais segundo a NBR 15220-2 (2003). Não foi contabilizada a área de cada material.
	As classificações realizadas visam justificar as contrastantes estruturas urbanas por meio de uma análise qualitativa

Fonte: elaborado pelo autor

3.1.3 CLASSIFICAÇÃO DA POPULAÇÃO E CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

A população da amostra foi classificada por faixas etárias, conforme a *World Health Organization* (1995): adolescente, àqueles com idade entre 15 e 19 anos; jovem, com idade entre 20 e 24 anos; adulto, entre 25 e 64 anos; e idoso, acima de 65 anos.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, censo de 2010 (IBGE, 2018), Minas Gerais, estado localizado na região Sudeste do Brasil, possui uma população de 21.040.662 habitantes. Belo Horizonte, sua capital, totaliza 2.375.151 habitantes, aproximadamente 11,28% da população mineira; destes, 1.113.513 do sexo masculino e 1.261.638 do sexo feminino.

Para cálculo do tamanho da amostra, utilizou-se como referência Barbetta (2006) que pauta algumas técnicas para a definição de amostragem. Isto posto, utilizou-se a Equação 01:

$$n = \left[\mathrm{N}\ \mathrm{x}\ \left(\frac{1}{\mathrm{E}^2}\right)\right] \ /\ \ \left[\mathrm{N} + \left(\frac{1}{\mathrm{E}^2}\right)\right] \qquad (01)$$

onde,

n = tamanho da amostra;
N = tamanho da população e;
E = erro amostral.

Então,

$$n = [2.375.151 * (1/0{,}04^2)] / [2.375.151 + (1/0{,}04^2)]$$

$$n = 1.484.469.375 / 2.375.776$$

$$n = 624{,}83558$$

A aplicação da fórmula descrita anteriormente, considerando um erro amostral de 5%, levou à uma amostra mínima de 625 habitantes.

3.1.4 DEFINIÇÃO DOS MESES E PERÍODOS DO DIA DE COLETA

Para Rossi (2012), a definição das datas de coleta de dados microclimáticos e aplicação dos questionários deve ser realizada visando abranger condições climáticas distintas e estáveis, levando-se em consideração os dias sem probabilidade de precipitações. Hirashima (2014) corrobora com o exposto e acrescenta que a definição do período de coleta de dados deve ser parametrizada à busca por maiores amplitudes térmicas anuais, fator fundamental para a calibração de índices térmicos.

Por este entendimento utilizaram-se os dados das temperaturas médias mensais de Belo Horizonte explicitadas pelas Normais Climatológicas 1981-2010 (INMET, BRASIL, 2018), para a definição das doze coletas de dados, divididas em três campanhas caracterizadas por diferentes estações do ano: inverno, primavera e verão.

A escolha das datas para o monitoramento levou em conta as seguintes questões:

- Abranger grande amplitude climática em diferentes épocas do ano por meio de coleta de dados em três estações climáticas distintas: inverno, primavera e verão;
- Verificação das condições climáticas estáveis, como baixa probabilidade de precipitação, para os dias de agendamento da coleta de dados. Esta verificação foi realizada sob a consulta das previsões climáticas para Belo Horizonte do 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); e
- Disponibilidade da equipe de coleta de dados.

O Quadro 05 a seguir, mostra o planejamento do trabalho de campo realizado no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 para a coleta de dados e aplicação de questionário. Foram realizados doze levantamentos de campo em três campanhas: inverno, primavera e verão. Elas aconteceram entre agosto de 2018 e janeiro de 2019. Os levantamentos aconteceram entre as 10:00h e 15:00h, quando também foram coletadas as variáveis pessoais e subjetivas por meio de questionários.

Quadro 05 - Planejamento do Trabalho de Campo

CAMPANHAS	ESTAÇÃO	PONTOS DE COLETA	ENDEREÇO	IDENTIFICAÇÃO	DATA	HORÁRIO	EQUIPAMENTO
1	INVERNO	P1	CRUZAMENTO ENTRE AS RUAS CURITIBA E DOS CAETÉS. INÍCIO DA AVENIDA AFONSO PENA	PRAÇA RIO BRANCO (PRAÇA DA RODOVIÁRIA)	30/08/2018	10:00 às 15:00	TERMOHIGRÔMETRO TERMOMETRO DE GLOBO (LM35) ANEMÔMETRO
		P2	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E AMAZONAS	PRAÇA SETE DE SETEMBRO	31/08/2018		
		P3	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E BRASIL	PRAÇA TIRADENTES	13/09/2018		
		P4	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E GETÚLIO VARGAS	PRAÇA BENJAMIM GUIMARÃES (PRAÇA ABC)	14/09/2018		
2	PRIMAVERA	P4	CRUZAMENTO ENTRE AS RUAS CURITIBA E DOS CAETÉS. INÍCIO DA AVENIDA AFONSO PENA	PRAÇA BENJAMIM GUIMARÃES (PRAÇA ABC)	29/11/2018	10:00 às 15:00	TERMOHIGRÔMETRO TERMOMETRO DE GLOBO (LM35) ANEMÔMETRO
		P3	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E AMAZONAS	PRAÇA TIRADENTES	30/11/2018		
		P2	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E BRASIL	PRAÇA SETE DE SETEMBRO	12/12/2018		
		P1	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E GETÚLIO VARGAS	PRAÇA RIO BRANCO (PRAÇA DA RODOVIÁRIA)	13/12/2018		
3	VERÃO	P1	CRUZAMENTO ENTRE AS RUAS CURITIBA E DOS CAETÉS. INÍCIO DA AVENIDA AFONSO PENA	PRAÇA RIO BRANCO (PRAÇA DA RODOVIÁRIA)	07/01/2019	10:00 às 15:00	TERMOHIGRÔMETRO TERMOMETRO DE GLOBO (LM35) ANEMÔMETRO
		P2	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E AMAZONAS	PRAÇA SETE DE SETEMBRO	08/01/2019		
		P3	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E BRASIL	PRAÇA TIRADENTES	09/01/2019		
		P4	CRUZAMENTO ENTRE AS AVENIDAS AFONSO PENA E GETÚLIO VARGAS	PRAÇA BENJAMIM GUIMARÃES (PRAÇA ABC)	10/01/2019		

Fonte: elaborado pelo autor

3.1.5 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS E CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO DOS QUESTIONÁRIOS

3.1.5.1 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS

As variáveis microclimáticas monitoradas, para cálculo do UTCI, são: Temperatura do ar (Ta), Umidade Relativa (UR), Velocidade do vento (Va) e Temperatura de globo (Tg).

Coletados por instrumentos de medição específicos, à frente detalhados no item 3.1.6.1, as variáveis microclimáticas expressam as condições climáticas momentâneas no ato da coleta de dados do levantamento de campo.

A velocidade do vento foi coletada à uma altura de 1,10m. O cálculo do *UTCI* necessita dos valores da velocidade do vento, em m/s, a dez metros de altura. Utilizou-se o fator de conversão proposto por Bröde et al. (2012), Equação 02:

$$va = \text{vaxm} * \frac{\log\left(\frac{10}{0{,}01}\right)}{\log(\frac{x}{0{,}01})} \qquad (02)$$

onde,

va = velocidade do vento a 10 metros de altura, em m/s;

vaxm = velocidade do vento medida à x metros, em m/s.

Além das variáveis microclimáticas anteriormente citadas, a variável temperatura radiante média (Trm) foi calculada em conformidade com a *ISO 7726* (1998), considerando convecção forçada, pela Equação 03:

$$\mathrm{T_{mrt}} = \left[\left(\mathrm{t_g} + 273\right)^4 + \frac{1{,}1 \times 10^8 \times \mathrm{v_a^{0,6}}}{\varepsilon_\mathrm{g} \times \mathrm{D^{0,4}}} \times \left(\mathrm{t_g} - \mathrm{t_a}\right)\right]^{1/4} - 273 \qquad (03)$$

onde,

Trm = temperatura radiante média, em°C;

Tg = temperatura de globo, em°C;

Va = Velocidade do ar, em m/s;

εg = emissividade do material do termômetro de globo (adimensional); e

Ta = temperatura do ar, em°C.

O questionário aplicado simultaneamente a medição das variáveis microclimáticas coletou variáveis locais importantes, tais como: nebulosidade (Céu limpo, céu parcialmente nublado ou céu nublado) e localização dos entrevistados (ao sol ou à sombra).

3.1.5.2 VARIÁVEIS INDIVIDUAIS

As variáveis individuais foram coletadas pela aplicação do questionário, simultaneamente ao monitoramento dos dados microclimáticos. Para este estudo, em relação as variáveis individuais, o questionário elaborado abarca como dados biométricos: gênero (feminino, masculino ou outro) idade (anos), altura (m), peso (kg), classificação da cor da pele segundo o censo do IBGE (branca, parda, preta, amarela, indígena).

Os dados observacionais coletados foram: taxa metabólica de atividades físicas, em W/m² e resistência térmica do vestuário (*clo*).

A norma *ISO 8996* (2004) trata exclusivamente da taxa metabólica por atividade física realizada pelo usuário. Esta variável também é tratada pela *ISO 7730* (2005) e *ASRHAE* (2005).

Para este estudo, os valores de geração de calor metabólico típico para várias atividades físicas (*ASHRAE*, 2005; *ISO 8996*, 2004; *ISO 7730*, 2005), no momento da aplicação dos questionário, são: 45 W/m² para usuários sentados, 60 W/m² para pessoas abordadas em pé, 115W/m² para entrevistados andando à uma velocidade de 3,2 km/h (0,9 m/s) e 150 W/m² para usuários andando rápido a uma velocidade de 4,3 km/h (1,2 m/s) (Apêndice F).

No que tange os valores de isolamento de vestuário as normas específicas são, a norma *ISO 9920* (1995) que aborda exclusivamente esta variável em seu escopo e a *ISO 7730* (2005), em um de seus anexos.

O questionário desenvolvido aborda esta variável sob quatro categorias: acessórios sobre a cabeça; vestimenta acima da linha da cintura; vestimenta abaixo da linha da cintura; e calçados. O objetivo foi conseguir maior variabilidade haja vista os diversos tipos de vestuários existentes. Para o seu preenchimento, as perguntas contavam com lacunas que foram preenchidas pelos aplicadores dos questionários. Após a coleta, no momento de tabulação dos dados, as lacunas foram convertidas em valores “clo” (Apêndice F).

3.1.5.3 VARIÁVEIS SUBJETIVAS

Como variáveis subjetivas a presente pesquisa coletou, por meio do questionário elaborado, a avaliação do estresse térmico, mediado pelas determinações da *ISO 10551* (2015) e a avaliação da ventilação, conforme estudo de Silva e Alvarez (2015).

As variáveis subjetivas relacionadas ao estresse térmico *ISO 10551* (2015) foram avaliadas em dois âmbitos: estado térmico pessoal e tolerância térmica. O primeiro divide-se em percepção térmica, avaliação pessoal e preferência térmica; o segundo relaciona-se à aceitação pessoal e tolerância térmica (Quadro 06).

Quadro 06 - Escalas térmicas usadas nos questionários

ESTADO TÉRMICO PESSOAL		
Questão	**Voto**	**Resposta Interpretativa**
Como se sente nesse exato momento?	-3	Com muito frio
	-2	Com frio
	-1	Com pouco frio
	0	Sem frio nem calor
	1	Com calor
	2	Com pouco calor
	3	Com muito calor
Você preferiria o ambiente que estivesse...	1	Muito mais frio
	2	Mais frio
	3	Um pouco mais frio
	4	Nem mais frio nem mais quente
	5	Um pouco mais quente
	6	Mais quente
	7	Muito mais quente
Em relação à sua resposta anterior, você considera o ambiente...	1	Confortável
	2	Ligeiramente desconfortável
	3	Desconfortável

	4	Muito desconfortável
TOLERÂNCIA TÉRMICA		
Questão	**Voto**	**Resposta Interpretativa**
Levando em consideração a sua preferência pessoal, você aceita ou rejeita as condições climáticas às quais está exposto?	1	Aceito
	2	Rejeito
Este ambiente é na sua opinião:	1	Perfeitamente suportável
	2	Um pouco difícil de suportar
	3	Difícil de suportar
	4	Muito difícil de suportar
	5	Insuportável

Fonte: elaborado pelo autor

Em relação as variáveis subjetivas relacionadas a ventilação, considerou-se percepção, avaliação pessoal e preferência, conforme Quadro 07 (SILVA E ALVAREZ, 2015).

Quadro 07 - Escalas de ventilação usadas nos questionários

VENTILAÇÃO		
Questão	**Voto**	**Resposta Interpretativa**
Em relação a ventilação deste ambiente, como percebe o vento neste exato momento?	1	Forte
	2	Um pouco forte
	3	Estável
	4	Um pouco fraco
	5	Fraco
Em relação a sua resposta anterior, você considera:	1	Confortável
	2	Ligeiramente confortável
	3	Desconfortável
	4	Muito desconfortável
Neste momento, você preferiria que o vento estivesse:	1	Mais forte
	2	Como está
	3	Mais fraco

Fonte: elaborado pelo autor

3.1.5.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Entende-se que todas as variáveis coletadas em campo, sejam elas microclimáticas, individuais ou subjetivas, são as necessárias para alcançar o objetivo desta pesquisa (Quadro 08).

Por critérios de exclusão dos questionários entende-se, para esta pesquisa, os fatores que podem influenciar as avaliações relacionadas ao estado térmico pessoal e a

tolerância térmica, bem como a percepção e preferência relacionadas à ventilação. O fator de aclimatação relacionado à permanência anterior do entrevistado em ambiente com condicionamento de ar e a sua residência na região metropolitana de Belo Horizonte foram tratadas como dados controle do presente estudo. Então, esta pesquisa desconsiderou os respondentes que declararam estar a menos de de 30 minutos no espaço externo e/ou não residiam na região metropolitana de Belo Horizonte. Gestantes, pessoas portadoras de necessidades especiais ou com visível problema de saúde não foram abordadas.

Quadro 08 - Variáveis e Critérios de Exclusão considerados na Pesquisa

VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS	VARIÁVEIS INDIVIDUAIS	VARIÁVEIS SUBJETIVAS	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
TEMPERATURA DO AR Ta (ºC)	GÊNERO	ESTADO TÉRMICO PESSOAL	ACLIMATAÇÃO
TEMPERATURA DE GLOBO Tg (ºC)	IDADE	TOLERÂNCIA TÉRMICA	
TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA TRM (ºC)	ALTURA	PERCEPÇÃO DA VENTILAÇÃO	
UMIDADE RELATIVA DO AR UR (%)	PESO		
VELOCIDADE DO VENTO Va – 1,10m de altura (m/s)	COR DA PELE		
VELOCIDADE DO VENTO Va – 10m de altura (m/s)	GERAÇÃO DE CALOR METABÓLICO TÍPICO DE ATIVIDADES FÍSICAS		
UTCI	VALORES DE ISOLAMENTO DE VESTUÁRIO		

Legenda: VARIÁVEIS COLETADAS VIA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO; VARIÁVEIS MEDIDAS; VARIÁVEIS COLETADAS POR OBSERVAÇÃO; VARIÁVEIS CALCULADAS.

Fonte: produzido pelo autor, adaptado de Hirashima (2014).

3.1.6 INSTRUMENTOS, MONTAGEM EM CAMPO E METODOLOGIA DE MEDIÇÃO

3.1.6.1 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Para a medição das variáveis microclimáticas foram utilizados os instrumentos descritos no Quadro 09:

Quadro 09 - Instrumentos de Pesquisa utilizados

VARIÁVEL MEDIDA	EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	DADOS TÉCNICOS
TEMPERATURA DO AR Ta (ºC)	Data Logger de Temperatura, Umidade Relativa e Luminosidade Com Entrada Analógica Para Sensor Externo U12-012 - ONSET	Sensor de temperatura: Faixa de Medição: -20° a 70°C Precisão: ±0,35°C (0°C a 50°C) Resolução: 0,03°C Desvio: <0,01°C
TEMPERATURA DE GLOBO Tg (ºC)	Data Logger de Temperatura, Umidade Relativa e Luminosidade Com Entrada Analógica Para Sensor Externo U12-012 - ONSET + Sensor de Temperatura LM-35 - NATIONAL SEMICONDUTOR	Entrada Analógica: Faixa suportada: 0 a 2,5 Vdc (w / CABLE-2.5-STEREO); 0 a 5 Vdc (w / CABLE-ADAP5); 0 a 10 Vdc (w / CABLE-ADAP10); 4-20 mA (com CABLE-4-20MA). Sensor de Temperatura LM-35: Fator de escala linear: + 10-mV/°C Precisão: de 0,5 °C a 25 °C Intervalo: -55 ° C a 150 ° C Adequado para aplicações remotas Opera de 4 V a 30 V
UMIDADE RELATIVA DO AR UR (%)	Data Logger de Temperatura, Umidade Relativa e Luminosidade Com Entrada Analógica Para Sensor Externo U12-012 - ONSET	Sensor de umidade relativa: Faixa de Medição: 5% a 95% de umidade relativa Precisão: ±2,5% (10% a 90% de umidade relativa) Resolução: 0,05% Desvio: <1%
VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	Anemômetro Digital Portátil Modelo AD-250 - INSTRUTHERM	Especificações gerais: Umidade de Operação Máxima 80% UR Temperatura de Operação 0 á 50ºC Consumo de energia 6,2mA Especificações elétricas: Unidade: m/s Escala: 0,4 à 30m/s; Resolução: 0,1m/s Precisão: ≤ 20 m/s: ± 3% E.C. > 20 m/s: ± 4% E.C.

Fonte: elaborado pelo autor.

O instrumento utilizado para medição de Temperatura e Umidade Relativa do ar é o *Datalogger* da marca ONSET, modelo HOBO U12-012. Este equipamento dispõe de uma entrada analógica, onde foi conectado o Termômetro de Globo cinza, confeccionado com o auxílio do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética nas Edificações – LABCON, da Escola de Arquitetura da UFMG, de acordo com a metodologia descrita no Apêndice D. Este canal externo possibilitou a coleta de dados de voltagem, posteriormente convertidos em temperatura de globo, em °C.

Para a coleta de dados microclimáticos, o HOBO U12-012 foi colocado dentro de um Abrigo Meteorológico confeccionado em PVC, conforme descrição do Apêndice E. O

objetivo é proteger os sensores de radiação solar direta e indireta. A metodologia adotada para a confecção do abrigo seguem as diretrizes de Hirashima (2010).

A velocidade do ar foi medida por um Anemômetro Digital Portátil, modelo AD-250, marca INSTRUTHERM. A altura dos equipamentos foi fixada em 1,1 m acima do solo, correspondendo à altura média do centro de gravidade de um adulto em pé (Mayer e Höppe, 1987).

3.1.6.2 MONTAGEM EM CAMPO DOS EQUIPAMENTOS E METODOLOGIA DE MEDIÇÃO

Em conformidade com as especificações da ISO 7726 (1998), os equipamentos foram montados em um tripé a 1,10m de altura, conforme a Figura 16.

Figura 16: Equipamento montado no ponto P2

Fonte: produzido pelo autor.

O termômetro de globo cinza foi posicionado à 25cm acima do abrigo, totalizando 1,35m medido a partir do solo (Figura 18). O *Datalogger* foi programado para registrare as variáveis de cinco em cinco minutos, tempo estimado para aplicação do questionário.

3.1.7 QUESTIONÁRIOS

Uma boa construção de questionários direciona à relevância das informações coletadas. Os questionários foram elaborados com base nos trabalhos de Rossi (2012) e Hirashima (2010; 2014) subsidiados por referências de metodologia científica, bem como pela *ISO 10551* (2015), *ISO 8996* (2004), *ISO 9920* (1995) e *ISO 7730* (2005).

Para este trabalho, a técnica utilizada pauta-se em entrevistas realizadas por questionários previamente confeccionados (Apêndice F).

Marconi e Lakatos (2007) caracterizam o questionário como uma ferramenta científica que abarca perguntas ordenadas e criteriosamente ordenadas que contam com um entrevistador como interlocutor do grupo de respondentes predefinido.

A confecção dos questionários levou em consideração o alinhamento com o objetivo da pesquisa, finalidade e eficácia, organização para facilitar a análise posterior dos dados obtidos, claras orientações, bem como organização e estética de formatação (MARCONI e LAKATOS, 2007).

3.1.7.1 ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

O número de questões condicionou-se às necessidades do estudo de coleta de dados controle, variáveis individuais e variáveis subjetivas. Também são parte deste questionário algumas questões observacionais, ou seja, àquelas que podem ser respondidas pelo entrevistador sem a interlocução com os usuários.

Dentre dados controle, variáveis individuais, variáveis subjetivas e dados observacionais, foram compreendidas vinte e cinco questões, assim classificadas: duas relacionadas aos dados locais; cinco relacionadas a biometria; três relacionadas ao uso do espaço; seis relacionadas a aclimatação; três relacionadas ao estado térmico pessoal; duas relacionadas a tolerância térmica; três relacionadas a percepção da ventilação; e duas observacionais, respectivamente calor metabólico de atividades físicas e isolamento do vestuário. Vale ressaltar que o anonimato dos entrevistados foi mantido.

O planejamento das entrevistas levou em consideração duas ações. Para mitigar as interpretações individuais dos entrevistados, a primeira ação adotada foi elaborar o questionário com perguntas e alternativas de resposta em seu escopo. A segunda foi incorporação da plataforma *Free Survey Maker - eSurv.org.* para aplicação dos questionários enquanto ferramenta de pesquisa *on-line*. Moysés e Moori (2007) salientam que a referida tecnologia apresenta como vantagens o baixo custo, rapidez, qualidade de aplicação e auxílio sobre a análise dos dados.

Para Walter (2013), a condução de pesquisas on-line é bastante promissora, e ainda considerada uma nova tecnologia. As chamadas "*surveys on-line"* comumente objetivam coletar informações de indivíduos por meio de questionários, entrevistas pessoais, telefonemas, dentre outras abordagens, para um fim particular de pesquisa.

Inúmeras são as vantagens da utilização de pesquisas on-line dentre as quais podem ser citadas: o alto alcance em curto espaço de tempo, eliminação de erros de transcrição e baixo custo (WALTER, 2013).

As ponderações anteriores subsidiam a adoção de uma plataforma *on-line* de pesquisa como ferramenta potencializadora da aplicação dos questionários.

A plataforma escolhida denomina-se *Free Survey Maker - eSurv.org*. Trata-se de uma plataforma *on-line* sem custos ocultos, com suporte 24 horas por e-mail, segurança dos dados por ser financiado por institutos de pesquisa internacionais, compatibilidade com formatos convencionais de softwares de planejamento e sem restrições de temas de estudo.

O Apêndice F apresenta o *template* do questionário após o seu enquadramento na plataforma *Free Survey Maker - eSurv.org.*

Após a elaboração dos questionários o mesmo foi submetido à avaliação do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (PPGEC-CEFET-MG) em sua 73ª reunião, datada em 20 de março de 2018, que com base nas Resoluções Éticas Brasileiras, CNS 1996/96 aprovou o desenvolvimento do presente estudo sob os comprometimentos de iniciarem a aplicação dos questionários somente após a aprovação do Projeto de

Pesquisa por sua Qualificação e de protegerem os entrevistados garantindo-lhes o máximo de benefícios e o mínimo de riscos.

Com a declaração nº 311/2018 – PPGEC (11.1.23.06), de 02 de maio de 2018, (Anexo B) os pesquisadores, do presente estudo, foram autorizados a desenvolverem a pesquisa assegurando o anonimato dos entrevistados, garantindo, dessa forma, a preservação das Diretrizes Éticas da Pesquisa envolvendo Seres Humanos, nos termos estabelecidos pela Resolução CNS nº 466/2012 e obedecendo as disposições legais estabelecidas na Constituição Federal Brasileira, artigo 5º, incisos X e XIV e no artigo 20 do Novo Código Civil.

3.1.8 CALIBRAÇÃO, AFERIÇÃO E TESTES DE INSTRUMENTOS

Hirashima (2010) ressalta que os pré-testes, aferições e calibrações são importantes para a pesquisa haja vista que é uma garantia certificada da fidedignidade dos dados coletados.

Todos os instrumentos utilizados foram devidamente calibrados por empresas certificadas pela Rede Brasileira de Calibração do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (RBC-INMETRO).

Os Anexos C E D conferem a calibração realizada.

3.1.9 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

3.1.9.1 DIMENSIONAMENTO E TREINAMENTO DA EQUIPE

A equipe foi dimensionada para alcançar o número calculado para a significância da amostra. Também foi considerado o número de campanhas planejadas.

Levando-se em consideração que os instrumentos *datalogger* foram programados para a aquisição de dados de cinco em cinco minutos e que cada campanha totalizou 5 horas, calculou-se uma equipe de cinco pessoas por coleta para abarcar um questionário a cada dado microclimático coletado, totalizando, uma estimativa de 60 questionários por dia de coleta e 240 por campanha.

Este estudo aplicou um total de 909 questionários dentre os quais 755 foram considerados válidos, média aproximada de 63 questionários por dia e 251 questionários por campanha, conforme Quadro 10.

Quadro 10: Controle de coletas

PLANILHA CONTROLE DE COLETAS			
ESTAÇÃO	PONTO DE COLETA	N	TOTAIS
INVERNO	P1	47	255
	P2	54	
	P3	70	
	P4	84	
PRIMAVERA	P4	79	251
	P3	60	
	P2	74	
	P1	38	
VERÃO	P1	73	249
	P2	66	
	P3	50	
	P4	60	
TOTAL			755

Fonte: produzido pelo autor.

As equipes responsáveis pela aplicação dos questionários foram treinadas por meio de uma reunião que contou com a apresentação da plataforma *on-line Free Survey Maker - eSurv.org.*

Os instrumentos de coleta de dados microclimáticos ficaram sob a supervisão de pesquisadores que compreendem os seus funcionamentos.

3.2 ETAPA DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada em dias de atividades corriqueiras da cidade. Foram avaliadas datas que não apresentavam eventos que poderiam interferir nas respostas relacionadas a percepção térmica.

3.3 ETAPA DE TRATAMENTO DE COLETA DE DADOS

Tanto os dados medidos pelos instrumentos, quanto os coletados pelas entrevistas, foram organizados em planilhas.

Ressalta-se que a utilização da plataforma *on-line* de pesquisa assistiu significativamente o tratamento de dados com a mitigação de erros de transcrição, haja vista a sua compatibilização com softwares usuais de planilhamento.

As etapas subsequentes à organização dos dados coletados foram cálculo do *UTCI* e tratamentos estatísticos.

3.3.1 CÁLCULO DO *UTCI*

Para o cálculo do *UTCI* foi utilizado o software *BIOKLIMA*® 2.6, elaborado por Michal Blazejczyk e Krzysztof Blazejczyk (2010) (Figura 21). É um software de domínio público e pode ser acessado pelo endereço: https://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html. Os dados de entrada devem estar em arquivos de texto, conforme indicações do próprio programa.

Os dados de entrada foram salvos em arquivos de texto separados por tabulação ".txt" organizados conforme a legenda aceita pelo programa: Temperatura do ar (t), Umidade Relativa do ar (f), Temperatura radiante média (Mrt) e Velocidade do vento à 10m de altura do solo (V10m). Apesar de desnecessárias, também foram consideradas as variáveis: Gênero (Sex), Calor metabólico (M) e Isolamento de vestuário (Icl).

3.3.2 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O tratamento estatístico do presente trabalho foi realizado em duas etapas. A primeira trata-se da análise descritiva relacionada ao conjunto de dados levantados nas campanhas. Já a segunda etapa relaciona-se à aplicação de um modelo estatístico para reconhecimento e classificação de padrões dos dados: Regressão Logística Ordinal (RLO).

3.3.2.1 PRIMEIRA ETAPA: ANÁLISE DESCRITIVA

A análise descritiva dos dados microclimáticos e pessoais foi realizada de forma global, ou seja, foram considerados todos os dados levantados em campo, sem distinção de campanha, pontos de coleta, tão pouco, estação climática. Para a tabulação e geração dos gráficos utilizou-se o software *MS Excel* 2010.

Dentre os métodos estatísticos selecionados, o *p-valor* foi utilizado para sintetizar os resultados. Formalmente, o *p-valor* é definido como a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que aquela observada em uma amostra, assumindo como verdadeira a hipótese nula. Como geralmente define-se o nível de significância em 5%, um p-valor menor que 0,05, gera evidências para rejeição da hipótese nula do teste (ALTMAN e BLAND, 1995).

Como medidas estatísticas e de dispersão de dados os fatores analisados foram: média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, mínimo, máximo média e quartis, sendo que o segundo quartil corresponde a mediana.

A variância pode ser definida como uma dispersão estatística relacionada à média. Indica a proximidade entre um determinado valor e o valor esperado. Buscando reduzir a influência de valores muitos distantes da média, a estatística aplicada, pela ótica de Reis (1999), entende desvio padrão como uma das principais medidas de dispersão dos dados. Pode ser definida como a raiz quadrada da variância. Já o Coeficiente de Variação trata-se da relação entre o desvio padrão e a média expresso em %.

Para relacionar a sensação térmica com as variáveis subjetivas: autoavaliação do conforto térmico, percepção térmica, aceitação do ambiente térmico, percepção da ventilação, autoavaliação do conforto sob a ventilação e preferência da ventilação, foram realizados testes qui-quadrado simulado (HOPE, 1968) e uma análise de correspondência (GREENACRE, 2007).

3.3.2.2 SEGUNDA ETAPA: MÉTODOS ESTATÍSTICOS MULTIVARIADOS

Para tratar as respostas categorizadas relacionadas às sensações térmicas dos entrevistados, Hirashima (2010;2014) utilizou a Regressão Logística Ordinal (RLO).

Dentre as sete categorias de sensação térmica adotadas pelo estudo, ficou nítida a tendência dos indivíduos em não distanciarem suas respostas da neutralidade, e por este motivo, segundo a autora, não é possível adotar relações lineares para os dados coletados.

Nesta dissertação, para verificar o efeito do *UTCI* sobre a avaliação subjetiva da temperatura, foi ajustada uma RLO considerando chances proporcionais parciais (PETERSON; HANRREL, 1990).

A Regressão logística ordinal é comumente utilizada para modelar a relação entre um conjunto de preditores e uma resposta ordinal. Uma resposta ordinal tem três ou mais resultados ordenados, no caso essa variável é sensação térmica. A avaliação subjetiva da temperatura foi reclassificada para três categorias: “com frio”, “conforto” e “com calor”. A categoria “frio” incluiu “com muito frio”, “com frio” e “com pouco frio”, a categoria “conforto” incluiu “sem frio nem calor”, e a categoria “calor” incluiu “com pouco calor”, “com calor” e “com muito calor”.

Para testar a suposição das chances proporcionais, foi ajustado um modelo das chances proporcionais parciais e realizado uma análise de desvio. Para verificar a qualidade modelo foi calculado o R^2 ajustado do Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

O software utilizado nas análises foi o R (versão 3.5.0). O R é o pacote de análise estatística mais abrangente disponível gratuitamente criado por Ross Ihaka e Robert Gentleman na Universidade de Auckland, Nova Zelândia, em 1993 (R Core Team, 2018).

CAPÍTULO 4

O *UTCI*, subsidiado pelos estudos precedentes, apresentou-se como uma adequada opção para ser utilizado na calibração de faixas de conforto e desconforto térmico em ambientes urbanos.

A partir de análises estatísticas, as faixas de conforto térmico foram calibradas mediante as classificações do *UTCI, utilizando* os votos preditos de sensação térmica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

A seguir, a fim de caracterizar a amostra e analisar descritivamente os dados coletados são apresentados algumas medidas estatísticas sobre a amostra.

4.1.1. CARACTERIZAÇÃO DESCRITIVA QUALITATIVA DA AMOSTRA GLOBAL

A Tabela 02 apresenta a caracterização qualitativa da amostra.

Em relação aos dados biométricos coletados, a maioria dos indivíduos, 54%, são do gênero “masculino”, 45,8]% dos indivíduos do gênero “feminino” e apenas 0,1% dos indivíduos declararam o gênero como “outros”. A maior parte dos indivíduos, 40,4%, se autodeclararam ter cor da pele “parda”, 33,4% “branca”, 22,4% “preta”, 2,4% “amarela” e apenas 1,5% “indígena”.

No que tange a aclimatação de longo prazo, a grande maioria dos indivíduos (97,6%) responderam que residem na região metropolitana de Belo Horizonte “há mais de 6 meses” e apenas 2,3% dos indivíduos “há menos de 6 meses”. Em relação ao uso de climatização artificial, 90,9% mencionaram “nunca” usar o ar condicionado em casa. Em relação ao local de trabalho, significativa parte dos entrevistados, 63,9%, afirmaram que “nunca” trabalham em ambiente com ar condicionado.

Vale ressaltar, que para a mostra foram considerados somente os indivíduos que declararam estar no espaço externo “há mais de 30 minutos”. Destes, 65,2% dos entrevistados não estavam vindo de um “ambiente com ar condicionado”.

Em relação a sensação térmica, a maior parte dos indivíduos, 41,5%, estavam “sem frio nem calor”. Sobre a autoavaliação do conforto térmico, a maioria dos abordados, 58,9%, avaliaram-se como “confortável”. No que concerne a preferência térmica 40,2%, dos indivíduos responderam que preferiam o ambiente como estava, “nem mais frio e nem mais quente”. No tocante a aceitação térmica, 70,1% dos entrevistados avaliaram o ambiente em que realizaram a entrevista como “perfeitamente suportável”.

As respostas subjetivas sobre a ventilação revelaram que 61,8%, dos entrevistados perceberam o vento como “estável”, 71,3%, se autoavaliaram como “confortável” com a ventilação e 55,5% manifestaram que preferiam a ventilação “como está”.

As variáveis observacionais serão analisadas quantitativamente na sessão seguinte, no entanto alguns aspectos merecem explanação:

- Em relação ao calor metabólico típico de atividades físicas, 37,3% dos indivíduos estavam “sentados”, a maioria dos indivíduos, 53,1%, estavam “em pé”, 8,9% dos indivíduos estavam “caminhando” e 0,7% estavam “caminhando rápido”.
- Tendo em consideração o vestuário dos entrevistados, 87,5% não estavam usando acessórios na cabeça, 69,9% dos indivíduos estavam vestindo blusa de manga curta, 80% estavam vestindo calça e 56,3% estavam calçando tênis.

Tabela 02 – Caracterização descritiva qualitativa da amostra global

Variáveis			N	%
Dados locais	Nebulosidade	Céu limpo	523	69,3%
		Céu parcialmente nublado	219	29%
		Céu nublado	13	1,7%
	Local da entrevista	À sombra	593	78,5%
		Ao sol	162	21,5%
Biometria	Gênero	Masculino	408	54,0%
		Feminino	346	45,8%
		Outro	1	0,1%
	Cor da pele	Branca	252	33,4%
		Parda	305	40,4%
		Preta	169	22,4%
		Amarela	18	2,4%
		Indígena	11	1,5%
Uso do espaço	Conhece o local?	Sim	688	91,1%

		Não	67	8,9%
	Usa frequentemente o local?	Sim	438	58%
		Não	317	42%
	Qual a razão de estar nesse local?	Lazer	49	6,5%
		Trabalho	317	42%
		Passagem	389	51,5%
Aclimatação	Reside na região metropolitana de Belo Horizonte há quanto tempo?	Menos de 6 meses	18	2,4%
		Mais de 6 meses	737	97,6%
	Considera-se uma pessoa:	Rural	99	13,1%
		Urbana	656	86,9%
	Você usa ar condicionado em casa?	Nunca	686	90,9%
		Às vezes	35	4,6%
		Sempre	34	4,5%
	Você trabalha em ambiente com ar condicionado?	Nunca	482	63,9%
		Às vezes	78	10,3%
		Sempre	194	25,7%
	Está vindo de ambiente com ar condicionado?	Sim	263	34,8%
		Não	492	65,2%
Estado térmico pessoal	Percepção do conforto térmico	Com muito frio	7	0,9%
		Com frio	6	0,8%
		Com pouco frio	32	4,2%
		Sem frio nem calor	313	41,5%
		Com pouco calor	129	17,1%
		Com calor	180	23,8%
		Com muito calor	88	11,7%
	Autoavaliação do conforto térmico	Confortável	443	58,7%
		Ligeiramente confortável	142	18,8%
		Desconfortável	140	18,5%
		Muito desconfortável	30	4%
	Preferência térmica	Muito mais frio	81	10,7%
		Mais frio	147	19,5%
		Um pouco mais frio	178	23,6%
		Nem mais frio nem mais quente	303	40,1%
		Um pouco mais quente	31	4,1%
		Mais quente	13	1,7%
		Muito mais quente	2	0,3%
Tolerância térmica	Você aceita ou rejeita as condições climáticas às quais está exposto?	Aceito	602	79,7%
		Rejeito	153	20,3%
	Aceitação térmica	Perfeitamente suportável	529	70,1%
		Um pouco difícil de suportar	144	19,1%
		Difícil de suportar	51	6,7%
		Muito difícil de suportar	16	2,1%
		Insuportável	15	2%
Percepção da ventilação	Percepção da ventilação	Forte	26	3,4%
		Um pouco forte	52	6,9%
		Estável	467	61,8%
		Um pouco fraco	88	11,7%

			Fraco	122	16,2%
	Autoavaliação de conforto sob a ventilação		Confortável	538	71,3%
			Ligeiramente confortável	134	17,7%
			Desconfortável	79	10,5%
			Muito desconfortável	4	0,5%
	Preferência da ventilação		Mais forte	300	39,7%
			Como está	419	55,5%
			Mais fraco	36	4,8%
Observacionais	Calor metabólico típico de atividades físicas		45W/m² - sentado	282	37,3%
			60W/m² - em pé	401	53,1%
			115W/m² - caminhando a 3,2 km/h (0,9 m/s)	67	8,9%
			150W/m² - caminhando rápido a 4,3 km/h (1,2 m/s)	5	0,7%
	Vestimenta	Acessórios sobre a cabeça	Não	661	87,5%
			Boina	2	0,3%
			Boné	74	9,8%
			Capacete	1	0,1%
			Chapéu	11	1,5%
			Gorro	1	0,1%
			Lenço	3	0,4%
			Toca	2	0,3%
		Vestimentas acima da linha da cintura	Manga curta	528	69,9%
			Manga curta e agasalho	31	4,1%
			Manga longa	97	12,8%
			Manga longa e agasalho	5	0,7%
			Sem manga	78	10,3%
			Vestido manga curta	8	1,1%
			Vestido manga longa	3	0,4%
			Vestido sem manga	5	0,7%
		Vestimentas abaixo da linha da cintura	Bermuda	100	13,2%
			Calça	604	80%
			Saia curta	16	2,1%
			Saia longa	3	0,4%
			Short	16	2,1%
			Vestido curto	7	0,9%
			Vestido longo	9	1,2%
		Calçados	Bota	14	1,8%
			Botina	4	0,5%
			Chinelo	82	10,9%
			Sandália	93	12,3%
			Sapatilha	23	3%
			Sapato	114	15,1%
			Tênis	425	56,3%

Fonte: produzido pelo autor.

4.1.2. CARACTERIZAÇÃO DESCRITIVA QUANTITATIVA DA AMOSTRA GLOBAL

A Tabela 03 apresenta a análise descritiva das variáveis quantitativas da pesquisa. Sendo assim, é possível concluir que a variável mais heterogênea foi velocidade do vento à 10m de altura (C.V. = 124,6%) e a mais homogênea (C.V. = 5,8%) foi altura dos entrevistados.

A Temperatura do ar (Ta) apresentou média de 26,9°C, mínima de 21ºC e máxima 34,2ºC. O valor da média está aproximadamente 5° acima do valor da temperatura média anual de 21,8°C declarada pelas Normais Climatólogicas 1981-2010 (INMET, 2018). A temperatura radiante média (Trm) apresentou valor máximo de 75°C, mínimo de 24,3°C e um alto desvio padrão, 8,4°C.

No que concerne a Umidade Relativa do ar (UR) a média anual apontada pelas Normais Climatológicas (INMET, 2018), 67,2% aproximou-se do valor máximo monitorado pelas coletadas de dados, 66,7%. A UR apresentou média de 53,3%. Em média, a velocidade do vento a 10m de altura foi 1,2 m/s com desvio padrão de 1,5 m/s, sendo que a velocidade mínima foi de 0 m/s (não estava ventando) e máxima foi 11 m/s.

A média da taxa metabólica foi 59,9 W/m². Já o icolamento do vestuário apresentou média de 0,5 *clo*.

Tabela 03 – Caracterização descritiva quantitativa da amostra global

	Variáveis	N	Média	D.P.	Var.	C.V.	Mín.	Máx.
Dados locais	Temperatura do ar (°C)	755	26,9	3	8,8	11	21	34,2
	Temperatura radiante média (°C)	755	34,2	8,4	70,8	24,6	22,3	75
	Umidade relativa do ar (%)	755	53,3	5,3	28,4	10	38,7	66,8
	Velocidade do vento à 10m de altura (m/s)	755	1,2	1,5	2,3	124,6	0	11
Biometria	Idade (anos)	755	37,3	17,1	291,1	45,7	12	89
	Altura (cm)	755	167,7	9,7	94,2	5,8	110	196
	Peso (Kg)	755	69,7	14,9	221,1	21,3	39	135
Observacio - nais	Taxa metabólica (W/m²)	755	59,9	20,2	406,7	33,7	45	150
	Isolamento do vestuário (clo)	755	0,5	0,1	0	23,9	0,1	1,0

Fonte: produzido pelo autor.

As sessões a seguir apresentam as relações encontradas entre sensação térmica real declarada pelos indivíduos e demais variáveis subjetivas coletadas por meio dos questionários.

Para construção desta relação foram realizados testes qui-quadrado simulado (HOPE, 1968) e uma análise de correspondência (GREENACRE, 2007).

4.1.3. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E AUTOAVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

A Tabela 04 apresenta a relação existente entre os votos de Sensação Térmica e Autoavaliação do Conforto térmico.

Dentre os 41,5% dos indivíduos que se sentiam “sem frio nem calor”, 38,2% estavam “confortáveis”, 2,4% estavam “ligeiramente confortáveis” e 0,9% estavam “desconfortáveis”.

Tabela 04 – Sensação Térmica e Autoavaliação de Conforto Térmico

Autoavaliação do conforto térmico	Sensação térmica							Freq. %
	-3 Com muito frio	-2 Com frio	-1 Com pouco frio	**0 Sem frio nem calor**	1 Com pouco calor	2 Com calor	3 Com muito calor	Total
Confortável: 1	**2**	**2**	**18**	**287**	**64**	**60**	**10**	**443**
	0,3%	**0,3%**	**2,4%**	**38,2%**	**8,51%**	**8%**	**1,3%**	**58,9%**
Ligeiramente confortável: 2	1	1	8	**18**	37	62	15	142
	0,1%	0,1%	1,1%	**2,4%**	4,9%	8,2%	2%	18,9%
Desconfortável: 3	3	3	5	**7**	27	58	36	139
	0,4%	0,4%	0,7%	**0,9%**	3,59%	7,7%	4,8%	18,5%
Muito desconfortável: 4	1	0	1	**0**	1	0	25	28
	0,1%	0%	0,1%	**0%**	0,1%	0%	3,3%	3,7%
Total	7	6	32	**312**	129	180	86	752
	0,9%	0,8%	4,3%	**41,5%**	17,1%	23,9%	11,4%	100%

Teste Qui-quadrado simulado: valor-p < 0,001.

Fonte: produzido pelo autor.

4.1.4. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA

A Tabela 5 apresenta a correspondência entre Sensação Térmica e Preferência Térmica.

Como já descrito, 41,5% dos entrevistados declararam sensação térmica “sem frio nem calor”. No que concerne a correspondência com a preferência térmica, 2,3% preferiam o ambiente térmico “muito mais frio”, 5,2% dos indivíduos abordados apresentaram preferência térmica “mais frio”, 5,7% “um pouco mais frio”, 25,8% apresentaram preferência térmica “nem mais frio nem mais quente”, 2,1% “um pouco mais quente” e 0,4% “mais quente”.

Tabela 05 – Sensação Térmica e Preferência Térmica

Preferência térmica	Sensação térmica							Freq. %
	-3 Com muito frio	-2 Com frio	-1 Com pouco frio	**0 Sem frio nem calor**	1 Com pouco calor	2 Com calor	3 Com muito calor	Total
Muito mais frio: 1	4	0	3	**17**	13	21	23	81
	0,5%	0%	0,4%	**2,3%**	1,7%	2,8%	3,1%	10,8%
Mais frio: 2	1	0	1	**39**	25	59	20	145
	0,1%	0%	0,1%	**5,2%**	3,3%	7,8%	2,7%	19,3%
Um pouco mais frio: 3	1	0	1	**43**	40	58	35	178
	0,1%	0%	0,1%	**5,7%**	5,3%	7,7%	4,6%	23,7%
Nem mais frio nem mais quente: 4	**0**	**1**	**15**	**194**	**46**	**38**	**8**	**302**
	0%	**0,1%**	**2%**	**25,8%**	**6,1%**	**5%**	**1,1%**	**40,2%**
Um pouco mais quente: 5	0	2	8	**16**	3	2	0	31
	0,0%	0,3%	1,1%	**2,1%**	0,4%	0,3%	0%	4,1%
Mais quente: 6	1	3	2	**3**	2	2	0	13
	0,1%	0,4%	0,3%	**0,40%**	03%	0,3%	0%	1,7%
Muito mais quente: 7	0	0	2	**0**	0	0	0	2
	0%	0%	0,3%	**0%**	0%	0%	0%	0,3%
Total	7	6	32	**312**	129	180	86	752
	0,9%	0,8%	4,3%	**41,5%**	17,1%	23,9%	11,4%	100%

Teste Qui-quadrado simulado: valor-p < 0,001.

Fonte: produzido pelo autor.

4.1.5. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E ACEITAÇÃO TÉRMICA

A Tabela 06 apresenta correlação entre Sensação Térmica e Aceitação Térmica.

Dentre os 41,5% dos indivíduos que estavam “sem frio nem calor”, 38,3% declararam estar “perfeitamente suportável”, 2,1% “um pouco difícil de suportar”, 0,7% “difícil de suportar” e 0,4% “insuportável”.

Tabela 06 – Sensação Térmica e Aceitação Térmica

Aceitação térmica	Sensação térmica							Freq. %
	-3 Com muito frio	-2 Com frio	-1 Com pouco frio	**0 Sem frio nem calor**	1 Com pouco calor	2 Com calor	3 Com muito calor	Total
Perfeitamente suportável: 1	**2**	**2**	**22**	**289**	**109**	**86**	**19**	**529**
	0,3%	**0,3%**	**2,9%**	**38,3%**	**14,4%**	**11,4%**	**2,5%**	**70,1%**
Um pouco difícil de suportar: 2	2	2	10	**16**	46	34	34	144
	0,3%	0,3%	1,3%	**2,1%**	6,1%	4,5%	4,5%	19,1%
Difícil de suportar: 3	2	2	0	**5**	23	5	14	51
	0,3%	0,3%	0%	**0,7%**	3,1%	0,7%	1,8%	6,7%
Muito difícil de suportar: 4	1	0	0	**0**	2	1	12	16
	0,1%	0%	0%	**0%**	0,3%	0,1%	1,6%	2,1%
Insuportável: 5	0	0	0	**3**	0	3	9	15
	0%	0%	0%	**0,4%**	0%	0,4%	1,2%	2%
Total	7	6	32	**313**	180	129	88	755
	0,9%	0,8%	4,2%	**41,5%**	23,8%	17,1%	11,7%	100%

Teste Qui-quadrado simulado: valor-p < 0,001.

Fonte: produzido pelo autor.

4.1.6 RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E PERCEPÇÃO DA VENTILAÇÃO

A Tabela 07 apresenta correspondência entre Sensação Térmica e Percepção da Ventilação. 41,5% dos perguntados estavam “sem frio nem calor”. Destes 0,8% declararam a percepção da ventilação “forte”, 2,2% “um pouco forte”, 32,1% “estável”, 2,5% “um pouco fraco” e 3,8% “fraco”.

Tabela 07 – Sensação Térmica e Percepção da Ventilação

Percepção da ventilação	Sensação térmica							Freq. %
	-3 Com muito frio	-2 Com frio	-1 Com pouco frio	**0 Sem frio nem calor**	1 Com pouco calor	2 Com calor	3 Com muito calor	Total
Forte: 1	2	1	2	**6**	5	6	4	26
	0,3%	0,1%	0,3%	**0,8%**	0,7%	0,8%	0,5%	3,4%
Um pouco forte: 2	1	3	9	**17**	9	9	4	52
	0,1%	0,4%	1,2%	**2,2%**	1,2%	1,2%	0,5%	6,9%
Estável: 3	**2**	**0**	**13**	**242**	**96**	**68**	**46**	**467**
	0,3%	**0%**	**1,7%**	**32%**	**12,7%**	**9%**	**6,1%**	**61,8%**
Um pouco fraco: 4	1	0	3	**19**	27	23	15	88
	0,1%	0%	0,4%	**2,5%**	3,6%	3,1%	2%	11,7%

Fraco: 5	1	2	5	**29**	43	23	19	122
	0,1%	0,3%	0,7%	**3,8%**	5,7%	3,1%	2,5%	16,2%
Total	7	6	32	**313**	180	129	88	755
	0,9%	0,8%	4,2%	**41,5%**	23,8%	17,1%	11,7%	100%

Teste Qui-quadrado simulado: valor-p < 0,001.

Fonte: produzido pelo autor.

4.1.7 RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E AUTOAVALIAÇÃO DE CONFORTO COM RELAÇÃO À VENTILAÇÃO

A Tabela 08 apresenta a relação entre Sensação Térmica e Autoavaliação de Conforto sob a Ventilação.

No que concerne a autoavaliação de conforto sob a ventilação, dos 41,5% indivíduos que estavam “sem frio nem calor” apenas 35,4% mencionaram sentirem-se “confortável” em relação a ventilação, 5,2% “ligeiramente confortável”, 0,8% “desconfortável” e 0,1% “muito desconfortável”.

Tabela 08 – Sensação Térmica e Autoavaliação de Conforto da Ventilação

Autoavaliação de conforto sob a ventilação	Sensação térmica							Freq. %
	-3 Com muito frio	-2 Com frio	-1 Com pouco frio	**0 Sem frio nem calor**	1 Com pouco calor	2 Com calor	3 Com muito calor	Total
Confortável: 1	**4**	**2**	**23**	**267**	**111**	**87**	**44**	**538**
	0,5%	**0,3%**	**3%**	**35,4%**	**14,7%**	**11,5%**	**5,8%**	**71,3%**
Ligeiramente confortável: 2	0	2	4	**39**	42	26	21	134
	0%	0,3%	0,5%	**5,2%**	5,6%	3,4%	2,8%	17,7%
Desconfortável: 3	3	2	5	**6**	26	15	22	79
	0,4%	0,3%	0,7%	**0,8%**	3,4%	2%	2,9%	10,5%
Muito desconfortável: 4	0	0	0	**1**	1	1	1	4
	0%	0%	0%	**0,1%**	0,1%	0,1%	0,1%	0,5%
Total	7	6	32	**313**	180	129	88	755
	0,9%	0,8%	4,2%	**41,5%**	23,8%	17,1%	11,7%	100%

Teste Qui-quadrado simulado: valor-p < 0,001.

Fonte: produzido pelo autor.

4.1.8 RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E PREFERÊNCIA DA VENTILAÇÃO

A Tabela 09 apresenta a correspondência entre sensação térmica e preferência da ventilação. Dos 41,49% questionados que estavam “sem frio nem calor”, 8,08% preferiram a ventilação “mais forte”, 31,92% “como está” e 1,46% “mais fraca”.

Tabela 09 – Sensação Térmica e Preferência da Ventilação

Preferência da ventilação	Sensação térmica							Freq. %
	-3 Com muito frio	-2 Com frio	-1 Com pouco frio	**0 Sem frio nem calor**	1 Com pouco calor	2 Com calor	3 Com muito calor	Total
Mais forte: 1	2	0	3	**61**	96	70	68	300
	0,3%	0%	0,4%	**8,1%**	12,7%	9,3%	9%	39,7%
Como está: 2	**3**	**1**	**20**	**241**	**80**	**54**	**20**	**419**
	0,4%	**0,1%**	**2,6%**	**31,9%**	**10,6%**	**7,1%**	**2,6%**	**55,5%**
Mais fraco: 3	2	5	9	**11**	4	5	0	36
	0,3%	0,7%	1,2%	**1,5%**	0,5%	0,7%	0%	4,8%
Total	7	6	32	**313**	180	129	88	755
	0,9%	0,8%	4,2%	**41,5%**	23,8%	17,1%	11,7%	100%

Teste Qui-quadrado simulado: valor-p < 0,001.

Fonte: produzido pelo autor.

4.2 OBTENÇÃO DO *UTCI*

A tabela 10 apresenta a análise estatística descritiva dos valores de *UTCI* calculados sob utilização do *BIOKLIMA*® 2.6.

Tabela 10 – Análise descritiva dos valores de *UTCI*

Variáveis	N	Média	D.P.	Var.	C.V.	Min.	Máx.
***UTCI* (°C)**	755	28,4	3,5	11,9	12,2	18,2	39,9

Fonte: produzido pelo autor.

4.2.1. RELAÇÃO ENTRE SENSAÇÃO TÉRMICA E *UTCI*

A Tabela 11 apresenta a correlação entre Sensação Térmica e as faixas do *UTCI* (conforto térmico – 18°C a 26°C; moderado estresse por calor 26°C a 32°C; forte estresse por calor – 32°C a 38°C; e muito forte estresse por calor – 38°C a 46°C)

Ressalta-se que o *UTCI* classificou como “forte estresse para calor” significativa parte dos votos de sensação térmica “sem frio nem calor” (voto 0). Dos 312 votos nessa categoria, 60% foram classificados pelo *UTCI* como “forte estresse para calor”.

Tabela 11 – Sensação Térmica e Faixas do *UTCI*

Faixas do UTCI	Sensação térmica							Freq. %
	-3	-2	-1	**0**	1	2	3	
	Com muito frio	Com frio	Com pouco frio	**Sem frio nem calor**	Com pouco calor	Com calor	Com muito calor	Total
Conforto térmico (18°C a 26°C)	**2**	**4**	**12**	**99**	**32**	**30**	**2**	**181**
	0,3%	**0,5%**	**1,6%**	**13,2%**	**4,3%**	**4%**	**0,3%**	**24,1%**
Moderado estresse para o calor (26ºC a 32ºC)	0	0	0	**25**	26	14	26	91
	0%	0%	0%	**3,3%**	3,5%	1,9%	3,5%	12,1%
Forte estresse para o calor (32ºC a 38ºC)	5	2	20	**187**	119	82	57	472
	0,7%	03%	2,7%	**24,9%**	15,8%	10,9%	7,6%	62,8%
Muito forte estresse para o calor (38ºC a 46ºC)	0	0	0	**1**	3	3	1	8
	0%	0%	0%	**0,13%**	0,4%	0,4%	0,1%	1,1%
Total	7	6	32	**312**	180	129	86	752
	0,9%	0,8%	4,3%	**41,5%**	23,9%	17,1%	11,4%	100%

Teste Qui-quadrado simulado: valor-p < 0,001.

Fonte: produzido pelo autor.

4.3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS MULTIVARIADOS

Como Método Estátistíco Multivariado, utilizou-se a Regressão Logística Ordinal (RLO), haja vista que os dados coletados não apresentam relações lineares. Este modelo é comumente aplicado em análises de dados categorizados e ordenados.

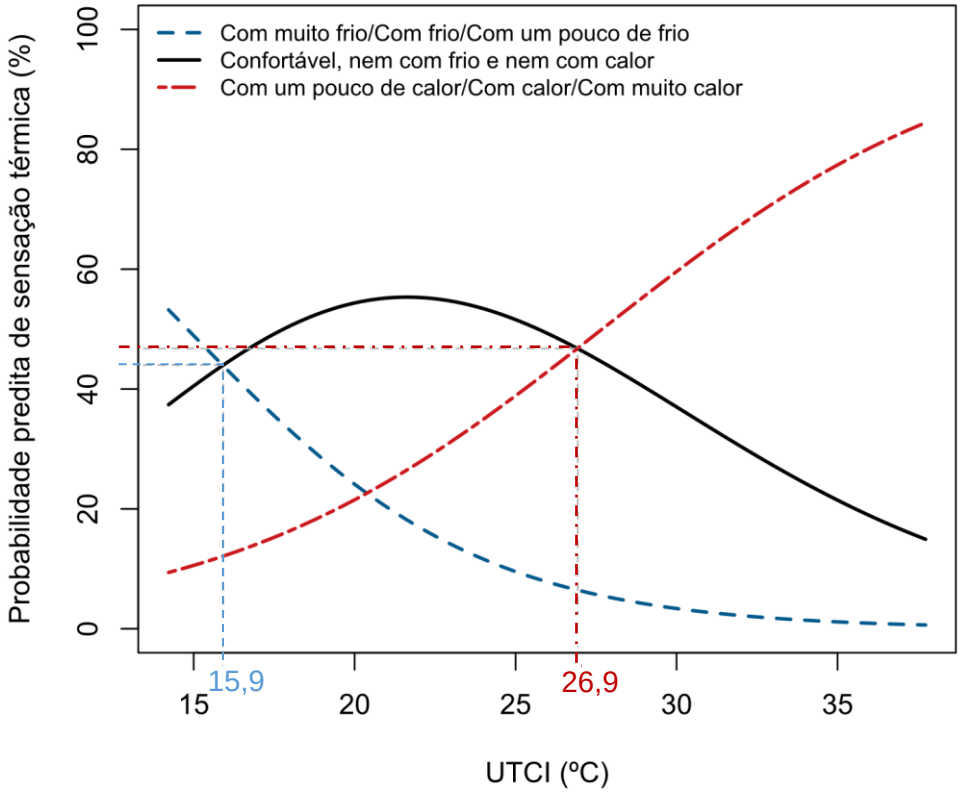
4.3.1. CALIBRAÇÃO DO *UCTI* PARA BELO HORIZONTE

Por meio da análise do Gráfico 14, pode-se verificar que quando o *UTCI* for menor que 15,9°C o sujeito será classificado “com frio” (desconforto para frio), já se o valor do *UTCI* estiver entre 15,9°C e 26,9°C o sujeito será classificado com “conforto” e acima de 26,9°C “com calor” (desconforto para calor).

A interseção entre a curva “confortável, nem com frio e nem com calor” e a curva “com muito frio/com frio/com um pouco de frio”, bem como a interseção entre a curva

“confortável, nem com frio e nem com calor” e “com um pouco de calor/com calor/com muito calor” definem a faixa de conforto do *UTCI* calibrado.

Gráfico 01 – Calibração do *UTCI* para Belo Horizonte (n=755)



Fonte: produzido pelo autor.

Valor-p = 0,289 (Proporcionalidade das chances); R^2 = 9,8%; Acurácia = 25,9%.

Salienta-se que somente 45 pessoas, aproximadamente 5% dos votos totais, enquadram-se nos votos de frio (“com muito frio”, “com frio” e “com pouco frio”), levando a uma baixa “força preditiva”. Como hipótese, justifica-se pelo fato da média de temperatura do ar no período de coleta de dados em Belo Horizonte, 26,9°C, distancia-se significativamente das faixas do *UTCI* “sem estresse térmico” e “pouco estresse para frio”, respectivamente, “9 ºC a 18 ºC” e “0 ºC a 9 ºC”.

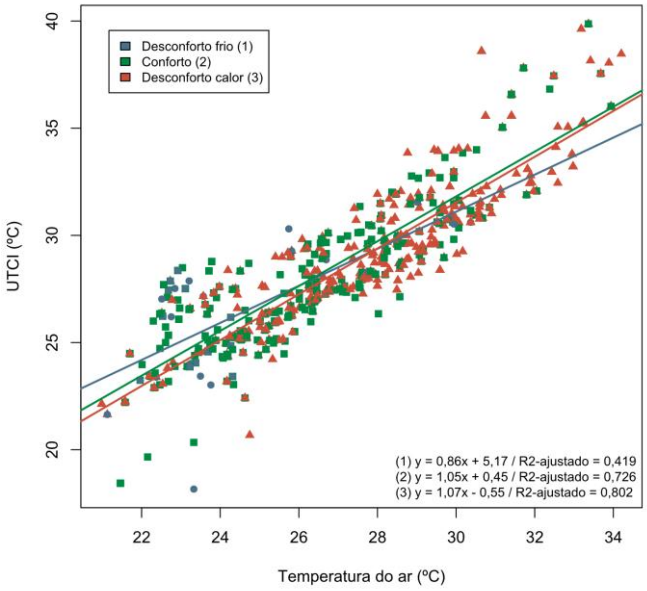
4.3.2. CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS FAIXAS DE CONFORTO CALIBRADAS DO *UTCI* E AS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS E INDIVIDUAIS

Esta sessão apresenta a relação existente entre as faixas calibradas do *UTCI* e variáveis microclimáticas e individuais para verificar a influência das referidas variáveis sobre a calibração das faixas do índice.

O Gráfico 02 apresenta a correspondência entre a Temperatura do ar (Ta) e as faixas de conforto/desconforto térmico calibradas do *UTCI*. Logo, conclui-se que:

- Na faixa de “desconforto frio”, houve correspondência significativa da Ta sobre a faixa calibrada, sendo que a cada 1ºC que se aumenta na Ta, espera-se um aumento de 0,9ºC *UTCI*; a Temperatura do ar elucidou 41,9% da variabilidade da faixa calibrada;
- Para faixa de “conforto”, também houve efeito significativo da Ta sobre a faixa calibrada, sendo que a cada 1ºC que se aumenta na temperatura do ar, espera-se um aumento de 1ºC *UTCI*; a Ta foi capaz de explicar 72,6% da variabilidade da referida faixa calibrada;
- Da mesma maneira, para faixa de “desconforto calor”, houve relação significativa da Ta sobre a faixa calibrada, sendo que a cada 1ºC que se aumenta na Temperatura do ar, espera-se um aumento de 1,1ºC *UTCI*; a temperatura do ar representou 80,2% da variabilidade da faixa calibrada.

Gráfico 02 – Faixas calibradas do *UTCI* e Temperatura do ar (Ta)

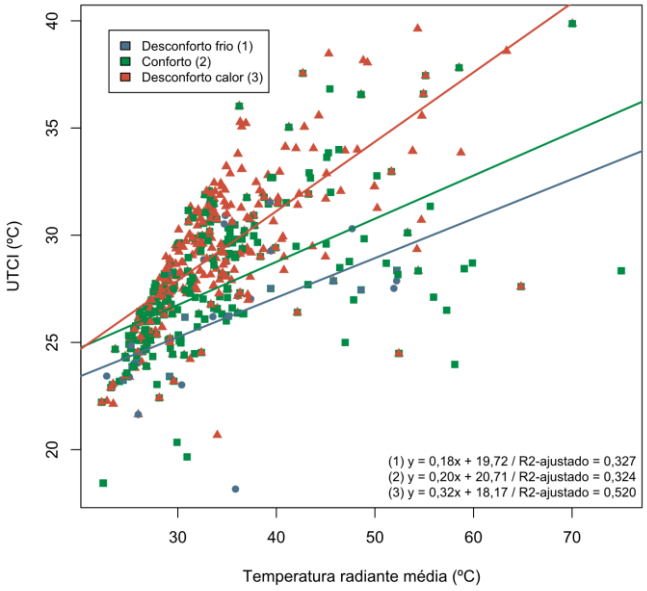


Fonte: produzido pelo autor.

A correspondência entre a Temperatura radiante média (Trm) e as faixas calibradas de conforto/desconforto térmico do *UTCI* encontra-se representado pelo Gráfico 03. Similar a correspondência da Ta, a Trm apresentou efeito significativo sobre as faixas calibradas do *UTCI*, conforme descrição a seguir:

- Para a faixa de “desconforto frio”, houve efeito significativo da Trm sobre a faixa calibrada do *UTCI*, sendo que a cada 1ºC que se aumenta na Trm, espera-se um aumento de 0,2ºC *UTCI*. Além disso, a Trm explicou 32,7% da faixa calibrada;
- Quando analisada a faixa de “conforto”, houve vínculo significativo da Trm sobre a faixa calibrada, sendo que a cada 1ºC que se aumenta na Trm, espera-se um aumento de 0,2ºC *UTCI*; a Trm relacionou-se com 32,4% da variabilidade da referida faixa;
- De forma similar, para a faixa de “desconforto calor”, houve conexão significativa entre a Trm sobre a faixa calibrada, sendo que a cada 1ºC que se aumenta na Trm, espera-se um aumento de 0,3ºC *UTCI*; a Trm foi capaz de explicar 52% da variabilidade da faixa calibrada.

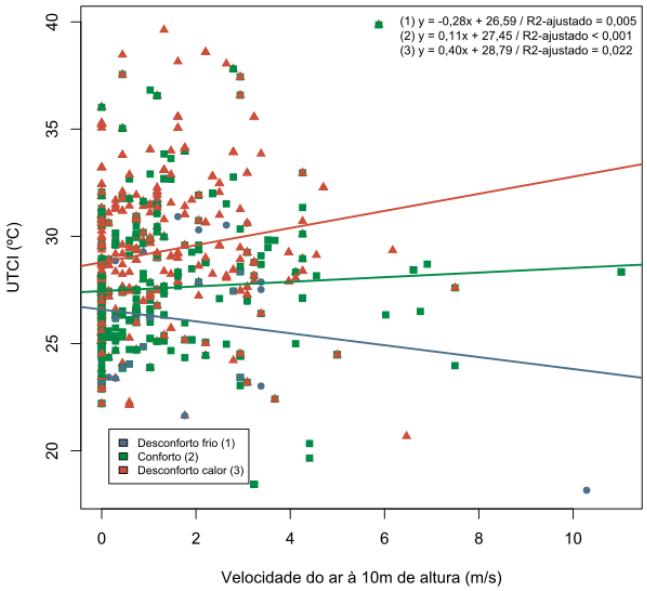
Gráfico 03 – Faixas calibradas do *UTCI* e Temperatura radiante média (Trm)



Fonte: produzido pelo autor.

Diferente das correspondências com Ta e Trm, a Velocidade do vento a 10m de altura (Va) não apresentou efeito significativo sobre as faixas de conforto/desconforto calibradas do *UTCI*, conforme apresentado pelo Gráfico 04.

Gráfico 04 – Faixas calibradas do *UTCI* e Velocidade do vento a 10m de altura

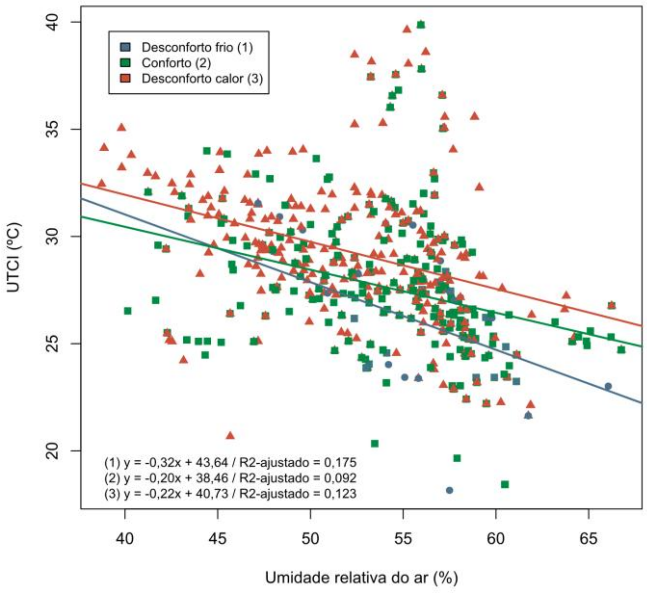


Fonte: produzido pelo autor.

Com correlações mais fracas, o Gráfico 05 apresenta a correspondência entre a Umidade Relativa do ar (UR) e as faixas de conforto/desconforto térmico das faixas calibradas do *UTCI*. Então:

- Para a faixa de “desconforto frio”, houve efeito significativo sobre a faixa calibrada, sendo que a cada 1% de aumento da UR, espera-se uma redução de 0,3ºC *UTCI*. A UR foi capaz de explicar somente 17,5% da variabilidade da faixa calibrada do *UTCI*;
- Quando analisada a faixa de “conforto” a correspondência foi ainda menor. A UR, explicou apenas 9,2% da variabilidade da faixa calibrada. No entanto, houve efeito significativo da UR sobre a referida faixa, sendo que a cada 1% que se aumenta na UR, espera-se uma redução de 0,2ºC *UTCI*;
- Já para a faixa de “desconforto calor”, houve vínculo significativo UR sobre a faixa calibrada. A cada 1% de aumento na UR, espera-se um decréscimo de 0,2ºC *UTCI*. A UR foi capaz de explicar 12,3% da variabilidade da faixa calibrada.

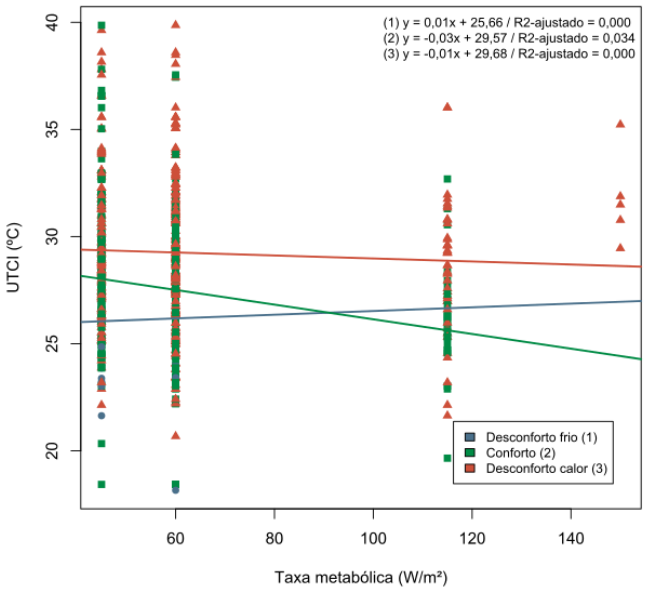
Gráfico 05 – Faixas calibradas do *UTCI* e Umidade Relativa do ar (UR)



Fonte: produzido pelo autor.

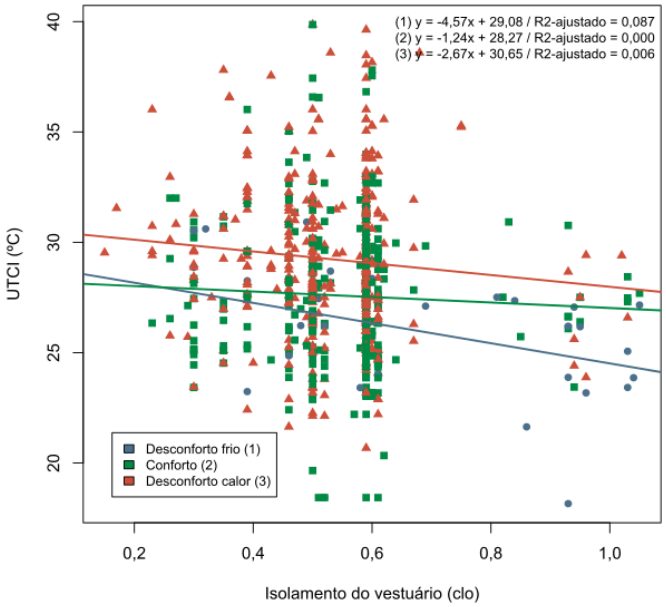
A Taxa metabólica (M) e o Isolamento do vestuário (Icl), similar a Va, não apresentaram efeito significativo sobre as faixas de conforto/desconforto calibradas do *UTCI*, conforme apresentado, respectivamente, pelo Gráfico 06 e 07.

Gráfico 06 – Faixas calibradas do *UTCI* e Taxa Metabólica (M)



Fonte: produzido pelo autor.

Gráfico 07 – Faixas calibradas do *UTCI* e Isolamento do Vestuário (Icl)



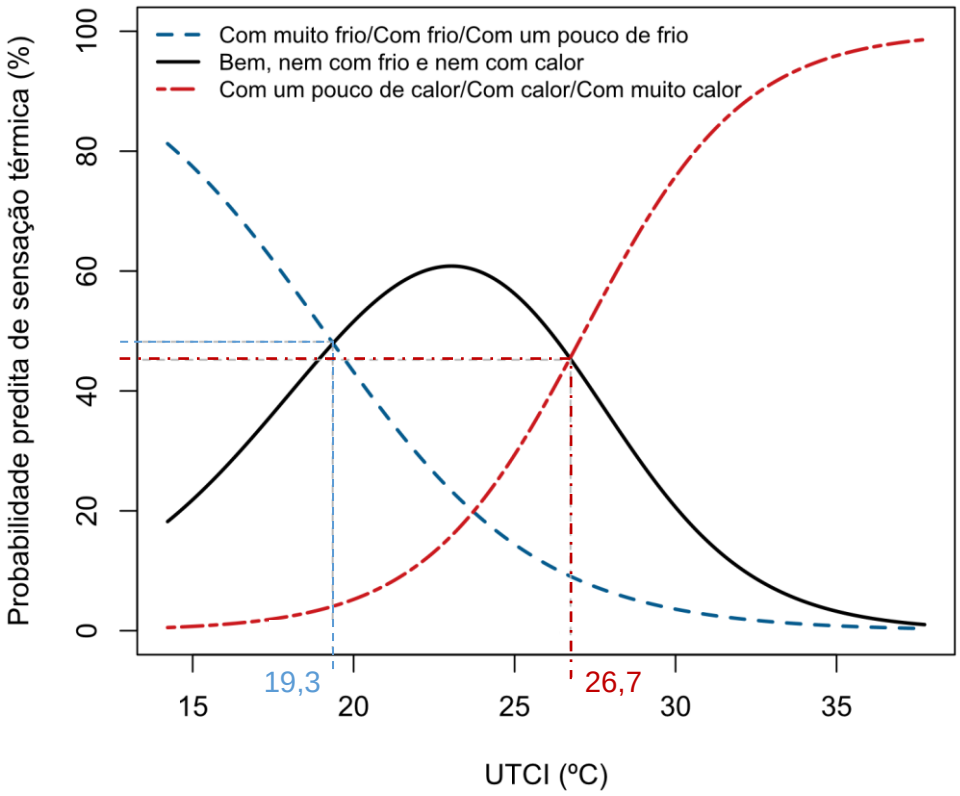
Fonte: produzido pelo autor.

4.3.3. *UTCI* CALIBRADO A PARTIR DA AMOSTRA DE HIRASHIMA (2014)

Silva e Hirashima (2018a) calibraram o *UTCI* para a cidade de Belo Horizonte a partir dos dados coletados por Hirashima (2014) e publicados na "*Data in Brief*". Detalhes sobre a coleta de dados podem ser obtidos em Hirashima et al. (2016). Pra um total

de 1693 dados coletados em 2013, as faixas calibradas para o *UTCI*, conforme apresentado pelo Gráfico 08, foram: *UTCI* < 19,3°C; conforto térmico: 19,3°C ≤ *UTCI* ≤ 26,7°C; e desconforto para calor: *UTCI* > 26,7°C.

Gráfico 08 – Calibração do *UTCI* para Belo Horizonte a partir dos dados coletados por Hirashima (2014) (n=1693)



Fonte: adaptado de Silva e Hirashima (2018)

Valor-p = 0,000 (Proporcionalidade das chances); R^2 = 43,2%; Acurácia = 67,3%.

Os dados coletados entre 2018 e 2019 geraram faixas de conforto com maior amplitude térmica: 15,9°C ≤ *UTCI* ≤ 26,9°C, (11°C), conforme descrito na sessão 4.3.1., enquanto a faixa de conforto térmico para os dados de Hirashima (2014) foi 7,40°C (19,3°C ≤ *UTCI* ≤ 26,7°C).

Ao comparar as faixas calibradas do *UTCI* para a amostra com n=755 coletadas para fins de pesquisa desta dissertação, com as faixas calibradas do *UTCI* para a amostra com n=1693 realizada por Silva e Hirashima (2018a) têm-se um limite inferior

desconexo, respectivamente 15,9°C e 19,3°C. Já para o limite superior, a diferença é ínfima, 0,2°C.

A diferença entre os valores do limite inferior para as duas faixas calibradas do *UTCI* pode ser atribuída ao número de pessoas que declaram votos de frio (“com muito frio”, “com frio” e “com pouco frio”). Para a menor amostra, apenas 45 pessoas, aproximadamente 5% do total, declararam votos de frio; já para a maior amostra, 271 entrevistados relataram votos de frio, porcentagem aproximada de 16%.

A fim de sanar esta falta de correlação, os dois bancos de dados foram unidos com subsequente calibração das faixas do *UTCI,* conforme descrito na próxima sessão.

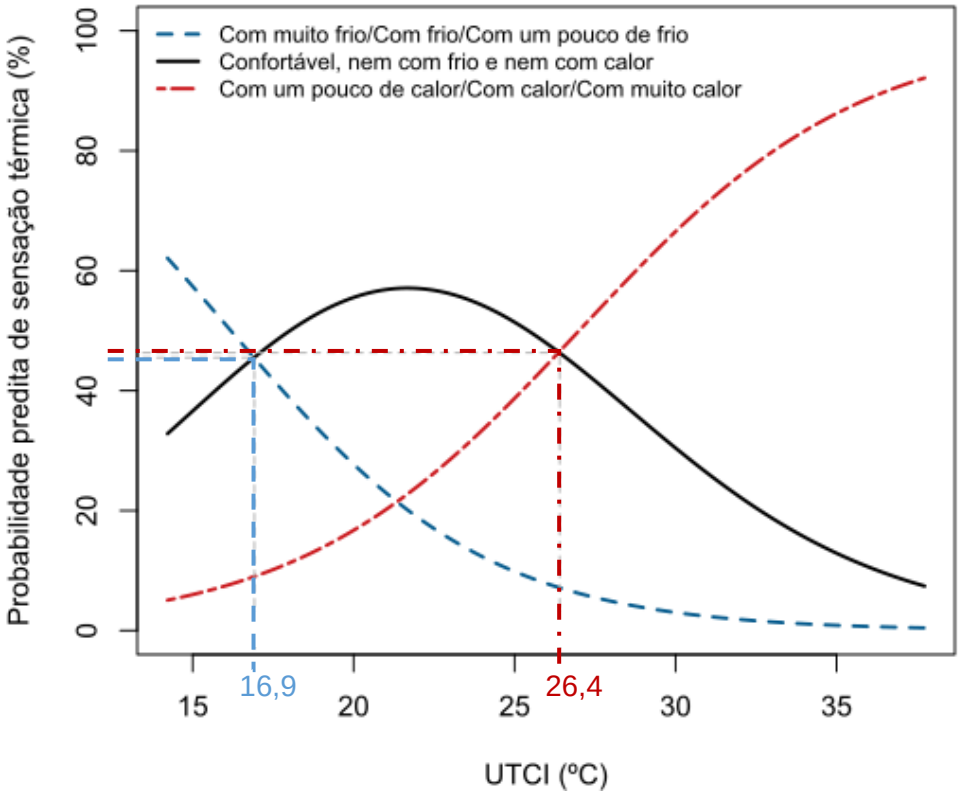
4.3.4. SOMATÓRIO DOS BANCOS DE DADOS E AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DO TAMANHO DA AMOSTRA SOBRE O RESULTADO DA CALIBRAÇÃO DO *UTCI*

Os dados coletados em 2018 e 2019 foram somados aos dados coletados por Hirashima (2014) e uma nova Regressão Logística Ordinal foi realizada (Gráfico 09). Logo, o tamanho final da amostra foi 2448 dados.

Para esta nova amostra, as faixas calibradas para o *UTCI*, foram: deconforto para frio: *UTCI* < 16,9°C; conforto térmico: 16,9°C ≤ *UTCI* ≤ 26,4°C; e desconforto para calor: *UTCI* > 26,40°C.

Para a amostra com tamanho de 2448 dados, o *UTCI* foi capaz de explicar 21,53% da ocorrência da avaliação subjetiva de sensação térmica (R^2), predizendo 63,12% de respostas corretas (acurácia). Para a amostra de 1693 dados, o *UTCI* foi capaz de explicar 43,2% da ocorrência da avaliação subjetiva de sensação térmica, predizento 67,3% de respostas corretas. Já para a amostra de 755 dados, apresentou R^2 de 9,85% e acurácia de 25,93%.

Gráfico 09 – Calibração do *UTCI* para Belo Horizonte por meio do somatório dos dois bancos de dados (N=2448)



Fonte: elaborado pelo autor

Valor-p = 0,261 (Proporcionalidade das chances); R2 = 21,53%; Acurácia = 63,12%.

Após a análise das calibrações realizadas, nota-se que o tamanho das amostras podem influenciar o resultado da calibração do *UTCI*, pois os dois maiores bancos de dados foram os que trouxeram maior acurácia em sua modelagem estatística. No entanto, o modelo que apresentou maior assertividade foi o com n=1693, pois entre as três calibrações foi a que apresentou maior acurácia (67,3%).

Isto posto, como resposta ao objetivo principal desta dissertação, as faixas calibradas para Belo Horizonte (SILVA; HIRASHIMA, 2018) encontram-se representadas pelo Gráfico 08, na seção 4.3.3 deste trabalho, sendo elas : *UTCI* < 19,3°C; conforto térmico: 19,3°C ≤ *UTCI* ≤ 26,7°C; e desconforto para calor: *UTCI* > 26,7°C.

4.3.5. RELAÇÃO ENTRE O *UTCI* CALIBRADO PARA BELO HORIZONTE E AS FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO DEFINIDAS PARA CURITIBA

Krüger et al. (2018), por meio do método *PROBIT*, considerando faixas de insatisfeitos, 10%, 20% e 30%, calibraram o *UTCI* para a cidade de Curitiba utilizando o mesmo banco de dados de Rossi et al. (2012).

Considerando 20% de insatisfeitos, os resultados apontaram para uma larga faixa de conforto, entre 11,1°C e 28°C *UTCI*. Para 30% de insatisfeitos, a faixa de conforto é ainda maior, entre 8,8°C e 29.9°C *UTCI*. Se considerado uma faixa de 10% de insatistfeitos os resultados sinalizam: *UTCI* < 14°C; conforto, 14°C ≤ *UTCI* ≤ 27°C e desconforto para o calor, *UTCI* > 27°C.

Então, considerando a faixa calibrada com 10% de insatisfeitos (KRÜGER et al., 2018), as primeiras inferências sobre a comparação dos resultados expressam que os curitibanos apresentam sensação de conforto térmico em temperatura mais baixas; uma diferença de 5,3°C *UTCI*, em relação a faixa de conforto térmico considerada para Belo Horizonte, 19,3°C *UTCI* e 26,7°C *UTCI*. Já em relação ao limite superior, os belohorizontinos e os curitibanos sentem-se termicamente confortáveis em temperaturas similares, respectivamente, 26,7°C *UTCI* contra 27°C *UTCI*. A diferença tange apenas 0,3°C *UTCI*.

Quando se considera a amplitude térmica da faixa de conforto térmico de Curitiba tem-se 14°C *UTCI* de diferença entre a temperatura a qual inicia-se o desconforto para frio (14°C *UTCI*) e desconforto para calor (27°C *UTCI*). A capital mineira apresentou amplitude térmica menor, 7,4°C *UTCI*.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Após a análise dos modelos estatísticos deRLO, que relacionou os valores preditos pelo *UTCI* com a respostas de sensação térmca dos entrevistados, as faixas definidas com maior assertividade foram: desconforto para frio: *UTCI* < 19,3°C; conforto térmico: 19,3°C ≤ *UTCI* ≤ 26,7°C; e desconforto para calor: *UTCI* > 26,7°C, conforme trabalho de Silva e Hirashima (2018).

Conclui-se também que houve influência do tamanho da amostra, para os bancos de dados analisados, no entanto, a assertividade da calibração não pode ser elencado à maior amostra, pois a amostra com 1693 dados apresentou maior acurácia do que amostra com 2448 dados.

Sugere-se para estudos futuros:

- A calibração do *UTCI* para Belo Horizonte para um grupo amostral maior e mais heterogêneo no que tange a amplitude de seus valores;
- A elaboração de uma proposta de calibração de escala de ventilação para Belo Horizonte;
- O desenvolvimento de modelagens climáticas para a capital mineira que forneçam informações sobre o microclima urbano atual e suporte simulações de estratégias de adaptação térmica em espaços abertos da cidade;
- O entendimento e a padronização de metodologias para coleta de dados e tratamento estatístico que visem à calibração do *UTCI; e*
- Aplicação de metodologias padronizadas para a calibração do *UTCI* em diferentes cidades do Brasil com distintas condições climáticas para comparação de faixas de conforto e desconforto térmico.

Esta pesquisa apresenta uma melhor compreensão da experiência dos usuários em espaços abertos de Belo Horizonte com relação às condições microclimáticas, bem como pode subsidiar a tomada de decisões relacionadas à estratégias de planejamento urbano e saúde coletiva.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. ***Thermal comfort.*** *In: Fundamentals, Chapter 8. Atlanta: ASHRAE,* 2005.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55-2010. ***Thermal environmental conditions for human occupancy.*** *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc.,* Atlanta, 2010.

ASSIS, E. S. **Clima urbano, planejamento urbano e mudanças climáticas. Belo Horizonte: UFMG, 2007.** Projeto de pesquisa apresentado à Assessoria de Cooperação Internacional do Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq, Coordenação de Cooperação Bilateral, Edital CNPq n.º 004/2007.

ASSIS, E. S. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical.** 1990. 164 p. 1990. Tese de Doutorado. dissertação (Mestrado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15220-2. Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações.** Janeiro, 2003.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais.** 5.ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2006.

BARBIRATO, G. M.; TORRES, S. C.; SOUZA, L. C. L. PROCEL EDIFICA. **Clima Urbano e Eficiência Energética nas Edificações** - Rio de Janeiro, agosto/2011.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. ***Multiple significance tests: the Bonferroni method.*** Bmj, v. 310, n. 6973, p. 170, 1995.

BŁAŻEJCZYK, K.; BŁAŻEJCZYK, M. ***BioKlima© 2.6****, Program komputerowy*. 2010.

BŁAŻEJCZYK, K. ***Mapping of UTCI in local scale (the case of Warsaw).*** *Prace i Studia Geograficzne*, v. 47, p. 275-283, 2011.

BLAZEJCZYK, K.; JENDRITZKY, G.; BRÖDE, P.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; EPSTEIN, Y.; PSIKUTA, A.; KAMPMANN, B. ***An introduction to the universal thermal climate index (UTCI).*** 2013.

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

BRÕDE, P.; BLAZEJCZYK, K.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; HOLMER, I.; JENDRITZKY, G.; KULANE, K.; KAMPMANN, B. ***The universal thermal climate index UTCI compared to ergonomics standards for assessing the thermal environment.*** *Industrial Health*, v. 51, n. 1, p. 16-24, 2013a.

BRÖDE, P.; JENDRITZKY, G.; FIALA, D.; HAVENITH, G. ***The Universal Thermal Climate Index UTCI in Operational Use***. *Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort. Cumberland Lodge,* Windsor, UK, 2010. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2010.

BRÖDE, P.; FIALA, D.; BŁAŻEJCZYK, K.; HOLMER, I.; JENDRITZKY, G.; KAMPMMANN, B.; TINZ, B.; HAVENITH, G. ***Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI).*** International Journal of Biometeorology, v. 56, n. 3, p. 481-494, 2012.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; FIALA, D. ***UTCI: validation and practical application to the assessment of urban outdoor thermal comfort.*** *Geographia Polonica,* v. 86, n. 1, p. 11-20, 2013.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; FIALA, D. ***Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI—a case study in Southern Brazil.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 56, n. 3, p. 471-480, 2012.

CALVO, J. **Belo Horizonte das primeiras décadas do século XX: entre a cidade da imaginação à cidade das múltiplas realidades.** Cadernos de História, v. 14, n. 21, p. 71-93, 2013.

CASTELLS, M. ***La cuestión urbana.*** 5. ed. México: Siglo Veintiuno Editores, 1978.

FREITAS, C. R.; GRIGORIEVA, E. A. ***A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 61, n. 3, p. 487-512, 2017.

FREITAS, C. R.; GRIGORIEVA, E. A. ***A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices.*** *International journal of biometeorology,* v. 59, n. 1, p. 109-120, 2015.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; MORAES, Hugo P. **Processo de investigação e Análise bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos Serviços Bancários.** RAC-Revista de Administração Contemporânea, v. 17, n. 3, p. 325-349, 2013.

FIALA, D.; LOMAS, K. J.; STOHRER, M. ***Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions.*** *International Journal of Biometeorology,* v.45, n.3, p.143-159, 2001.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico.** 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GIVONI, B. ***Man, climate and architecture.*** 2a ed. London: *Applied Science Publishers Ltd*, 1976.

NENADIC, O.; GREENACRE, M. **Correspondence analysis in R, with two-and three-dimensional graphics: The ca package.** Journal of Statistical Software, v. 20, n. 3, 2007.HAROUEL, Jean-Louis. História do urbanismo. 3. ed. Campinas: Papirus, 2001.

HAVENITH, G.; FIALA, D.; BŁAZEJCZYK, K.; RICHARDS, M.; BRÖDE, P.; HOLMER, I.; RINTAMAKI, H.; BENSHABAT, Y.; JENDRITZKY, G. ***The UTCI-clothing model.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 56, n. 3, p. 461-470, 2012.

HEISLER, G. M.; BRAZEL, A. J. ***The urban physical environment: Temperature and urban heat islands.*** *Urban ecosystem ecology, n. urbanecosysteme,* p. 29-56, 2010.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S.; NIKOLOPOULOU, M. ***Dataset on daytime outdoor thermal comfort for Belo Horizonte, Brazil.*** *Data in Brief*, v. 9, p. 530-535, 2016.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S. ; FERREIRA, D. G. **Calibração do índice de conforto térmico temperatura Equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do Município de Belo Horizonte – MG**. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 11, 2011, Búzios, RJ. Anais... Búzios, RJ: ENTAC, 2011. 1 CD-ROM.

HIRASHIMA, S. Q. S. **Calibração do índice de conforto térmico temperatura fisiológica equivalente PET para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG.** 2010, 225f. Dissertação Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

HIRASHIMA, S. Q. S; ASSIS, E. S.; NIKOLOPOULOU, M. ***Daytime thermal comfort in urban spaces: A field study in Brazil.*** *Building and Environment,* v. 107, p. 245-253, 2016.

HIRASHIMA, S. Q. S. **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte-MG, Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HOPE, A. ***A simplified Monte Carlo significance test procedure***. [s.l.] John Wiley, 1968.

HÖPPE, P. ***Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort.*** *Energy and Buildings,* v.34, p. 661-665, 2002.

HÖPPE, P. ***The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment.*** *International Journal of Biometeorology,* v.43, p. 71-75, 1999.

HUANG, J.; ZHOUB, C.; ZHUOC, Y.; XUC, L.; JIANGD, Y. ***Outdoor thermal environments and activities in open space: an experiment study in humid subtropical climates.*** *Building and Environment*, v. 103, p. 238-249, 2016.

HUANG, T.; LIA, J.; XIEA, Y.; NIUAB, J.; MINGMAKA, C. ***Simultaneous environmental parameter monitoring and human subject survey regarding outdoor thermal comfort and its modelling.*** *Building and Environment*, v. 125, p. 502-514, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/pesquisa/23/27652?detalhes=true>. Acesso em: 21 mai. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLOGIA. **Normais Climatológicas 1981-2010.** INMET, BRASIL, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ***ISO 10551. Ergonomics of the thermal environments – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales.*** Genève: ISO, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ***ISO 7726. Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities.*** Genève: ISO, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ***ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.*** Genève, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ***ISO 8896. Ergonomics of the thermal environments – Determination of thermal metabolic rate.*** Genève: ISO, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ***ISO 9920. Ergonomics of the thermal environments – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble.*** Genève: ISO, 2007.

INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY – ISB. ***Commission 6 for the development of a Universal Thermal Climate Index UTCI.*** *Meeting Report, June 7-8,* 2001, *Freiburg, Germany. Freiburg: ISB Commission,* 2001.

INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY - ISB. ***Report for 2003.*** *Genebra, ISB Commission 6,* 2003.

JENDRITZKY, G.; DEAR, R.; HAVENITH, G. ***UTCI - Why another thermal index?*** *International Journal of Biometeorology,* v. 56, n. 3, p. 421-428, 2012.

JENDRITZKY, G.; HÖPPE, P. ***The UTCI and the ISB.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 61, n. 1, p. 23-27, 2017.

KATIĆ, K.; LI, R.; ZEILER, W. ***Thermophysiological models and their applications: a review.*** *Building and Environment,* v. 106, p. 286-300, 2016.

KATZSCHNER, L. ***On the issue of scales urban climatic maps.*** In: EDWARD, N.G. e CHAO, Ren (ed.) *The Urban Climatic Map: A methodology for Sustainable Urban Planning.* London; New York: Routledge, 2015.

KRÜGER, E. L. ***Impact of site-specific morphology on outdoor thermal perception: A case-study in a subtropical location.*** *Urban Climate*, v. 21, p. 123-135, 2017.

KRÜGER, E.L.; CRISTELI, PABLYNE SANT'ANA ; SOUZA, H. A. ; ROSSI, F. ; COSTA, TAMIRIS . Aplicação do método Probit para a calibração de índices térmicos para espaços abertos. In: XVII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2018, Foz do Iguaçu, PR. Anais do XVII ENTAC. Porto Alegre: ANTAC, 2018. v. 1. p. 1-10.

KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; MATZARAKIS, A**.** ***Comparison of different methods of estimating the mean radiant temperature in outdoor thermal comfort studies.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 58, n. 8, p. 1727-1737, 2014.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P.; BRÖDE, P. ***Implications of air-conditioning use on thermal perception in open spaces: A field study in downtown Rio de Janeiro.*** *Building and Environment,* v. 94, p. 417-425, 2015.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C.; BRÖDE, P. ***Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 61, n. 3, p. 463-475, 2017.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C. ***Identifying potential effects from anthropometric variables on outdoor thermal comfort.*** *Building and Environment,* v. 117, p. 230-237, 2017.

KRÜGER, E. L; TAMURA, C. A; BRÖDE, P.; SCHWEIKER, M.; WAGNER, A. ***Short- and long-term acclimatization in outdoor spaces: Exposure time, seasonal and heatwave adaptation effects.*** *Building and Environment,* v. 116, p. 17-29, 2017.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C. **Impactos do uso de climatização artificial na percepção térmica em espaços abertos no centro do Rio de Janeiro.** Ambiente Construído, v. 16, n. 2, p. 133-148, 2016.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C. **Interferências do fator cor da pele na percepção térmica de transeuntes.** Ambiente Construído, v. 17, n. 1, p. 83-96, 2017b.

KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P.; EMMANUEL, R.; FIALA, D. ***Predicting outdoor thermal sensation from two field studies in Curitiba, Brazil and Glasgow, UK using the Universal Thermal Climate Index (UTCI).*** *In: Windsor Conference.* 2012.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. C. R. **Quantificação dos impactos da climatização artificial na sensação térmica de transeuntes em termos de alterações no microclima.** urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 9, n. 1, 2017a.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; ABREU, L. F. **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos.** Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, v. 4, n. 1, 2011.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** 6. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2007.

LAM, C. K. C.; GALLANT, A. J.; TAPPER, N. J. ***Perceptions of thermal comfort in heatwave and non-heatwave conditions in Melbourne, Australia.*** *Urban Climate,* 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3a edição ed. 3a Edição do Livro EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ARQUITETURA: ELETROBRÁS/PROCEL, 2014.

LINDNER-CENDROWSKA, K. ***Assessment of bioclimatic conditions in cities for tourism and recreational purposes (a Warsaw case study).*** Geographia Polônica, v. 86, n. 1, p. 55-66, 2013.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: HUCITEC, 1985.

MARAS, I.; SCHMIDT, T.; PAAS, B.; ZIEFLE, M.; SCHNEIDER, C. ***The impact of human-biometeorological factors on perceived thermal comfort in urban public places.*** 2016.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; ZAMPRONI, K.; VIEZZER, J.; GRISE, M. M.; LIMA NETO, E. M. ***Population's perception on thermal comfort provided by street trees of Curitiba-PR.*** Floresta, v. 44, n. 3, p. 515-524, 2014.

MATZARAKIS, A.; MUTHERS, S.; RUTZ, F.. ***Application and comparison of UTCI and PET in temperate climate conditions.*** Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia, n. 98, p. 21-31, 2014.

MAYER, H.; HÖPPE, P. ***Thermal comfort of man in different urban environments.*** *Theoretical and Applied Climatology,* v. 38, n. 1, p. 43-49, 1987.

MINELLA, F. C. O; KRÜGER, E. L. **Proposição do índice "fração vegetada" e sua relação com alterações na temperatura do ar e no conforto térmico no período diurno e em situação de verão para Curitiba.** Ambiente Construído, v. 17, n. 1, p. 353-371, 2017.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos.** In: MENDONÇA, Francisco; MONTEIRO, Carlos Augusto F. (Orgs.) Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.

MOYSÉS, G. L. R.; MOORI, R. G. **Coleta de dados para a pesquisa acadêmica: um estudo sobre a elaboração, a validação e a aplicação eletrônica de questionário.** Anais do 27° Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 09-11, 2007.

MUMFORD, L. **A cidade na história: suas origens, transformações e perspectivas.** 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

NAGELKERKE, N. J. D. ***A note on a general definition of the coefficient of determination.*** *Biometrika,* 1991.

NIKOLOPOULOU, M. ***Outdoor comfort.*** In: STEANE, M. A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental Diversity in Architecture. London; New York: Spon Press,* 2004.

NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N., STEEMERS K. ***Improvements to the globe thermometer for outdoor use.*** *Architectural Science Review*, v. 42, p. 27–34, 1999.

NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. ***Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter.*** *Solar Energy,* v. 70, n. 3, p. 227–235, 2001.

NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS S.; KIKIRA, M. ***Thermal comfort models for open urban spaces.*** In*: PROJECT RUROS - Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. Centre for Renewable Energy Sources.* 2004.

NIKOLOPOULOU, M; STEEMERS, K. ***Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces.*** Energy and Buildings, v. 35, n. 1, p. 95-101, 2003.

NOVÁK, M. ***UTCI – first test in the Czech republic.*** *Prace i Studia Geograficzne,* v. 47, p. 319-325, 2011.

NOWOSAD, M.; RODZIK, B.; WERESKI, S.; DOBEK, M. ***The UTCI index in Lesko and Lublin and its circulation determinants.*** Geographia Polonica, v. 86, n. 1, p. 29-36, 2013. *The impact of human-biometeorological factors on perceived thermal comfort in urban public places.* 2016.

OKE T. R.; JOHNSON, G. T.; STEYNI, D. G.; WATSONET, D. ***Simulation of surface urban heat islands under 'ideal'conditions at night Part 2: Diagnosis of causation.*** *Boundary-Layer Meteorology,* v. 56, n. 4, p. 339-358, 1991.

OKE, T. R. ***Boundary layer climates.*** London: Mathuen & Co., 1978.

OKE, T. R. ***Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.*** 2004.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; Voogt, J. A.. ***Urban Climates.*** *Cambridge University Press,* 2017.

PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D. ***Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI.*** *Building and Environment,* v. 66, p. 82-95, 2013.

PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, Dimosthenis. ***Empirical calibration of thermal indices in an urban outdoor Mediterranean environment.*** *Building and Environment,* v. 80, p. 283-292, 2014.

PETERSON, B. L.; HANRREL, F. E. ***Partial proportional odds models for ordinal response variables.*** *Appl Statistic,* p. 205–217, 1990.

POTCHTER, O.; COHEN, P.; LIN, T. P.; MATZARAKIS, A. ***Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification.*** *Science of The Total Environment,* v. 631, p. 390-406, 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Método e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REBOITA, M. S.; MARTINS, D.; MILLER, G.; FREITAS, C. H.; PEREIRA, R. A. A. **Anomalias dos Padrões Sinóticos da Atmosfera na América do Sul nos Meses de Janeiros de 2014 e 2015.** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 4, n. 4, 2015.

REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S. **A respeito de morfologia urbana.** Tópicos básicos para estudos da forma da cidade. Acta Scientiarum. Technology, v. 33, n. 2, p. 123-127, 2011.

REIS, E.; MELO. P; ANDRADE, R.; CALAPEZ, T. **Estatística aplicada.** Lisboa: Edições Sílabo, 1999.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. **As pesquisas denominadas do tipo" Estado da Arte.** Revista Diálogo Educacional, v. 6, n. 19, 20

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba.** Tese (Doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Curitiba, 2012.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P. **Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice *UTCI*.** Ambiente Construído, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.

RUTTY, M.; SCOTT, D.. ***Bioclimatic comfort and the thermal perceptions and preferences of beach tourists.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 59, n. 1, p. 37-45, 2015.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: Técnica e tempo.** Razão e emoção. São Paulo: EDUSP, 2008.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologias da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4a ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2005.

SILVA, F. T.; ALVAREZ, C. E. ***An integrated approach for ventilation's assessment on outdoor thermal comfort.*** *Building and Environment,* v. 87, p. 59-71, 2015.

SILVA, T. J. V. ; HIRASHIMA, S. Q. S. ***Calibration in the Universal Thermal Climate Index (UTCI) for urban spaces in the city of Belo Horizonte - Minas Gerais*** *In: 10th International Conference on Urban Climate / 14th Symposium on the Urban Environment, New York,* 2018a.

SILVA, T. J. V.; HIRASHIMA, S.Q.S.; **Conforto Térmico em Espaços Abertos: O Estado da Arte do Universal Thermal Climate Index - UTCI no Brasil.** In: ENTAC 2018 - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2018, Foz do Iguaçu. Anais do ENTAC 2018 - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2018.

SOUZA, M. J. L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos.** Bertrand Brasil, 2001.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e urbanização.** 1988.

STAIGER, H.; LASCHEWSKI, G.; MATZARAKIS, A. ***Selection of Appropriate Thermal Indices for Applications in Human Biometeorological Studies.*** *Atmosphere*, v. 10, n. 1, p. 18, 2019.

STEANE, M. A.; STEEMERS, K. ***Environmental diversity in architecture.*** *Routledge,* 2004.

STEEMERS, K.; RAMOS, M.; SINOU, M. ***Urban diversity.*** In: STEANE, M. A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental Diversity in Architecture. London; New York: Spon Press,* 2004.

VILLAÇA, F. **Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil.** In: O processo de urbanização no Brasil. São Paulo: Edusp. 1999. p. 169-244.

WALTER, O. M. F. C. **Análise de ferramentas gratuitas para condução de *survey online*.** Produto & Produção, v. 14, n. 2, 2013.

WILMORE, J. H. **Fisiologia do esporte e do exercício.** 2. ed. São Paulo: Editora Manole Ltda., 2001.

***WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO)* - Constitution of the world health organization.** 1995.

YANG, B.; OLOFSSON, T.; NAIR, G.; KABANSHI, A. ***Outdoor thermal comfort under subarctic climate of north Sweden–A pilot study in Umeå.*** *Sustainable Cities and Society,* v. 28, p. 387-397, 2017.

APENDICE A

PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA (*PROKNOW-C*): ESTADO DA ARTE DO *UTCI* NO MUNDO

PORTIFÓLIO BIBLIOGRÁFICO (PB) E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA (AB)

Esta pesquisa foi realizada no 2° Semestre de 2017.

Como tema principal definiu-se o *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*), e a partir da percepção individualizada do pesquisador mediante a temática foram definidos os seguintes eixos de pesquisa: Clima Urbano (*Urban Climate*), Conforto Térmico (*Thermal Comfort*) e Biometereologia (*Biometereology*).

As bases de dados pesquisadas estavam indexadas pelo Periódicos CAPES. Estas foram determinadas levando-se em consideração duas áreas de conhecimento: Engenharias e Ciências Sociais Aplicadas; e como subáreas, Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Planejamento Urbano e Regional.

As palavras-chave utilizadas foram: “*Thermal Comfort*”; “*Climate Control*”; “*Urban Climate*”; “*Outdoor*”; “*Universal Thermal Climate Index*”; “*UTCI*”; “*Comfort Thermal Index*”; “*Biometeorology*”; e “*Thermopysiological Model*”.

Como banco de artigos bruto foram encontrados 13.170 títulos.

Após a verificação dos artigos duplicados, por estarem indexados em mais de uma base, o número de artigos do banco de dados bruto reduziu para 5.793.

A leitura dos títulos e verificação de alinhamento com o tema principal induziu à exclusão de 5.616 artigos, compactando o banco para 147.

Como etapa seguinte de filtragem, aplicou-se o princípio de Pareto, definindo a escolha dos artigos relevantes por quantidade de citações do “Google Scholar”. De um total de 2750 citações dos 147 artigos, 64 abarcaram pouco mais de 80% do número total de citações. Logo o banco foi reduzido para 64 títulos.

Os 64 artigos tiveram o seu resumo lido e refinado com o tema principal. Destes restaram 15 títulos.

Avaliou-se a relevância quantitativa dos trabalhos pelo número de citações de cada artigo de referências *Mendeley.* O Quadro 01A apresenta os artigos levantados.

Quadro 01A – Portfólio Bibliográfico (PB)

N	ARTIGO	Nº CITAÇÕES
1	JENDRITZKY, Gerd; DE DEAR, Richard; HAVENITH, George. ***UTCI - Why another thermal index?*** *International Journal of Biometeorology*, v. 56, n. 3, p. 421-428, 2012.	151
2	KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; MATZARAKIS, A. ***Comparison of different methods of estimating the mean radiant temperature in outdoor thermal comfort studies.*** *International Journal of Biometeorology*, v. 58, n. 8, p. 1727-1737, 2014.	28
3	BLAZEJCZYK, Krzysztof; JENDRITZKY, Gerd; BRÖDE, Peter; FIALA, Dusan; HAVENITH, George; EPSTEIN, Yoram; PSIKUTA, Agnes; KAMPMANN, Bernhardt. ***An introduction to the universal thermal climate index (UTCI)***. 2013.	26
4	BRÕDE, Peter; BLAZEJCZYK, Krzysztof; FIALA, Dusan; HAVENITH, George; HOLMER, Ingvar; JENDRITZKY, Gerd; KULANE, Kalev; KAMPMANN, Bernhard. ***The universal thermal climate index UTCI compared to ergonomics standards for assessing the thermal environment***. *Industrial Health,* v. 51, n. 1, p. 16-24, 2013a.	19
5	KRÜGER, Eduardo L; TAMURA, Cintia A; BRÖDE, Peter; SCHWEIKER, Marcel; WAGNER, Andreas. ***Short-and long-term acclimatization in outdoor spaces: Exposure time, seasonal and heatwave adaptation effects.*** *Building and Environment,* v. 116, p. 17-29, 2017.	11
6	BRÖDE, Peter; KRÜGER, Eduardo L.; FIALA, Dusan. ***UTCI: validation and practical application to the assessment of urban outdoor thermal comfort.*** *Geographia Polonica*, v. 86, n. 1, p. 11-20, 2013.	9
7	BŁAŻEJCZYK, Krzysztof. ***Mapping of UTCI in local scale (the case of Warsaw).*** *Prace i Studia Geograficzne,* v. 47, p. 275-283, 2011.	8
8	BRÖDE, Peter; JENDRITZKY, Gerd; FIALA, Dusan; HAVENITH, George. ***The Universal Thermal Climate Index UTCI in Operational Use.*** *Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort. Cumberland Lodge, Windsor*, UK, 2010. London: *Network for Comfort and Energy Use in Buildings,* 2010.	6

9	NOWOSAD, Marek; RODZIK, Beata; WERESKI, Sylwester; DOBEK, Mateusz. ***The UTCI index in Lesko and Lublin and its circulation determinants.*** *Geographia Polonica,* v. 86, n. 1, p. 29-36, 2013.	4
10	MARAS, Isabell; SCHMIDT, Teresa; PAAS, Bastian; ZIEFLE, Martina; SCHNEIDER, Christoph. ***The impact of human-biometeorological factors on perceived thermal comfort in urban public places.*** 2016.	3
11	MATZARAKIS, Andreas; MUTHERS, Stefan; RUTZ, Frank. ***Application and comparison of UTCI and PET in temperate climate conditions.*** *Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia,* n. 98, p. 21-31, 2014.	3
12	NOVÁK, Martin. ***UTCI - first test in the Czech republic.*** *Prace i Studia Geograficzne,* v. 47, p. 319-325, 2011.	3
13	KRÜGER, Eduardo; BRÖDE, Peter; EMMANUEL, Rohinton; FIALA, Dusan. ***Predicting outdoor thermal sensation from two field studies in Curitiba, Brazil and Glasgow, UK using the Universal Thermal Climate Index (UTCI).*** In: *Windsor Conference.* 2012.	1
14	JENDRITZKY, Gerd; HÖPPE, Peter. ***The UTCI and the ISB.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 61, n. 1, p. 23-27, 2017.	1
15	ROSSI, Francine Aidie; KRÜGER, Eduardo Leite; BRÖDE, Peter. **Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice *UTCI*.** Ambiente Construído, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.	0

Fonte: elaborado pelo autor

O artigo mais citado, 151 vezes, foi o trabalho intitulado "*UTCI - Why another thermal index?* de autoria de JENDRITZKY, Gerd; DE DEAR, Richard; e HAVENITH, George veiculada no *International Journal of Biometeorology*, v. 56, n. 3, p. 421-428, ano de 2012.

A Análise Bibliométrica (AB), conforme Quadro 02A do Portfólio Bibliográfico (PB) contou com a classificação Qualis CAPES e H5 - *Google Scholar* dos periódicos de veiculação dos artigos.

Quadro 02A – Análise bibliométrica do Portfólio Bibliográfico (PB) – Classificação Qualis CAPES e H5 - *Google Scholar* dos periódicos

PERIÓDICO	QUALIS	H5
International Journal of biometeorology	B1	38
Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia	-	6

Landscape and Urban Planning	A1	63
Geographia Polonica	-	-
Industrial health	A2	21
Ambiente Construído	B1	4
Windsor Conference	-	-
Przegląd Geograficzny	-	-

Fonte: elaborado pelo autor

ANÁLISE SISTÊMICA (AS) E PERGUNTA DE PESQUISA (PP)

Para a Análise Sistêmica (AS) foram elaboradas lentes de pesquisa e analisado o conteúdo dos artigos selecionados. Foram definidas quatro lentes de pesquisa, conforme descrição do Quadro 03A:

Quadro 03A – Lentes de Pesquisa

LENTE		OBJETIVO
L1	MÉTODO	Descrição do UTCI e motivação por sua escolha para a avaliação do conforto térmico
L2	CALIBRAÇÃO	Variáveis que foram levadas em consideração para a calibração do UTCI
L3	COMPARAÇÃO	Comparação dos resultados obtidos com o UTCI e outros índices de conforto térmico.
L4	LOCAL DE APLICAÇÃO	O UTCI foi aplicado em espaços urbanos ou em edificações?

Fonte: elaborado pelo autor

De acordo com as lentes de pesquisa, os artigos do PB foram distribuídos em quatro grupos conforme descrição a seguir.

L1 - Método

O *UTCI* trata-se de um índice de conforto térmico que vislumbra estabelecer a universalização de faixas de conforto térmico (BRÖDE et al. 2013a; BRÖDE et al. 2010; JENDRITZKY et al. 2017; MATZARAKIS et al. 2014; JENDRITZKY E HAVENITH, 2012)

L2 - Calibração

Rossi et al. (2012) estabeleceram faixas de conforto térmico para a cidade de Curitiba, Brasil, por meio do *UTCI*. No mesmo ano, Krüger et al. (2012) calibraram as faixas de conforto térmico para Glasgow, UK

Nowosad et al. (2013) calibraram o *UTCI* para as cidades polonesas de Lesko e Lublin. Também evidenciaram, de forma semelhante aos estudos de Krüger et al. (2012) e Rossi et al. (2012), os equipamentos e metodologias adotados para a calibração do índice térmico, bem como a definição das faixas de conforto.

Błażejczyk (2011) calibrou o *UTCI* para a cidade de Varsóvia levando em consideração as suas características microclimáticas peculiares.

L3 - Comparação

Matzarakis et al. (2014) comparou o *UTCI* com o *PET* (*Physiological Equivalent Temperature*) e os validou como adequados às definições de faixas de conforto térmico em espaços urbanos.

Krüger et al. (2014) compararam quatro cenários para estimativa de Temperatura radiante média (Trm) de referência (medições em campo), com os resultados de níveis de conforto calculados pelo *PET* e *UTCI*, para espaços abertos.

L4 - Local de aplicação

A validação da aplicação prática do *UTCI* para avaliação do conforto térmico urbano em espaços abertos foi apresentada por Bröde et al. (2013).

APENDICE B

PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA (PROKNOW-C): ESTADO DA ARTE DO UTCI NO BRASIL

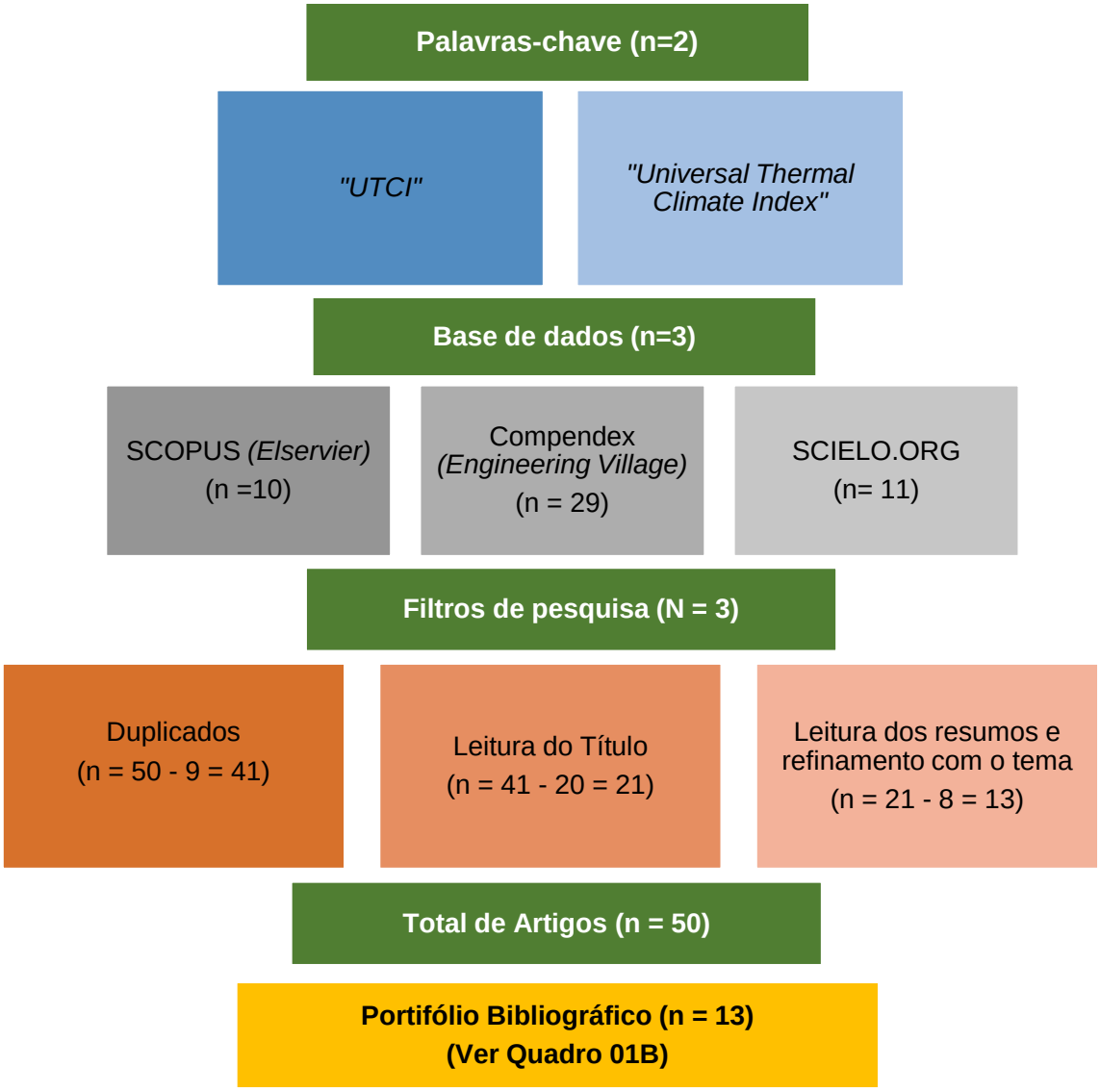
PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO (PB) E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA (AB)

Este levantamento bibliográfico foi realizado em janeiro de 2018. A referência base é Silva T. J. V. e Hirashima S. Q. da S. (2018). Artigo publicado nos Anais do Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) 2018.

Definido o tema principal do estudo: o estado-da-arte do *UTCI* no Brasil, foram estabelecidos os seguintes eixos de pesquisa, determinados pela percepção individualizada do pesquisador mediante a temática: clima urbano, índices de conforto térmico e conforto térmico em espaços abertos.

Ensslin et al., (2013) e Figueiredo et al. (2017) mencionam que, para a definição do banco bruto de artigos, as etapas seguintes devem ser seguidas: (a) definição das palavras-chave (foram utilizadas "*UTCI*" e "*Universal Thermal Climate Index*"); (b) definição da base de dados (foram selecionadas três bases de dados: SCOPUS (Elsevier), base de dados internacional multidisciplinar, Compendex (*Engineering Village*), base de dados internacional referencial e SciELO.ORG, base de dados nacional); (c) busca pelos artigos nas bases de dados com as palavras-chave definidas; e, (d) realização de teste de aderência das palavras-chave, etapa desconsiderada nesta pesquisa.

Figura 01B – Determinação do Banco Bruto e Filtragem dos Artigos



Fonte: produzido pelo autor.

A relevância quantitativa do Portfólio Bibliográfico, conforme descrito no Quadro 01 B, foi avaliada pelo número de citações de cada artigo parametrizados pelo *Google Scholar*.

Quadro 01B – Portfólio Bibliográfico ordenado por representatividade de citações

N	AUTORES	Nº DE CITAÇÕES
1	BRÖDE, Peter; KRÜGER, Eduardo L.; ROSSI, Francine A.; FIALA, Dusan. ***Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal***	119

	Climate Index UTCI - a case study in Southern Brazil. *International Journal of Biometeorology,* v. 56, n. 3, p. 471-480, 2012.	
2	BRÖDE, Peter; KRÜGER, Eduardo L.; FIALA, Dusan. ***UTCI: validation and practical application to the assessment of urban outdoor thermal comfort.*** *Geographia Polonica,* v. 86, n. 1, p. 11-20, 2013.	29
3	ROSSI, Francine Aidie; KRÜGER, Eduardo Leite; BRÖDE, Peter. **Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI.** Ambiente Construído, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.	21
4	KRÜGER, E.; DRACH, P.; BRÖDE, P. ***Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 61, n. 3, p. 463-475, 2017.	9
5	KRÜGER, Eduardo L.; DRACH, Patricia. ***Identifying potential effects from anthropometric variables on outdoor thermal comfort.*** *Building and Environment,* v. 117, p. 230-237, 2017.	7
6	KRÜGER, E.; DRACH, P.; BRÖDE, P. ***Implications of air-conditioning use on thermal perception in open spaces: A field study in downtown Rio de Janeiro.*** *Building and Environment,* v. 94, p. 417-425, 2015.	5
7	KRÜGER, Eduardo; BRÖDE, Peter; EMMANUEL, Rohinton; FIALA, Dusan. ***Predicting outdoor thermal sensation from two field studies in Curitiba, Brazil and Glasgow, UK using the Universal Thermal Climate Index (UTCI).*** *In: Windsor Conference.* 2012.	4
8	KRÜGER, Eduardo Leite; DRACH, Patricia Regina Chaves. **Impactos do uso de climatização artificial na percepção térmica em espaços abertos no centro do Rio de Janeiro.** Ambiente Construído, v. 16, n. 2, p. 133-148, 2016.	3
9	KRÜGER, E. ***Impact of site-specific morphology on outdoor thermal perception: A case-study in a subtropical location.*** *Urban Climate,* v. 21, p. 123-135, 2017.	1
10	KRÜGER, Eduardo; DRACH, Patricia. **Quantificação dos impactos da climatização artificial na sensação térmica de transeuntes em termos de alterações no microclima.** Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 9, n. 1, 2017a.	0
11	KRÜGER, Eduardo Leite; DRACH, Patricia Regina Chaves. **Interferências do fator cor da pele na percepção térmica de transeuntes.** Ambiente Construído, v. 17, n. 1, p. 83-96, 2017b.	0
12	MINELLA, Flavia Cristina Osaku; KRÜGER, Eduardo Leite. **Proposição do índice "fração vegetada" e sua relação com alterações na temperatura do**	0

	ar e no conforto térmico no período diurno e em situação de verão para Curitiba. Ambiente Construído, v. 17, n. 1, p. 353-371, 2017.	
13	MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; ZAMPRONI, K.; VIEZZER, J.; GRISE, M. M.; LIMA NETO, E. M. **Population's perception on thermal comfort provided by street trees of Curitiba-PR.** Floresta, v. 44, n. 3, p. 515-524, 2014.	0

Fonte: produzido pelo autor.

O artigo mais citado, 119 vezes, foi o trabalho intitulado "*Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI - a case study in Southern Brazil*", de autoria de Bröde, Krüger, Fiala e Rossi veiculado no *International Journal of Biometeorology,* no ano de 2012. Ressalta-se o caráter recente e crescente da produção científica do tema. A primeira publicação levantada ocorreu no ano de 2010 e, somente no ano de 2017, sete artigos foram publicados.

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA (AB)

A análise Bibliométrica do Portfólio Bibliográfico (PB) contou com a classificação Qualis CAPES e H5 - *Google Scholar* dos periódicos e verificação da produção científica dos autores do PB.

Quadro 02B – Avaliação dos Periódicos de veiculação dos artigos.

PERIÓDICO / CONFERÊNCIA	QUALIS	Índice H5
International Journal of biometeorology	B1	38
Building and Environment	A1	6
Geographia Polonica	-	63
Urban Climate	B1	25
Ambiente Construído	B1	4
Floresta	-	9
Revista Brasileira de Gestão Urbana	B3	7
Windsor Conference	-	-
INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE (PLEA).	-	-

Fonte: produzido pelo autor.

O periódico mais bem-conceituado, tanto na Qualis CAPES (A1) quanto no índice h5 (68) é o *Building and Enviroment*. Sobre os periódicos nacionais, a classificação é muito inferior aos internacionais, sendo a Revista Brasileira de Gestão Urbana a mais bem-conceituada (A1 e 21). Sobre as conferências, estas não possuem este tipo classificação.

No que tange aos autores com maior produção científica, E.L. Krüger destaca-se por ser autor ou coautor de doze dos treze artigos do Portfólio Bibliográfico; sequencialmente, P. Bröde, apesar de não ser um pesquisador brasileiro, com seis publicações; e. P. Drach, também com seis trabalhos Análise Sistêmica (AS).

ANÁLISE SISTÊMICA (AS) E PERGUNTA DE PESQUISA (PP)

Foram definidas três lentes de pesquisa: método, calibração e comparação com os respectivos objetivos descritos no Quadro 03B:

Quadro 03B – Análise Sistêmica – Lentes de pesquisa

LENTE		OBJETIVO
L1	MÉTODO	Descrição do UTCI e avaliação de aspectos específicos relacionados ao conforto térmico mensurado por este índice.
L2	CALIBRAÇÃO	Variáveis, instrumentação e parâmetros estatísticos considerados para a calibração do UTCI.
L3	COMPARAÇÃO	Comparação dos resultados obtidos com o UTCI e outros índices de conforto térmico ou comparação entre diferentes sítios urbanos considerados os valores do UTCI.

Fonte: produzido pelo autor.

Seguindo a numeração dos artigos proposto pelo Quadro 1B ordenado por representatividade de citações, os artigos 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 e 13, enquadram-se na Lente 1 (L1); as pesquisas 1 e 3, na lente 2 (L2); e o trabalho 7, na lente 3 (L3).

No Brasil, a produção científica que abrange o *UTCI* ainda é escassa, porém, é crescente, com grande número de artigos publicados no ano de 2017. Percebe-se, que apesar da implementação da *Comission 6*, da *Internacional Society of Biometerology* (*ISB*), ter acontecido em 2001, o portfólio bibliográfico nacional levantado é muito recente (estudos a partir de 2010).

Esse quadro retrata certo atraso temporal de pesquisa; apontando, porém, para um horizonte potencial de futuros estudos sobre o tema, o qual merece considerações e pesquisas mais aprofundadas. Salienta-se a importância da utilização do *UTCI* na avaliação das condições térmicas dos ambientes urbanos para permitir futuras comparações entre os resultados das pesquisas nos cenários nacional e internacional.

APENDICE C

CONSOLIDAÇÃO DO ESTADO DA ARTE

Em breve resumo, com base na revisão da literatura, Potchter et al. (2018) realizaram três passos, respectivamente: extração inicial, análise e meta-análise dos dados relevantes.

Os procedimentos sistêmicos seguidos por Potchter et al. (2018) para o levantamento bibliográfico, parametrizados a uma revisão sistemática da literatura e análise de dados pautadas pela declaração PRISMA e meta-análise, validaram o acréscimo de 10 artigos que tratam do *UTCI* ao referencial teórico.

Quadro 01C – Referências acrescidas

POTCHTER et al. (2018)	
1	POTCHTER, Oded; COHEN, Pninit; LIN, Tzu-Ping; MATZARAKIS, Andreas**. *Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification.*** *Science of the Total Environment,* v. 631, p. 390-406, 2018.
2	LINDNER-CENDROWSKA, Katarzyna. ***Assessment of bioclimatic conditions in cities for tourism and recreational purposes (a Warsaw case study).*** *Geographia Polonica*, v. 86, n. 1, p. 55-66, 2013.
3	PANTAVOU, Katerina; THEOHARATOS, George; SANTAMOURIS, Mattheos; ASIMAKOPOULOS, Dimosthenis. ***Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI.*** *Building and Environment,* v. 66, p. 82-95, 2013.
4	PANTAVOU, Katerina; THEOHARATOS, George; SANTAMOURIS, Mattheos; ASIMAKOPOULOS, Dimosthenis. ***Empirical calibration of thermal indices in an urban outdoor Mediterranean environment.*** *Building and Environment,* v. 80, p. 283-292, 2014.
5	RUTTY, Michelle; SCOTT, Daniel. ***Bioclimatic comfort and the thermal perceptions and preferences of beach tourists.*** *International Journal of Biometeorology,* v. 59, n. 1, p. 37-45, 2015.
6	HUANG, Jianxiang; ZHOUB, Chaobin; ZHUOC, Yanbin; XUC, Luyi; JIANGD, Yi. ***Outdoor thermal environments and activities in open space: an experiment study in humid subtropical climates.*** *Building and Environment,* v. 103, p. 238-249, 2016.
7	LAM, Cho Kwong Charlie; GALLANT, Ailie JE; TAPPER, Nigel J. ***Perceptions of thermal comfort in heatwave and non-heatwave conditions in Melbourne, Australia.*** *Urban Climate,* 2016.

8	HUANG, Taiyang; LIA, Jianong; XIEA, Yongxin; NIUAB, Jianlei; MINGMAKA, Cheuk. ***Simultaneous environmental parameter monitoring and human subject survey regarding outdoor thermal comfort and its modelling.*** *Building and Environment,* v. 125, p. 502-514, 2017.
9	YANG, Bin; OLOFSSON, Thomas; NAIR, Gireesh; KABANSHI, Alan.***Outdoor thermal comfort under subarctic climate of north Sweden - A pilot study in Umeå.*** *Sustainable Cities and Society,* v. 28, p. 387-397, 2017.

Fonte: produzido pelo autor.

APENDICE D

ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS CONFECCIONADOS DE BAIXO CUSTO

TERMÔMETRO DE GLOBO

O termômetro de globo foi confeccionado para fins de utilização especificas da entrada analógica do *datalogger* HOBO U12-012 da marca ONSET.

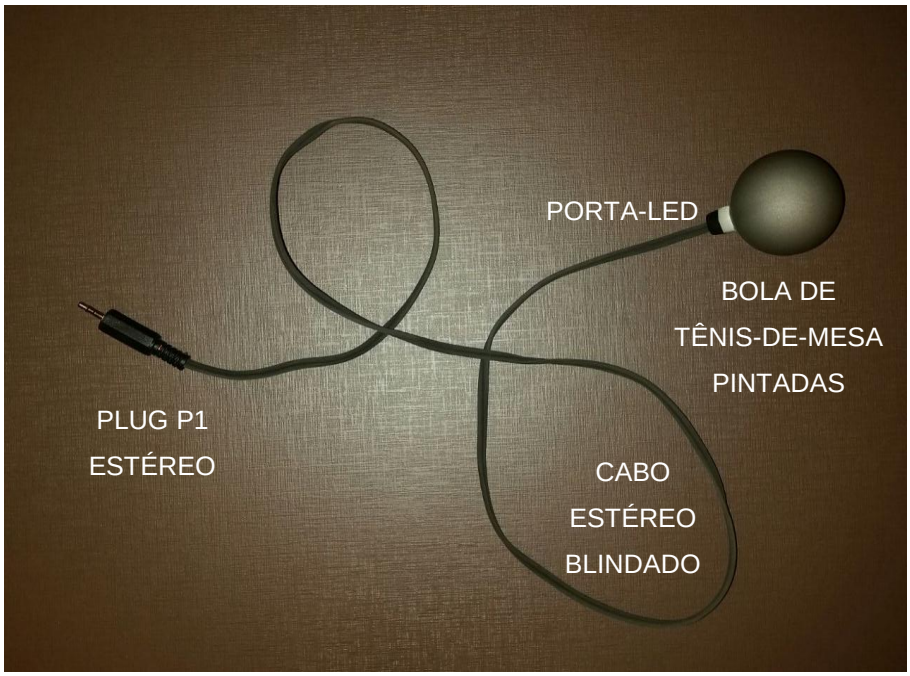
Em sua confecção foram utilizados os seguintes materiais (Figuras 01D e 02D):

- Bolas de tênis-de-mesa de 40mm;
- tinta cor grafite claro, código 11202401404, da Coral Dulux Metais (pintura das bolas de tênis-de-mesa);
- sensor de temperatura LM35, faixa de precisão: ± 0,5 °C fabricante National Semiconductor;
- resistor de 2,2 kΩ;
- porta-LED de 5mm;
- conector P1 estéreo;
- cabo estéreo; e
- abraçadeiras tipo tied-up.

O LM35 é um sensor de precisão em graus centígrados. Sua faixa de medição é de -55ºC a 150 ºC com uma precisão média de ± 0,5 ºC. Segundo as informações técnicas fornecidas pelo fabricante, em faixas de temperatura ambiente, a precisão aumenta para aproximadamente ± 0,25 ºC.

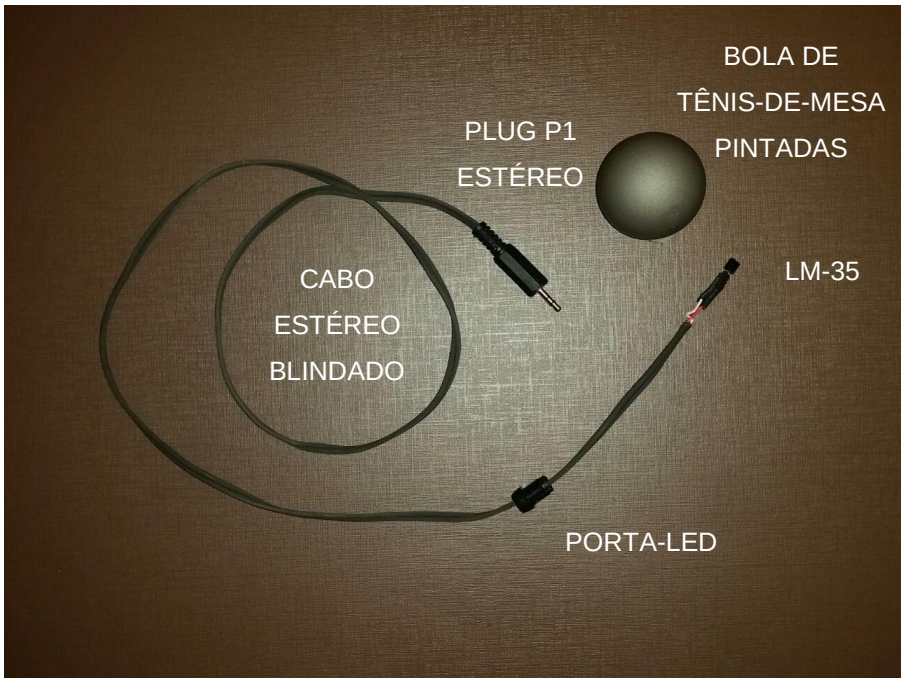
Inicialmente, as bolas de tênis-de-mesa, originalmente brancas, foram pintadas com uma demão de tinta cor grafite claro, código 11202401404, da Coral Dulux Metais. Para a pintura das bolinhas, estas foram furadas com pregos quentes sem cabeça, de 3,4cm de altura por 0,3cm de diâmetro e sequencialmente, foram imersas na lata de tinta. Após sua secagem, este procedimento finalizou-se.

Figura 01D: Termômetro de globo cinza montado



Fonte: produzido pelo autor.

Figura 02D: Termômetro de globo cinza montado

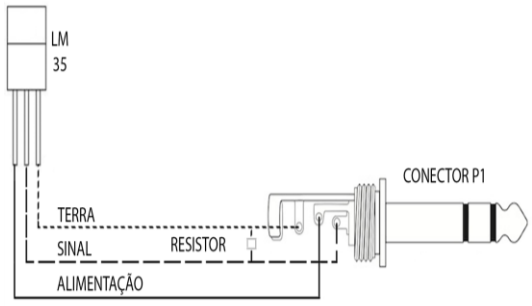


Fonte: produzido pelo autor.

Com o apoio técnico do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética nas Edificações – LABCON, da Escola de Arquitetura da UFMG, o sensor foi soldado ao conector P1 estéreo mediados por um cabo estéreo.

Descritivamente, a entrada para a alimentação, localizada à esquerda, foi soldada a uma das extremidades do fio vermelho do cabo. A outra extremidade do fio vermelho foi soldada ao pino central do conector P1, correspondente ao canal direito. A saída responsável pelo sinal do sensor, localizada ao centro, foi soldada ao fio preto do cabo, sendo este soldado à uma das extremidades do resistor de 2,2 kΩ e ao pino superior do conector P1, correspondente ao canal esquerdo. Por fim, a conexão com o fio terra, localizada à direita, foi soldada à malha da blindagem do cabo e à outra extremidade do resistor (Figura 03D).

Figura 03D: Esquema de ligação do sensor com o conector P1 estéreo



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado LABCON-UFMG.

O LM-35 foi instalado no interior da bola de tênis-de-mesa por meio do porta-LED, o qual foi rosqueado em um furo feito com furadeira elétrica na bola de tênis-de-mesa, aproveitando o furo anterior do prego.

Tendo em vista que os valores são registrados em volts (V), deve-se realizar um procedimento para a calibração do sensor relacionando a voltagem de saída com a temperatura do ambiente.

Para tanto, realizou-se a contratação de uma empresa Medição – Soluções Metrológicas Integradas de Contagem-MG, que calibrou o sensor de precisão de

temperatura LM-35 e assim o termômetro de globo que será utilizado nesta pesquisa. Foi emitido o certificado de calibração (Anexo 03).

No caso do globo cinza aqui descrito, será considerado o diâmetro do globo igual a 40mm e o valor da emissividade do tom de cinza igual a 0,9. O valor de emissividade foi retirado da tabela de valores de emissividade e absorbância para várias superfícies da *ASHRAE* (1997).

APENDICE E

ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS CONFECCIONADOS DE BAIXO CUSTO

ABRIGO METEOROLÓGICO

O abrigo foi criado para proteger especificamente o *datalogger* HOBO U12-012, sendo necessárias adaptações para uso de outro modelo de instrumento.

Os materiais utilizados para a confecção do abrigo foram (Figura 01E):

- plug de esgoto de PVC, diâmetro 100mm, marca TIGRE;
- terminal de ventilação de PVC, diâmetro 100mm, marca TIGRE;
- peça anti-infiltração de PVC, diâmetro 100mm, da marca TIGRE;
- 15cm de tubo PVC, diâmetro 100mm, marca TIGRE;
- porca sextavada de 1/4"; e
- adesivo líquido.

Figura 01E: Materiais utilizados para confecção do abrigo

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a confecção do abrigo realizou-se o encaixe do plug de esgoto e do terminal de ventilação aos 15cm de tubo de PVC. Na base do abrigo, plug de esgoto, foram realizados 8 furos de 12mm equidistantes radialmente para permitir ventilação do

datalogger posicionado em seu interior. Centralizada à base, foi colada a porca sextavada de 1/4" para fixação do equipamento no tripé (Figura 02E).

Figura 02E: Furos para ventilação e porca para fixação do equipamento no Tripé

Fonte: Elaborado pelo autor

O *datalogger* deve ser fixado no interior deste abrigo sem se encostar às suas laterais. Para tanto, aconselha-se a utilização de fitas adesivas. A peça antinfiltração possui a função de sombrear as aberturas de ventilação e circulação de ar interna do abrigo impedindo a incidência direta de raios solares sobre o equipamento. Portanto a sua fixação foi realizada sobre o terminal de ventilação (Figura 03E).

Figura 03E: peça antinfiltração sobre o abrigo

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE F

QUESTIONÁRIO – PLATAFORMA *E-SURVEY*

CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS URBANOS

Prezado participante,

Este questionário visa a obtenção de informações relativas ao instrumento CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS URBANOS. Este instrumento foi criado a fim de colher dados que compõem uma pesquisa de mestrando Thiago José Vieira da Silva, sob orientação da Professora Simone Queiroz da Silveira Hirashima, membros do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (PPGEC-CEFET-MG). Este projeto foi aprovado pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (CEFET-MG), com base nas resoluções éticas brasileiras, sob o número de protocolo 23062.009405/2018-11.

Nas próximas páginas, são apresentadas as questões do presente instrumento. Elas são divididas em questões A a Z. Avalie, por gentileza, cada uma dessas questões de acordo com as perguntas e opções fornecidas. Ao final de cada página, clique no ícone "Next" para avançar.

Sua participação é muito importante para nós!

*** 1. DADOS LOCAIS**

Local:

*** Data:**

*** Hora:**

*** A. Nebulosidade:**

- 1.Céu limpo
- 2.Céu parcialmente nublado
- 3.Céu nublado

*** B. A entrevista foi realizada:**

- 1.À sombra
- 2.Ao sol

*** 2. BIOMETRIA**

C. Gênero:

- 1.Masculino
- 2.Feminino
- 3.Outro

*** D. Idade:**

*** E. Altura (em cm):**

*** F. Peso (em kg):**

*** G. Como você classifica sua cor de pele? (Classes adotadas pelo Censo do IBGE)**

- 1.Branca
- 2.Parda
- 3.Preta
- 4.Amarela
- 5.Indígena

*** 3. USO DO ESPAÇO**

H. Conhece o local?

- 1.Sim
- 2.Não

*** I. Usa frequentemente o local?**

- 1.Sim
- 2.Não

*** J. Qual é a razão de estar nesse local?**

- 1.Lazer
- 2.Trabalho
- 3.Passagem

*** 4. ACLIMATAÇÃO**

K. Reside na Região Metropolitana de Belo Horizonte há quanto tempo?

- 1.Menos de 6 meses
- 2.Mais de 6 meses
- 3.Não resido na Região Metropolitana de Belo Horizonte

Caso tenha respondido a terceira opção na questão anterior, onde reside?

*** L. Considera-se uma pessoa:**

- 1.Rural
- 2.Urbana

*** M. Você usa ar condicionado em casa?**

- 1.Nunca
- 2.Às vezes
- 3.Sempre

N. Você trabalha em ambiente com ar condicionado?

- 1.Nunca
- 2.Às vezes
- 3.Sempre

*** O. Está vindo de ambiente com ar condicionado?**

- 1.Sim
- 2.Não

*** P. Há quanto tempo está no espaço externo?**

- 1.Menos que 5 minutos
- 2.Entre 5 e 15 minutos
- 3.Entre 15 e 30 minutos
- 4.Mais que 30 minutos

*** 5. ESTADO TÉRMICO PESSOAL**

Q. Em relação às condições climáticas deste ambiente, como se sente nesse exato momento?

- -3.Com muito frio
- -2.Com frio
- -1.Com pouco frio
- 0.Sem frio nem calor
- 1.Com calor
- 2.Com pouco calor
- 3.Com muito calor

*** R. Em relação à sua resposta anterior, você considera:**

- 1.Confortável
- 2.Ligeiramente confortável
- 3.Desconfortável
- 4.Muito desconfortável

*** S. Neste momento, você preferiria que estivesse:**

- 1.Muito mais frio
- 2.Mais frio
- 3.Um pouco mais frio
- 4.Nem mais frio nem mais quente
- 5.Um pouco mais quente
- 6.Mais quente
- 7.Muito mais quente

*** 6. TOLERÂNCIA TÉRMICA**

T. Levando em consideração a sua preferência pessoal, você aceita ou rejeita as condições climáticas às quais está exposto?

- 1.Aceito
- 2.Rejeito

*** U. Este ambiente é, na sua opinião:**

- 1.Perfeitamente suportável
- 2.Um pouco difícil de suportar
- 3.Difícil de suportar
- 4.Muito difícil de suportar
- 5.Insuportável

*** 7. PERCEPÇÃO DA VENTILAÇÃO**

V. Em relação à ventilação deste ambiente, como percebe o vento neste exato momento?

- 1.Forte
- 2.Um pouco forte
- 3.Estável
- 4.Um pouco fraco
- 5.Fraco

*** W. Em relação a sua resposta anterior, você considera:**

- 1.Confortável
- 2.Ligeiramente confortável
- 3.Desconfortável
- 4.Muito desconfortável

*** X. Neste momento, você preferiria que o vento estivesse:**

- 1.Mais forte
- 2.Como está
- 3.Mais fraco

*** 8. OBSERVACIONAIS**

Y. Calor metabólico típico de atividades físicas:

- 1.45W/m² - sentado
- 2.60W/m² - em pé
- 3.115W/m² - caminhando a 3,2 km/h (0,9 m/s)
- 4.150W/m² - caminhando rápido a 4,3 km/h (1,2 m/s)

*** Z. Vestimenta:**

1.Acessórios sobre a cabeça:

*** 2.Vestimentas acima da linha da cintura:**

*** 3.Vestimentas abaixo da linha da cintura:**

*** 4. Calçados**

e-mail:

ANEXO A

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA

CEFET-MG
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DECLARAÇÃO Nº 311 / 2018 - PPGEC (11.01.23.06)

Nº do Protocolo: 23062.009405/2018-11

Belo Horizonte-MG, 02 de Maio de 2018

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil decidiu, com base nas Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução CNS 196/96 e considerando o que foi decidido na 73ª reunião, em 20/03/2018, APROVAR o desenvolvimento da pesquisa do aluno do curso de mestrado Thiago José Vieira Silva, matrícula 20175003650, intitulada " Calibração do Universal Thermal Climate Index (UTCI) para espaços abertos em Belo Horizonte - MG" a ser conduzida sob orientação da profª Drª Simone Queiroz da Silveira Hirashima, e AUTORIZAR a aplicação de questionário dirigido aos usuários da Praça da Liberdade e Praça Sete, do município de Belo Horizonte - MG. Este questionário faz parte da sua pesquisa de mestrado em andamento.

Os pesquisadores acima qualificados se comprometem a:

Iniciarem a coleta de dados somente após o Projeto de Pesquisa ser aprovado pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil;

Obedecerem às disposições éticas de proteger os participantes da pesquisa, garantindo-lhes o máximo de benefícios e o mínimo de riscos.

Assegurarem a privacidade das pessoas citadas nos documentos institucionais e/ou contatadas diretamente, de modo a proteger suas imagens, bem como garantem que não utilizarão as informações coletadas em prejuízo dessas pessoas e/ou da instituição, respeitando deste modo as Diretrizes Éticas da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, nos termos estabelecidos na Resolução CNS Nº 466/2012, e obedecendo as disposições legais estabelecidas na Constituição Federal Brasileira, artigo 5º, incisos X e XIV e no Novo Código Civil, artigo 20.

(Assinado digitalmente em 03/05/2018 09:40)
HERSILIA DE ANDRADE E SANTOS
COORDENADOR
Matrícula: 1504926

Para verificar a autenticidade deste documento entre em **http://sig.cefetmg.br/documentos/** informando seu número: **311**, ano: **2018**, tipo. **DECLARAÇÃO**, data de emissão: **02/05/2018** e o código de verificação: **db7bfff9ab**

ANEXO B

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO – TERMO-HIGROMETRO

MEDIÇÃO
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração
Laboratório Medição Contagem

Certificado: 51412/18 **Data Calibração:** 03/04/2018

OS: 460390-B/2018

Solicitante: THIAGO JOSÉ VIEIRA SILVA
AVENIDA JOAQUIM JOSE DINIZ, 20, BELO HORIZONTE, MG
Contratante: O MESMO

Características do Instrumento

Descrição: **REGISTRADOR DE TEMPERATURA/UMIDADE (DOIS SENSORES)** Identificação: **904042**
Marca: HOBO Modelo: U12-012
Nº. Serie: 904042

Condições Ambientais:

Serviço executado nas instalações permanentes do Laboratório.
Temperatura: **21,3** ºC ± 1 ºC Umidade: **44,2** %ur ± 5%ur

Procedimentos

Calibração Executada conforme: ITTEC048 Revisão: 1

Padrões

Identificação		Marca	Certificado	Calibrado por	Validade
PTO-0225	MEDIDOR TEMPERATURA / UMIDADE	ROTRONIC	LV16487-17-R0	VISOMES-CAL0127	06/2018
PTT-0114	CALIBRADOR PORTÁTIL	ECIL	PTT011411/11/15	MEDIÇÃO-CAL0183	11/2018
PTT-0119	TERMORRESISTÊNCIA PADRÃO	ALUTAL	A0366/2017	PHARMA-CAL0467	06/2020

Resultados Obtidos

1.0 TEMPERATURA GLOBO 1

Faixa de Uso: **-20,0** a **70,0 °C**
Faixa de Indicação: **-20,0** a **70,0 °C** **Resolução:** 0,1 °C

V.R °C	V.I °C	Erro de Medição °C	Incerteza Expandida °C	Incerteza Expandida + Erro °C	(k)	Veff
10,0	10,2	0,2	0,3	0,5	2,00	Infinito
20,0	20,2	0,2	0,3	0,5	2,00	Infinito
30,0	30,0	0,0	0,3	0,3	2,00	Infinito

1.1 TEMPERATURA GLOBO 2

Faixa de Uso: **-20,0** a **70,0 °C**
Faixa de Indicação: **-20,0** a **70,0 °C** **Resolução:** 0,1 °C

V.R °C	V.I °C	Erro de Medição °C	Incerteza Expandida °C	Incerteza Expandida + Erro °C	(k)	Veff
10,0	10,1	0,1	0,3	0,4	2,00	Infinito
20,0	20,1	0,1	0,3	0,4	2,00	Infinito
30,0	29,9	-0,1	0,3	0,4	2,00	Infinito

O CONTEÚDO APRESENTADO NESTE DOCUMENTO/REGISTRO TEM SIGNIFICADO RESTRITO E SE APLICA SOMENTE A ESTA SITUAÇÃO. É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO MESMO SEM A AUTORIZAÇÃO DO EMITENTE.

MEDIÇÃO
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração
Laboratório Medição Contagem

Certificado: 51412/18 **Data Calibração:** 03/04/2018

OS: 460390-B/2018

1.2 UMIDADE GLOBO 1

Faixa de Uso: **5,0** a **95,0 %ur**

Faixa de Indicação: **5,0** a **95,0 %ur** **Resolução:** 0,1 %ur

V.R %ur	V.I %ur	Erro de Medição %ur	Incerteza Expandida %ur	Incerteza Expandida + Erro %ur	(k)	Veff
40,0	46,3	6,3	1,5	7,8	2,00	Infinito
60,0	62,4	2,4	1,5	3,9	2,00	Infinito
80,0	77,2	-2,8	2,0	4,8	2,00	Infinito

1.3 UMIDADE GLOBO 2

Faixa de Uso: **5,0** a **95,0 %ur**

Faixa de Indicação: **5,0** a **95,0 %ur** **Resolução:** 0,1 %ur

V.R %ur	V.I %ur	Erro de Medição %ur	Incerteza Expandida %ur	Incerteza Expandida + Erro %ur	(k)	Veff
40,0	46,7	6,7	1,5	8,2	2,00	Infinito
60,0	62,4	2,4	1,5	3,9	2,00	Infinito
80,0	77,6	-2,4	2,0	4,4	2,00	Infinito

Observações Gerais

NÃO HOUVE AJUSTE

- V.R: Valor de Referência na unidade de medição do padrão.
- V.I: Valor médio indicado no instrumento na unidade de medição do mesmo.
- A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com Veff graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- A condição de Aprovado/Reprovado se restringe apenas as grandezas metrológicas do instrumento, sendo que o limite de erro especificado para esta condição é de responsabilidade do Cliente.
- A operação de ajuste / regulagem não faz parte do escopo dos serviços
- A validade de calibração do instrumento, quando apresentada neste certificado, é de responsabilidade do cliente.

Endereço de Emissão: Rua Dona Maria Da Conceição, 261 - Jardim Industrial - Contagem - MG
Data de emissão: 04 de abril de 2018

Assinado Eletronicamente
CRISTIANO DELFIM
Gerente Técnico

Digitally signed by CRISTIANO DELFIM:89656610644
Date: 2018.04.05 09:16:53 -03:00
Reason: Certificado de Calibração
Location: Laboratorio Medicao Contagem

O CONTEÚDO APRESENTADO NESTE DOCUMENTO/REGISTRO TEM SIGNIFICADO RESTRITO E SE APLICA SOMENTE A ESTA SITUAÇÃO. É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO MESMO SEM A AUTORIZAÇÃO DO EMITENTE.

ANEXO C

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - ANEMÔMETRO

Só não medimos esforços!

1935/2018-1

CALIBRATEC®

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 13036/2018

Contratante Adriana Rodrigues Pereira [redacted]

Solicitante: Adriana Rodrigues Pereira [redacted]

2. Descrição

Instrumento: Anemômetro
Marca: Instrutherm — Identificação: **111294**
Modelo: AD-250 — Série: 08071500385963

3. Método utilizado:

3.1 Procedimentos

Conforme solicitação, nosso Laboratório realizou calibração no instrumento acima, com base em nosso procedimento de confirmação metrológica PGQ-005 e instrução de processo IPR-123 conforme última revisão.

4. Padrão(ões) utilizado(s)

Descrição Padrão	Identificação	Certificado	Validade	Calibrado por
Anemômetro	AND.001	S378092/2017	10/2019	Kellab

5. Incerteza das medições:

U = Incerteza das medição
A incerteza expandida de medição relatada é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com Veff graus de liberdade efetivos correspondente a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA 4/02.

6. Condições ambientais:

Temperatura: 22 ± 2 ºC — Umidade relativa: 50 ± 15 % u.r

7. Resultados

RESULTADOS - ESCALA DE 0 A 30 m/s - RESOLUÇÃO: 0,01 m/s					
Indicação Padrão	Indicação Instrumento	Tendência	K	U (±)	Erro Total
(m/s)	(m/s)	(m/s)		(m/s)	(m/s)
7,00	7,1	0,10	2,00	0,65	0,75
14,00	14,2	0,20	2,00	0,90	1,10
21,00	21,2	0,20	2,00	1,13	1,33

8. Notas

Os valores obtidos foram considerados após média de três medições
Nota: Instrumento calibrado sem ajuste.
Erro Total = (|Tendência| + |U|)
U = Incerteza expandida de medição.
K = Fator de abrangência
Este certificado é valido exclusivamente para o instrumento calibrado descrito, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer outros, mesmo que similares.
Não é permitida a reprodução parcial deste certificado.
A validade de calibração do instrumento deve ser estabelecida pelo usuário em plano de calibração descrito no sistema qualidade de acordo com a Norma 17025:2005 - Item 5.10.4.4.
Este certificado esta em conformidade com a norma NBR - ISO - IEC-17025/2005.
Certificado digital, dispensa cópia física.

9. Observações

-

CALIBRATEC Comércio e Calibrações de Instrumentos de Medição Ltda.
Av.: Severino Ballesteros Rodrigues, 2999 - B. Ressaca - Contagem-MG - CEP 32110-005
Telefax: (31) 3398-9022 - calibratec.mg@calibratec.com.br - www.calibratec.com.br

1/2

CALIBRATEC

1935/2018-1

CALIBRATEC®

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 13036/2018

10. Considerações finais:

Data de Calibração: 24/04/2018

Data de emissão: 24/04/2018

Data de recebimento: 13/04/2018

EVANDRO DOS REIS COSTA
Técnico Executante

FREDERICO CAMPOS
Coord. Qualidade

Só não medimos esforços!

CALIBRATEC®

CALIBRATEC Comércio e Calibrações de Instrumentos de Medição Ltda.
Av.: Severino Ballesteros Rodrigues, 2999 - B. Ressaca - Contagem-MG - CEP 32110-005
Telefax: (31) 3398-9022 - calibratec.mg@calibratec.com.br - www.calibratec.com.br

CALIBRATEC