

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**



DISSERTAÇÃO

Análise da Zona de Conforto Térmico: calibração do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) em espaços abertos na cidade de Santiago, RS

ANA CLÁUDIA MACHADO GROSSI

PELOTAS, 2024

ANA CLÁUDIA MACHADO GROSSI



Análise da Zona de Conforto Térmico: calibração do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) em espaços abertos na cidade de Santiago, RS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Eduardo Grala da Cunha

PELOTAS, 2024

Análise da Zona de Conforto Térmico: calibração do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) em espaços abertos na cidade de Santiago, RS

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

Análise da Zona de Conforto Térmico em espaço abertos na cidade de Santiago/RS / Ana Cláudia Machado Grossi; Eduardo Grala da Cunha, orientador.
Pelotas, 2024.

DISSERTAÇÃO (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Conforto térmico. 2. Espaços abertos. 3. Clima cfa. 4. Temperatura fisiológica equivalente. I. Cunha, Eduardo Grala da, orientador. II. III. Título.
CDD:

Elaborada por

ANA CLAUDIA MACHADO GROSSI

Análise da Zona de Conforto Térmico: calibração do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) em espaços abertos na cidade de Santiago, RS

3

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 19/08/2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha (Orientador)
Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr^a. Isabel Tourinho Salamoni (PROGRAU/UFPel)

Prof. Dr^a. Celina Maria Britto Correa (PROGRAU/UFPel)

Prof. Dr. Eduardo Krüger (UTFPR)

*"Você pode sonhar, criar, desenhar e construir
o lugar mais maravilhoso do mundo. Mas é
necessário ter pessoas para transformar seu
sonho em realidade."*

Walt Disney

AGRADECIMENTOS

Neste momento, sinto que o agradecimento é indispensável, pois uma pesquisa só se concretiza com pequenos passos e muitas mãos ajudando ao longo do caminho. Agradeço profundamente a Deus por me conceder a força e a saúde necessárias para alcançar este importante marco profissional.

À minha adorada mãe, Maria Silvina B. Machado, cujo amor e apoio incondicional sempre estiveram presentes, sustentando-me nos momentos mais difíceis, dramáticos e especiais da minha vida. Aos meus filhos, Gabriela e Rodrygo, que, com sua compreensão e paciência, enchem meu coração de orgulho e alegria. E ao meu irmão, João Vicente, cuja força e exemplo me inspiram profundamente a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Gostaria de reservar este espaço, com carinho e gratidão, aos professores, mestres, doutores e colegas que marcaram positivamente minha trajetória em Pelotas e Santiago. Na UFPel, meu sincero agradecimento aos estimados professores: Dr. Cristhian Moreira Brum (AU), Dra. Lisandra Krebs (AU), Dr. Maurício Polidori (AU) e, especialmente, ao meu orientador, Dr. Eduardo Grala da Cunha (Coordenador do PROGRAU-AU). Expresso minha sincera gratidão à Doutoranda Luísa Alcantara Rosa (PPGSAU/UTFPR, 2022), bem como a cada membro da equipe de pesquisa e aos colegas do GES3E-PROGRAU-UFPel (2023/2024). Seu profissionalismo e dedicação foram fundamentais para o progresso e sucesso deste trabalho.

Na URI-Campus Santiago, expresso minha gratidão ao Dr. Rodrigo Brum (Coordenador do curso AU), Vitor Vanti (Bolsista e colega AU), Amélia Simões Schwertner (Dra. AU-URI), Anderson Fortes (Coordenador de Informática-URI).

Agradeço também à Empresa ELITE Segurança e Medicina do Trabalho (São Borja/RS), na pessoa de Tiago Ribeiro Trindade e Rafael Vieira, pelo empréstimo e uso do aparelho ITEMP – 21110305104 A, em abril de 2023.

É com um coração transbordando de gratidão que reconheço o carinho, apoio e acolhimento nas horas difíceis de Marisane Sagrilo, Jones e Laíse (JRM - Informática), Professora Arlete Concentino (Membro da Academia de Letras de Santiago) e Dra. Tamiris Machado Gonçalves, professora e pesquisadora na UFFS. Suas presenças foram verdadeiros raios de luz em meu caminho.

Assim, expresso minha gratidão e reconheço a importância de cada pessoa, colega e profissional envolvidos nesta pesquisa científica, incluindo aqueles não mencionados, mas igualmente presentes e significativos.

No percurso das viagens empreendidas para o estudo em questão, desabrochou um florescimento pessoal que jamais havia antevisto. Com a idade um pouco mais avançada que a de meus colegas, a jornada de Santiago a Pelotas teceu inúmeras histórias, e o que dizer da rota inversa, de Pelotas a Santiago? Tantas horas na estrada, tantos quilômetros trilhados, inspiraram a poesia “A Estrada do Pesquisador@”, impressa no livro “Infinitamente Mulher”, Vol. 13, página 18, 2023.

Minha gratidão é imensa por tudo.

RESUMO

Grossi, Ana Cláudia Machado. **ANÁLISE DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO: CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE (PET) EM ESPAÇOS ABERTOS NA CIDADE DE SANTIAGO, RS.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

7

A rotina diária das pessoas em suas cidades vem sofrendo alterações consideráveis no que se refere às grandes mudanças no clima, muito disso em função de uma urbanização densa, que proporciona alterações no microclima local. O conforto térmico das áreas de grande circulação de pessoas não possui uma avaliação na maioria das cidades. Para tanto, existem instrumentos que validam a análise de conforto térmico em áreas abertas, as quais precisam ser determinadas de forma individual, levando em consideração as peculiaridades de cada município e seu microclima. Sendo assim, o objetivo da pesquisa foi analisar a zona de conforto térmico através da calibração do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET - *Physiological Equivalent Temperature*) em espaços abertos na cidade de Santiago/RS. Foram analisados 3 pontos da cidade, sendo eles a Praça Moisés Viana (Ponto 1), a primeira quadra do Calçadão (Ponto 2) e a Estação do Conhecimento (Ponto 3), locais com grande circulação de pessoas e de diferentes composições ambientais, como edificações, pisos e área verde. Para realizar a determinação das faixas de conforto térmico, foi utilizado um equipamento constituído por um conjunto de sensores que medem o estresse térmico, o TGD-4000, o qual determina as variações de temperatura do globo, temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido, além da velocidade do vento. Novecentos e sessenta e seis questionários foram aplicados junto aos munícipes, contendo perguntas sobre a percepção térmica e características dos locais analisados nas quatro estações do ano, durante as 75 ações de monitoramento. Através da posterior análise das informações, foi possível identificar a Temperatura Radiante Média (TRM) e a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET - *Physiological Equivalent Temperature*) e determinar os intervalos de conforto térmico existentes em cada região analisada nas quatro estações, entre os anos de 2023 e 2024. As amostras apresentaram ao longo do ano os limites superiores e inferiores caracterizados na sequência, sendo no outono entre 15°C e 20,2°C, no inverno entre 18,3°C e 23,1°C, na primavera entre 19°C à 29,5°C e na estação do verão ficou entre 23,3°C e 32,6°.

Palavras-chave: Conforto térmico; PET; Temperatura.

ABSTRACT

Grossi, Ana Cláudia Machado. **ANALYSIS OF THE THERMAL COMFORT ZONE: CALIBRATION OF THE PHYSIOLOGICAL EQUIVALENT TEMPERATURE INDEX (PET) IN OPEN SPACES IN THE CITY OF SANTIAGO, RS.** Dissertation (Master's Degree in Architecture and Urbanism) - Postgraduate Program in Architecture and Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.



The daily routine of people in their cities has undergone considerable changes regards to major changes in the climate, much of this due to dense urbanization, which causes changes in the local microclimate. The thermal comfort of areas with high circulation of people is not assessed in most cities. There are instruments that validate the analysis of thermal comfort in open areas, which need to be determined individually, taking into account the peculiarities of each municipality and its microclimate. Therefore, the objective of the research was to analyze the thermal comfort zone by calibrating the Physiological Equivalent Temperature (PET) index in open spaces in the city of Santiago/RS. Three points in the city were analyzed: Praça Moisés Viana (Point 1), the first block of Calçadão (Point 2) and Estação do Conhecimento (Point 3), places with a large circulation of people and different environmental compositions, such as buildings, floors and green areas. To determine the thermal comfort ranges, a device consisting of a set of sensors that measure thermal stress, the TGD-4000, was used, which determines variations in globe temperature, dry bulb and wet bulb temperatures, as well as wind speed. Nine hundred and sixty-six questionnaires were applied to the citizens, containing questions about thermal perception and characteristics of the analyzed locations in the four seasons of the year, during the 75 monitoring actions. Through subsequent analysis of the information, it was possible to identify the Mean Radiant Temperature (MRT) and the Physiological Equivalent Temperature (PET) and determine the thermal comfort ranges existing in each region analyzed in the four seasons, between the years 2023 and 2024. The samples presented a neutrality range for each season of the year, within the upper and lower limits of the range, being in the fall between 15°C and 20.2°C, in the winter between 18.3°C and 23.1°C, in the spring between 19°C and 29.5°C and in the summer season it was between 23.3°C and 32.6°.

Keywords: Thermal comfort; PET; Temperature.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHRAE American Society of Heating and Refrigerating Engineers

C1 Primeira campanha de monitoramento – Outono

C2 Segunda campanha de monitoramento – Inverno

C3 Terceira campanha de monitoramento – Primavera

C4 Quarta campanha de monitoramento – Verão

CEFET-MG Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBUTG Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

ITEMP Termômetro de globo com *datalogger*

ISO International Organization for Standardization

LABCEE Laboratório de Conforto e Eficiência Energética

MEMI Modelo de Balanço Energético de Munique

NHO Norma de Higiene Ocupacional

NR Norma Regulamentadora

NTC Negative Temperature Coefficient

OMM Organização Meteorológica Mundial

OUT_SET Out Standard Effective Temperature

PET (Physiological Equivalent Temperature)

PD Percentual de Insatisfeitos

PMV Voto Médio Preditado

PPD Porcentagem Preditada de Insatisfeitos

TGD-400 Equipamento com anemômetro de fio quente utilizado principalmente em medições de baixa velocidade do ar conforme NR 17.

TRM Temperatura Radiante Média (Mean Radiation Temperature - MRT)

UFPEL Universidade Federal de Pelotas

UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UTCI Universal Thermal Climate Index

VDI German Engineering Association (Verein Deutscher Ingenieure)

LISTA DE SÍMBOLOS

M	Taxa metabólica
W	Taxa de atividade física desempenhada
R	Resultado das trocas de calor por radiação
C	Fluxo de calor por convecção
ED	Fluxo de calor latente por transpiração
Ere	Somatório dos fluxos de calor p/aquecimento e umidificação do ar inspirado
ESw	Fluxo de calor pela evaporação do suor
S	Fluxo de calor armazenado p/ aquecimento/esfriamento do corpo humano
Trm	Temperatura radiante média
Tg	Temperatura do globo
Va	Velocidade do ar
ϵ_g	Emissividade do globo
D	Diâmetro do globo
Ta	Temperatura do ar
FCS	Fluxo de calor do centro do corpo para a superfície da pele
Vb	Fluxo sanguíneo do centro do corpo para a pele
ρ_b	Densidade do sangue
Cb	Calor específico do sangue
FSC	Fluxo de calor da superfície da pele através da vestimenta p/superfície externa da mesma
lcl	Resistência térmica da vestimenta
TC	Temperatura do centro do corpo
TSK	Temperatura média da pele
<	Menor
>	Maior
p_{vs}	Pressão de vapor de água na saturação sobre água líquida
D	Diâmetro do globo
°C	Grau Celsius
T	Temperatura
W_s, T_{bu}	Igual a W_s calculado com p_{vs}, T_{bu}
t_{bs}	Temperatura de bulbo seco
t_{bu}	Temperatura de bulbo úmido

μ	Grau de umidade
<i>UR</i>	Umidade relativa

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ação dos condicionantes físicos no ambiente externo.....	31
Figura 02 – Diversidade étnica no Brasil.....	37
Figura 03 – Lentes Canon.....	39
Figura 04 – Zona de termoneutralidade animal e humana.....	40
Figura 05 – Fluxograma da pesquisa.....	48
Figura 06 – Localização da cidade de Santiago.....	49
Figura 07 – Ponto 1	52
Figura 08 – Ponto 2.....	52
Figura 09 – Ponto 3.....	52
Figura 10 – Triangulação da pesquisa.....	53
Figura 11 – Imagens do P1.....	54
Figura 12 – Imagens do P2.....	55
Figura 13 – Imagem do P3.....	55
Figura 14 – Imagem fotográfica lente olho de peixe.....	57
Figura 15 – Questionário de Conforto Térmico.....	67
Figura 16 – Questionário de Conforto Térmico.....	68
Figura 17 – Questionário de Conforto Térmico.....	69
Figura 18 – Questionário de Conforto Térmico.....	70
Figura 19 – Aparelho TGD-400.....	64
Figura 20 – Aparelho ITEMP.....	64
Figura 21 – Equação X.....	67
Figura 22 – Interface RayMan.....	68
Figura 23 – Seleção dos itens.....	69
Figura 24 – Adição de dados.....	69
Figura 25 – Configuração Datafile.....	70
Figura 26 – Imagem no valor PET.....	71
Figura 27 – Anomalias no inverno brasileiro.....	74
Figura 28 – Praça Moisés Viana.....	82
Figura 29 – Rua Getúlio Vargas (1ª quadra do calçadão).....	86
Figura 30 – Estação do Conhecimento.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Calibração do índice PET.....	44
Tabela 02 – Objetivos e procedimentos.....	47
Tabela 03 – Características por pontos.....	53
Tabela 05 – Valores de taxas metabólicas.....	58
Tabela 06 – Variáveis subjetivas.....	59
Tabela 07 – Especificação do equipamento utilizado.....	63
Tabela 08 – Horários do trabalho de campo.....	65
Tabela 09 - P1_ Praça Moisés Viana _OUTONO.....	76
Tabela 10 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _OUTONO.....	76
Tabela 11 – P3_ Estação do Conhecimento _OUTONO.....	76
Tabela 12 – P1_ Praça Moisés Viana _INVERNO.....	77
Tabela 13 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _INVERNO.....	77
Tabela 14 – P3_ Estação do Conhecimento _INVERNO.....	78
Tabela 15 – P1_ Praça Moisés Viana _PRIMAVERA.....	78
Tabela 16 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _PRIMAVERA.....	78
Tabela 17 – P3_ Estação do Conhecimento _PRIMAVERA.....	79
Tabela 18 – P1_ Praça Moisés Viana _VERÃO.....	79
Tabela 19 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _VERÃO.....	80
Tabela 20 – P3_ Estação do Conhecimento _VERÃO.....	80
Tabela 21 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 1/ Outono.....	82
Tabela 22 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 1/Inverno.....	82
Tabela 23 –Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto1/primavera.....	83
Tabela 24 –Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto1/verão.....	83
Tabela 25 – P1 - Praça Moisés Viana.....	84
Tabela 26 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Outono.....	86
Tabela 27 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Inverno.....	86
Tabela 28 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Primavera.....	87
Tabela 29 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Verão.....	87
Tabela 30 – P2 - primeira quadra do Calçadão.....	88

Tabela 31 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Outono.....	90
Tabela 32 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Inverno.....	90
Tabela 33 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Primavera..	90
Tabela 34 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Verão.....	91
Tabela 35 – P3 - Estação do Conhecimento.....	91
Tabela 36 – Análise descritiva dos valores de PET (°C) verificados no Ponto 1.....	92
Tabela 37 – Análise descritiva dos valores de PET (°C) verificados no Ponto 2.....	93
Tabela 38 – Análise descritiva dos valores de PET (°C) verificados no Ponto 3.....	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Variação térmica histórica em Santiago.....	75
Gráfico 02 – Variações térmicas em Santiago, anos 2023 e 2024.....	75
Gráfico 03 – PMV da análise do Ponto 1.....	84
Gráfico 04 – PMV da análise do Ponto 2.....	88
Gráfico 05 – PMV da análise do Ponto 3.....	91
Gráfico 06 – Zona de conforto térmico – Outono.....	94
Gráfico 07 – Zona de conforto térmico – Inverno.....	95
Gráfico 08 – Zona de conforto térmico – Primavera.....	95
Gráfico 09 – Zona de conforto térmico – Verão.....	96
Gráfico 10 – Zona de conforto térmico – Outono e Inverno 2023.....	97
Gráfico 11 – Zona de conforto térmico – Primavera e Verão 2023/24.....	97

SUMÁRIO

1 Introdução	19
1.1 Delimitação de Tema	21
1.2 Justificativa	21
1.3 Objetivo Geral	22
1.4 Objetivos Específicos	22
2 Revisão da Literatura	23
2.1 Conforto Térmico	23
2.2 Conforto Térmico em Espaços Abertos	24
2.3 Balanço Termofisiológico do Corpo Humano	26
2.3.1 Termorregulação	27
2.3.1.1 Termogênese	28
2.3.1.2 Termólise	29
2.3.1.3 Mecanismos de controle	29
2.3.2 Equação do balanço termofisiológico do corpo humano	29
2.4 Fatores que Interferem na Sensação de Conforto Térmico	30
2.4.1 Condicionantes individuais	35
2.4.2 Fatores socioculturais	36
2.5 Fator de Visão do Céu (Fvc)	37
2.6 Índices de Conforto Térmico	39
2.6.1 Modelo MEMI	40
2.6.1.1 Calibração do PET	42
2.6.1.2 Estudos precedentes	44
3 Método	47
3.1 Organização dos Procedimentos	48
3.1.1 Apresentação da cidade e clima	48
3.1.2 Caracterização da população e definição da amostragem	50
3.1.3 Definição dos pontos de estudo	51

3.1.3.1 Ponto 1	54
3.1.3.2 Ponto 2	54
3.1.3.3 Ponto 3	55
3.1.4 Definição do Fator de visão do céu (FVC – Sky View Factor)	56
3.1.5 Variáveis	57
3.1.5.1 Variáveis individuais	58
3.1.5.2 Variáveis subjetivas	59
3.1.6 Elaboração do questionário	60
3.1.8 Caracterização do equipamento	63
3.2 Realização dos Trabalhos De Campo	64
3.2.1 Campanhas de monitoramento de dados	65
3.2.2 Coleta dos dados	66
3.3 Determinação dos Valores de TRM e de PET	66
3.3.1 Cálculo da TRM	67
3.3.2 Determinação dos valores de PET	67
3.4 Análise dos Resultados	71
3.4.1 Resultados descritivos	72
3.4.2 Calibração do índice PET	72
3.4.3 Determinação do PD	73
4 Resultados	74
4.1 Resultados Descritivos	75
4.1.1 Conjunto das Campanhas de Monitoramento	76
4.1.2 Ponto 1: Praça Moisés Viana	81
4.1.3 Ponto 2: Rua Getúlio Vargas (Calçadão)	85
4.1.4 Ponto 3: Estação do Conhecimento	89
4.2 Calibração do Índice PET	92
5 Conclusão	99
Referências Bibliográficas	101
Anexos	109

1 Introdução

As mudanças climáticas são decorrentes do aquecimento global, segundo o Relatório da Conferência COP26 de 2018 (JOERSS, 2021). Frente à essa realidade, a rotina diária das pessoas em suas cidades vem sofrendo alterações consideráveis no que se refere às grandes mudanças climáticas, com temperaturas elevadas, chuvas torrenciais e desastres cada vez mais frequentes.

Nos últimos anos, as edificações, assim como os projetos urbanos de espaços abertos, estão sendo idealizados com um olhar mais atento para as condições climáticas, como a segurança das estruturas frente às intempéries mais severas, porém, quando se refere ao conforto térmico proporcionado aos usuários, os ambientes externos ainda carecem de informações mais relevantes.

A combinação entre os fenômenos urbanos e o ambiente natural que o cerca definem o clima urbano de uma cidade ou região, sendo assim, os aspectos microclimáticos e urbanos agem de forma direta no clima urbano. (MONTEIRO E ALUCCI, 2007).

Apesar de existir um consenso generalizado sobre os benefícios da adequação da arquitetura ao clima, uma das barreiras frequentemente enfrentada pelos arquitetos urbanistas e profissionais da construção civil é a dificuldade com os dados climáticos. Para tanto, as normas sobre o conforto térmico estabelecem uma avaliação das variações nos ambientes fechados, mas faltam diretrizes e indicadores para a avaliação em espaços abertos, evidenciando a necessidade de um estudo mais aprofundado na área.

A circulação por locais públicos vem sendo um desafio frequente para os municípios, pois em dias de temperaturas extremas, seja por calor ou frio, o desconforto térmico é evidente, principalmente nos locais de maior circulação de pessoas, compostos por edificações, pisos e ambientes diferentes, proporcionando assim, sensações térmicas diferentes.

Os estudos sobre o conforto térmico em espaços abertos estão sendo desenvolvidos de forma mais abrangente e podem servir como suporte para novos projetos, sejam eles de melhoria ou não, que ofereçam condições climáticas mais adequadas para as pessoas, o que irá interferir de forma direta em atividades comerciais e econômicas, assim como nas interações sociais existentes em uma região.

O índice PET (*Physiological Equivalent Temperature*), ou Temperatura Fisiológica Equivalente, é um índice de avaliação de conforto térmico, pois através dele é possível identificar os impactos ocasionados pelo ambiente térmico, sendo uma ferramenta muito utilizada na análise de ambientes externos, para o planejamento urbano suscetível.

Para que seja possível identificar e determinar as faixas de conforto térmico, é necessária a utilização de um equipamento específico para análise, nesse caso o

TGD-4000, composto por um conjunto de sensores que medem o estresse térmico através das variações de temperatura do globo, temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido, além da velocidade do vento.

De Dear & Brager (2002) afirmam que, para que seja utilizado o equipamento de análise dos índices de conforto térmico em espaços abertos, é imprescindível que seja feita a calibração, pois diferentes regiões climáticas não podem ser analisadas dentro do mesmo parâmetro. Levando em consideração que a calibração é feita através de escalas de sensação térmica local, o presente estudo teve como base a pesquisa realizada junto aos municípios.

Sendo assim, o trabalho foi idealizado e subdividido da seguinte forma: introdução, revisão de literatura, método, resultados, considerações finais e as referências bibliográficas.

O Capítulo 2 apresenta a revisão de literatura sobre o objeto de estudo, contendo informações sobre o tema, apresentando uma fundamentação teórica que abrange conforto térmico, termofisiologia, índices PET e a o conforto térmico em espaços abertos.

O Capítulo 3 apresenta os métodos que foram utilizados para a organização dos procedimentos técnicos da pesquisa de campo, subdividido na organização dos procedimentos, a realização dos trabalhos de campo, a determinação dos valores de TRM e de PET e a análise dos resultados.

O Capítulo 4 apresenta os resultados descritivos e a calibração do índice PET, com a análise sobre os intervalos na zona de conforto térmico nos locais onde os monitoramentos foram realizados. As informações obtidas propuseram resultados sobre o índice de calibração PET e os intervalos obtidos para a definição da zona de conforto térmico nos três espaços abertos da cidade de Santiago/RS ao longo do ano.

Por fim, o Capítulo 5 é constituído pelas conclusões e resultados obtidos durante o estudo, assim como a importância das informações mensuradas para o planejamento urbano.

1.1 Delimitação do Tema

O conforto térmico em espaços abertos visa identificar os aspectos e as dificuldades que não são encontrados em análises dos espaços fechados, pois em

áreas abertas as pessoas são expostas a condicionantes ambientais variáveis, os quais podem diferenciar entre regiões de uma mesma cidade.

Através do índice PET (*Physiological Equivalent Temperature*), em português Temperatura Fisiológica Equivalente, pode-se identificar com exatidão e confiabilidade a exposição individual baseada no balanço térmico do corpo, tendo como objetivo apontar os efeitos do ambiente térmico relacionados com calor, frio e conforto.

Sendo assim, foi realizada uma análise em três pontos da cidade de Santiago/RS, sendo o Ponto 01 a Praça central Moisés Viana, o Ponto 02 a primeira quadra do Calçadão e o Ponto 03 a Estação do Conhecimento, locais de grande circulação de munícipes e com diferentes componentes externos, como edificações, pavimentações e a existência de arborização e vegetação.

Em ambos os pontos foram realizadas análises com o equipamento TGD-4000 nas estações do outono, inverno, primavera e verão, além da aplicação de questionários com perguntas sobre a percepção térmica do local aos participantes, para determinar a zona de conforto térmico, em termos do índice PET, nas diferentes estações do ano.

1.2 Justificativa

O planejamento urbano e regional é sensível ao clima para o desenvolvimento sustentável das cidades, especialmente diante das crescentes preocupações com as mudanças climáticas e seus impactos na qualidade de vida urbana. A Associação Alemã de Engenharia (VDI) recomenda a utilização do índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) como uma ferramenta eficaz para esse tipo de planejamento (KRÜGER et al., 2018). O índice PET, desenvolvido por MAYER e HÖPPE em 1987, oferece uma abordagem abrangente ao considerar fatores como temperatura, umidade, vento e temperatura média radiante, proporcionando uma avaliação precisa do conforto térmico em condições externas.

Dada a crescente urbanização e as mudanças nos padrões climáticos, é imperativo adotar metodologias, diretrizes e normas que considerem o conforto térmico nos espaços abertos das edificações, tanto quanto existem nos ambientes construídos. Através dessa análise dos dados será possível projetar espaços externos com melhor habitabilidade e sustentabilidade nas áreas urbanas, principalmente em

relação às mudanças climáticas existentes, considerando uma implementação de práticas de gestão eficazes como parte de suas estratégias de melhoria do ambiente.

1.3 Objetivo Geral

Analisar e atualizar as zonas de conforto térmico através da calibração do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET - *Physiological Equivalent Temperature*) em espaços abertos na cidade de Santiago/RS.

1.4 Objetivos Específicos

Compreendem os objetivos específicos da pesquisa:

- Aplicar um questionário e verificar as respostas dos participantes quanto a percepção térmica em cada um dos 3 pontos de coleta;
- Realizar as análises dos pontos de coleta com o equipamento TGD-4000 durante o outono, inverno, primavera e verão;
- Verificar as repostas sobre a percepção térmica do questionário em relação aos valores medidos nos horários de análise;
- Determinar os intervalos da zona de conforto térmico, em termos do índice PET, na cidade de Santiago/RS para as diferentes estações do ano.

2 Revisão de Literatura

Esta seção apresenta uma revisão que oferece a fundamentação teórica necessária para compreender os fatores que interferem na percepção e preferência térmica do ser humano, no balanço térmico do corpo humano e nas modelagens termofisiológicas. São abordados os índices térmicos, o índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) e o conforto térmico em espaços abertos.

Os aspectos do desempenho térmico foram divididos em três categorias: físico, fisiológico e sociocultural. No aspecto físico, relacionado ao corpo, considera-se o percentual de pessoas entrevistadas com base em idade, altura, sexo e raça. No referencial fisiológico, o estudo analisa variáveis humanas como metabolismo, vestimenta e troca térmica. Em seguida, aborda-se o desempenho sociocultural, considerando variações ambientais como temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e umidade relativa. A seção também discute a medição do nível de conforto térmico em espaços abertos e aborda questões relacionadas a mudanças climáticas, microclima e ilhas de calor.

2.1 Conforto Térmico

O conforto térmico tem sido foco de pesquisas científicas há muitos anos, buscando compreender melhor as influências, variáveis e fatores que podem impactar a saúde e a produtividade das pessoas em ambientes urbanos, segundo Xavier (1999).

Diversos elementos influenciam a sensação de bem-estar térmico do indivíduo no ambiente em que ele se encontra, permitindo afirmar que o conceito de conforto térmico é subjetivo (LAMBERTS et al., 2014b). A ASHRAE 55 (2017b) define conforto térmico como um estado de satisfação com o ambiente térmico em que o indivíduo se encontra. Esse conforto resulta da combinação ou adaptação de fatores ambientais e das características do corpo humano (PEETERS et al., 2009).

Baseado nas pesquisas de Freitas (1985), Höppe e Seidl (1991), e Lin, De Dear e Hwang (2011), o conforto térmico possui características comportamentais e psicológicas distintas. Segundo Lamberts et al. (2014), o conforto térmico também abrange aspectos psicológicos, fisiológicos e físicos. De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), o conforto térmico é caracterizado pela satisfação psicofisiológica humana em relação às condições térmicas do ambiente em análise.

A satisfação térmica decorre da termorregulação do corpo humano, cujo objetivo é manter a temperatura interna ao redor de 37°C (BRANCO, 2014). A temperatura interna do organismo humano tende a se manter constante, com as trocas de calor com o ambiente ocorrendo por condução, convecção, radiação, evaporação e respiração (LAMBERTS et al., 2014b). Essas trocas de calor são essencialmente relacionadas à sensação térmica do indivíduo (HIRASHIMA, 2014).

Os diferentes fatores entre a sensação térmica e a temperatura são responsáveis por parâmetros que podem contribuir para o desconforto térmico, mesmo sem alterar a temperatura ambiente. A ISO 7730 (International Organization for Standardization, 2005) considera um ambiente em condições de conforto térmico quando, no máximo, 10% dos ocupantes se sentem desconfortáveis. Corrobora com Francis (2023), evidenciando que 68% dos respondentes associam a gestão do tempo, produtividade, conforto e bem-estar a uma temperatura média entre 21°C e 23°C para a melhoria do ambiente.

No conforto térmico em espaços abertos, a vegetação desempenha um papel significativo. Áreas externas ricas em vegetação atuam como reguladores climáticos e também têm funções ambientais, ecológicas e sociais (VELHO, 2012). Essas áreas regulam o clima devido às suas propriedades de controle da umidade do ar e do solo, purificação atmosférica, radiação solar e termorregulação, funcionando como reguladores das ilhas urbanas de calor ou resfriamento. As áreas verdes melhoram o conforto e frequentemente a qualidade dos espaços físicos e da vida urbana. Para diminuir o estresse térmico em zonas urbanas, é crucial estabelecer áreas verdes (JOHANSSON et al., 2013).

Os fatores ambientais inter-relacionados influenciam as condições ambientais reais, por sua vez, afetam o conforto térmico das pessoas.

2.2 Conforto Térmico em espaços abertos

O conforto térmico segundo à Ashrae (2017), é definido como um estado de espírito, com uma avaliação pessoal e subjetiva, que tem relação direta com fatores ambientais que influenciam na fisiologia e nas questões psicológicas, com isso, não são as mesmas condições para todos.

Quando existem espaços abertos que são bem planejados, e proporcionam condições microclimáticas locais adequadas, torna-se atrativas para visitantes, comerciantes, trabalhadores e moradores, além de servir como base para o planejamento de novas áreas (NIKOLOPOULOU, 2011).

O estudo do conforto térmico em espaços abertos abrange aspectos e dificuldades que não são verificados no mesmo estudo em espaços fechados. Nas áreas abertas, as pessoas estão expostas a uma variabilidade das condicionantes ambientais, sendo que essas experiências não ocorrem em ambientes fechados.

Givoni et al. (2003) observam que as variações nas condições climáticas ocasionam estímulos ambientais que agradam aos usuários dos espaços abertos, sendo que esses estímulos específicos é uma das razões pelas quais as pessoas utilizam os espaços ao ar livre.

As variações no conforto térmico em espaços abertos são influenciadas por diversos fatores, onde se destacam a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do vento, a radiação solar, a altitude, a cobertura vegetal e a integração com o uso do espaço. A temperatura é o fator mais relevante para o conforto térmico em espaços abertos.

No livro "*Climate Considerations in Building and Urban Design*", Givoni (1998) apresenta a importância da temperatura do ar no conforto térmico ao ar livre, destacando sua influência nas estratégias de projeto para promover ambientes mais confortáveis e habitáveis.

Outro fator relacionado ao conforto térmico é a temperatura radiante média (T_{rm}), que consiste na temperatura uniforme de um determinado ambiente, sendo a transferência de calor radiante corporal igual à transferência de calor radiante de um ambiente não uniforme.

Diversas áreas científicas, com suas particularidades e abordagens, abrangem o estudo de conforto térmico em espaços abertos: as ciências naturais como fisiologia, psicologia e ecologia, juntamente com a arquitetura, geografia e engenharia, que abrangem o ambiente físico e suas influências e interações em relação ao corpo humano. (NIKOLOPOULOU, 2011).

2.3 Balanço Termofisiológico do Corpo Humano

O ser humano é capaz de manter a temperatura corporal constante, sendo um ser homeotérmico. Baker (2004) destaca a relação entre o conforto térmico e a sobrevivência, pois a necessidade de manter a temperatura interna constante perdura desde o nascimento até a morte, independentemente das variações climáticas e condições ambientais. Segundo Baker, a temperatura corporal deve ser mantida em torno de 37°C , com uma variação de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Falhar na manutenção dessa

temperatura pode ter consequências graves, comparáveis à falta de alimentos ou parceiros para reprodução (BAKER, 2004).

Brown e Gillespie (1995) propõem uma equação de conforto específica para ambientes externos. Aroztegui (1995) apresenta a Temperatura Neutra Exterior, baseada no trabalho de Humphreys (1975), que se fundamenta em levantamentos de campo. Humphreys define a Temperatura Neutra como a temperatura ambiente considerada termicamente neutra pela população. Aroztegui (1995) inclui variáveis relacionadas à radiação solar e à velocidade do vento, com base no ITS – Índice de Estresse Térmico, o qual expressa a taxa de evaporação necessária para que o corpo humano mantenha o equilíbrio térmico. Assim, Brown e Gillespie (1995) propõem uma equação de conforto para ambientes externos (1), que se fundamenta no balanço térmico do indivíduo. Essa equação apresenta algumas peculiaridades na forma como considera seus termos constituintes:

$$B = M' + R_{abs} - R_{emit} - C - E_{sk} \quad (1)$$

onde:

B = saldo energético;

M' = metabolismo de aquecimento;

R_{abs} = radiação absorvida;

R_{emit} = radiação emitida;

C = troca convectiva;

E_{sk} = perda latente pela pele, [W/m²]

As perdas sensíveis e latentes pela respiração são consideradas mediante um fator de respiração aplicado ao metabolismo. Assim, determina-se o metabolismo de aquecimento (2):

$$M' = (1 - f_{res}) \cdot M \quad (2)$$

$$f_{res} = 0,15 - 0,0173 \cdot p_{v,tar} - 0,0014 \cdot tar$$

onde: M = metabolismo, [W/m²]; f_{res} = fator de respiração, adimensional; p_v,

tar = pressão de saturação de vapor a tar, [kPa]; tar = temperatura do ar, [°C].

Na literatura, a formulação é frequentemente apresentada de maneira variada, assim como em outros termos de balanço térmico. Os autores analisam a radiação solar e terrestre absorvida pelo corpo e a radiação emitida pelo corpo de forma

separada. Em espaços abertos, que consideram dados de temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento, têm como objetivo quantificar diversos aspectos de projeto que influenciam a incidência de sol e ventos (MONTEIRO E ALUCCI, 2007). Nesse contexto, o índice avaliado na Equação da Carga Térmica sobre o Corpo determina a diferença entre o calor gerado pelo corpo e o trocado com o ambiente (LAMBERTS et al., 2008).

Givoni e Noguchi (2000) desenvolveram o Índice de Sensação Térmica (ITS) com base em pesquisas experimentais em espaços abertos, considerando dados de temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento. O objetivo foi quantificar aspectos de projeto que influenciam a incidência de sol e ventos (MONTEIRO E ALUCCI, 2007). Esse índice, também conhecido como Equação da Carga Térmica sobre o Corpo, mede a diferença entre o calor produzido pelo corpo e o trocado com o ambiente (LAMBERTS et al., 2008).

Por meio de uma escala de sensação térmica, o Índice de Conforto Térmico (IDT) é abordado em estudos baseados na Temperatura Efetiva (ET), calculada em função da temperatura de bulbo seco e úmido, conforme desenvolvido por Houghten e Yaglou (1923). Outros trabalhos relevantes incluem a Nova Temperatura Efetiva (ET*) de Vernon e Warner (1932) e a Temperatura Resultante (RT) de Missenard (1948). Por volta do século XX, alguns modelos mais analíticos destacaram a necessidade de estudos específicos sobre as diversas variações térmicas.

2.3.1 Termorregulação

A termorregulação, conforme Claude Bernard, refere-se à capacidade dos seres vivos de manter sua temperatura corporal constante diante de variações ambientais. Esse conceito foi fundamentalmente introduzido por ele como parte da homeostase, que é essencial para o entendimento da regulação térmica. Carl Wunderlich, por sua vez, estabeleceu a faixa normal de temperatura para humanos em torno de 37°C. (HAVENITH, 2002; HIRASHIMA, 2010).

Esse processo é essencial para o funcionamento adequado do corpo e é realizado por meio de mecanismos de controle que respondem às mudanças de temperatura. Albert Szent-Györgyi analisou os processos metabólicos envolvidos na produção de calor no corpo, destacando a capacidade dos organismos de ajustar sua taxa metabólica, circulação sanguínea e respiração para gerar ou dissipar calor

conforme necessário. Adicionalmente, apresentam adaptações comportamentais e fisiológicas para lidar com diferentes condições ambientais, como mudanças na pelagem e comportamentos de busca de abrigo ou exposição ao sol. Ivan Petrovich Pavlov investigou os reflexos condicionados, que podem estar relacionados à regulação térmica. (DE DEAR & BRAGER, 2002; HAVENITH, 2002; HIRASHIMA, 2010).

A termorregulação é uma área ampla de estudo explorada em várias disciplinas científicas, envolvendo conceitos como homeostase térmica, feedback negativo, mecanismos de termorregulação, adaptações à temperatura, termogênese e termólise. Essas teorias, desenvolvidas por diversos pesquisadores ao longo do tempo, contribuem para o entendimento dos processos de regulação da temperatura corporal nos organismos.

2.3.1.1 Termogênese

A termogênese possui dois tipos principais: a termogênese basal, necessária para manter as funções corporais em repouso, e a termogênese induzida, desencadeada em resposta a estímulos externos, como o frio.

Esse processo é primariamente químico, resultante da transformação metabólica, como citado por Monteiro (2008). Reações químicas internas, especialmente a combinação de carbono com oxigênio, geram energia térmica no organismo (FROTA E SCHIFFER, 2001). O carbono é proveniente da alimentação, enquanto o oxigênio é extraído do ar pela respiração. Frota e Schiffer (2001) também ressaltam que o metabolismo é o sistema responsável pela produção interna de energia a partir de elementos de combustão orgânica.

2.3.1.2 Termólise

Este processo é fundamental para a regulação da temperatura corporal e é mediado por uma série de mecanismos termorreguladores, tais como condução, convecção, evapotranspiração e radiação. O processo de perda de calor pelo corpo humano para o ambiente é conhecido como termólise.

A termólise envolve uma série de mecanismos termorreguladores que permitem essa perda de calor no corpo (MONTEIRO, 2008). Esse fenômeno é

predominantemente físico, conforme mencionado anteriormente, e envolve a condução, convecção, evapotranspiração e radiação como os principais mecanismos de termólise (MONTEIRO, 2008).

2.3.1.3 Mecanismos de controle

Os organismos desenvolveram uma variedade de adaptações fisiológicas e comportamentais para enfrentar mudanças na temperatura ambiente. Isso inclui alterações na densidade da pelagem, comportamentos de procura de sombra ou exposição ao sol, e ajustes na taxa metabólica. Os mecanismos de controle são ativados inconscientemente em situações de desconforto térmico ou estresse, seja por frio ou calor, desencadeando respostas fisiológicas que ajudam a manter a temperatura interna constante (HIRASHIMA, 2010). Esses mecanismos são utilizados para controlar a perda ou produção de calor conforme necessário. Além das respostas fisiológicas inconscientes, também são observadas respostas conscientes (MONTEIRO, 2008).

2.3.2 Equação do balanço termofisiológico do corpo humano

O objetivo desse balanço é manter a temperatura interna do corpo constantemente equilibrada, garantindo que o calor produzido pela atividade metabólica seja dissipado adequadamente para evitar variações na temperatura corporal (HIRASHIMA, 2010). A troca de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorre por diversos mecanismos, como condução, convecção, evapotranspiração e radiação, principalmente através da pele e do trato respiratório, para tanto, existe a equação do balanço termofisiológico (3) do corpo humano, representada da seguinte forma:

$$\textbf{Termogênese - Termólise = Balanço de calor (3)}$$

2.4 Fatores que Interferem na Sensação de Conforto Térmico

As referências de fatores na sensação de conforto térmico são cruciais para criar ambientes confortáveis e eficientes energeticamente, considerando aspectos físicos e psicológicos do conforto térmico humano.

Brager & De Dear (1998), destacam a capacidade das pessoas de se adaptarem a diferentes condições térmicas ao longo do tempo, considerando fatores individuais, culturais e sociais.

ASHRAE (2017) considera a troca de calor entre o corpo humano e o ambiente, influenciando a sensação de conforto térmico, crucial para o projeto de sistemas de climatização. A avaliação do conforto térmico (ISO 7730, 2005) é realizada a partir de variáveis ambientais (umidade relativa, velocidade do vento, temperatura do ar e TRM - Temperatura Radiante Média) e aspectos pessoais (metabolismo e vestimenta).

Na perspectiva de Fanger (1970), o conforto é subjetivo, resultante do corpo termicamente em equilíbrio, da taxa de suor e da temperatura média da pele dentro dos limites de conforto.

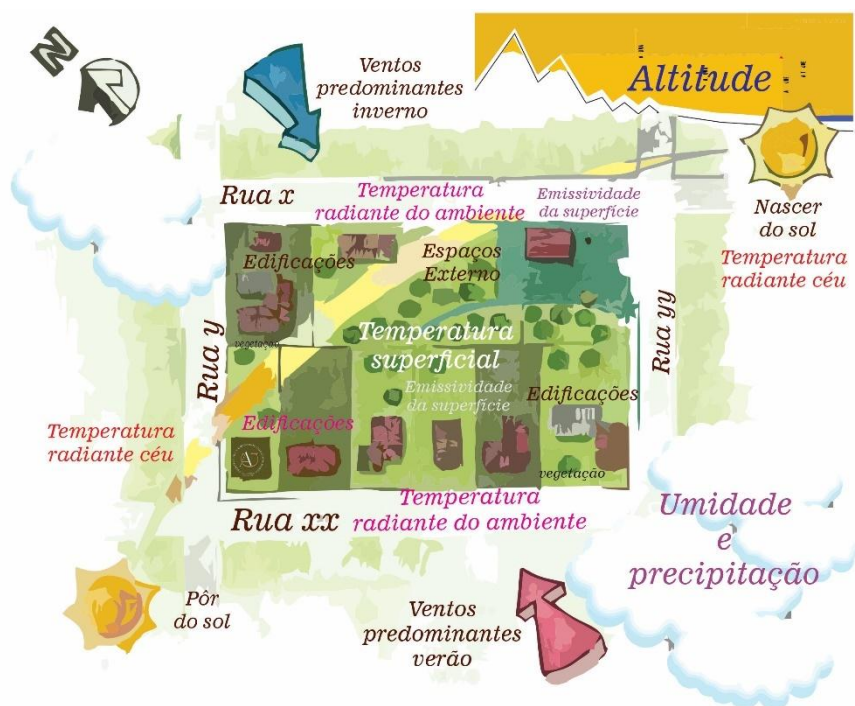
Existem alguns condicionantes climáticos que abrangem conceitos como a temperatura, a umidade, a precipitação, o vento e a altitude. A Influência direta de temperatura na percepção, afeta o conforto térmico por fatores como latitude, altitude, correntes oceânicas e padrões atmosféricos locais, Victor Olgyay (1963), com estudos de forma sustentável ao ambiente climático.

A quantidade de vapor de água presente no ar afeta significativamente o clima e a sensação térmica. Regiões com alta umidade tendem a ter climas mais úmidos, impactando o conforto térmico. Os autores como Gail Brager e Richard de Dear (1998) destacam a importância da umidade na adaptação do conforto térmico.

A quantidade e distribuição das precipitações, incluindo chuva, neve e granizo, influenciam diretamente o clima de uma região e consequentemente a sensação de conforto térmico. A altitude de uma região afeta sua temperatura e pressão atmosférica, influenciando diretamente o conforto térmico.

Abaixo, a Figura 01 ilustra no ambiente externo a ação dos condicionantes físicos que interferem diretamente a sensação térmica das pessoas.

Figura 01 – Ação dos condicionantes físicos no ambiente externo



Fonte: arquivo da autora.

A umidade relativa é uma medida que expressa a quantidade de vapor de água presente no ar em relação à quantidade máxima que o ar pode conter a uma determinada temperatura, por tanto, reflete a saturação do ar com vapor de água. A umidade relativa é fundamental e tem influência direta na sensação de conforto térmico, afetando a evaporação do suor e, consequentemente, a capacidade do corpo humano de se resfriar. Além disso, a umidade relativa desempenha um papel crucial em diversos processos meteorológicos e climáticos, como a formação de nuvens e a ocorrência de precipitação.

A evaporação das águas e a transpiração das plantas resultam na umidade atmosférica (FROTA; SCHIFFER, 2001). A umidade absoluta do ar refere-se à totalidade de vapor de água presente no ar (LAMBERTS et al., 2014b). O ar úmido resulta da mistura dos gases que compõem o ar seco e o vapor de água (MONTEIRO, 2008).

A velocidade dos ventos é outro fator influenciador do clima e do conforto térmico, tanto nos processos meteorológicos quanto na percepção humana de conforto. A velocidade e a direção dos ventos afetam a sensação térmica e a dispersão de poluentes na atmosfera. O vento resulta do deslocamento do ar na superfície terrestre, sendo que se transfere do local com maior pressão (maior

temperatura) para o que dispõe de menor pressão (menor temperatura), ou seja, parte de onde o ar está mais denso para o mais leve (BRANCO, 2014; LAMBERTS et al., 2016). Esta variável é descrita por sua magnitude, direção e sentido.

Givoni (1992) em seu livro "*Climate Considerations in Building and Urban Design*" explica como a velocidade dos ventos pode ser usada para melhorar o conforto térmico em edifícios. Ele discutiu estratégias para aproveitar a ventilação natural, reduzir o consumo de energia e melhorar o conforto dos ocupantes. Outra teoria que enfatiza o entendimento da circulação do ar para projetar edifícios, onde respondam melhor às condições climáticas locais, foi por Olgyay em 1963.

A *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE, 2020) apresenta padrões que consideram a velocidade dos ventos nos projetos de sistemas de climatização. O padrão ASHRAE 55, por exemplo, aborda como a velocidade do ar afeta o conforto térmico em ambientes internos, fornecendo diretrizes para projetar sistemas HVAC eficientes. No livro "Manual de Conforto Térmico," Frota e Schiffer (2001), destacam como a circulação do ar pode ser utilizada para resfriar naturalmente os ambientes, melhorando a eficiência energética dos edifícios.

A velocidade dos ventos desempenha um papel crucial no estudo do clima urbano e do conforto térmico, permitindo projetos de ambientes confortáveis e energeticamente eficientes. Seu entendimento é fundamental para promover o bem-estar humano e impulsionar os projetos arquitetônicos sustentáveis.

Outro influenciador do clima urbano é a temperatura do ar, um dos principais fatores que interferem no conforto térmico em ambientes, pois afeta os espaços internos e externos, desta forma, é essencial para ambientes confortáveis e energeticamente eficientes. Ela apresenta variação em função do lugar e do decorrer do tempo, sendo influenciada pela incidência solar, natureza da superfície e dos ventos predominantes, distância dos corpos hídricos e as correntes oceânicas (AYOADA, 2003).

Logo então, a temperatura do ar apresenta-se como uma variável no estudo do conforto térmico, pois afeta diretamente a sensação térmica das pessoas e a eficiência energética dos edifícios. O equilíbrio térmico adequado contribui para o bem-estar dos moradores e reduz a necessidade de sistemas de climatização artificial, promovendo a sustentabilidade.

No livro "*Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*" Olgyay (1963) enfatiza a importância de considerar o clima local, incluindo a temperatura do ar, no projeto arquitetônico. Ele propõe estratégias bioclimáticas que utilizam recursos naturais, como a ventilação e o sombreamento, para regular a temperatura interna dos edifícios, melhorando o conforto térmico e a eficiência energética. Em "*Climate Considerations in Building and Urban Design*" de Givoni (1992), explana-se que a temperatura do ar influencia o design arquitetônico e a seleção de materiais, com isso, apresenta métodos para projetar edificações que respondam de forma eficaz às variações de temperatura, utilizando técnicas como isolamento térmico e ventilação cruzada.

Os autores Lamberts et al. (2014) discutem a importância da temperatura do ar no contexto da eficiência energética. Eles destacam estratégias para otimizar o desempenho térmico dos edifícios, como o uso de materiais de construção adequados, a orientação solar e a integração de tecnologias de resfriamento passivo.

Brager e de Dear (1998), em seu estudo sobre conforto térmico adaptativo, exploram como as pessoas se adaptam a diferentes temperaturas do ar ao longo do tempo. Eles sugerem que os padrões de conforto térmico devem ser flexíveis e considerar a adaptação humana, permitindo uma maior variação na temperatura interna sem comprometer o conforto dos ocupantes.

A compreensão da influência do espaço aberto e fechado na temperatura do ar é interpretada de várias maneiras na arquitetura. No ambiente aberto, a ventilação natural pode aparecer como corredores de vento que promovem a circulação de ar fresco, ajudando a regular a temperatura mais alta. No entanto, durante o frio, a percepção térmica pode ser mais baixa, resultando em uma temperatura menos confortável. É importante adaptar as condições climáticas predominantes do local, a zona bioclimática e as estações do ano (CUNHA e SILVA, 2022). Outros estudos sobre o tema reforçam a importância de tais adaptações para alcançar um conforto térmico ideal, considerando variáveis locais e sazonais (OLGYAY, 1963; GIVONI, 1998).

O sombreamento no ambiente externo dispõe de elementos naturais ou artificiais, como brises e árvores, para proteger da radiação solar direta e reduzir o ganho de calor. A massa térmica representa-se no uso de materiais com alta capacidade térmica que armazenam e liberam calor lentamente, ajudando a estabilizar a temperatura interna. No ambiente externo, o uso de materiais nas

fachadas das edificações e elementos urbanos e paisagísticos faz o papel de massa térmica (CUNHA, 2022).

Autores como Victor Olgyay, B. Givoni, e as diretrizes da ASHRAE (2009) fornecem uma base teórica sólida e estratégias práticas para integrar considerações térmicas no design arquitetônico, sendo assim, é necessário compreender e aplicar esse conhecimento para criar ambientes confortáveis e sustentáveis.

Já a temperatura radiante média desempenha um papel fundamental no estudo do conforto térmico e no design de ambientes construídos. Ela representa a média das temperaturas radiantes emitidas por todas as superfícies ao redor de um ponto específico, influenciando diretamente a sensação térmica das pessoas.

Richard de Dear (1978), demonstrou como variações na temperatura radiante média podem afetar significativamente a sensação térmica dos ocupantes em ambientes internos. A temperatura do ar, embora comumente utilizada como indicador de conforto térmico humano, não expressa precisamente a sensação térmica (BARAKAT; AYAD; EL-SAYED, 2017). A temperatura radiante média (TRM) é considerada um dos elementos mais importantes para influenciar o conforto térmico em espaços abertos (MINELLA; ROSSI; KRÜGER, 2011).

A ASHRAE (2009) fornece diretrizes para o cálculo e consideração da temperatura radiante média no projeto de sistemas de climatização, destacando sua importância para garantir o conforto térmico dos ocupantes.

Fanger (1970) introduziu o conceito de temperatura radiante média como um parâmetro crucial para determinar a sensação térmica das pessoas, influenciando o desenvolvimento de padrões relacionados ao conforto térmico. Lamberts et al. (2014) apresentam métodos para calcular e controlar a temperatura radiante, visando melhorar o conforto térmico dos ocupantes e reduzir o consumo de energia.

Thorsson et al. (2007), Matzarakis, Blazejczyk e Amelung (2007a) e Krüger, Minella e Rasia (2011) destacam a importância da temperatura radiante média na avaliação do conforto térmico em espaços abertos.

A determinação da temperatura radiante média é baseada no coeficiente de troca de calor por convecção, seja ela natural ou forçada (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). O cálculo dos valores de temperatura radiante média, utilizando dados de temperaturas de globo cinza, é realizado com base na equação estabelecida pela ISO 7726 (ISO, 1998).

A temperatura média radiante em espaços abertos pode ser calculada utilizando a equação de conforto térmico PMV (*Predicted Mean Vote*) proposta por Fanger em 1970. A temperatura média radiante é uma das variáveis nessa equação e é representada por T_{mrt} . A equação completa (4) é bastante complexa e leva em consideração uma série de fatores, incluindo temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa, velocidade do ar e taxa metabólica. Aqui está a parte da equação que calcula a temperatura média radiante (T_{mrt}):

$$T_{mrt} = \frac{[(T_{rs} + T_{cl})/2 + 273]^4 + \frac{(T_{su} + T_{cl})/2 + 273^4}{2} \cdot \epsilon}{4} \quad (4)$$

Onde:

- T_{rs} é a temperatura radiante do céu (K);
- T_{cl} é a temperatura radiante do ambiente (K);
- T_{su} é a temperatura superficial (K);
- ϵ é a emissividade das superfícies.

Essa equação (4) leva em conta a contribuição das temperaturas radiantes do céu, do ambiente e da superfície na temperatura média radiante em um espaço aberto.

2.4.1 Condicionantes individuais

Os condicionantes individuais são características específicas de cada pessoa que afetam sua percepção e tolerância ao conforto térmico. Esses fatores incluem o metabolismo, que determina a produção de calor do corpo em repouso, o tipo e a quantidade de vestuário usado, o nível de atividade física, condições de saúde individuais e características como idade e gênero. Cada indivíduo pode reagir de forma diferente às condições térmicas com base nessas variáveis pessoais. Reconhecer e considerar esses fatores é essencial ao projetar ambientes que proporcionem conforto térmico para uma variedade de pessoas.

Os condicionantes individuais são características específicas de cada pessoa que podem influenciar sua percepção e tolerância ao conforto térmico. Esses condicionantes variam de indivíduo para indivíduo e podem incluir:

- **Metabolismo:** O metabolismo basal de uma pessoa, que está relacionado à taxa de produção de calor do corpo em repouso, influencia sua sensibilidade ao calor e ao frio. Pessoas com metabolismo mais alto podem sentir-se mais quentes em uma temperatura ambiente dada, enquanto aquelas com metabolismo mais baixo podem sentir-se mais frias.
- **Vestuário:** O tipo e a quantidade de roupas que uma pessoa veste afetam diretamente sua capacidade de regular sua temperatura corporal. O vestuário pode fornecer isolamento térmico adicional ou permitir maior troca de calor com o ambiente, dependendo do material e do ajuste das roupas.
- **Atividade física:** O nível de atividade física de uma pessoa pode gerar calor adicional, afetando sua sensação térmica. Pessoas envolvidas em atividades físicas intensas podem sentir-se mais quentes do que aquelas em repouso, mesmo em temperaturas semelhantes.
- **Condições de saúde:** Condições de saúde individuais, como problemas de circulação, sudorese excessiva ou condições médicas que afetam a regulação da temperatura corporal, podem influenciar significativamente a percepção do conforto térmico.
- **Idade e gênero:** Crianças, idosos e pessoas de diferentes gêneros podem ter respostas térmicas diferentes devido a diferenças fisiológicas e hormonais.

Esses condicionantes individuais são importantes considerações ao avaliar e projetar ambientes que visam proporcionar conforto térmico para uma variedade de pessoas. O reconhecimento da diversidade nas necessidades e respostas térmicas individuais é essencial para criar espaços inclusivos e confortáveis.

2.4.2 Fatores socioculturais

Os fatores socioculturais exercem uma influência significativa na percepção e busca pelo conforto térmico. Normas sociais, valores culturais, práticas habitacionais e até mesmo a influência da mídia podem moldar a forma como as pessoas interpretam e respondem às condições térmicas do ambiente (NICOL, 2012; DE DEAR & BRAGER, 2002; AULICIEMS & DE DEAR, 1998). As diferentes culturas se desenvolveram em resposta às regiões geográficas e aos climas distintos (HIRASHIMA, 2010).

Eisler, Eisler e Yoshida (2003) destacam que a cultura é constituída por elementos que estabelecem um padrão para os indivíduos dentro de uma determinada cultura, incluindo percepções, crenças, avaliações, comunicação e atitudes, devido ao compartilhamento de idioma, época e/ou região geográfica. Essas diferenças culturais resultam em ações e crenças diversas em relação à natureza e ao meio ambiente. A cultura, portanto, desempenha um papel fundamental na percepção da ecologia humana (EISLER, EISLER & YOSHIDA, 2003). A Figura 02 retrata a ampla diversidade étnica no Brasil, abrangendo populações indígenas, descendentes de europeus, africanos, asiáticos e outras origens diversas.

Figura 02 – Diversidade étnica no Brasil



Fonte: Autora, adaptado da plataforma Pinterest (2024).

2.5 Fator de Visão do Céu (FVC)

O fator de visão céu (FVC), ou em inglês *Sky View Factor* (SVF), é um índice, representado pelo símbolo Y_s , o qual indica a proporção de céu que está visível em um determinado ponto, ou seja, a quantidade de céu disponível para que ocorra a dispersão de energia térmica.

Os autores Givoni (1998) e Oke (1981) destacam a importância da quantidade e qualidade da visão do céu na regulação térmica de espaços internos e externos. Além disso, estudos de Lamit et al. (2015) e de Oliveira et al. (2018) enfatizam a influência do fator de visão do céu na iluminação natural, na ventilação e na sensação de conforto térmico dos ocupantes. Portanto, ao projetar edifícios e espaços urbanos, é essencial considerar o fator de visão do céu como um aspecto fundamental para promover ambientes saudáveis e confortáveis.

O clima urbano é consequência da atuação de diferentes variáveis, sendo que o fator de visão do céu constitui um desses elementos (MINELLA, ROSSI, & KRÜGER, 2009). O fator de visão do céu (FVC) desempenha um papel importante na relação entre a climatologia urbana e as variações espaciais que ocorrem (MORAES et al.,

2018). Theeuwes et al. (2017) e Middel et al. (2018) apontam que a parcela de céu visível demonstra a geometria e a densidade construtiva de um local.

A visão do céu, (FVC), pode ser avaliada de várias maneiras, dependendo da pesquisa e contexto. Algumas abordagens incluem, o mapeamento visual, modelagem computacional, sensoriamento remoto e ou instrumentação específica.

O mapeamento visual consiste na observação direta do céu a partir de diferentes pontos em um local para avaliar a quantidade e a qualidade da visão do céu em várias direções. Esta técnica pode ser realizada visualmente ou através de fotografias. Este método será utilizado nesta pesquisa, conforme apresentado posteriormente. Além disso, será empregada a abordagem de modelagem computacional, utilizando softwares especializados para criar representações tridimensionais de um ambiente construído e calcular o fator de visão do céu com base na geometria do local.

Usa-se também, imagens de satélite ou drones para capturar informações sobre a visão do céu em uma determinada área. Essas imagens podem ser processadas para calcular métricas como a fração de céu visível em diferentes locais. O uso de instrumentos de medição específicos, como hemisferômetros ou piranômetros, são ferramentas para quantificar diretamente a quantidade de céu visível em um local.

A escolha do método de avaliação depende dos objetivos da análise, da escala do estudo e dos recursos disponíveis. A combinação de diferentes métodos apresenta-se mais eficaz para obter uma compreensão da visão do céu em um determinado ambiente. A lente especial ondulada da marca Canon Rf 135mm, representa o modelo com mais qualidade proposta nessa pesquisa, sendo usado no estudo de Tuan Ho e Madhukar Budagavi (2017), intitulado "Dual-fisheye lens stitching for 360-degree imaging". Entretanto, o uso de lentes olho de peixe, como a Canon EF 8-15mm f/4L Fisheye USM, é bem documentado em várias aplicações científicas e tecnológicas, conforme demonstra a Figura 03:

Figura 03 – Lentes Canon



Fonte: Canon, Lente Canon Rf 135mm F/1.8L Is Usm

2.6 Índices de Conforto Térmico

Os índices de conforto térmico fornecem dados para análise das condições ambientais em diversos contextos. Diferentes índices são empregados para estimar os níveis de estresse térmico das pessoas e para auxiliar na compreensão da percepção térmica humana nos espaços em que estão inseridos. Segundo Frota e Schiffer (2001), o desenvolvimento de estudos voltados à determinação das condições de conforto térmico e dos níveis de desconforto por frio ou calor resultou no surgimento dos índices térmicos. Esses índices surgiram da necessidade de quantificar e englobar em um único elemento o efeito das variáveis que interferem no conforto térmico sobre o corpo do indivíduo (ANDRADE, 1998).

O Índice de Temperatura Efetiva (TE), desenvolvido por Fanger em 1972, considera temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e taxa metabólica para calcular a sensação térmica de um indivíduo.

Matzarakis, Mayer e Iziomon (1999) definem o Índice de temperatura equivalente (ET) como a temperatura que produziria a mesma resposta fisiológica que as condições reais, considerando variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar.

O Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG), é utilizado para avaliar o estresse térmico em ambientes de trabalho, leva em conta a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura do globo.

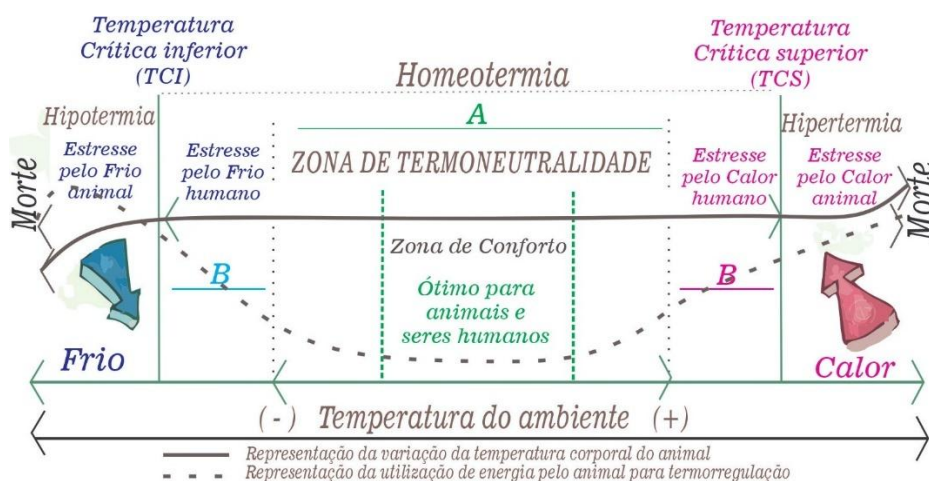
O Índice de Carga Térmica Radiante (RAT) avalia o impacto da radiação térmica na percepção de calor, considerando variáveis como temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar.

No caso do Índice de Condições de Conforto Térmico (PMV/PPD), desenvolvido por Fanger em 1970, calcula-se o "Valor Médio Previsto" (PMV) para representar a sensação térmica média de um grupo de pessoas e a "Percentagem de Pessoas Insatisfeitas" (PPD) para avaliar a insatisfação térmica.

Esses índices são essenciais para avaliar o conforto térmico e são amplamente empregados na literatura científica para compreender e aprimorar as condições ambientais em diversos cenários.

Na Figura 04, adaptado de Baccari Júnior (1998) e Neto (2021), a zona de termoneutralidade animal e humana na faixa de temperatura ambiente, apresenta similaridades e fragilidade no estresse pelo frio ou pelo calor.

Figura 04 – Zona de termoneutralidade animal e humana



Fonte: adaptado das informações de Baccari Júnior (1998) e (NETO, 2014).

2.6.1 Modelo MEMI

O Modelo de Microclima Urbano e Saúde (MEMI) é uma ferramenta na biometeorologia urbana, com foco nos efeitos do clima urbano na saúde humana. Desenvolvido por diversos pesquisadores, Mayer (1993) destaca a importância de considerar os efeitos do tempo, clima e poluição do ar no organismo humano. Fanger (1970) é pioneiro na modelagem do balanço térmico humano, catalisando subsequentes estudos sobre modelos de balanço de calor corporal, conforme observado por Höpfe (1993). O MEMI, ao integrar essas perspectivas, oferece uma abordagem abrangente para compreender e mitigar os impactos da exposição ao

clima urbano na saúde, proporcionando insights valiosos para a concepção de ambientes urbanos mais saudáveis e sustentáveis.

O MEMI (Modelo de Microclima Urbano e Saúde) é analisado através de uma variedade de técnicas e métodos que visam compreender os efeitos do clima urbano na saúde humana. Isso pode incluir: coleta de dados, modelagem matemática, estudos epidemiológicos, avaliação de riscos à saúde, desenvolvimento de estratégias de mitigação.

Na coleta de dados meteorológicos, as informações sobre o ambiente construído e dados de saúde, servem para realizar as análises. Já nos modelos matemáticos, usa-se software para simular o microclima urbano e prever os padrões de exposição ao clima e à poluição do ar. Os pesquisadores aplicam o MEMI em estudos epidemiológicos para investigar a relação entre as condições climáticas urbanas e diversos problemas de saúde, como doenças respiratórias, cardiovasculares e mentais.

O MEMI é utilizado para avaliar os riscos à saúde associados às condições climáticas urbanas, identificando grupos populacionais vulneráveis e áreas de maior exposição. Com base nas análises do MEMI, são propostas estratégias de adaptação e mitigação para reduzir os impactos negativos do clima urbano na saúde, como a criação de parques urbanos, melhorias na infraestrutura verde e políticas de controle da poluição do ar.

Sendo assim, a análise do MEMI envolve uma abordagem multidisciplinar que combina dados meteorológicos, modelagem matemática, estudos epidemiológicos e avaliação de riscos à saúde para fornecer informações valiosas sobre os efeitos do clima urbano na saúde humana e orientar a tomada de decisões para promover ambientes urbanos mais saudáveis e sustentáveis. No entanto, (Mayer, 2006) aborda o tema de forma semelhante ao discutir a importância de uma abordagem multidisciplinar para entender os efeitos do clima urbano na saúde humana e no ambiente urbano como um todo.

2.6.1.1 Calibração do PET

A calibração do PET (*Physiological Equivalent Temperature*) proporciona exatidão e confiabilidade dos dados coletados sobre a exposição individual baseada no balanço térmico do corpo, tendo como objetivo apontar os efeitos do ambiente térmico relacionados com calor, frio e conforto. Autores como Steinle et al. (2015) ressaltam a importância desse processo para garantir a validade dos resultados. Descrito por Adams et al. (2014), esse procedimento envolve ajustes nos sensores e instrumentos do PET para assegurar que as medições estejam alinhadas com os padrões de referência estabelecidos.

Diferentes estudos utilizam métodos variados de calibração do PET. Johansson et al. (2014) apontam a falta de padronização nos métodos de análise do conforto térmico em áreas externas, ressaltando a necessidade de um consenso para facilitar comparações adequadas. Krüger et al. (2018) observam a ausência de acordo entre os pesquisadores sobre a estratégia de calibração do índice PET, dificultando a comparação entre os estudos. No estudo conduzido por Pantavou et al. (2014), foram comparados diferentes métodos de calibração de índices de conforto térmico para espaços abertos em clima mediterrâneo, incluindo regressões cúbicas e lineares, bem como análise Probit.

O método de calibração do índice PET pode variar dependendo do contexto e dos objetivos específicos da pesquisa. Geralmente, envolve ajustes nos sensores e instrumentos utilizados para coletar dados sobre a exposição pessoal às oscilações de temperatura do ambiente.

Os dados coletados pelo PET são comparados com medidas de referência estabelecidas por instrumentos de calibração padrão para garantir sua precisão e confiabilidade, nesse caso, a Comparação com padrões de referência. Outro modo é a calibração por meio de ajustes nos sensores do PET, alinhado com as condições atmosféricas reais.

A calibração externa, conforme abordada por Pantavou, Cartalis e Asimakopoulou (2014), refere-se à utilização de dispositivos externos de calibração para verificar e ajustar os sensores do PET em espaços abertos. Este estudo realizou uma comparação entre métodos de calibração de índices de conforto térmico para espaços abertos em clima mediterrâneo, incluindo análise de regressões cúbicas e lineares, além da análise Probit.

O método de calibração do índice PET geralmente envolve uma combinação de comparação com padrões de referência, ajustes nos sensores e testes em

ambiente controlado para garantir a precisão e confiabilidade dos dados coletados. Além dos autores já mencionados, outros pesquisadores contribuíram para o entendimento e desenvolvimento de métodos de calibração do índice PET. Adams, M. D., Kanaroglou, P. S., & Jerrett, M. (2014); Steinle, S., Reis, S., & Sabel, C. E. (2015).; De Nazelle, A., Seto, E., Donaire-Gonzalez, D., Mendez, M., Matamala, J., Nieuwenhuijsen, M. J., & Jerrett, M. (2013).

O PET apresenta os níveis de estresse térmico para o frio, calor e para o conforto ocasionados no ambiente térmico devido ao balanço térmico do corpo humano. Observa-se no cenário de referência seguinte a suposição:

- temperatura radiante média igual à temperatura do ar ($T_{rm} = T_a$);
- velocidade do ar igual a 0,1 m/s ($v = 0,1$ m/s); e,
- pressão parcial de vapor de água do ar igual a 12 hPa (equivalente aproximadamente à umidade relativa de 50% a temperatura do ar igual a 20°C).

São considerados os seguintes aspectos para o indivíduo no ambiente interno de referência:

- Metabolismo correspondente a atividade leve (80 W), somado ao metabolismo basal (34 W), sendo $M = 114$ W; e,
- Resistência térmica da vestimenta igual a 0,90 clo. Höppe (1999) aponta que o procedimento para o cálculo da Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) é constituído pelas etapas descritas a seguir:
 - Cálculo das condições térmicas do corpo, como temperatura da pele (TSK) e temperatura do centro do corpo (TC), por meio das equações estabelecidas pelo MEMI, considerando uma combinação de aspectos meteorológicos e individuais;
 - Inserção dos resultados calculados de temperatura da pele e temperatura do centro do corpo no modelo MEMI e resolução do sistema de equações para a determinação da respectiva temperatura do ar (T_a), considerando $v = 0,1$ m/s, $VP = 12$ hPa, $T_{rm} = T_a$, $M = 114$ W e $I_{cl} = 0,90$ clo; e,
 - Cálculo da temperatura do ar resultante que é o PET.

No estudo de Gobo, Galvani e Wollmann (2018), os índices térmicos foram adaptados para as faixas de conforto térmico, mais próxima da realidade, como a da população de Santa Maria – RS (clima Cfa e zona bioclimática 2). A calibração do

índice PET por (GOBO, ALVANI; WOLLMANN, 2018), apresentou a faixa de conforto térmico a variação entre 16° e 24°C PET. Conforme, Ribeiro (2019), apresenta a calibração do índice PET para os espaços abertos em Cuiabá – MT, na qual está na zona climática 7, que apresenta clima Aw - Clima tropical, com inverno seco-. No estudo de (RIBEIRO, 2019) a faixa de conforto térmico apresentou variação entre 23,01° e 34,64°C PET. No mesmo local, o estudo desenvolvido por Callejas et al. (2020) apresentou a calibração do índice PET e identificou que a faixa de conforto térmico varia entre 24,1° e 30,6°C PET. A calibração do índice PET e os níveis de stress térmicos apresentados para as cidades no Brasil. São Paulo, Curitiba, Santa Maria, Vitória e Belo Horizonte são apresentadas na Tabela 01:

Tabela 01 – Calibração do índice PET

Sensação térmica	São Paulo	Curitiba	Santa Maria	Vitória	Belo Horizonte	Campo Grande
Muito frio	< 4	–	< 5	–	–	< 11
Frio	4 – 12	–	5 – 11	18 – 20	–	11 – 15
Pouco frio	12 – 18	–	11 – 16	20 – 22	–	15 – 21
Confortável	18 – 26	13 – 25	16 – 24	22 – 30	19 – 27	21 – 27
Pouco calor	26 – 31	25 – 37	24 – 30	30 – 34	–	27 – 32
Calor	31 – 43	37 –	30 – 39	34 – 46	–	> 32
Muito calor	> 43	–	> 39	> 46	–	–

Fonte: adaptado (MONTEIRO, 2008; ROSSI; KRÜGER; DRACH, 2017; GOBO; GALVANI; WOLLMANN, 2018; LUCCHESI et al., 2016; HIRASHIMA; ASSIS; NIKOLOPOULOU, 2016; SILVA; ALVAREZ, 2015)

As faixas de PET derivam do PMV, onde é baseado nos estudos realizados por FANGER (1970). O método adotado nesta pesquisa já foi amplamente empregado em diversos estudos já mencionados, para diferentes localidades, o que demonstra sua aplicabilidade e justifica a sua utilização.

2.6.1.2 Estudos precedentes

Pesquisas realizadas por Potchter et al. (2018) destacaram a crescente importância do índice PET na avaliação da sensação térmica dos indivíduos, evidenciando sua relevância para estudos de exposição pessoal aos poluentes atmosféricos. Estudos anteriores, como os conduzidos por Salata et al. (2016), demonstraram a diversidade de condições climáticas e variáveis ambientais presentes

em diferentes localidades, enfatizando a necessidade de calibrações específicas do índice PET para refletir essas diferenças regionais.

Pesquisadores têm explorado as faixas de neutralidade térmica e realizado calibrações do índice PET em várias cidades, incluindo Curitiba/PR, Pelotas/RS, Santa Maria/RS, entre outras. Esses estudos têm considerado fatores como umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e características climáticas locais para adaptar as calibrações do índice PET de forma a fornecer estimativas precisas da sensação térmica em espaços abertos.

Esses estudos precedentes estabeleceram uma base sólida para investigações futuras sobre o conforto térmico em espaços abertos, fornecendo insights importantes sobre a aplicação e a calibração do índice PET em diferentes contextos ambientais e climáticos.

Em Curitiba/PR, por exemplo, estudos conduzidos por Silva et al. (2020) exploraram as condições de conforto térmico em áreas urbanas, considerando as características climáticas específicas da região. As calibrações do índice PET foram adaptadas para refletir as condições locais, levando em conta fatores como umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar.

Já em Pelotas, pesquisas conduzidas por Santos, B. et al. (2018) investigaram o conforto térmico em espaços abertos durante diferentes períodos do dia e estações do ano. As calibrações do índice PET foram ajustadas para refletir as variações sazonais e climáticas da região, proporcionando insights valiosos sobre as condições de conforto térmico para os residentes locais. Além disso, contribuições importantes foram feitas pelos pesquisadores Rosa e Cunha (2021), que forneceram expertise e insights relevantes para o desenvolvimento e a condução do estudo.

Em Santa Maria, estudos conduzidos por Oliveira et al. (2019) examinaram a relação entre o índice PET e a sensação térmica percebida pelos indivíduos em ambientes externos. As calibrações do PET foram adaptadas para levar em consideração as características únicas do clima e do ambiente urbano da cidade.

Esses são apenas alguns exemplos de estudos que abordam o conforto térmico em espaços abertos e a aplicação do índice PET em diferentes localidades. As calibrações do índice PET têm sido fundamentalmente importantes para garantir a precisão das medições e proporcionar informações relevantes sobre as condições de conforto térmico em ambientes externos, contribuindo para o planejamento urbano e a qualidade de vida das populações locais.

3 Método

A pesquisa é experimental, fazendo-se uso de medições in loco e os *softwares* *Microsoft Excel* e *Rayman*. O método é constituído por quatro etapas distintas, que estão dispostas da seguinte forma:

1. organização dos procedimentos;
2. realização dos trabalhos de campo;
3. determinação dos valores de TRM e PET; e,
4. apresentação e análise dos resultados.

Na Tabela 02 são apresentados os objetivos e os procedimentos adotados em cada etapa realizada.

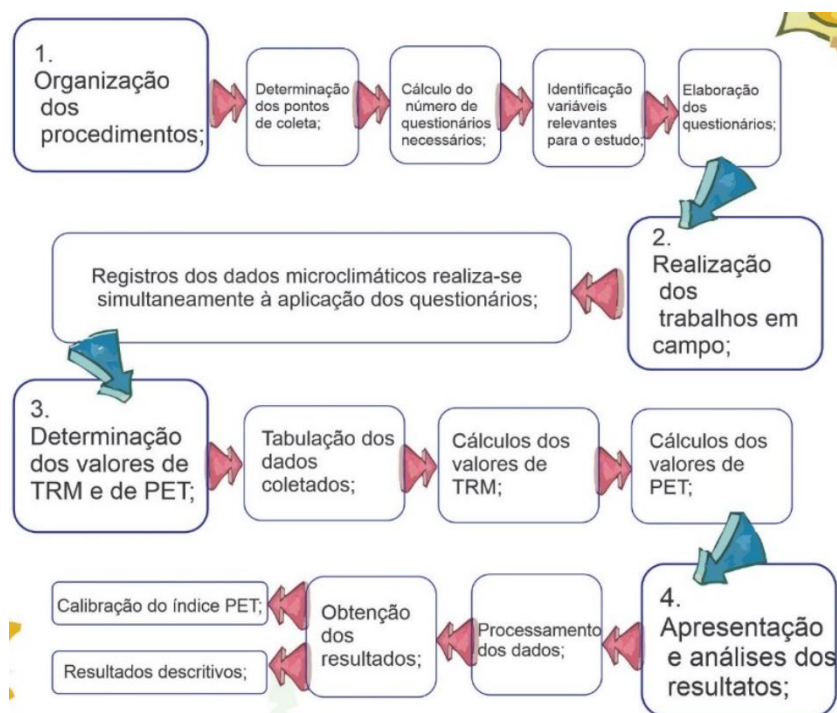
Tabela 02 – Objetivos e procedimentos

Etapas	Objetivos	Procedimentos
1. Organização dos Procedimentos	1. Definição dos pontos de coleta de dados, amostra de estudos, variáveis relevantes e elaboração dos questionários	1. Análise dos espaços utilizados com frequência pelos residentes na cidade, público alvo em estudo e identificação das questões pertinentes para a pesquisa.
2. Realização dos trabalhos em campo	2. Levantamento de dados do micro clima e percepção térmica dos respondentes em cada campanha de monitoramento realizado.	2. Com o equipamento TGD-400 foi realizado o registro das variáveis microclimáticas simultâneo a aplicação dos questionários de conforto térmico.
3. Determinação dos valores de TRM e PET	3. Determinação de PET para cada questionário aplicado.	3. Através da aplicação de equações no software Microsoft Excel e com a utilização do software Rayman, foram obtidos os valores TRM e PET.
4. Apresentação e análise dos resultados	4. Resultados descritivos e calibrados do índice PET.	4. Processamento dos dados coletados e obtenção dos resultados.

Fonte: arquivo pessoal da autora.

A Figura 05 apresenta o fluxograma da pesquisa.

Figura 05 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: elaborado pela autora.

3.1 Organização dos Procedimentos

Primeiramente, realiza-se uma revisão da literatura para coletar e analisar estudos anteriores sobre conforto térmico, fisiologia humana e critérios de conforto, além da identificação de modelos teóricos, como o de Fanger (PMV-PPD). Neste item, serão apresentados os procedimentos preliminares para o desenvolvimento desta pesquisa.

Em seguida, definem-se as variáveis relevantes, escolha do local da pesquisa, a população e amostragem, as áreas de estudo, a composição da amostra, as variáveis envolvidas, seleção de instrumentos adequados para medir dados microclimáticos e aplicar os questionários, além do planejamento para a coleta simultânea desses dados.

3.1.1 Apresentação da cidade e clima

O trabalho é desenvolvido na cidade de Santiago, situada na região centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul. Em 26 de dezembro de 1866, passou a ser

chamada de “Freguesia de São Thiago do Boqueirão” e, em 4 de janeiro de 1884, foi elevada à categoria de cidade.

Santiago (29° 11' 31" S, 54° 52' 01" O) é uma cidade de porte médio, com uma população estimada em 48.938 pessoas e densidade demográfica de 20,27 hab/Km² (IBGE, 2022). O município possuía uma área urbanizada de 16,94 Km² em 2019, com 85,4% de arborização nas vias públicas. A cidade integra o território missioneiro, tendo sido controlada por Portugal e Espanha em diferentes períodos, conforme os tratados diplomáticos e conflitos entre os dois países. Localizada na região centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul, a divisão territorial de 2001 inclui quatro distritos: Santiago, Ernesto Alves, Florida e Tupantuba, configuração que permaneceu na divisão territorial de 2020 (IBGE, 2021). A Figura 06 apresenta a localização da cidade de Santiago/RS no mapa da América do Sul:

Figura 06 – Localização da cidade de Santiago



Fonte: adaptado do Catálogo do INPE, 2023.

Santiago está situada em uma área próxima ao Vale do Jaguari e Vale Centro-Oeste, compartilha com as regiões algumas características geográficas e econômicas. De acordo com a pesquisa na Zona Bioclimática 2, a qual a cidade está inserida, destaca-se por ter os verões quentes e os invernos frios moderados, sendo assim, torna-se desafiador o desempenho térmico nos espaços abertos analisados.

3.1.2 Caracterização da população e definição da amostragem

Este estudo apresenta amostra com os residentes do município de Santiago há mais seis meses, presentes nos espaços abertos por mais de 15 minutos. O critério de permanência mínima de 15 minutos no espaço externo é embasado por estudos anteriores, como os de Krüger et al. (2013; 2015) e Lam et al. (2021), assim como por pesquisas conduzidas por Gobo, Galvani e Wollmann em Santa Maria - RS (2018), Rossi em Curitiba - PR (2012), e Hirashima em Belo Horizonte - MG (2010), os quais também adotaram períodos mínimos de 15 minutos em espaços externos.

A coleta dos dados demográficos, de acordo com o Censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a população de Santiago - RS de 48,938 habitantes, o que representa uma queda de -0,27% em comparação com o Censo de 2010. Conforme a tabela de idade do município, a maior volume em média etária na faixa representa-se entre 20 e 59 anos. A pesquisa em Santiago/RS prioriza maiores de 18 anos, porque, menores que essa faixa de idade precisam de autorização do responsável para participar. O percentual entre homens e mulheres, conforme IBGE (2020), considera-se que há 23.513 homens (48,05%) e 25.425 mulheres (51,95%). Na porcentagem étnica do município declaram-se 21,1% parda, 72,6 branca, 5% preta, 0,4% indígenas e amarelo.

Com o objetivo da pesquisa claro em determinar a zona de conforto térmico na cidade, com 49 mil habitantes. Define-se identificar o público-alvo com critério de seleção em um subgrupo específico (adultos maiores de 18 anos).

A amostra na pesquisa usa a fórmula de estatística por William G. Cochran (1977), que considera a margem de erro desejada, o nível de confiança e a variabilidade da população. Para a população de Santiago/RS a fórmula (5) usada é:

$$n' = \frac{n}{1 + n - 1N} \quad n' = \frac{1 + Nn - 1n}{1} \quad (5)$$

Onde: EQUAÇÃO

- $n'n'$ o tamanho da amostra ajustado para a população finita.
- NN o tamanho da população (49.000 habitantes).

Para pesquisa com 95% de nível de confiança e margem de erro de 5%:

1. $Z=1,96$ $Z=1,96$
2. $p=0,5$ $p=0,5$
3. $E=0,05$ $E=0,05$

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot (1-0,5)}{(0,05)^2} = \frac{3,8416 \cdot 0,25}{0,0025} = \frac{0,9604}{0,0025} = 384,16$$

Fonte: elaborado pela autora.

Ajusta-se para a população alvo em Santiago/RS de 49mil hab. em:

$$n' = \frac{384}{1 + \frac{384-1}{49.000}} = \frac{384}{1 + \frac{383}{49.000}} = \frac{384}{1+0,00782} = \frac{384}{1,00782} \approx 381$$

Fonte: elaborado pela autora.

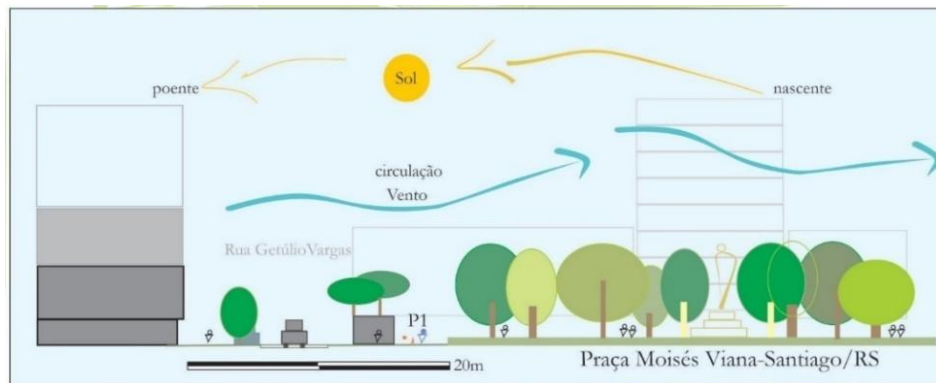
Portanto, o tamanho da amostra estabelecida apontou a necessidade de **381** questionários validados, de maneira a cumprir com os parâmetros estabelecidos em Santiago/RS. A amostra refere-se ao total de questionários na pesquisa. A equação calculada ajusta-se numa estimativa de média populacional com uma distribuição representativa e estatisticamente válida para a pesquisa na cidade, garantindo os resultados confiáveis e aplicáveis à população-alvo.

3.1.3 Definição dos pontos de estudo

Três áreas de observação foram estrategicamente escolhidas para a coleta de dados microclimáticos e a aplicação de questionários à população. A seleção desses locais não foi aleatória, pois visou abranger espaços com diversas condições microclimáticas. Esse cuidado foi essencial para garantir que os dados coletados representassem adequadamente as diferentes condições térmicas. Identifica-se cenários com tipologia históricas diferentes e representativa de condições diversas, com o objetivo de assegurar que o índice térmico calibrado refletisse com precisão a realidade microclimática da área de estudo. Esse procedimento é fundamental para fornecer uma base sólida de análises e conclusões mais precisas, nas condições térmicas locais.

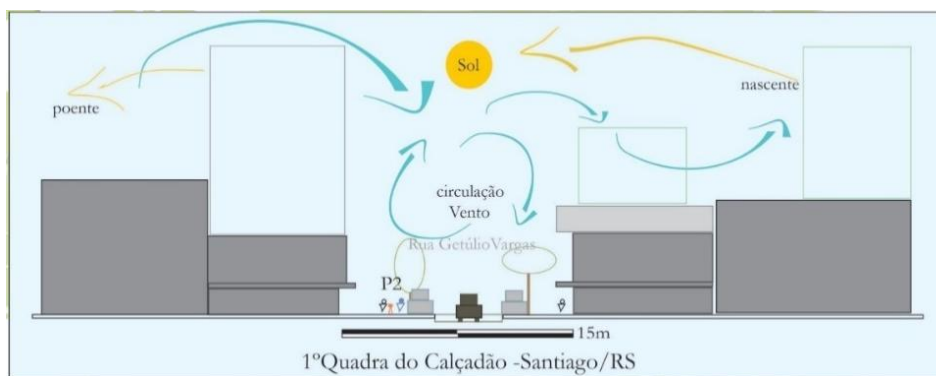
As imagens seguintes, servem para ilustrar a diversidade dos espaços externos selecionados para os pontos de coleta de dados.

Figura 07 – Ponto 1



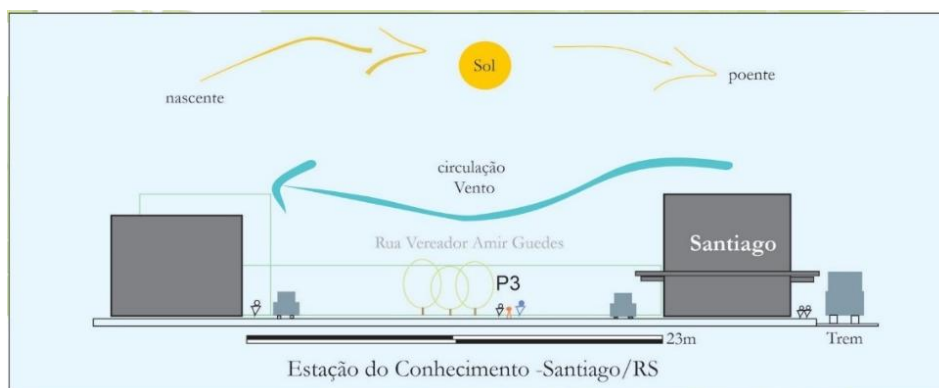
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 08 – Ponto 2



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 09 – Ponto 3



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 10 – Triangulação da pesquisa



Fonte: adaptado do Google Earth, 2023.

No que se refere ao Fator de Visão Céu (FVC) de cada ponto, ambos foram definidos, em um primeiro momento, através da captura da imagem local em análise com a utilização de uma câmera Canon com lente de 180° e, posteriormente, foi realizada a compatibilidade de *bitmaps* no *software Corel Draw*. A imagem devidamente pronta foi importada para o *software RayMan* através da ferramenta *Sky View Factor*, onde foram inseridas as coordenadas de cada ponto. Ficou a cargo da pesquisadora indicar o local de maior e menor intensidade de luz e radiação. Foram apresentadas as características da pavimentação, edificações, circulação, a densidade de área de vegetação foliar, com maior incidência (+), menor incidência (-) e nenhuma incidência (0). A Tabela 03 informa o FVC e as características de cada ponto.

Tabela 03 – Características por pontos

Ponto	Local	FVC	Pavimentação	Circulação	Vegetação	Edificação
01	Praça Moisés Viana	0,504	Bloco basalto	Pedestres e veículos	Densidade de área foliar(+)	Pouco edificação ao redor
02	1º quadra Calçadão	0,401	Bloco basalto	Pedestres e veículos	Densidade de área foliar(-)	Cercado de edificação ao redor
03	Estação do Conhecimento	0,758	Bloco paralelepípedo	Pedestres e veículos	Densidade de área foliar(0)	Pouco edificação ao redor

Fonte: elaborado pela autora.

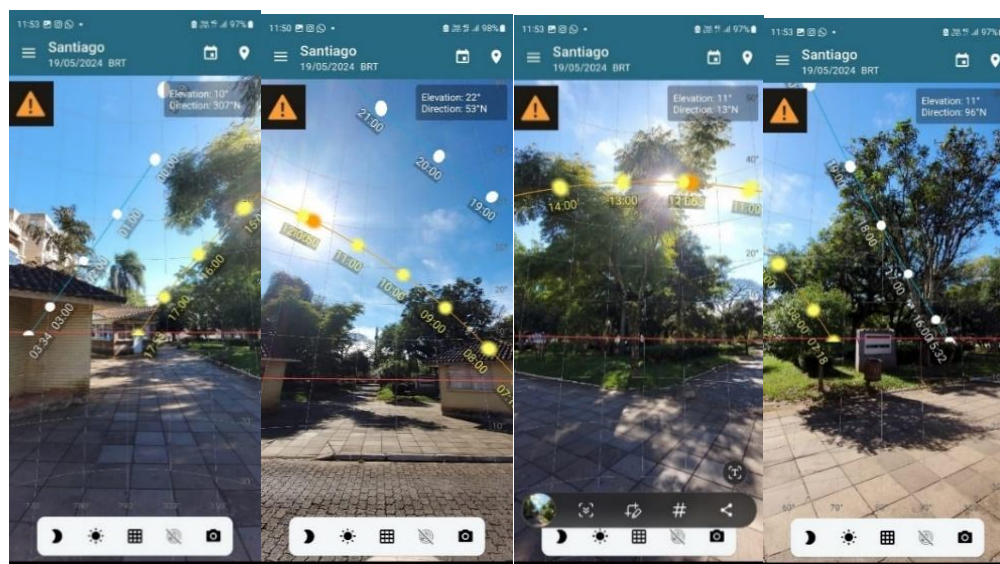
Na busca do conforto em espaços abertos no urbanismo contemporâneo, os três pontos selecionados, encontram-se num conjunto de elementos distintos viáveis para a necessidade proposta na pesquisa.

3.1.3.1 Ponto 1

O Ponto 1 está situado no centro de Santiago, P1- Praça Moisés Viana - Rua Getúlio Vargas, área central da cidade, muito arborizada, com fluxo de pessoas alto, piso de basalto, largura da calçada na via, mede de 10m a 11m. Latitude $29^{\circ}11'30''$ S; Longitude $54^{\circ}52'00''$ W; e está a 423.581.858.9m de altitude a nível do mar.

Apresenta-se a imagem do P1 com o diagrama considerando-se a Terra fixa e o Sol percorrendo a trajetória diária da abóbada celeste, variando de caminho em função da época do ano. As informações da Figura 11 foram extraídas através do aplicativo do Google Play (SUNPOSITIONDEMO, 2024).

Figura 11 – Imagens do P1



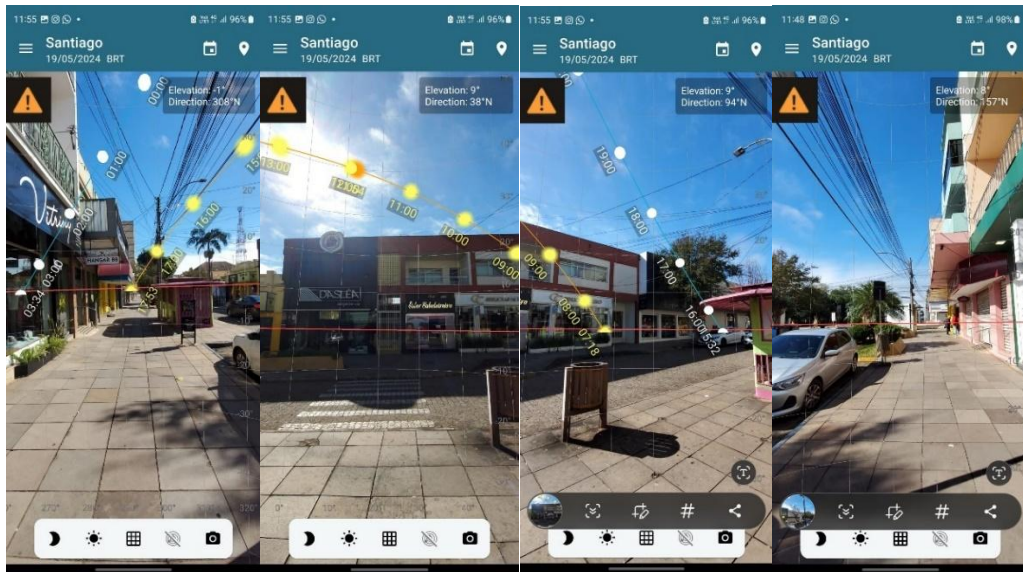
Fonte: Ponto 1. App do Google Play, SUNPOSITIONDEMO, atualizado em: 18/03/ 2024.

3.1.3.2 Ponto 2

O Ponto 2 está situado no centro comercial da cidade de Santiago, no qual, esta área dispõe de pouca vegetação, marquises (sombreamento artificial parcial). P2 - Primeira quadra do calçadão- Rua Getúlio Vargas, localizado a 132m de primeiro ponto de coleta. Piso de basalto, a largura da rua varia de 4m na área sem arborização e 5m com arborização de pouca densidade foliar.

Com número alto de fluxo de pessoas e veículos. Considerada área de edificações mais densa com marquises largas. Latitude $29^{\circ}11'28''$ S; Longitude $54^{\circ}52'03''$ W; e está a 423.027.099.3m de altitude a nível do mar, de acordo com a Figura 12:

Figura 12 – Imagem do P2

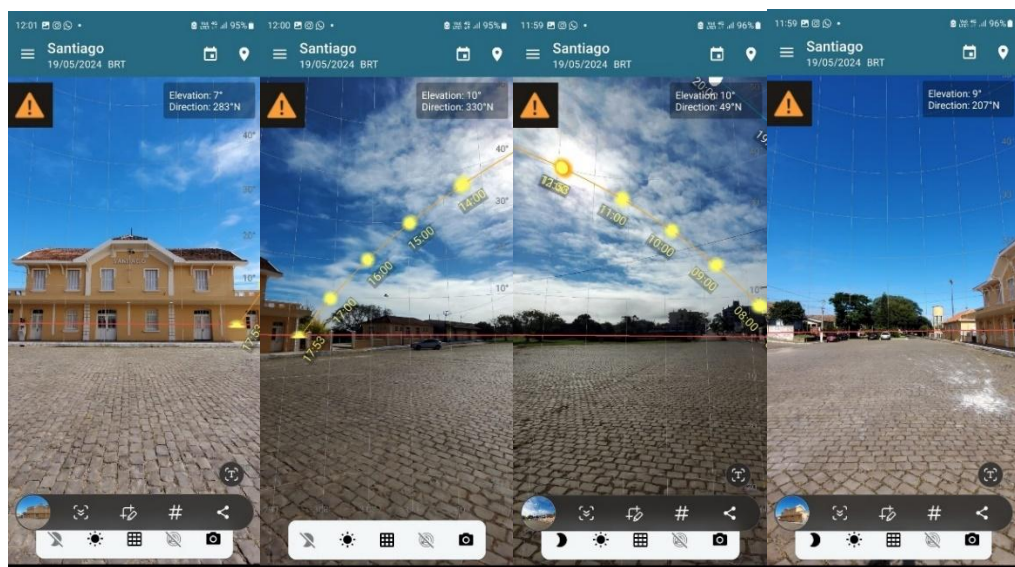


Fonte: Ponto 2. App do Google Play, SUNPOSITIONDEMO, atualizado em: 18/03/2024.

3.1.3.3 Ponto 3

O Ponto 3 está situado no centro da cidade, esta área não dispõe de vegetação, o sol é o protagonista do local, na qual a circulação de pedestres apresenta-se moderada. P3 – Estação do Conhecimento – Rua Barão do Ladário, Centro. Área sem arborização, calçada de blocos de concreto medindo 1,5m na largura. A rua de paralelepípedo em frente varia a largura de 20m e 37m. Latitude 29°11'25" S; Longitude 54°52'22" W; e está a 423.581.858.9m de altitude a nível do mar.

Figura 13 – Imagem do P3



Fonte: Ponto 3. App do Google Play, **SUNPOSITIONDEMO**, atualizado em: 18/03/2024.

3.1.4 Definição do Fator de visão do céu (FVC – *Sky View Factor*)

O software *RayMan* é uma ferramenta frequentemente utilizada em estudos de conforto térmico e iluminação natural em ambientes construídos. Desenvolvido pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Energia em Edificações (LCAE) da Suíça, o *RayMan* permite simular a radiação solar direta e difusa, além de calcular indicadores como a exposição solar e o fator de visão do céu em diferentes períodos do ano e em várias localidades geográficas.

Na pesquisa, o uso do software *RayMan* auxilia no detalhamento dos parâmetros de entrada utilizados nas simulações, bem como os resultados obtidos e suas implicações para o conforto ambiental e a eficiência energética dos espaços analisados. O software fornece condições de análise precisa sobre a distribuição da luz solar e a incidência de sombreamento em determinados locais. Tornando-se ferramenta importante na tomada de decisões relacionadas aos projetos arquitetônicos, como orientação, dimensionamento de aberturas, seleção de materiais e na configuração do espaço.

A definição do fator de visão do céu buscou estabelecer o FVC de cada ponto com o programa *RayMan*, desenvolvido por Matzarakis, Rutz e Mayer (2007b). O mesmo foi usado para obtenção dos valores de FVC nos trabalhos desenvolvidos por Minella, Rossi e Krüger (2009, 2011) e Ribeiro (2019).

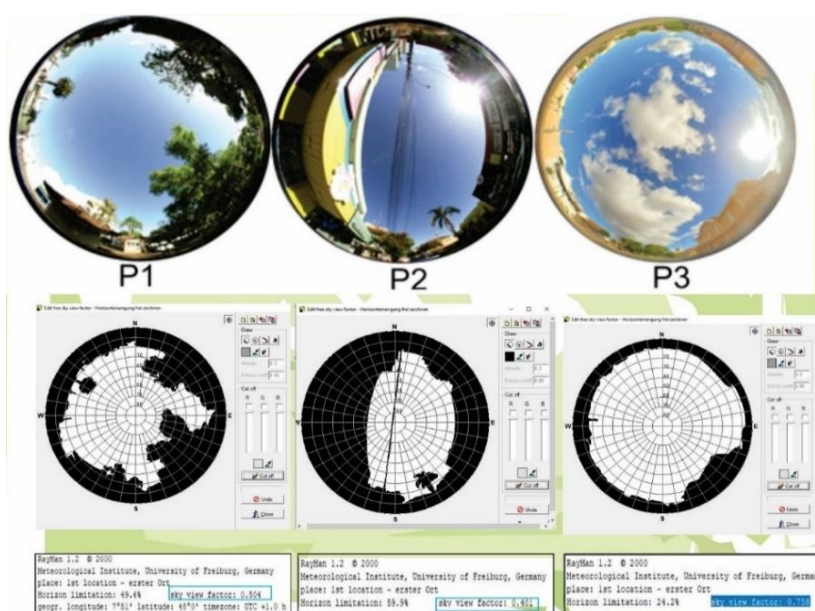
As imagens realizadas com lente olho de peixe, foram obtidas através da câmera marca Canon. Após as imagens tiradas na posição vertical nos pontos, a edição das mesmas, passou pelo programa do *Corel Draw*, transformando a imagem em “*bitmap*” e salvas individualmente. A retirada do céu, foi para que estivessem de acordo com o *grid* polar visualizado no *RayMan*. Ao iniciar o *RayMan*, deve ser selecionado o Input na barra de ferramentas. A seguir, deve ser escolhida a opção “*Sky View Factor*”, após, por meio do “*Open Horizon Limitation*”, deve ser importada a imagem para análise. Ao selecionar a ferramenta “*Monochrome*”, as áreas que encobrem a passagem dos raios solares ficam na cor preta.

Neste momento apresentam-se os pontos de coleta e a análise do fator de visão do céu realizada no *RayMan*, dentro do método proposto no andamento da pesquisa. O primeiro ponto de coleta (P1), localizado na calçada da praça Moisés Viana, o fator de visão do céu (FVC) foi de 0,504. Esse ponto está situado em um espaço aberto

com alta densidade arbórea. No segundo ponto de coleta (P2), localizado na primeira quadra do calçadão, o FVC foi de 0,401. Este ponto está em um espaço aberto cercado por edificações e apresenta pouca densidade arbórea. No terceiro ponto de coleta (P3), localizado no espaço aberto em frente à Estação do Conhecimento, o FVC foi de 0,758. Este ponto é caracterizado pela presença direta do sol, sem proteção da radiação solar e de ventos predominantes da região.

A Figura 14 mostra uma imagem fotográfica da lente olho de peixe e Edição Sky view fator-RayMan 1.2, com análise de cada ponto de coleta:

Figura 14 – Imagem fotográfica lente olho de peixe



Fonte: arquivo da autora.

3.1.5 Variáveis

Durante as campanhas de monitoramento em Santiago, registram-se todas as variáveis que impactam diretamente ou indiretamente no equilíbrio de energia do corpo humano, na tipologia dos espaços e nos dados térmicos dos aparelhos, como aquelas essenciais para calcular e calibrar o índice PET. Essas variáveis podem ser agrupadas em três categorias distintas: variáveis climáticas, variáveis individuais e variáveis subjetivas. A seguir, serão detalhados esses elementos.

3.1.5.1 Variáveis individuais

As variáveis individuais influenciam diretamente a percepção de cada respondente, no qual, fornece os dados necessários para as condições ambientais. Durante a aplicação dos questionários, em conjunto com as medições das variáveis ambientais, foram coletados dados sobre os aspectos pessoais dos respondentes.

No aspecto da informação do sexo biológico (feminino ou masculino), existem diferenças fisiológicas e metabólicas entre os sexos que podem afetar a sensação térmica. A idade (anos) possui fator de regulação térmica, podendo variar dos mais jovens em relação a pessoas mais velhas, com isso, influencia diretamente no conforto térmico. Na medida antropométrica, a altura (cm) e massa corporal (kg), são essenciais para calcular a área de superfície corporal e, em conjunto com outros dados, determinar a taxa metabólica.

A taxa metabólica (W/m^2), representa a quantidade de energia produzida pelo corpo, fator de avaliação no conforto térmico. Medidas essas, quantificadas conforme as normatizações internacionais, conforme padrões para diferentes níveis de atividade física. O isolamento térmico da vestimenta (Clo), influenciam a troca de calor entre o corpo e o ambiente. Os valores de Clo conforme as normas internacionais, registra-se a medida com precisão e consistência, na pesquisa.

Desta forma, a Tabela 05 apresenta os valores da taxa metabólica adotadas no estudo, referenciando as diversas atividades presente na norma ISO 8996 (2004).

Tabela 05 – Valores de taxas metabólicas

Atividade exercida	Taxa metabólica
Sentado	45W/m ²
Em pé	60W/m ²
Andando a 3,2km/h	115W/m ²
Andando a 4,2km/h	150W/m ²

Fonte: Adaptado, ASHRAE (2017^a).

A localização do respondente (sob o sol ou à sombra), considera-se de impacto direto da radiação solar na percepção térmica dos indivíduos.

A coleta e análise dessas variáveis individuais são fundamentais para compreender como diferentes fatores pessoais afetam a percepção do conforto

térmico. Ao integrar essas informações com as medições ambientais, é possível obter uma visão mais completa e precisa das condições térmicas, tornando-se essencial no desenvolvimento de mitigação e adaptação em ambientes urbanos.

3.1.5.2 Variáveis subjetivas

As variáveis subjetivas dependem das percepções e sensações individuais dos respondentes em relação ao ambiente.

A sensação térmica refere-se à percepção individual de quão quente ou frio o respondente sente no ambiente. Nos espaços determinados, coleta-se para análise a temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa do ar e velocidade do ar. O monitoramento, foi durante as quatro estações do ano, iniciando no outono de 2023 (dois mil e vinte e três), terminando no verão de 2024 (dois mil e vinte e quatro). O monitoramento proposto nos horários de maior utilização dos espaços e maior índice da radiação solar. Os horários de observação estão na tabela abaixo: Através da escala da ISO 10551, identifica-se na análise a percepção do respondente no exato momento que está sendo gravado os dados no aparelho e computador (ISO, 1995).

Tabela 06 – Variáveis subjetivas

Voto de Conforto	Sensação Térmica
-3	muito frio
-2	frio
-1	pouco frio
0	neutro
1	pouco calor
2	calor
3	muito calor

Fonte: Adaptado, ISO 10551(2015).

3.1.6 Elaboração do questionário

A elaboração do questionário nessa pesquisa resulta do trabalho em conjunto realizado pelos pesquisadores da Universidade de Lund, na Suécia, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Na qual, foram feitas adaptações de vocabulário no questionário utilizado na pesquisa realizada em Pelotas (ROSA, 2021).

A pesquisa elabora uma análise triangular (espaço aberto, dados climáticos e a percepção do morador). Utiliza-se o método qualiquantitativo, com objetivo de determinar a Zona de Conforto Térmica no espaço aberto na cidade de Santiago/RS.

O questionário tipo “Survey” apresenta-se essencial aos objetivos desta pesquisa, que necessita de 381 questionários por número de habitantes, no mínimo. O questionário foi aplicado em 3 pontos diferentes de coleta de dados, em horários alternados. Necessitou-se de 2 ou mais pessoas para a aplicação do questionário, pois os dados climatológicos são coletados no mesmo momento. Os respondentes da localidade são o público alvo, com idade maior de 18 anos. Ao considerar a sua aplicabilidade, a pesquisa agrupa 7 etapas no questionário, sendo (dados do local, biometria, uso do espaço, aclimatação, percepção térmica, percepção de ventilação e observacionais). O mesmo oferece 7 categorias de respostas em média, exemplificando desta forma (-3,-2,-1,0,1,2,3). Não esquecendo que o Termo de consentimento, livre e esclarecimento foi apresentado a cada respondente.

Foram consideradas diferentes normativas, para a elaboração das perguntas que constituem o questionário. A ISO 10551 (ISO, 2015) apresenta sobre a percepção térmica do usuário, escalas térmicas de percepção. As normas ISO 7730 (ISO, 2005), ISO 8996 (ISO, 2004) e ISO 9920 (ISO, 2007), e o estudo de Johansson et al. (2014) também foram consideradas. Na pesquisa, optou-se por fazer os questionários impressos para evitar a falta de conexão via internet ou energia elétrica. A aplicação do questionário se deu pelo período de 1h, obtendo uma média de 15 respondentes. Com isso, o questionário tornou-se de fácil manejo na padronização dos dados e na uniformidade desejada.

O entrevistador apresenta o questionário a um dos participantes, nesse caso, a pesquisa é estruturada para a obtenção das respostas dos respondentes. O

entrevistador aborda oralmente as perguntas aos entrevistados, no decorrer, as respostas são relatadas nos questionários pelos entrevistadores.

Nas campanhas de monitoramento realizadas nos pontos (P1, P2 e P3) foi aplicado um questionário a cada entrevistador para um respondente. Foi observado que tempo para a conclusão de cada questionário, por parte dos entrevistados, utilizou um tempo entre 3 e 5 minutos.

A estruturação das perguntas foi elaborada por questões fechadas com respostas de múltipla escolha, por se tratar de um questionamento que reduz as possibilidades de diferentes perspectivas, na duração da entrevista. Nesse caso, é obtida uma resposta objetiva para as questões consideradas.

Na verificação da sensação térmica das pessoas em áreas externas, foi elaborado um questionário agrupando as questões em biometria, uso do espaço, aclimatação, percepção térmica e percepção da ventilação. No mesmo questionário, são preenchidas informações relacionadas aos locais de cada ponto de coleta de dados, identificação da data, horário de término da entrevista. Ao final do questionário, o entrevistador fez anotação das peças de vestuário utilizadas por cada participante, a fim de determinar o isolamento térmico do vestuário (clo).

O entrevistador preenche o questionário, em relação a biometria do entrevistado, o sexo biológico, se feminino ou masculino; a idade, em anos; a altura, em centímetros; massa corporal, em kg; auto classificação da cor da pele, categorizadas em branca, parda, preta, amarela ou indígena, conforme as classes adotadas pelo Censo do IBGE.

Ao analisar aclimatação do usuário de longo e curto prazo, questiona-se há quanto tempo o entrevistado mora em Santiago, caso resida há mais de seis meses, menos de seis meses ou não reside em Santiago. Pergunta-se ainda se o entrevistado se considera uma pessoa urbana ou rural. O uso do ar condicionado anterior a saída ao espaço aberto, também faz parte das questões acerca da aclimatação do entrevistado. As perguntas investigam quanto a utilização do ar condicionado no ambiente residencial, sendo que as opções de resposta são: nunca, às vezes ou sempre. O questionário investiga se o indivíduo trabalha em um ambiente com o ar condicionado ligado, onde são apresentadas as mesmas opções de respostas; e se o indivíduo vem de um ambiente com ar condicionado em funcionamento.

O tempo no ambiente externo também estabelece a questão sobre a opção de resposta entre 15 e 30 minutos ou mais que 30 minutos. Caso o entrevistado estivesse

a menos de 15 minutos no ambiente aberto o questionário deve ser invalidado. Sobre a impressão do entrevistado, a avaliação e preferência térmica visavam a obtenção das respostas para as variáveis subjetivas. Na norma ISO 10551 (ISO, 2015) com a finalidade de medir o parecer subjetivo nos ambientes, a consistência térmica existe em escalas de sensação, avaliação e preferência.

A análise do pedestre refere-se a como ele se sente no espaço aberto, utilizou-se a escala de confortável, ligeiramente desconfortável, desconfortável ou muito desconfortável. Por fim, questionou-se a preferência térmica do usuário, a escala de 7 pontos de preferência apresenta as opções muito mais frio, mais frio, um pouco mais frio, nem mais frio nem mais quente, um pouco mais quente, mais quente ou muito mais quente.

A percepção do respondente em relação a ventilação é questionada como o usuário percebe o vento no momento da entrevista, se forte, um pouco forte, estável, um pouco fraco ou fraco; como se sente sobre a resposta de percepção do vento, as respostas podem variar entre confortável, ligeiramente desconfortável, desconfortável ou muito desconfortável; indaga-se acerca da preferência do respondente quanto ao vento, sendo que as opções de respostas correspondem a mais forte, como está ou mais fraco.

A ciência observacional é apontada nesse estudo, na atividade metabólica que o entrevistado exerce no momento da entrevista, “caso esteja sentado, em pé, caminhando ou caminhando rápido, a fim de registrar a taxa metabólica exercida pelo participante. Ao término do questionário são apresentadas opções de vestuário para que sejam demarcadas aquelas que o participante está utilizando.

Após a aplicação dos questionários, é realizada a tabulação dos dados em uma planilha eletrônica. A organização da planilha segue a mesma sequência apresentada no questionário. O item correspondente ao valor do isolamento do vestuário é resultante do somatório das vestimentas utilizadas por cada entrevistado.” Conforme a pesquisa de referência (ROSA, Luísa Alcantara, 2021).

As Figuras 15, 16, 17, e 18 (anexo) mostram o Questionário de Conforto Térmico em áreas externas, assim como o termo de consentimento.

3.1.7 Caracterização do equipamento

Para o registro dos dados climatológicos foi utilizado neste estudo o equipamento TGD-400, da marca *Instrutherm*, previamente calibrado de fábrica. O aparelho consiste em um medidor de estresse térmico, que dispõe da função de console digital (*data logger*) e é constituído por um conjunto de sensores para a medição de temperatura e velocidade do vento.

Este equipamento satisfaz as especificações da Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06) e também pode ser usado em situações que atendam às necessidades da Norma Regulamentadora 17 (NR 17). O TGD-400 realiza medições automatizadas das variáveis ambientais de temperatura de globo, de bulbo seco, de bulbo úmido e a velocidade do ar em m/s ou ft/m as quais são utilizadas para derivar os índices de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG interno ou externo) e índice de aquecimento. As temperaturas podem ser expressas em graus °C ou °F. Neste estudo, considerando as variáveis relevantes para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas as informações de temperatura do globo, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e velocidade do ar.

Na Tabela 07 são apresentadas especificações do medidor de estresse térmico.

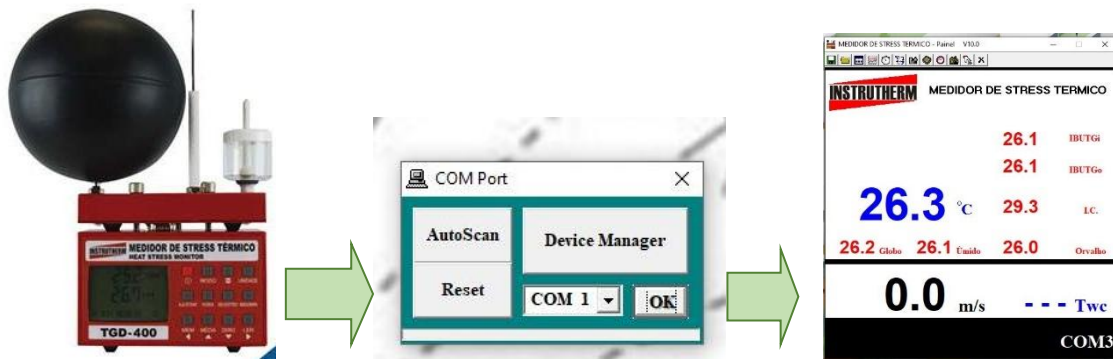
Tabela 07 – Especificação do equipamento utilizado

Sensor	Faixa	Precisão	Resolução
Termostato NTC (coeficiente negativo de temperatura)	-10~150°C	+/-0,5°C	0,1°C
Fio quente	0-20m/s	+/-4% +0,1m/s	0,1m/s

Fonte: adaptado do manual TGD-400.

O TGD-400 dispõe de taxa de amostragem de 1 vez por segundo, cujo registrador automático de dados (*data logger*) possibilita que até 65.000 leituras sejam registradas, com intervalos de tempo que podem ser ajustados entre 1 segundo e 59 segundos ou entre 1 minuto e 60 minutos, conforme manual técnico do TGD-400.

Figura 19 – Aparelho TGD-400

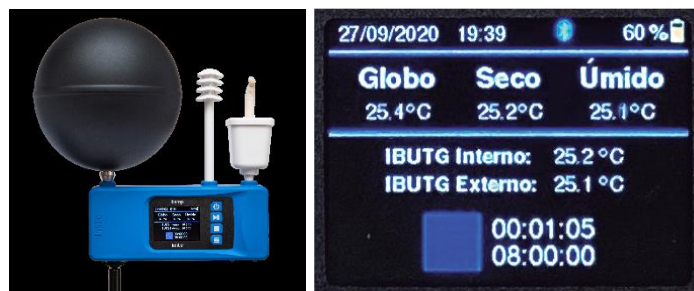


Fonte: adaptado do manual TGD-400.

Em abril de 2023, o aparelho TGD-400 não obteve conexão ao computador e por esse motivo foi necessário o uso imediato do aparelho ITEMP. O ITEMP é um termômetro de globo com (*data logger*) utilizado para medir o calor radiante no ambiente de trabalho interno ou externo. Com as mesmas funções do aparelho TGD-400, tornando-se a alternativa mais adequada e necessária para a troca. Contém o gabinete emborrachado, display colorido, bloqueio do teclado para evitar manuseio de pessoas não autorizadas, modo stand by para economia de bateria durante as suas avaliações.

Calibrado anualmente e certificado para uso da empresa ELITE - Segurança e medicina do trabalho - Conforme as Normas atendidas: NR15, NR09, NHO06. (MANUAL-ITEMP, 2023).

Figura 20 – Aparelho ITEMP



Fonte: Manual técnico, ITEMP (2023).

3.2 Realização dos Trabalhos de Campo

Nesta seção será apresentada a realização dos trabalhos em campo, fatores já mencionados anteriormente. A caracterização da equipe dos trabalhos de campo foi

elaborada unindo a pesquisadora da Faurb (UFPeI), voluntários da URI-Campus Santiago entre outros voluntários. Os voluntários selecionados foram treinados para executar a tarefa durante a coleta da Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) e determinação de valores de TRM. Em um dia de trabalho em campo, projetou-se estar 1 hora em cada estação de medição, necessitando o intervalo para recarregar a bateria de 1 hora e a soma do tempo de deslocamento da equipe e instalação do material nos três pontos de coleta, conforme Tabela 08:

Tabela 08 – Horários do trabalho de campo

Local	Horários/Períodos	Data	Estação do ano
P1	__(9 às 10); (12 às 13); (15 às 16)	___/___/20__	(P); (V); (O); (I)
P2	__(9 às 10); (12 às 13); (15 às 16)	___/___/20__	(P); (V); (O); (I)
P3	(9 às 10); (12 às 13); (15 às 16)	/ /20	(P); (V); (O); (I)

Fonte: elaborado pela autora.

A realização dos trabalhos de campo apresentou alguns desafios. Destaca-se a disponibilidade dos voluntários envolvidos. Os questionários e monitoramento ocorreram de forma irregular, totalizado em 966 respondentes. Sendo que, nos meses do Outono, o trabalho de campo registrou-se 161 respondentes, no inverno 385 respondentes, na primavera 128 respondentes e no verão 292 respondentes. Tendo em vista que o número de 381 respondentes foi determinado para amostra mínima na pesquisa, as campanhas de coleta de dados superaram esse valor.

3.2.1 Campanhas de monitoramento de dados

Os monitoramentos realizados em cada dia, assim como os pontos de coleta, hora e a estação do ano de cada campanha (O1 ao O9 (outono); O10 ao O24 (inverno); O25 ao O36 (primavera) e O37 ao O75 (verão)) estão inseridos, em formato de imagem, junto aos Anexos do presente estudo.

A organização das campanhas de monitoramento teve como pressuposto básico a intenção de atingir a quantidade necessária de questionários, completando um dia de coleta em cada local, a fim de haver equilíbrio quantitativo de entrevistas realizadas em cada ponto analisado. Os horários variaram entre 09h e 10h, 12h e 13h e 15h e 16h. Entre os intervalos de tempo houve o deslocamento da equipe,

reabastecimento e troca de baterias e a preparação dos aparelhos envolvidos na logística.

A campanha de monitoramento no mês de abril, foi realizada pelo aparelho ITEMP, por falta de conexão do TGD-400 no período. Não houve prejuízo e nem alteração de dados, por se tratar de aparelhos com a mesma função e validação das informações. Nos meses seguintes, o uso do aparelho TGD-400 emprestado da UFPel (número 181911), realizou a coleta de dados até março de 2024. Nesse caso, a definição dos períodos dos trabalhos de campo objetivou registrar as variações climáticas decorrentes do ano, a fim de computar a maior amplitude térmica possível, tornando a variação térmica essencial para a calibração do índice térmico PET.

3.2.2 Coleta dos dados

As campanhas de monitoramento e a aplicação do questionário simultâneos aconteceram durante o dia, sendo favorável para expor os aparelhos ao tempo garantindo a integridade física dos envolvidos. Anterior a data agendada para coleta de dados, houve um acompanhamento prévio, nas condições meteorológicas para evitar dias chuvosos, tendo em vista tornar o trabalho possível.

Conforme a ISO 7726 (ISO, 1998), usou-se a base do equipamento na altura de 1,10m do nível do piso, onde certificou-se que a distância do aparelho estivesse longe de objetos que pudessem bloquear a emissão radiante de calor no espaço em análise, ou seja, instalado em um local sem interferências ao redor. Em seguida, o sensor do fluxo de ar foi destravado e ligado ao notebook. Após 15 minutos ligado, para estabilização das medidas de temperatura do globo com o ambiente, iniciaram as leituras dos dados. Simultaneamente à estabilização do globo, a equipe de trabalho iniciava a aplicação dos questionários aos respondentes no local.

3.3. Determinação de valores de TRM e PET

Para determinar os valores de TRM utilizados para a determinação do PET, foram inseridos numa planilha eletrônica no Excel a temperatura de globo. Na planilha foram calculados os valores de TRM e PET.

3.3.1 Cálculo da TRM

Considerando o cálculo em espaço aberto, a determinação dos valores de Temperatura Radiante Média (TRM) necessita dos dados de radiação solar, condição solar (aberto, parcialmente nublado, nublado) e fatores de vista do céu. Além das variações das condições ambientais, registradas a velocidade do ar (em m/s), a temperatura do ar (em °C), a umidade relativa (em %) e a temperatura do globo (em °C). Conforme a organização das informações coletadas nas campanhas de monitoramento na planilha com a fórmula apresentada em seguida, foi possível chegar aos valores de TRM.

Figura 21 – Equação X

$$Trm = [(Tg + 273)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times Va^{0,6}}{\epsilon_g \times D^{0,4}} + (Tg - Ta)]^{1/4} - 273 \quad (10)$$

Onde:

Trm – Temperatura radiante média, expressa em °C;

Tg – Temperatura do globo, expressa em °C;

Va – Velocidade do ar, expressa em m/s;

ϵ_g – Emissividade do globo, adimensional;

D – Diâmetro do globo, expressa em metros;

Ta – Temperatura do ar, expressa em °C.

Fonte: adaptado, ISO 7726 (ISO, 1998).

Conforme Lamberts; Dutra; Pereira (2014a), para calcular a temperatura radiante média, considera-se o coeficiente de troca de calor por convecção, podendo ser natural ou forçada. A convecção forçada, foi empregada para determinar os valores de TRM, assim estabelece a ISO7726 (ISO,1998).

3.3.2 Determinação dos valores de PET

O processo utilizado na pesquisa para determinar o valor de PET utilizam o método simplificado baseado em equações e medições ambientais.

Os parâmetros ambientais coletados indicaram as variáveis de TRM (°C), temperatura do ar (°C), umidade do ar (%) e velocidade do ar (m/s). O PET define-se com a temperatura equivalente fisiológica, equivale à temperatura do ar estável. Com

tudo, o balanço térmico humano mantém-se conforme as temperaturas do centro do corpo e da pele, da mesma forma, às condições térmicas no ambiente. (HÖPPE,1999).

O horário médio de três minutos registrados é considerado nos valores das variáveis para a análise. O *software* usado nesta pesquisa para calcular os fluxos de radiação de ondas curtas e longas conforme os dados dos respondentes foi o *RayMan*, determinando-se os valores PET e permitindo a avaliação do índice térmico, criado por Matzarakis, Rutz e Mayer (2007b).

Na Figura 22 é apresentada a interface do *RayMan*, sendo utilizada a versão 1.2 conforme as medições representativas do ambiente na ilustração seguinte.

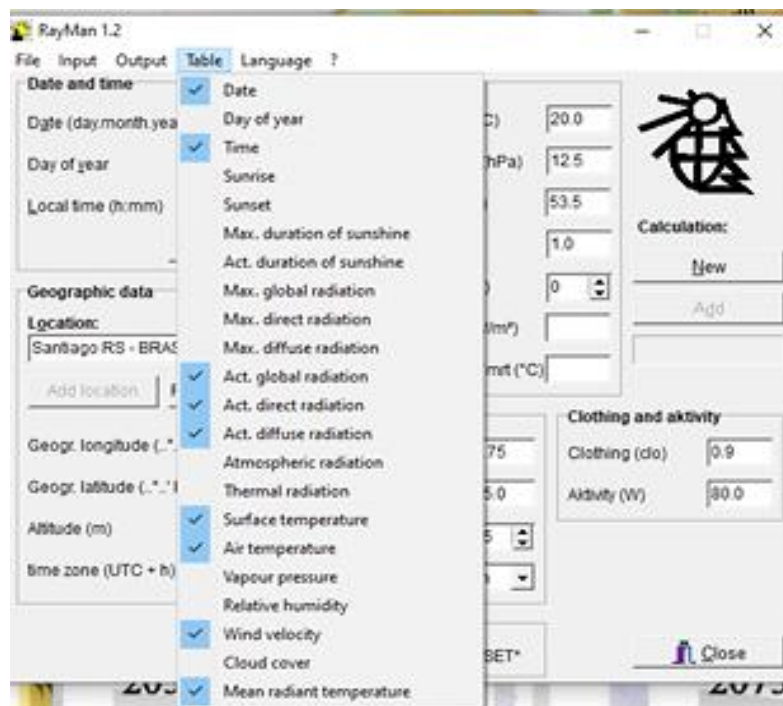
Figura 22 – Interface RayMan

Fonte: Autora Local estudo índice térmico Entrevistado vestimentas e atividade

Fonte: elaborado pela autora.

Na tela inicial do *RayMan* foi adicionada as informações geográficas da localidade de estudo, os dados referentes ao indivíduo padrão, a atividade metabólica e assinalado o índice térmico PET. Na aba "Table", foram demarcados os dados de entrada. Entre os itens possíveis de seleção, foram assinaladas as opções de data, horário, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e temperatura radiante média (Figura 23).

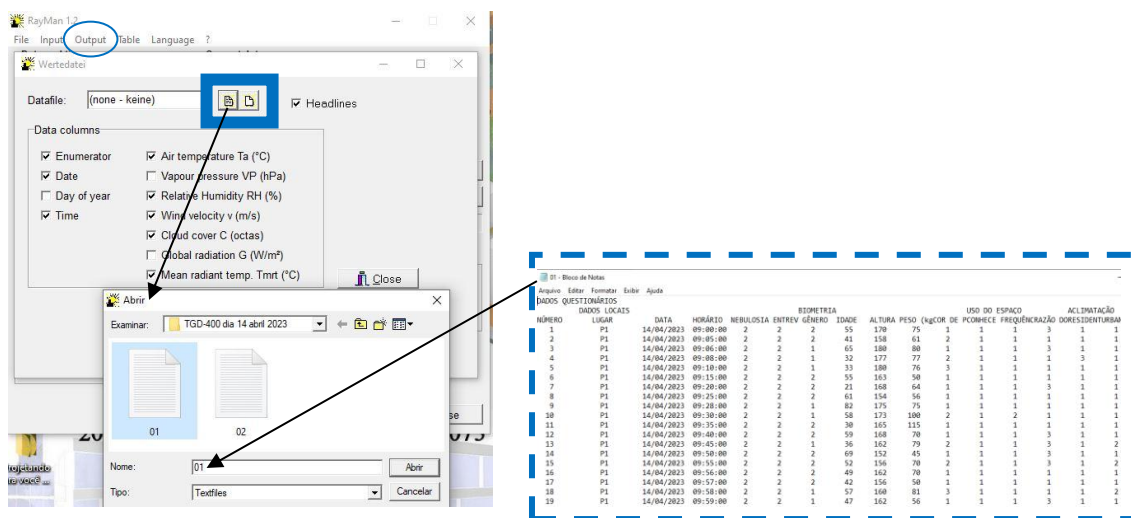
Figura 23 – Seleção dos itens



Fonte: Autor, RayMan1.2

O software *RayMan* permite a inserção de dados iniciais (*input-datafile*) das variáveis climáticas, como: temperatura do ar, umidade, velocidade do ar e temperatura radiante média. Como arquivo de texto separados por tabulação (“*.txt*”) como também, pode ser por forma manual. Os dados de saída (*output*) do programa são as variáveis climáticas e os valores dos índices.

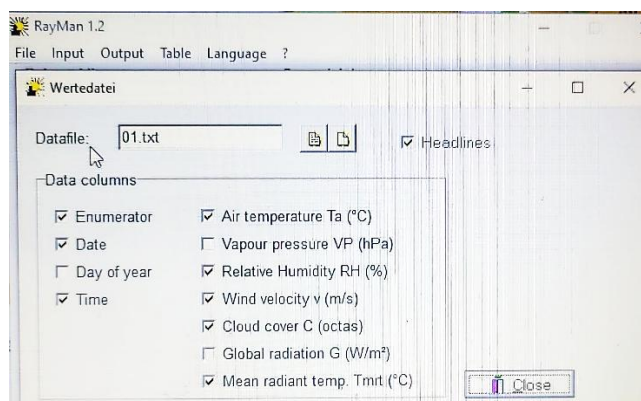
Figura 24 – Adição de dados



Fonte: Autor, configuração aba Output e adição dados (“*.txt*”)

Após a seleção dos itens na aba "Table", foi realizada a etapa seguinte, que consistia da configuração do item "Datafile". Na aba "Input", selecionou-se a opção "Datafile", conforme demonstrado na Figura 25.

Figura 25 – Configuração Datafile



Fonte: Autor – configuração tabela *Datafile*.

Após a seleção de "Datafile" foi aberta uma nova janela, na qual foram assinaladas as opções de data, horário, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura radiante média e isolamento térmico das vestimentas. A configuração desse item se refere às informações existentes no arquivo de entrada dos dados necessários para a determinação dos valores de PET.

Após o preenchimento desses itens, ainda na janela "Datafile", foi selecionado o arquivo, em formato ".txt", que continha os dados de entrada, organizados na respectiva ordem indicada na aba "Table". Ao finalizar as configurações nessa janela, foi selecionado o botão "Close".

As informações de temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa, temperatura do globo, temperatura radiante média, isolamento térmico da vestimenta, data e horário referentes a cada questionário aplicado correspondiam aos dados de entrada necessários. O valor correspondente ao isolamento térmico da vestimenta correspondia ao somatório das peças utilizadas por cada indivíduo. O arquivo com essas informações referentes aos questionários não continha cabeçalho e as casas decimais dos valores das variáveis foram separadas por ponto. Após a realização das configurações mencionadas, ao voltar a janela inicial do software RayMan, foi acionado o item "New" para que fossem calculados os valores de PET. Apresenta-se a imagem gerada pelo software no valor de PET (Figura 26):

Figura 26 – Imagem no valor PET

RayMan diagram - RayMan Diagram

Datei Ansicht

RayMan 1.2 © 2000
 Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany
 place: SANTIAGO RS (Brasil)
 Horizon limitation: 0.0% sky view factor: 1.000
 geogr. longitude: -47°58' latitude: -15°46' timezone: UTC -3.0 h
 personal data: height: 1.75 m weight: 75.0 kg age: 35 a sex: m clothing: 0.5 clo activity: 55.0 W

date	day of year	time h:mm	sun rise	sun set	Gact W/m2	Sact W/m2	Dact W/m2	Ts °C	Ta °C	Tmrt °C	PET °C
16.5.2023	136	14:32	6:20	17:40	574	392	182	17.9	0.0	31.3	19.9

Fonte: Autor

Após a realização dos cálculos, o programa abre uma janela com os resultados obtidos, sendo que estas informações foram salvas no formato “.txt”. Este arquivo continha os valores de PET, apresentados em graus Celsius (°C), obtidos para cada questionário aplicado. Os dados biométricos utilizados para a determinação dos valores de PET, considerando o sexo biológico de cada participante, correspondem aos valores de referência estabelecidos pela ISO 8996 (ISO, 2004), em que um homem padrão apresenta 30 anos, 70 kg e 1,75 m, enquanto 30 anos, 60 kg e 1,60 m são os aspectos correspondentes a mulher padrão. Para a determinação dos valores de PET, foi adotado para a taxa metabólica o valor 300 W para cada questionário validado, equivalente a um indivíduo caminhando a velocidade de 4 km/h. Esta opção em relação a atividade metabólica definida para a totalidade da amostra ocorreu pela constatação que a maioria dos participantes do estudo estavam caminhando.

3.4 Análise dos Resultados

A análise dos resultados foi realizada em duas fases. Na primeira fase trata-se de gerar informações com resultados descritivos, considerando a totalidade. Na segunda fase, apresenta-se os resultados em cada ponto de coleta, analisando individualmente. Por tanto, a calibração do índice PET para os espaços abertos mostra-se separadamente.

3.4.1 Resultados descritivos

Os resultados descritivos na primeira fase demonstram-se através dos gráficos, ilustrando a visão do todo. As respostas diferem-se pelo sexo biológico. Neste caso, observam-se as diferenças em cada ponto de análise, para definir a forma de apresentação dos resultados.

O critério de exclusão dos questionários foi baseado no tempo mínimo de residência na cidade e na duração do tempo do respondente no espaço externo. Portanto, com rigor na revisão das informações digitadas e tabuladas, assegura desta forma minimizar erros e traz uma confiabilidade nos dados preenchidos.

3.4.2 Calibração do índice PET

A base de dados coletados durante a pesquisa fornece subsídios para determinar os valores de PET no questionário aplicado e validado. O uso da regressão linear nessa pesquisa, considera o agrupamento dos votos de conforto obtidos em função da sensação térmica prevista, com o objetivo de definir as faixas de sensação térmica local com base no índice PET.

Conforme estudos conduzidos por Fanger (1970) e ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), a escala subjetiva da percepção de 7 pontos facilita a análise estatística e a comparação entre diferentes condições ambientais. Tornam-se base quantitativa na comparação as sensações térmicas dos indivíduos.

Através da escala de 7 pontos, cada respondente do questionário avaliou a sensação térmica no local e horário. Cada resposta atribui-se o ponto na escala de (-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3). Desta forma, somam-se os valores das respostas e divide-se pelo número de respondentes para obter a média. Por tanto, gera-se a média de sensação térmica comum nos estudos relacionados ao conforto térmico em espaço aberto. Tendo como base a ISO 7730 (ISO,2005), classe B, onde permite uma análise consistente e comparativa dos dados de conforto térmico, entre os valores de (-0,5 e + 0,5), considera dentro deste intervalo termicamente confortável, proporcionando condições favoráveis ao projetar diferentes espaços.

3.4.3 Determinação do PD

Conforme o resultado do questionário realizado nos Pontos 1, 2 e 3 de coleta, a satisfação dos respondentes em relação ao ambiente inclui as perguntas de sensação de conforto térmico e sensação ao vento. Neste caso, agrupam-se os votos de sensação térmica em categorias que variam de -3 a 3. Utiliza-se a norma ISO 7730 (ISO,2005), onde segue a equação proposta por Fanger (1970), como referência. Considera-se na pesquisa, uma série de variáveis, como atividade metabólica, vestuário, temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar, para determinar o conforto térmico no ambiente.

4 Resultados

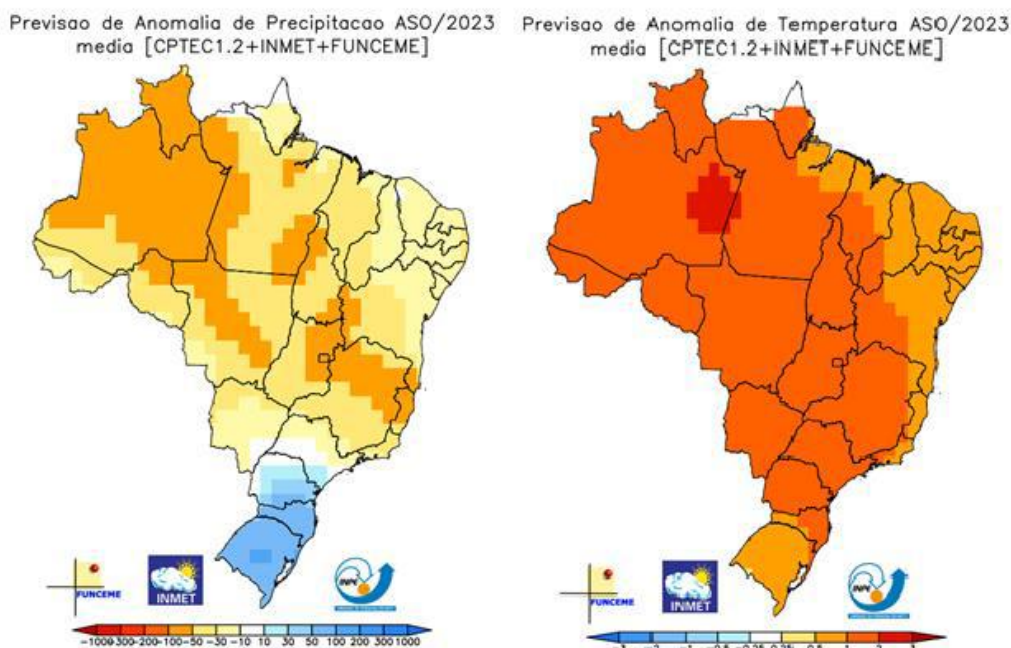
Os resultados registrados na pesquisa apresentam-se em duas fases, conforme item 3.4.1. na cidade de Santiago/RS. A primeira descritiva e a segunda com a calibração do índice PET.

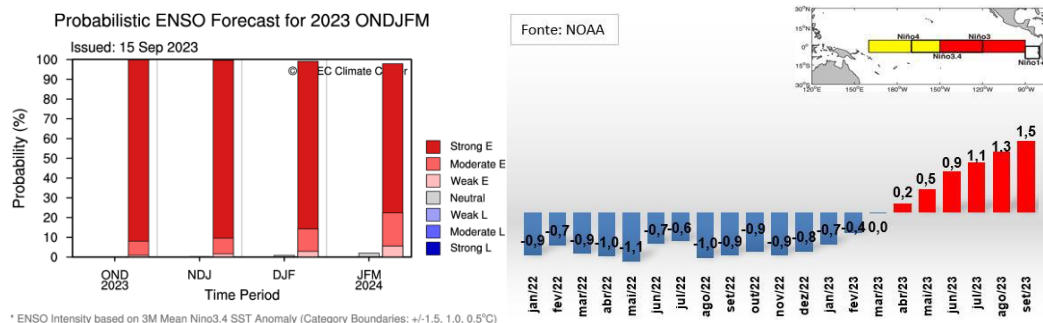
Outra pesquisa foi realizada na cidade de Pelotas, de autoria de Luísa Rosa, no ano de 2019, a qual constatou que a linha de tendência geradora aplicada no resultado PET responde a 80% da variação votada na sensação térmica real nos levantamentos de campo. A zona de conforto térmico chegou com a temperatura de neutralidade térmica em 20,73 °C, com limite inferior de 16,30° C e superior de 25,15 °C.

Tendo em vista esse contexto, as análises desta pesquisa visam atualizar dados em 2023/2024, evidenciando resultados somatórios dos questionários e cálculos dos valores de temperatura radiante média (T_{RM}) e (PET) para possibilitar a definição preliminar da zona de conforto térmico em Santiago/RS.

Apresenta-se, através de imagens, o cenário de anomalia no inverno no Brasil, decorrentes ao período da pesquisa. Onde a reforça essa afirmação, através da pesquisa do centro da Coréia do Sul, ENOS do APEC Climate Center (APCC), que se refere à condição marcante de *El Niño* no período de 2023 até o verão 2024 (APEC Climate Center, 2023), de acordo com a Figura 27:

Figura 27 – Anomalias no inverno brasileiro



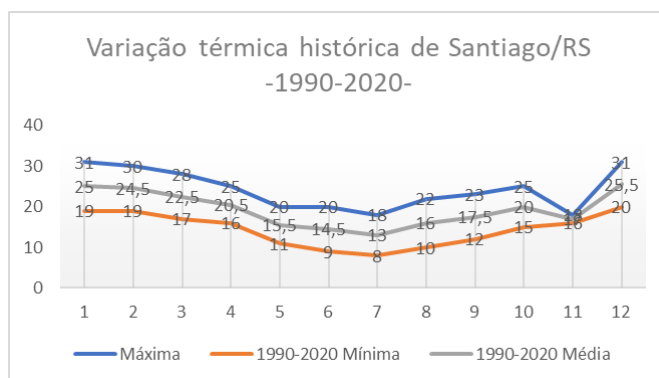


Fonte: INPE/INMET/FUNCEME para os trimestres ASO/2023.

4.1 Resultados Descritivos

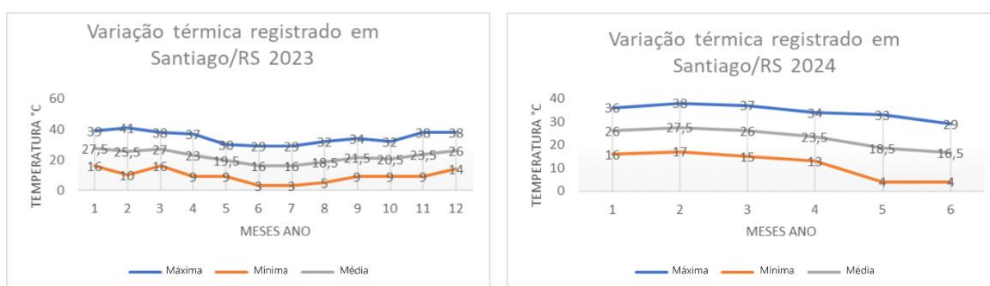
Apresenta-se, neste momento, os dados históricos desde 1990 a 2020 (INMET, 2023), adaptado em um gráfico (Gráfico 01) pela autora, onde os meses estão representados por números de 1 a 12. O Gráfico 02 apresenta as variações térmicas registradas em Santiago, de 2023 até junho de 2024. As linhas representam as temperaturas máximas (cor azul) e mínimas (cor laranja), tendo a temperatura média entre ambas representadas na cor cinza, conforme demonstram os gráficos abaixo:

Gráfico 01 – Variação térmica histórica em Santiago



Fonte: INMET, adaptado em formato de gráfico.

Gráfico 02 – Variações térmicas em Santiago, anos 2023 e 2024



Fonte: INMET, adaptado em gráfico.

Através das informações coletadas, quantificadas e contabilizadas, os resultados das campanhas de monitoramento apresentados no P1 (Praça Moisés Viana) Rua Getúlio Vargas; P2 (1º quadra do Calçadão) Rua Getúlio Vargas e; P3 (em frente da Estação do Conhecimento) Rua Barão do Ladário, os quais seguem no decorrer deste estudo, apresentaram diferenças significativas entre as máximas e mínimas, ocasionadas pelas ondas de calor fora das estações quentes, o que está se tornando algo comum e registrado em todo o planeta.

4.1.1 Conjunto das Campanhas de Monitoramento

O conjunto das campanhas de monitoramento foram dispostos por ponto de coleta de dados nas estações do ano, de acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 09, 10 e 11:

Tabela 09 - P1_ Praça Moisés Viana _OUTONO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
Outono			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O1	14/04/23	(9/10)	13,9-13,1	89,0	11,4	969,1	2,0	-
O6	17/04/23	(15/16)	21,0-21,7	72,0	15,7	965,3	1,4	2095,0
O8	12/06/23	(12/13)	3,9-6,2	86,0	1,8	978,6	1,2	477,8

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Tabela 10 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _OUTONO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
Outono			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O2	14/04/23	(12/13)	15,0-16,6	77	12,1	970,4	2,6	1082,70
O4	17/04/23	(9/10)	16,7-18,4	72	13,2	961,9	0,8	258,40
O9	12/06/23	(15/16)	9,7-10,0	61	2,6	979,1	1,7	2106,40

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Tabela 11 – P3_ Estação do Conhecimento _OUTONO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
Outono			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O3	14/04/23	(15/16)	18,4-19,5	69	13,6	970,5	2,0	2504,00

O5	17/04/23 (12/13)	19,6-21,4	72	13,2	961,9	0,8	2223,40
O7	12/06/23 (9/10)	01,2-01,5	91	1,8	978,5	1,2	12,20

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Na estação de outono em 2023, marca-se por temperaturas mais agradáveis em comparação ao verão quente e intenso na região. Os acumulados de chuva apresentaram-se menores que 100 mm, resultando restrição hídrica em algumas culturas e beneficiando as lavouras de soja, período de colheita, conforme (INPE/INMET/FUNCME para o trimestre MJJ/2023). Percebe-se que as temperaturas máximas registradas permaneceram dentro e abaixo da média por conta da alta nebulosidade, predominante neste período. A irregularidade de chuvas, decorrente das condições de Neutralidade do Oceano Pacífico, em função da influência do *El Niño*, caracteriza o período com fortes chuvas pontuais. A temperatura do ar observa-se acima da média histórica na região, não se desconsidera as massas de ar frio característico da estação de outono, na zona bioclimática 2.

Tabela 12 – P1_ Praça Moisés Viana _INVERNO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
INVERNO			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O10	01/08/23	(9/10)	16,6-16,3	86,0	14,2	973,3	2,4	-
O14	02/08/23	(12/13)	22,3-21,7	74,0	15,5	972,9	4,2	1272,80
O18	25/08/23	(15/16)	16,2-17,0	34,0	0,4	971,2	8,5	2729,80
O19	29/08/23	(09/10)	07,3-07,2	87,0	5,4	974,0	0,8	-----
O23	30/08/23	(12/13)	18,2-18,9	80,0	10,6	972,0	1,8	1691,40

Fonte: adaptado do INMET, 2023, e registro local.

Tabela 13 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _INVERNO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
INVERNO			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O11	01/08/23	(12/13)	08,0-07,8	74,0	3,6	969,5	2,1	-----
O15	02/08/23	(15/16)	23,9-25,2	55,0	17,2	975,2	3,0	2281,00
O16	25/08/23	(09/10)	08,0-07,8	74,0	3,6	969,6	2,1	--
O20	29/08/23	(12/13)	12,5-14,5	73,0	7,7	975,4	2,9	947,80
O24	30/08/23	(15/16)	22,6-23,6	49,0	11,4	971,1	2,2	2885,20

Fonte: adaptado do INMET, 2023, e registro local.

Tabela 14 – P3_ Estação do Conhecimento _INVERNO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
INVERNO			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O12	01/08/23	(15/16)	23,9-25,2	66,0	17,2	975,3	3,0	2281,00
O13	02/08/23	(12/13)	22,3-21,7	74,0	15,5	972,9	4,2	1272,80
O17	25/08/23	(12/13)	11,7-14,1	55,0	2,9	971,7	2,2	884,00
O21	29/08/23	(15/16)	20,0-20,8	51,0	9,6	974,7	1,6	2320,00
O22	30/08/23	(09/10)	11,7-10,9	88,0	9,7	970,5	0,5	-----

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Na estação de inverno, destaca-se por temperaturas mais altas no início do mês de julho e a incursão de uma massa de ar frio intensa em seguida. Segundo registro INMET, na data de 18/07/2023, registrou-se temperatura mínima nas cidades de Bagé/RS -2,0°C; Santa Maria/RS, 0,4 °C e São Luiz Gonzaga/RS, 2,2°C. Representou uma variação térmica entre 15°C em média, neste cenário, a percepção dos moradores respondentes foi influenciada por temperaturas do ar acima da média em períodos distintos.

Tabela 15 – P1_ Praça Moisés Viana _PRIMAVERA

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
PRIMAVERA			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O25	10/10/23	(09/10)	13,9-14,9	89,0	12,2	970,2	1,2	-
O29	13/10/23	(12/13)	12,9-14,5	75,0	8,5	976,8	1,9	1880,50
O33	21/10/23	(15/16)	29,2-30,3	29,0	21,1	971,0	1,3	3295,60
O34	30/10/23	(09/10)	19,9-20,4	19,9	17,8	958,5	1,9	12,70

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Tabela 16 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _PRIMAVERA

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
PRIMAVERA			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O26	10/10/23	(12/13)	20,0-22,9	63,0	15,6	970,3	2,3	2526,70
O30	13/10/23	(15/16)	17,2-18,3	56,0	8,1	976,0	2,1	3562,60
O31	21/10/23	(09/10)	17,1-18,1	89,0	15,2	969,1	1,1	-----
O35	30/10/23	(12/13)	21,2-21,7	88,0	19,2	960,6	2,9	150,60

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Tabela 17 – P3_ Estação do Conhecimento _PRIMAVERA

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
PRIMAVERA			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O27	10/10/23	(15/16)	25,4-26,1	46,0	13,8	968,6	3,7	3627,80
O28	13/10/23	(09/10)	07,4-08,0	95,0	7,3	975,4	1,8	133,40
O32	21/10/23	(12/13)	23,8-25,9	70,0	19,1	971,2	1,2	2439,60
O36	30/10/23	(15/16)	20,3-20,9	70,0	16,6	963,6	2,2	2309,10

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

A estação da primavera de 2023, marca temperaturas mais amenas, devido a persistência de dias chuvosos conforme em consequência dos impactos que o *El Niño*, indicando que o fenômeno se intensifica na categoria forte no período, conforme registro do boletim (INMET, 2023). A estação apresenta-se dentro da média de temperatura, em geral, havendo períodos de calor intensa e dias de temperatura mais fresca. Nesta época do ano, as chuvas são mais frequentes, porém, a influência do fenômeno *El Niño* registra fenômenos climáticos extremos que causam prejuízo em área urbana e rural. Em Santiago/RS os ventos fortes, chuvas intensas em episódios isolados, a umidade do ar teve variação intensa, influenciando na sensação térmica entre os moradores respondentes. Devido à complexidade do clima na região entre as estações, percebe-se alterações que impactam a cada ano na área rural e urbana.

Tabela 18 – P1_ Praça Moisés Viana _VERÃO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
VERÃO			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m²
O37	18/01/24	(9/10)	21, e 21,3	95,0	20,5	964,3	1,3	52,70
O41	19/01/24	(12/13)	26,8 e 27,2	80,0	23,0	965,7	1,3	1687,70
O45	26/01/24	(15/16)	27,5 e 27,0	50,0	16,2	973,9	1,7	3475,30
O46	02/02/24	(09/10)	19,9 e 20,4	72,0	14,2	971,2	1,4	-----
O50	04/02/24	(12/13)	28,4 e 31,7	58,0	20,3	970,0	2,9	1469,50
O54	12/02/24	(15/16)	32,4 e 33,7	31,2	21,5	966,6	4,3	3368,60
O55	13/02/24	(09/10)	22,5 e 21,8	22,5	21,0	968,5	1,5	330,00
O59	14/02/24	(12/13)	17,4 e 18,6	86,0	15,1	973,0	6,0	527,20
O63	19/02/24	(15/16)	28,7 e 26,9	73,0	22,5	963,5	1,6	3570,90
O64	01/03/24	(09/10)	19,9 e 19,8	96,0	19,0	969,4	0,8	-----
O68	07/03/24	(12/13)	22,3 e 24,9	69,0	16,6	971,0	1,5	-----
O72	11/03/24	(15/16)	29,6 e 29,5	46,0	16,7	970,9	1,6	-----

O73 13/03/24 (09/10) 22,7 e 22,8 76,0 18,8 967,6 2,1 -----

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Tabela 19 – P2_ 1º Quadra do Calçadão _VERÃO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
VERÃO			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m ²
O38	18/01/24	(12/13)	22,4 e 24,3	95,0	22,0	965,2	1,6	420,20
O42	19/01/24	(15/16)	29,1 e 29,3	62,0	21,4	966,2	4,5	2816,50
O43	26/01/24	(09/10)	14,7 e 16,0	76,0	11,4	972,2	1,7	57,10
O47	02/02/24	(12/13)	25,8 e 28,6	61,0	17,9	971,7	1,9	1614,00
O51	04/02/24	(15/16)	34,6 e 33,0	32,8	21,6	969,7	3,4	3391,00
O52	12/02/24	(09/10)	24, e 24,3	23,9	20,4	966,1	3,3	40,10
O56	13/02/24	(12/13)	21,8 e 21,6	95,0	21,0	969,9	1,8	261,80
O60	14/02/24	(16/17)	23,7 e 25,4	60,0	17,3	972,3	9,1	2224,40
O61	19/02/24	(09/10)	23,8 e 26,4	70,0	20,5	964,5	1,2	1620,80
O65	01/03/24	(12/13)	25,1 e 26,8	79,0	20,7	970,4	1,0	1320,50
O69	07/03/24	(15/16)	28,7 e 30,9	60,0	22,2	970,0	1,1	-----
O70	11/03/24	(09/10)	18,6 e 18,2	91,0	17,2	970,4	1,0	332,070
O74	13/03/24	(12/13)	26,8 e 28,7	57,0	19,3	968,7	2,4	-----

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Tabela 20 – P3_ Estação do Conhecimento _VERÃO

Campanha	Data	Hora	Temperatura	Umidade	Ponto	Pressão	Vento	Radiação
VERÃO			(°C)	(%)	orvalho(°C)	(hPa)	(m/s)	kJ/m ²
O39	18/01/24	(15/16)	24,8 e 26,2	75,0	23,3	963,8	2,3	3019,50
O40	19/01/24	(09/10)	22,3 e 22,7	95,0	21,6	964,4	1,7	94,70
O44	26/01/24	(12/13)	22,0 e 24,5	50,0	13,5	973,8	1,9	2919,40
O48	02/02/24	(15/16)	31,9 e 34,3	40,0	14,0	970,8	2,0	3664,30
O49	04/02/24	(09/10)	24,4 e 25,1	72,0	19,2	968,6	1,3	56,00
O53	12/02/24	(12/13)	28,2 e 29,5	68,0	22,3	966,9	3,7	2182,40
O57	13/02/24	(15/16)	21,7 e 21,8	89,0	19,9	970,4	2,4	1110,20
O58	14/02/24	(09/10)	16,0 e 16,2	93,0	15,1	973,5	1,8	35,20
O62	19/02/24	(12/13)	23,8 e 26,4	70,0	21,6	964,8	1,2	1620,60
O66	01/03/24	(15/16)	29,4 e 30,2	60,0	20,6	969,2	1,0	3543,20
O67	07/03/24	(09/10)	15,0 e 14,9	92,0	13,7	970,1	1,4	- -----
O71	11/03/24	(12/13)	22,1 e 24,8	64,0	16,0	971,1	1,7	- -----
O75	13/03/24	(15/16)	32,1 e 33,3	49,0	21,1	969,4	1,9	- -----

Fonte: adaptado do INMET, 2023.

Os dados apresentados na estação de outono, inverno, primavera e verão refletem temperaturas dentro da média em elevação conforme os registros de 2023 e 2024. Nos meses de outubro e novembro, a queda de registros e temperatura ocasiona-se pelo período intenso de chuvas na região. Fato esse, que em maio de 2024, registrou-se um fenômeno de grandes volumes de chuvas no Rio Grande do Sul. Onde 265 dos municípios foram afetados, 8.168 pessoas abrigadas, 24.080 desalojados e afetados 351.639, conforme a Defesa Civil/RS (BALANÇO, 2024). O registro em situação de calamidade pública (PLN 4/2024), retrata em maio de 2024, a necessidade emergencial da pior tragédia climática desde 1941, no qual aprovaram propostas e adotaram medidas para ajudar a mitigar ao máximo a situação de calamidade pública no RS. (AGÊNCIA SENADO, 2024).

Um estudo apresentado por Vagner Benites, Ascom/SPGG, n. 22 (2023), refere-se ao período de 2017 a 2021, onde, 4,44 milhões de pessoas em 482 dos 497 municípios no RS foram impactados por eventos climáticos, englobando as estiagens, alagamentos, inundações e precipitação (ISSN 2595-9080).

4.1.2 Ponto 1: Praça Moisés Viana

O Ponto 1 descreve-se como um local pavimentado com blocos de basalto, paisagismo destinado ao convívio social e de contemplação. Caracteriza-se por caminhos entre os canteiros de diversas árvores e plantas de médio e pequeno porte. Espaço este, que oferece bancos para descanso com sombra e iluminação pública. O elemento central da praça é a imagem da Nossa Senhora Aparecida, padroeira da cidade. Local caracterizado por passagem de pedestres e por pavimentação onde há circulação de veículos leves, no entorno, conforme demonstrado na Figura 28.

Figura 28 – Praça Moisés Viana – Santiago/RS



Fonte: Arquivo da Autora.

A análise descritiva realizada no Ponto 1 teve seu início na estação do outono e, subsequentemente, nas outras estações do ano até fechar o ciclo das análises. A seguir estão apresentadas as informações obtidas após os cálculos realizados.

Tabela 21 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 1/ Outono

OUTONO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	6,3	1,2	72	17,6	18
Médio	13,3	1,53	82	19,9	20
Máximo	21,3	2	89	21,1	21
Amplitude	14,8	0,8	17	3,5	3
Mediana	15,2	1,6	86	19,9	19,9
Desvio padrão	6,6	0,33	7,4	1,4	8,4
Coeficiente de variação	50	21,5	8,9	7,3	42,4

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 22 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 1/Inverno

INVERNO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	7,2	0,8	34	10,63	10
Médio	16,17	3,54	40,71	16,45	16
Máximo	22,30	8,5	87	21,1	21
Amplitude	15,1	7,7	53	11,3	11
Mediana	16,6	3,5	80	16,4	16,28

Desvio padrão	4,88	2,71	19,66	4,6	4,88
Coeficiente de variação	30,23	76,71	24,5	28,0	30,01

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 23 –Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto1/primavera

PRIMAVERA	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	14,5	1,2	19,9	14,8	15
Médio	19,5	1,5	53,22	21,46	21
Máximo	29,2	1,9	89	25,53	26
Amplitude	14,7	0,7	69,1	10,3	9
Mediana	20,48	1,6	52	20,45	17,27
Desvio padrão	1,45	0,32	29,37	4,17	6,42
Coeficiente de variação	6,75	20,75	136,88	20,42	30,59

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 24 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto1/verão

VERÃO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	18,3	0,8	22,5	17,6	18
Médio	24,2	2,15	65,73	23,9	24
Máximo	30,4	6	96	30,0	30
Amplitude	12,5	5,2	73,5	13,0	12
Mediana	23,6	23,6	72	22,7	24,9
Desvio padrão	4,06	1,4	22,13	3,9	4,8
Coeficiente de variação	16,56	65,01	33,67	16,5	19,6

Fonte: elaborado pela autora.

A calibração de PET no ponto 1 nas estações do ano se estabelece com variações climáticas dentro das temperaturas médias históricas. Os ventos medidos no local apresentaram-se fracos durante os monitoramentos, sendo na estação do inverno a maior incidência, com média de 3,54m/s, o que eleva ainda mais a sensação de frio nos dias de baixa temperatura. Nas estações da primavera (1,5m/s) e outono (1,53m/s) os ventos apresentaram a mesma média durante as medições. Já no verão a incidência média de vento foi de 2,15m/s, corroborando com o aumento da sensação de calor nos dias de temperaturas mais extremas.

A umidade relativa do ar apresentou uma média de 82% registrado nos monitoramentos na estação do outono, a maior dentre todas as análises, que também foi a estação mais fria (13,3°C), muito disso em função do retorno das chuvas e, junto a elas, as frentes frias que se mantiveram constantes no período. Já no inverno, a média da umidade ficou em 40,71% e a temperatura média em 16,16°C, sendo observada uma intensidade baixa de frio e, consequentemente, de chuvas. A umidade relativa do ar média no verão (65,73%) e na primavera (53,22%) se mantiveram dentro do esperado, pois foram as estações com as temperaturas médias mais altas (24,2°C e 19,5°C respectivamente), não apresentando grandes variações durante as medições.

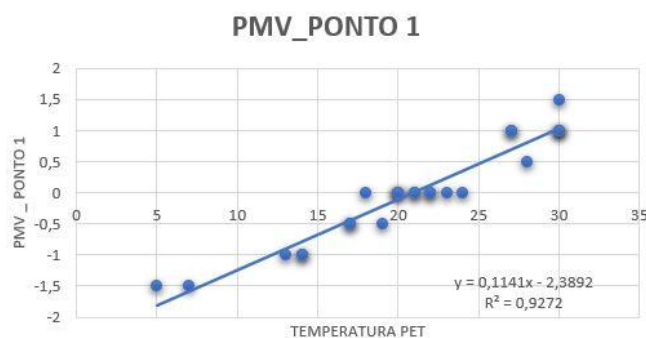
As variações de temperatura do ar e do globo no Ponto 1 apresentam-se com pouca variação e amplitude, muito observado pelos respondentes, sobre a satisfação de estar no local Ponto 1.

Tabela 25 – P1_ Praça Moisés Viana _

Sensação Térmica	Porcentagem(%)	PET Outono	PET Inverno	PET Primavera	PET Verão
Muito frio	1	<12	<10		
Frio	9	12-16	12-15	<14	<18
Pouco frio	23	16-18	15-17	15-18	19-23
Confortável	24	18-20	17-19	18-21	22-25
Pouco Calor	23	20-22	19-21	21-25	26-28
Calor	20	>22	>21	>26	29-31
Muito Calor					>31

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 03 – PMV da análise do Ponto 1



Fonte: elaborado pela autora.

Os monitoramentos registrados nos três pontos aconteceram em dias posteriores as ondas de calor no outono e verão, ou frio no inverno e primavera. Toda via, regista-se que não foram realizados os monitoramentos e coleta de dados na área externa nos dias de chuva ou instabilidade, evitando que ocorressem quaisquer comprometimentos no que se refere ao funcionamento dos equipamentos e a saúde dos participantes.

Em decorrência da elevação das temperaturas a nível global, os registros climáticos referentes às quedas bruscas de temperatura por longos períodos tornaram-se raros nos últimos anos, sendo assim, as temperaturas neutras no Ponto 1 são muito próximas, colocando uma diferença de 8°C entre as estações, ao se considerar a menor e a maior temperatura da média, sendo no inverno a mais baixa zona de conforto, com um intervalo de 17°C a 19°C, contudo, apenas 1°C menor que o intervalo obtido no outono. No verão a zona de conforto ficou entre 22°C e 25°C em decorrência do ambiente ser arborizado e com maior circulação de vento, o proporciona uma menor sensação de calor intenso.

O ponto 1 apresenta-se como um espaço mais adaptativo em relação às variações climáticas diferentes que moldam os dados registrados nas quatro estações do ano. Nesse cenário, os elementos arquitetônicos urbanos interagem com harmonia com as árvores e o paisagismo local. No outono e inverno, meses mais frios, a sensação demonstrada pelos respondentes apresentou um equilíbrio perante os meses mais quentes, no caso a primavera e o verão.

4.1.3 Ponto 2: Rua Getúlio Vargas (Calçadão)

O calçadão é um marco importante no urbanismo contemporâneo, sua contribuição ao patrimônio local desempenha um espaço funcional na organização da mobilidade urbana, econômica e social.

O ponto 2, localizado na primeira quadra do calçadão, (Rua Getúlio Vargas), possui uma pavimentação com blocos de basalto, com largura variando na sua extensão entre 15 e 5 metros. Destinada ao uso misto, projetado para comércio, cercado por lojas em edificações de 3 a 10 pavimentos, muitas destas com marquises. O tráfego de pedestre é mais intenso em referência a outros locais. Trânsito de veículos leves e iluminação pública. O passeio público possui bancos com

espaçamento maior que o do Ponto 1, e o paisagismo restrito a poucos canteiros e poucas árvores (Figura 29).

Figura 29 – Rua Getúlio Vargas (1ª quadra do calçadão) – Santiago/RS



Fonte: Arquivo da Autora.

A seguir estão apresentadas as informações obtidas após os cálculos realizados para as análises do Ponto 2.

Tabela 26 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Outono.

OUTONO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	10	0,8	61	17,6	18
Médio	14,4	1,7	70	19,9	20
Máximo	16,7	2,6	77	21,1	21
Amplitude	6,7	1,8	16	3,5	3
Mediana	15,8	1,7	72	19,9	20
Desvio padrão	3,29	0,73	6,6	1,4	1,2
Coeficiente de variação	20,8	43,2	9,2	7,2	6,2

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 27 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Inverno.

INVERNO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	7,8	2,1	49	10,8	11
Médio	15,3	2,4	65	16,4	16
Máximo	23,9	3	74	22,1	22
Amplitude	16,1	0,9	25	11,3	11

Mediana	15,3	2,4	65	16,4	16
Desvio padrão	6,5	0,36	10,3	4,6	4,4
Coeficiente de variação	42,7	15,0	15,9	28,0	28,1

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 28 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Primavera.

OUTONO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	18,1	1,1	56	16,8	17
Médio	19,5	2,1	74	20,5	21
Máximo	21,2	2,9	89	25,6	26
Amplitude	18,1	1,8	33	8,8	9
Mediana	19,5	2,1	74	20,5	21
Desvio padrão	1,2	0,7	13,4	3,6	3,6
Coeficiente de variação	6,4	35,0	18,2	17,5	17,5

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 29 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 2/ Verão.

VERÃO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	18,6	0,8	22,5	18,6	19
Médio	24,7	2,1	65,6	24,4	24
Máximo	32,4	6	96	31	31
Amplitude	13,8	5,2	73,5	12,4	12
Mediana	24,7	2,1	65,6	24,6	24
Desvio padrão	5,6	2,2	30,1	5,0	4,9
Coeficiente de variação	22,86	102,2	45,9	20,5	20,5

Fonte: elaborado pela autora.

No ponto 2 o monitoramento aconteceu na primeira quadra do calçadão, lado direito a radiação solar está presente nos horários da pesquisa. No lado esquerdo da calçada a radiação solar está presente de tarde com maior intensidade.

O monitoramento realizado no outono apresentou a menor média de temperatura (14,4°C), mantendo a coerência com as análises do Ponto 1, com a umidade relativa do ar média de 70% e o vento médio de 1,7m/s, reforçando que nesse período retornaram as chuvas ao estado e as temperaturas diminuíram em função disso. Nos dados obtidos na estação do inverno, a temperatura média foi de

15,3°C, pouco acima da média do outono, contudo, a incidência mais forte do vento (2,4m/s) em uma área de prédios, proporciona uma sensação térmica de frio mais intensa que a própria temperatura registrada.

Na primavera, a média da velocidade do vento apresentou 2,1m/s, a média da umidade relativa do ar foi de 74%. A temperatura média ficou em 19,5°C, não sofrendo grandes oscilações durante as medições.

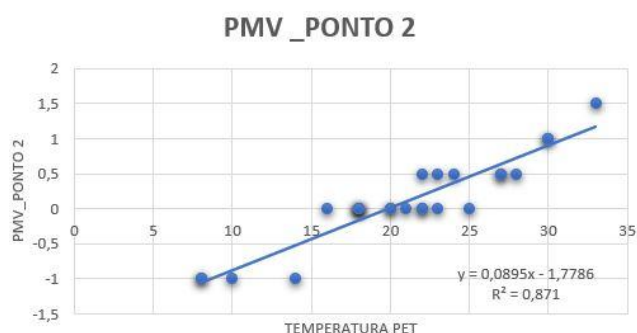
Já no verão, a média da temperatura apresentou a maior elevação (24,7°C) com uma incidência média de vento de 2,1m/s, demonstrando dias quentes com a média da umidade relativa do ar estando em 65,6%.

Tabela 30 – P2_ primeira quadra do Calçadão _

Sensação Térmica	Porcentagem(%)	PET Outono	PET Inverno	PET Primavera	PET Verão
Muito frio	5		<10		
Frio	23	<10	12-15	<15	<18
Pouco frio	19	12-18	15-17	15-20	18-22
Confortável	21	17-19	20-22	20-22	22-26
Pouco Calor	20	20-24	>22	22-25	26-29
Calor	7	>24		>26	29-32
Muito Calor	5				>32

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 04 – PMV da análise do Ponto 2



Fonte: elaborado pela autora.

Os monitoramentos no Ponto 2, registraram variações térmicas mais significativas nos dias com velocidade do vento maior. Em dias frios, a velocidade maior do vento em predomínio das estações de inverno e primavera, resultaram na necessidade de abrigar-se, conforme relatos dos moradores. As médias das

temperaturas do globo quando o nível de calor apresentou elevação acentuada (acima de 30°C) fez com que as pessoas optassem por transitar no lado da calçada com maior incidência de sombra.

Semelhante ao Ponto 1, a comparação do Ponto 2 em relação à sensação térmica de conforto nas estações do ano se manteve com uma diferença de 9°C (17°C – 26°C), contudo, na estação do outono foi registrado o menor intervalo durante as medições (17°C a 19°C). A amplitude térmica no decorrer do dia também é um ponto a ser observado, tendo um amanhecer gelado e, no decorrer das horas, a temperatura aumenta de forma elevada, o que contribuiu para uma diferença significativa nas análises da zona de conforto térmico na cidade de Santiago.

As edificações nos dois lados do calçadão formaram nesses dias, um corredor de vento, onde verifica-se mais agradável em dias. A análise reflete mais pelos votos de sensação térmica comparados com dados das variações térmicas demonstrados nos gráficos anteriores.

4.1.4 Ponto 3: Estação do Conhecimento

A Estação do Conhecimento, local onde anteriormente foi a Estação Ferroviária de Santiago, é um espaço aberto que não possui árvores, com sol e vento predominantes. Descreve-se como vasta área exposta de pavimentação com paralelepípedo. A ausência de árvores significa que não há proteção natural contra os raios solares, com fluxo de pedestres baixo (Figura 30).

Figura 30 – Estação do Conhecimento – Santiago/RS



Fonte: Arquivo da Autora.

O Ponto 3, por se tratar do local de pesquisa com a menor incidência de árvores e proteções naturais ou edificações, proporcionou as seguintes informações após as análises:

Tabela 31 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Outono.

OUTONO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	6,3	1,2	72	17,6	18
Médio	13,3	1,53	82	19,9	20
Máximo	21,3	2	89	21,1	21
Amplitude	14,8	0,8	17	3,5	3
Mediana	15,2	1,6	86	19,9	19,9
Desvio padrão	6,6	0,33	7,4	1,4	8,4
Coeficiente de variação	50	21,5	8,9	7,3	42,4

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 32 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Inverno.

INVERNO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	7,8	2,1	49	10,8	11
Médio	15,3	2,4	65	16,4	16
Máximo	23,9	3	74	22,1	22
Amplitude	16,1	0,9	25	11,3	11
Mediana	15,3	2,4	65	16,4	16
Desvio padrão	6,5	0,36	10,3	4,6	4,4
Coeficiente de variação	42,7	15,0	15,9	28,0	28,1

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 33 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Primavera.

PRIMAVERA	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	18,1	1,1	56	16,8	17
Médio	19,5	2,1	74	20,5	21
Máximo	21,2	2,9	89	25,6	26
Amplitude	18,1	1,8	33	8,8	9
Mediana	19,5	2,1	74	20,5	21
Desvio padrão	1,2	0,7	13,4	3,6	3,6

Coefficiente de variação	6,4	35,0	18,2	17,5	17,5
--------------------------	-----	------	------	------	------

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 34 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas Ponto 3/ Verão.

VERÃO	Temperatura ar °C	Vento (m/s)	U.R. (%)	Temperatura Globo °C	TRM
Mínimo	18,6	0,8	22,5	18,6	19
Médio	24,7	2,1	65,6	24,4	24
Máximo	32,4	6	96	31	31
Amplitude	13,8	5,2	73,5	12,4	12
Mediana	24,7	2,1	65,6	24,6	24
Desvio padrão	5,6	2,2	30,1	5,0	4,9
Coefficiente de variação	22,86	102,2	45,9	20,5	20,5

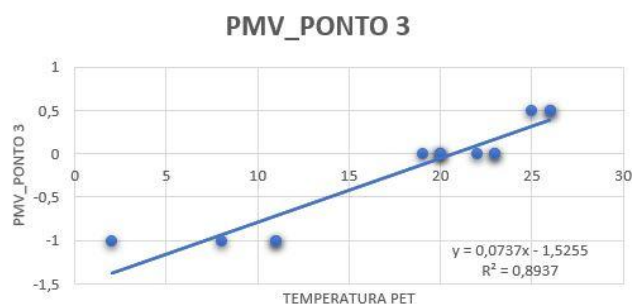
Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 35 – P3_ Estação do Conhecimento _

Sensação Térmica	Porcentagem(%)	PET Outono	PET Inverno	PET Primavera	PET Verão
Muito frio	1		<10		
Frio	22	<12	12-15	<11	
Pouco frio	17	12-17	15-17	16-21	<18
Confortável	18	17-21	17-21	21-23	20-25
Pouco Calor	17	21-22	21-23	23-27	25-30
Calor	24	>22	>23	>27	31-33
Muito Calor	1				>33

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 05 – PMV da análise do Ponto 3



Fonte: elaborado pela autora.

A análise do Ponto 3 durante as estações do outono e inverno apresentou a mesma zona de conforto térmico de 17°C a 21°C, tendo a umidade relativa do ar mais alta no outono (82%) do que comparada com o inverno (65%). Já a média da velocidade do vento foi de 1,53m/s.

Durante a análise realizada na primavera, o Ponto 3 apresentou uma zona de conforto térmico de 21°C a 23°C, vento médio de 2,1m/s e a umidade relativa do ar de 74%, ficando especificado que o ambiente é mais agradável durante essa estação.

Já na estação do verão, as medições apresentaram a zona de conforto térmico entre 20°C e 25°C, com média da velocidade do vento de 2,1m/s, proporcionando aos transeuntes do ambiente uma sensação de calor principalmente no intervalo do final da manhã e início da tarde, muito disso pela ausência de locais com sombra.

A diferença de temperatura mínima e máxima da zona de conforto entre as estações do ano se manteve em 8°C, tendo em vista os pontos anteriores (P1 e P2), apresentarem números quase que idênticos, contudo, por se tratar da maior área aberta com pouca presença de edificações e árvores, as extremas temperaturas causam uma sensação mais intensa, seja de calor ou frio.

4.2 Calibração do Índice PET

Nas Tabelas 36, 37 e 38 estão apresentadas as análises descritivas dos valores do índice PET referente à cada ponto:

Tabela 36 – Análise descritiva dos valores de PET (°C) verificados no Ponto 1.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Mínimo	12,1	11	17,4	18,6
Média	17,1	21,2	21,4	25
Máxima	22	22	25,5	31
Amplitude	9,9	11	8,1	12,5
Mediana	17,1	21,2	21,4	25
Desvio padrão	4,0	5	3,3	5,1
Coeficiente de Variação	23,6	23,6	15,4	20,4

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 37 – Análise descritiva dos valores de PET (°C) verificados no Ponto 2.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Mínimo	10	10,6	17,4	18,3
Média	16,2	21,2	21,4	24,8
Máxima	24	23,9	25,5	33
Amplitude	14	13,3	4	15
Mediana	16,2	21,2	20	24,8
Desvio padrão	5,7	5,7	1,6	6,1
Coeficiente de Variação	35,3	27,0	8,1	24,6

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 38 – Análise descritiva dos valores de PET (°C) verificados no Ponto 3.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Mínimo	5	8	15	17
Média	17,1	21,2	21,4	18,3
Máxima	20	23	27	35
Amplitude	15	15	12	18
Mediana	17,1	21,2	20,7	26,3
Desvio padrão	6,4	6,6	4,9	7,3
Coeficiente de Variação	37,9	31,5	23,6	27,9

Fonte: elaborado pela autora.

Através dos índices PET em análise nesta pesquisa verifica-se que as variações microclimáticas obtidas nos espaços abertos em Santiago se assemelham-se as de pesquisas anteriores no estado, como as de Pelotas e Santa Maria. Os espaços monitorados com três tipologias diferentes, destacaram-se por suas influências arquitetônicas.

Os espaços abertos com influência da vegetação e sombra interferiram nos resultados dos índices PET, indicando maior conforto térmico. Os elementos urbanos refletos de calor, como os pisos e paredes, destacaram-se por interferirem com o calor nos dias mais quentes, contrapondo com sua influência positiva em dias frios.

Os espaços com densidade urbana mostraram índices PET mais altos, enquanto a praça arborizada indicou melhor conforto térmico em ambas estações do ano. Por não existirem fontes e lagos nos espaços de monitoramento, não foi possível analisar a influência para modificar a sensação térmica no ambiente. Os dias e horários de coleta de dados, variou significativamente com as estações do ano, sendo

o período da tarde geralmente o mais desconfortável devido ao calor nas estações mais quentes e mais confortáveis nas estações mais frias.

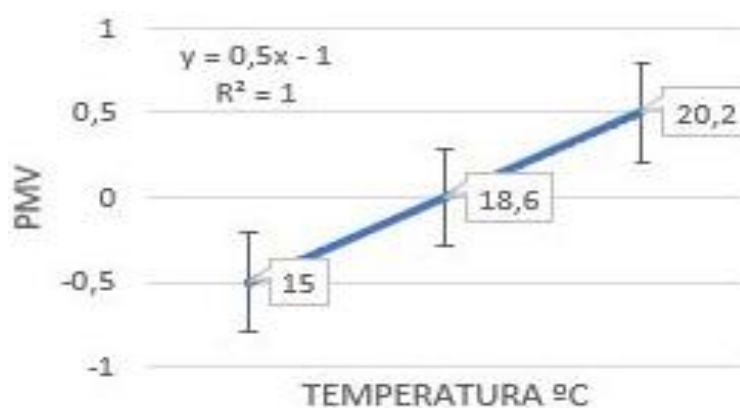
Nos dias de incidência de frio e calor extremo, as áreas do calçadão (P2) e Estação do Conhecimento (P3), por não possuírem um sistema arbóreo considerável, apresentaram as maiores variações de temperatura, o que proporciona aos munícipes um desconforto térmico em temperaturas mais extremas. A Praça Moisés Viana (P1), por ter sido projetada para ser uma grande área verde da cidade, apresentou os melhores índices de conforto térmico no verão, muito disso pela inexistência de edificações e o grande número de árvores e plantas.

Outro ponto de grande relevância que influencia diretamente no conforto térmico é a presença constante do vento, fator corriqueiro na cidade, o qual ocorre em todas as estações do ano, proporcionando uma maior sensação de frio nos dias mais rigorosos de inverno e, conseqüentemente, no verão, torna-se um diferencial para apaziguar a sensação térmica elevada.

Sendo assim, os índices PET evidenciam a importância do planejamento urbano considerar a vegetação como importante elemento para a obtenção do conforto térmico.

Os gráficos a seguir foram idealizados com as médias da zona de conforto térmico nas estações do ano analisadas, assim como um comparativo entre as estações do outono/inverno e primavera/verão, para que o confrontamento dos dados possa proporcionar mais informações relevantes ao estudo em questão.

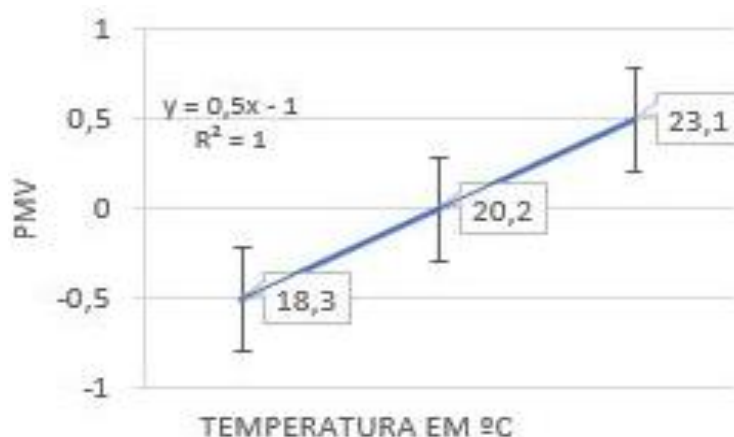
Gráfico 06 – Zona de conforto térmico – Outono.



Fonte: elaborado pela autora.

A avaliação da estação do outono trouxe os limites entre 15°C e 20,2°C nas análises. Por se tratar da estação que precede o inverno e, junto a isso, começam os meses de chuva, a temperatura que ficou no intervalo analisado (18,6°C) se apresentou menor que os dados obtidos no inverno, assim como as mínimas e máximas obtidas.

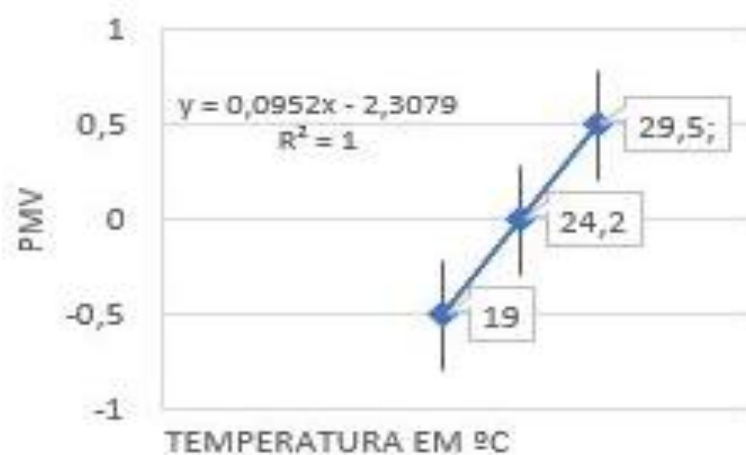
Gráfico 07 – Zona de conforto térmico – Inverno.



Fonte: elaborado pela autora.

Durante a coleta de dados realizada no inverno, a zona de conforto térmico ficou entre 18,3°C e 23,1°C, um pouco acima da análise da estação do outono, pois o índice de chuvas foi menor, o que contribuiu para um inverno denominado “seco” na cidade. A temperatura média do intervalo, 20,2°C, pode ser considerada alta para essa época do ano, muito disso em função das alterações climáticas vistas nos últimos anos.

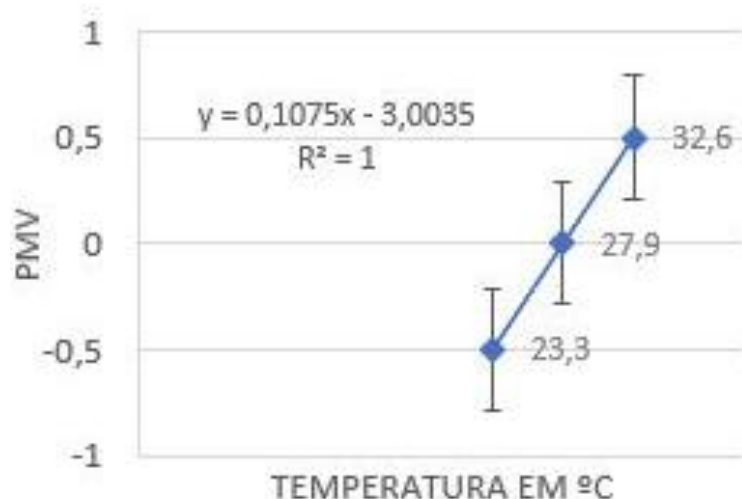
Gráfico 08 – Zona de conforto térmico – Primavera.



Fonte: elaborado pela autora.

O intervalo de temperaturas de 19°C à 29,5°C foi identificado na estação da primavera no decorrer das análises. Ao se considerar que a média do intervalo da zona de conforto térmico é de 24,2°C, em dados objetivos, não está fora dos parâmetros anteriores, contudo, a mínima e a máxima identificadas dentro de uma amplitude de 10,5°C deixa claro que a incidência de dias frios está se tornando cada vez mais rara quando mais próxima do verão, propondo a antecipação de dias quentes e abafados.

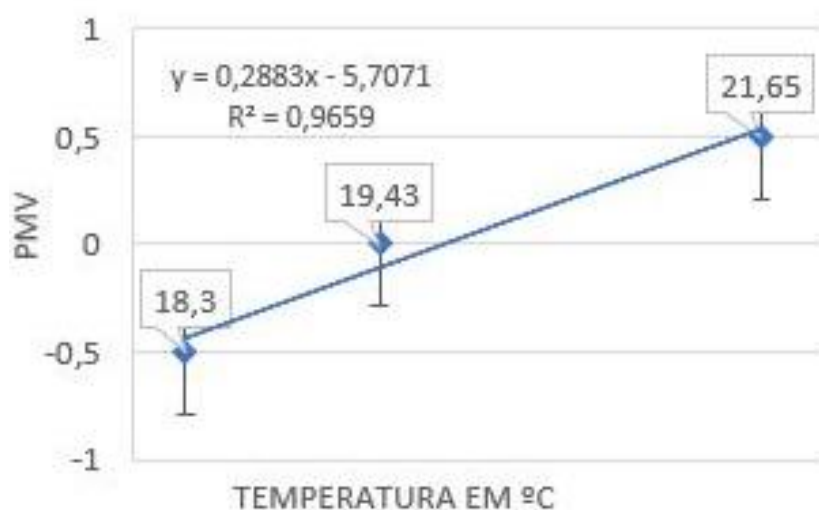
Gráfico 09 – Zona de conforto térmico – Verão.



Fonte: elaborado pela autora.

A zona de conforto térmico na estação do verão ficou entre 23,3°C e 32,6°, porém, foram observados dias ainda mais quentes que os propostos, os quais não estiveram nos intervalos das análises. Uma temperatura de 27,9°C como a média de intervalo da zona de conforto térmico está dentro do considerado normal, porém, as frequentes ondas de calor, as quais apresentam temperaturas acima de 40°C, corroboram com os estudos sobre o aquecimento global e principalmente as mudanças climáticas que já estão ocorrendo há anos no mundo todo.

Gráfico 10 – Zona de conforto térmico – Outono e Inverno 2023.



Fonte: elaborado pela autora.

Quando analisadas as estações do outono e do inverno juntas, a zona de conforto térmico ficou entre 18,3°C e 21,65°C, apresentando novamente que as estações frias do ano estão com as temperaturas cada vez mais elevadas, pois uma temperatura de 19,43°C como a média da zona de conforto térmico é comprovadamente alta. Sendo assim, novamente é necessário citar que os dias de frio intenso estão se tornando cada vez mais raros.

Gráfico 11 – Zona de conforto térmico – Primavera e Verão 2023/24.



Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar de forma conjunta as estações da primavera e do verão, a zona de conforto térmico ficou estabelecida entre 19,72°C e 26,35°C, com a temperatura de 22,74°C a neutralidade térmica. Os valores do intervalo não se tornaram maiores porque os dias de calor extremo não coincidiram com as análises, contudo, novamente é necessário colocar que foram registradas temperaturas superiores aos 40°C em diversos dias das estações.

Os índices PET elevados indicam condições térmicas mais estressantes para o corpo humano, sendo assim, existe a indicação da interferência de projetar elementos mitigadores aos fatores que promovam alta temperatura do ar, radiação solar intensa, baixa umidade relativa e pouca ventilação no espaço analisado.

Diversos elementos referenciados nas pesquisas são defendidos em projetos urbanos contemporâneos para mitigar o estresse térmico. O uso em áreas urbanas de implantar áreas verdes, como superfícies permeáveis, espelhos d'água, espaços abertos entre edifícios, contribuem na diminuição de calor e a temperatura do ar no espaço urbano. (GIVONI, 1998; LEVINSON & AKBARI, 2010; EMMANUEL & LOCONSOLE, 2015; ARMSON, STRINGER & ENNOS, 2012; AKBARI, POMERANTZ & TAHA, 2001).

As evidências encontradas na pesquisa em Santiago contribuíram de maneira significativa para recomendações no planejamento urbano, o qual visa proporcionar uma qualidade de vida aos moradores integrando ao meio ambiente mais harmonioso.

5 Conclusão

O presente estudo objetivou analisar o conforto térmico para as pessoas que vivem na cidade de Santiago/RS, pois os espaços urbanos são comuns à todas as pessoas que os utilizam.

Através da calibração do índice de conforto térmico PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) nos espaços de circulação comum da cidade de Santiago/RS, foi possível a obtenção de resultados que serão fundamentais para as decisões voltadas ao planejamento do município. Ao analisar os intervalos da zona de conforto térmico de Santiago, o poder público e seus responsáveis podem utilizar as informações para desenvolverem áreas de circulação com vegetação e sombreamento.

A zona de conforto térmico para espaços abertos na cidade de Santiago, nas estações do outono e inverno, ficou entre 18,3°C e 21,65°C e, nas estações da primavera e do verão, ficou estabelecida entre 19,72°C e 26,35°C. Na estação do outono, a zona de conforto térmico obteve uma variação entre 15°C e 20,2°C, apresentando a temperatura média de intervalo de 18,6°C. Na estação do inverno, a variação da zona de conforto térmico ficou entre 18,3°C e 23,1°C, com a temperatura média de intervalo de 20,2°C, sendo as medições um pouco mais elevadas que às obtidas durante a estação do outono. Na estação da primavera, a zona de conforto térmico ficou entre 19°C e 29,5°C, sendo a média do intervalo da temperatura 24,2°C. Já na estação do verão, a variação da zona de conforto térmico ficou entre 23,3°C e 32,6°C, apresentando a temperatura de 27,9°C como a média do intervalo.

No que se refere aos espaços abertos analisados e as diferenças encontradas, na estação do outono, as médias de temperatura dos pontos apresentaram em P1 17,1°C, em P2 16,2°C e em P3 17,1°C. Na estação do inverno, os pontos P1, P2 e P3 apresentaram a mesma média de temperatura de 21,2°C. Na estação da primavera, ambos os pontos P1, P2 e P3 apresentaram a mesma média de temperatura de 21,4°C. Já na estação do verão, as médias de temperatura dos pontos apresentaram em P1 25°C, em P2 24,8°C e em P3 18,3°C. As análises de temperatura demonstraram que foram identificadas no outono as temperaturas médias mínimas, com pequenas variações. As estações do inverno e da primavera obtiveram os mesmos valores na média de temperatura nos três pontos analisados durante o

estudo. A estação do verão foi a que trouxe a maior diferença entre as médias dos três pontos analisados.

O presente estudo coloca a existência de uma limitação dos dados coletados no verão, tendo em vista que os dias de calor extremo que ocorreram no ano de 2024 não coincidiram com os dias das análises, com isso, é coerente que uma coleta e análise mais detalhada do período seja feita na intenção de se obter dados mais refinados sobre os extremos de calor da cidade de Santiago.

A realização de estudos futuros sobre a zona de conforto térmico da cidade de Santiago/RS, tanto em análises mais extensas e em locais diferentes, é fundamental para aprimorar os dados obtidos no presente estudo e, por se tratar de um município em expansão e com a criação de condomínios e locais de moradia mais afastados do centro, os mesmos necessitam de uma avaliação criteriosa para proporcionar informações ainda mais relevantes aos responsáveis pela idealização de tais espaços.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, Allison. **Combating climate change through quality education.** Global Views. Massachusetts: The Brookings Institution, 2010.

ALCÂNTARA ROSA, L., LAMBERTS, R., & TREBILCOCK, M. **Thermal comfort in different climatic regions: The role of adaptation in office buildings.** Building and Environment: 2020, 168, 106489.

AULICIEMS, A., & DE DEAR, R. **Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter.** Energy and Buildings: 1998, 29(1), 47-53.

ARMSON, D., STRINGER, P., & ENNOS, A. R. **"The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area."** Urban Forestry & Urban Greening, 2012. 11(3), 245-255.

AKBARI, H., POMERANTZ, M., & TAHA, H. **"Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas."** Solar Energy, 2011. 70(3), 295-310.

AGATHANGELIDIS, Cartalis, & SANTAMOURIS. **Integrating Urban Form, Function, and Energy Fluxes in a Heat Exposure Indicator in View of Intra-Urban Heat Island Assessment and Climate Change Adaptation.** Climate, 2019. 7(6), 75. doi:10.3390/cli7060075

ASHRAE. **Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** American Society of Heating, Atlanta, 2017.

ARRUDA, Angela Maria; MASIERO, Érico. **Análise de índices de conforto térmico através dos softwares Rayman e ENVI-met em áreas industriais.** In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2021, Maceió. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2021.p. 124-137. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/issue/view/14>. Acesso em 05 de jun. 2023.

ALCANTRA, Luísa. **Definição de zona de conforto térmico para áreas externas utilizando o índice pet para Pelotas-RS.** ALCANTRA, Luisa, KRUGER, Eduardo, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/336016678>. Acesso em 19 de jan. 2024.

BOWLER, D. E., BUYUNG-ALI, L., KNIGHT, T. M., & PULLIN, A. S. **"Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence."** Landscape and Urban Planning, 2010. 97(3), 147-155.

BBC. **Organização Meteorológica Mundial (OMM).** METSUL, Autor: METSUL.COM. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-62806797>. Acesso em 30 de jun. 2023.

BARBIM, Daniela; CELLA, Alexandra M.; GUARDA, Emeli L. A.; BRANDALISE, Mariane P.; ALMEIDA, Fernando da S. **Avaliação de conforto térmico em um ambiente de escritório *open plan***: em um estudo de caso. ENSUS. 2020.

BORGES, M.; LABAKI, L. (2006). **Conforto térmico em espaços externos**: preferência dos usuários e índices de conforto. In: V COTEDI, Ciudad de México, 2006.

BRACARENSE, L. S. F. P.; LA CRUZ, B. C. B. de.; MONTEIRO, A. J. F.; SANTOS, A. P. F.; PEREIRA, S. L. A.; Venâncio, E. C. **Índices de conforto térmico**: limitações e variações de classificação. Coimbra, 2018.

BROWN, R. D.; GILLESPIE, T. J. **Microclimatic landscape design**: creating thermal comfort and energy efficiency. New York: John Wiley & Sons, 1995.

CHAKRABORTY, T., & LEE, X. **A simplified urban-extent algorithm to characterize surface urban heat islands on a global scale and examine vegetation control on their spatiotemporal variability**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2019. 74, 269–280. doi: 10.1016/j.jag.2018.09.015

CUI, Y.; Xu, X.; Dong, J.; & Qin, Y. **Influence of Urbanization Factors on Surface Urban Heat Island Intensity**: A Comparison of Countries at Different Developmental Phases. Sustainability, 2016. 8(8), 706. doi:10.3390/su8080706

DEWES, Candida Freitas. **Análise da Variabilidade Climática de Modelo do Clima da América do Sul no Presente e em 6 KA AP**. Dissertação de mestrado, São Paulo, 2007.

DE DEAR, R., & BRAGER, G. S. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings**: revisiting the adaptive model. Energy and Buildings: 2002, 34(6), 549-561.

DE FREITAS, C. R. **Recreation climate assessment**. International Journal of Climatology, v. 10, n. 1, p. 89-103, 1990.

EISLER, M. C., EISLER, A. D., & YOSHIDA, T. **Culture and human ecology**. In Encyclopedia of Human Ecology, 2003. (pp. 158-159). ABC-CLIO.

EMMANUEL, R., & LOCONSOLE, A. **"Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK."** Landscape and Urban Planning, 2015. 138, 71-86.

FARIA, Moacir Serralvo; GASPAROTTO, Odival Cesar; LEITE, Laura Difini; PINTO, Cristina Marina. **Fisiologia humana**. 1. ed. e 1. reimp. Florianópolis: BIOLOGIA/EAD/UFSC, 2009. 253p. ISBN 978-85-61485-13-9.

FLORES, Cibele. **Índices de Avaliação da Exposição ao Calor**: IBUTG, IST, TGU. 2017. Disponível em: https://www.sabersst.com.br/indices_calor_ibutg/#:~:text=

=O%20%C3%8Dndice%20de%20Bulbo%20%C3%9Amido,e%20um%20term%C3%B4metro%20de%20globo. Acesso em 28 de jun. 2023.

GRALA DA CUNHA, E., & KRÜGER, E. **Adaptive thermal comfort: the relationship between occupant behavior and thermal performance.** Building Research & Information, 2010, 38(4), 372-380.

GRANDISOLI, Edson; COUTINHO, Sônia; TOLEDO, Renata; JACOBI, Pedro. **Novos tempos emergentes em mudanças climáticas.** 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/354922124>. Acesso em 30 de jun. 2023.

GRANDISOLI, Edson. **Educação climática: resposta para o presente e futuro.** Porvir, 2021. Disponível em <https://porvir.org/educacao-climatica-respostas-para-o-presente-e-futuro/>. Acesso em 05 de jul. 2023.

HAVENITH, G. **Interaction of clothing and thermoregulation.** Ergonomics, 45(10), 819-850, 2002.

HOLMER, I. **Protective clothing and heat stress.** The Annals of Occupational Hygiene, 39(5), 731-741, 1995.

HUMPHREYS, M.A., & NICOL, J.F. **The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments.** Energy and Buildings: 2002, 34(6), 667-684.

HIRASHIMA, S. **Influence of climate and culture on housing design in Japan.** Sustainability, 2010, 2(1), 2-9.

HIRASHIMA, S. Q. S.; KATZSCHNER, A.; FERREIRA, D. G.; ASSIS, E. S.; KATZSCHNER, L. **Thermal comfort comparison and evaluation in different climates.** Urban Climate, v. 23, p. 219–230, 2018.

HIRASHIMA, S. Q. S.; KATZSCHNER, A.; FERREIRA, D.; ASSIS E. S.; KATZSCHNER, L. **Thermal comfort comparison and evaluation in different climates In: 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 9., 2015, Toulouse, França. Proceedings [...]** Toulouse, France: ICUC9, 2015.

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

HIRASHIMA, S. Q. S. **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte - MG, Brasil.** 248f. Tese (Doutorado em arquitetura e urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

HÖPPE, P. R.; SEIDL, H. A. J. **Problems in the assessment of the bioclimate for vacationists at the seaside.** International Journal of Biometeorology, v. 35, n. 2, p. 107-110, 1991.

_____, P. R. **Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort.**

Energy and Buildings. v.34, n.6, p.661–665, 2002.

_____, P. R. **Heat balance modelling.** *Experientia.* v. 49, n. 9, p. 741-746, 1993.

_____, P. R. **The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment.** *International Journal of Biometeorology.* 43, p. 71- 75, 1999.

HOUGHTEN, F.C.; Yaglou, C.P. **Determining lines of equal comfort.** *ASHVE Transactions,* 29, 1923.

HUANG, J.; CEDEÑO-LAURENT, J. G.; SPENGLER, J. D. **CityComfort+: A simulation-based method for predicting mean radiant temperature in dense urban areas.** *Building and Environment,* v. 80, p. 84-95, 2014.

IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2020.**

IBGE. **Cidades, História SANTIAGO (RS).** Prefeitura. Disponível em: <http://www.santiago.rs.gov.br/pagina/647/historia>. Acesso em 22 ago. 2023.

IEA. International Ergonomics Association. **Domínios especializados da ergonomia.** Disponível em: <http://www.acaoergonomica.ergonomia.ufrj.br/edicoes/vol2n1/artigos/1.pdf>. Acesso em 03 ago. 2023.

IIDA, Í. **Ergonomia projeto e produção.** São Paulo: Edgar Blucher, 2005. 614p.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA. **Pesquisa antropométrica e biomecânica dos operários da indústria de transformação – RJ.** FERREIRA, D. M. P. (Coord). Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1988. 128p.

INMET, 2022. Instituto Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em 15 de ago. 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Fenômeno La Niña chega ao fim após três anos de duração.** 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/fen%C3%B4meno-la-ni%C3%B1a-chega-ao-fim-ap%C3%B3s-tr%C3%AAs-anos-de-dura%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 10 de jun. 2023.

ISO. 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.

_____. **ISO 9920: Ergonomics of the thermal environment** - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. International Organization for Standardization. 2021.

_____. International Organization for Standardization. ISO 8996. **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.

JOERSS, O.; SILVA, C. R. da; SANTOS, M. A. dos. **Mudanças climáticas na agenda global: O que aprendemos com as Conferências das Partes (COP) e o que está em jogo na COP 26.** 3FW\$5SØQJDP, v. 45, n. 2, p. 37-54, 2021.

JOHANSSON, E.; EMMANUEL, R. **The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka.** International Journal of Biometeorology, v. 51, n. 2, p. 119-133, 2006.

KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; CRISTELI, P. S. SOUZA, H. A. de. **Calibração do índice de conforto para espaços externos Physiological Equivalent Temperature (PET) para Curitiba.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 135-148, jul./set. 2018.

LAMBERTS, R.; XAVIER A. A.; GOULART, S.; VECCHI, De R. **Conforto térmico e stress térmico.** UFSC. Florianópolis – SC, 2014.

LAM, L., LIAN, Z., & PAN, L. **The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings.** Applied Ergonomics, 2011. 42(1), 29-36.

LEE, K.; KIM, Y.; SUNG, H. C.; RYU, J.; & JEON, S. W. **Trend Analysis of Urban Heat Island Intensity According to Urban Area Change in Asian Mega Cities.** Sustainability, 2019. 12(1), 112. doi:10.3390/su12010112

LIN, T.; DE DEAR, R.; HWANG, R. **Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort.** International Journal of Climatology; v. 31, p. 302-3012, 2011.

MANORE, M.M.; MEYER, N.L.; & THOMPSON, J. **Sport Nutrition for Health and Performance.** Human Kinetics: 2000.

MANUAL-ITEMP. 2023. Disponível em: <https://inlite.com.br/manual/manual-itemp.pdf>. Acesso em 28 de mai. 2023.

MARIANO, Glauber Lopes. **Classificações climáticas**. Departamento de Meteorologia Universidade Federal de Pelotas. 2014. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/glaubermariano/files/2014/01/Unidade-V-Classifica%C3%A7%C3%B5es-Clim%C3%A1ticas.pdf>. Acesso em 29 de mai. 2023.

MARENGO, J. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2006.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. **Modeling radiation fluxes in simple and complex environments**: Basics of the RayMan model. International Journal of Biometeorology, v. 54, n. 2, p. 131-139, 2007b.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; & KATCH, V.L. **Exercise Physiology**: Nutrition, Energy, and Human Performance. Lippincott Williams & Wilkins: 2015.

MCCULLOUGH, E.A., JONES, B.W., & HUCK, J. **A comprehensive data base for estimating clothing insulation**. ASHRAE Transactions, 91(2), 29-47, 1985.

METSUL. 2023. Disponível em: <https://metsul.com/temido-fenomeno-el-nino-poderia-retornar-em-2023>. Acesso em 30 de nov. 2023.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. **Influência do fator de visão do céu no conforto térmico em duas situações urbanas distintas**. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2009, Natal - RN. Anais [...] Natal: ANTAC, 2009.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. **Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em 98 ruas de pedestres em Curitiba**. Ambiente Construído, v.11 (1), p. 123-143, 2011.

MONTEIRO, Leonardo Marques; ALUCCI, Marcia Peinado. **Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos**: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 43-58, jul./set. 2007.

MISSENARD, A. **Equivalences thermiques des ambiances**: equivalences de passage; equivalence de sejour. Chaleur et Industrie, 1948.

NHO 06. **Norma de higiene ocupacional**: NHO 06: procedimento técnico: avaliação da exposição ocupacional ao calor [texto] / Fundacentro [equipe de elaboração, Edurado Giampaoli, Irene Ferreira de Souza Duarte Saad, Irlon de Ângelo da Cunha, Elisa Kayo Shibuya]. – 2. ed. – São Paulo: Fundacentro, 2017.

NICOL, F. **Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics**. Energy and Buildings: 2012, 55, 26-32.

NIKOLOPOULOU, M. **Outdoor thermal comfort**. Front. Biosci. S3, 1552–1568. 2011.

NIKOLOPOULOU, M., & STEEMERS, K. **"Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces."** Energy and Buildings, 2003. 35(1), 95-101.

OLIVEIRA JR, W. **Grafar o espaço, educar os olhos**. Rumo a geografias menores. In: Dossiê A educação pelas imagens e suas geografias. Pro-Posições, Campinas, v. 20, n. 3 (60), p. 17-28, set./dez. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-73072009000300002>. Acesso em 20 de jun. 2023.

OLIVEIRA, et al. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambiente externo na região central do RS**. OLIVEIRA¹, Zanandra Boff, KRIES², Alberto Eduardo, (2019). Disponível em: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2019v34n3p377-388>. Acesso em 21 de jul. 2023.

OMM. **Relatório 2021**: Conferência Técnica Regional da OMM. em Cartagena, Colômbia, em 22 de julho de 2022. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate/LAC>. Acesso em 12 de ago. 2023.

PARAVANTIS, J., SANTAMOURIS, M., CARTALIS, C., EFTHYMIU, C., & KONTOULIS, N. **Mortality Associated with High Ambient Temperatures, Heatwaves, and the Urban Heat Island in Athens, Greece**. Sustainability, 9(4), 606. doi:10.3390/su9040606. 2017.

PARSONS, K. **Human thermal environments**: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance. CRC Press: 2014.

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C. (2007). **Conforto térmico em espaços urbanos abertos**: avaliação em áreas de fluxo de pedestres. Disponível em: http://www.infohab.org.br/encac/files/2007/ENCAC07_1466_1475.pdf. Acesso em 26 de ago. 2023.

PI-SUNYER, F.X. **Medical hazards of obesity**. Annals of Internal Medicine: 1993. 119(7), 655-660.

PROJETEEE. **Dados climáticos Brasileiro**. Gráfico rosa dos ventos de Santiago/RS. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos>. Acesso em 04 de set. 2023.

RAVUSSIN, E., & BOGARDUS, C. **Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization**. American Journal of Clinical Nutrition: 1989. 49(5), 968-975.

RIZWAN, A. M.; DENNIS, Y.C; LIU, C. A. **Journal of environmental sciences**. Tokyo, v. 20, n. 1. Moreno Garcia, M. C. Climatologia urbana. pp. 120–128. 2008.

ROSA, Luísa Alcantara. **Calibração do índice de conforto térmico Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para as áreas abertas de Pelotas – RS.** 205f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

RIBEIRO, K. F. A. **Calibração do índice de conforto térmico PET (temperatura fisiológica equivalente) em espaços abertos para a cidade de Cuiabá – MT.** 106p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

SAWKA, M.N., LEON, L.R., MONTAIN, S.J., & SONNA, L.A. **Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress.** Comprehensive Physiology, 2011, 1(4), 1883-1928.

SILVA, L. F. G.; Ferreira, J. V.; Silva, M. R. N. **Avaliação dos índices PET e UTCI em espaços públicos centrais, Palmas, Tocantins.** Revista Sítio Novo, v.1, pp.168-189, 2017.

SOUTO, J. I. O., & COHEN, J. C. P. **Spatiotemporal variability of urban heat island:** Influence of urbanization on seasonal pattern of land surface temperature in the Metropolitan Region of Belém, Brazil. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 2021. v.13, e20200260.

STEINKE, Ercília Torres. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público.** 2004. XVIII, 201 p., 297 mm (ECO/IBUnB). Doutor: Ecologia, 2004.

THERMOMATIC. **Para que serve um termo-higrômetro.** Disponível em: <https://www.thermomatic.com.br/empresa.html>. Acesso em 10 de set. 2023.

VERNON, H. M.; Warner, C. G. **The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures.** J. Hyg., v.32, p.431-462, 1932.

WILMORE, J.H., & COSTILL, D.L. **Physiology of Sport and Exercise.** Human Kinetics: 2001.

XAVIER, Antonio Augusto de Paula. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Eng. Civil da UFSC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. 1999. Contém 209 pág. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Antonio_Augusto_de_Paula_Xavier.pdf. Acesso em 17 de set. 2023.

ZAMBONATO, E. et al. ISSN 0104-5490. **Caracterização de zonas climáticas locais na cidade de Santa Maria – Rio Grande do Sul.** DOI: 10.51359/2238-6211.2021.245685. Santa Maria: 2021.

ANEXOS

Figura 20 – O1 ao O9

P1_ Praça Moisés Viana				P2_ 1º Quadra do Calçadão				P3_ Estação do Conhecimento			
Campanha	Data	Horário	Estação	Campanha	Data	Horário	Estação	Campanha	Data	Horário	Estação
O1	14/04/2023	9 às10h	Outono	O1	xxx			O1	xxx		
O2	xxx			O2	14/04/2023	12 às13h	Outono	O2	xxx		
O3	xxx			O3	xxx			O3	14/04/2023	15 às16h	Outono
O4	xxx			O4	17/04/2023	9 às10h	Outono	O4	xxx		
O5	xxx			O5	xxx			O5	17/04/2023	12 às13h	Outono
O6	17/04/2023	15 às16h	Outono	O6	xxx			O6	xxx		
O7	xxx			O7	xxx			O7	12/06/2023	9 às10h	Outono
O8	12/06/2023	12 às13h	Outono	O8	xxx			O8	xxx		
O9	xxx			O9	12/06/2023	15 às16h	Outono	O9	xxx		

Fonte: Autor, monitoramento na estação de Outono, 2023. Resulta em 161 respondentes.

Figura 21 – O10 ao O24

P1_ Praça Moisés Viana				P2_ 1º Quadra do Calçadão				P3_ Estação do Conhecimento			
Campanha	Data	Horário	Estação	Campanha	Data	Horário	Estação	Campanha	Data	Horário	Estação
O10	01/08/2023	09 às10h	Inverno	O10				O10			
O11				O11	01/08/2023	12 às13h	Inverno	O11			
O12				O12				O12	01/08/2023	15 às16h	Inverno
O13				O13				O13	02/08/2023	09 às10h	Inverno
O14	02/08/2023	12 às13h	Inverno	O14				O14			
O15				O15	02/08/2023	15 às16h	Inverno	O15			
O16				O16	25/08/2023	09 às10h	Inverno	O16			
O17				O17				O17	25/08/2023	12 às13h	Inverno
O18	25/08/2023	15 às16h	Inverno	O18				O18			
O19	29/08/2023	09 às10h	Inverno	O19				O19			
O20				O20	29/08/2023	12 às13h	Inverno	O20			
O21				O21				O21	29/08/2023	15 às16h	Inverno
O22				O22				O22	30/08/2023	09 às10h	Inverno
O23	30/08/2023	12 às13h	Inverno	O23				O23			
O24				O24	30/08/2023	15 às16h	Inverno	O24			

Fonte: Autor, monitoramento na estação de Inverno, 2023. Resulta em 385 respondentes.

Figura 22 – O25 ao O36

P1_ Praça Moisés Viana				P2_ 1º Quadra do Calçadão				P3_ Estação do Conhecimento			
Campanha	Data	Horário	Estação	Campanha	Data	Horário	Estação	Campanha	Data	Horário	Estação
O25	10/10/2023	09 às10h	Primavera	O25				O25			
O26				O26	10/10/2023	12 às13h	Primavera	O26			
O27				O27				O27	10/10/2023	15 às16h	Primavera
O28				O28				O28	13/10/2023	09 às10h	Primavera
O29	13/10/2023	12 às13h	Primavera	O29				O29			
O30				O30	13/10/2023	15 às16h	Primavera	O30			
O31				O31	21/10/2023	09 às10h	Primavera	O31			
O32				O32				O32	21/10/2023	12 às13h	Primavera
O33	21/10/2023	15 às16h	Primavera	O33				O33			
O34	30/10/2023	09 às10h	Primavera	O34				O34			
O35				O35	30/10/2023	12 às13h	Primavera	O35			
O36				O36				O36	30/10/2023	15 às16h	Primavera

Fonte: Autor, monitoramento na estação de Primavera, 2023. Resulta em 128 respondentes.

Figura 23 – O37 ao O75

P1_ Praça Moisés Viana			
Campanha	Data	Horário	Estação
O37 O38 O39	18/01/2024	09 às10h	Verão
O40 O41 O42	19/01/2024	12 às13h	Verão
O43 O44 O45	26/01/2024	15 às16h	Verão
O46 O47 O48	02/02/2024	09 às10h	Verão
O49 O50 O51	04/02/2024	12 às13h	Verão
O52 O53 O54	12/02/2024	15 às16h	Verão
O55 O56 O57	13/02/2024	09 às10h	Verão
O58 O59 O60	14/02/2024	12 às13h	Verão
O61 O62 O63	19/02/2024	15 às16h	Verão
O64 O65 O66	01/03/2024	09 às10h	Verão
O67 O68 O69	07/03/2024	12 às13h	Verão
O70 O71 O72	11/03/2024	15 às16h	Verão
O73 O74 O75	13/03/2024	09 às10h	Verão

P2_ 1ª Quadra do Calçadão			
Campanha	Data	Horário	Estação
O37 O38 O39	18/01/2024	12 às13h	Verão
O40 O41 O42	19/01/2024	15 às16h	Verão
O43 O44 O45	26/01/2024	09 às10h	Verão
O46 O47 O48	02/02/2024	12 às13h	Verão
O49 O50 O51	04/02/2024	15 às16h	Verão
O52 O53 O54	12/02/2024	09 às10h	Verão
O55 O56 O57	13/02/2024	12 às13h	Verão
O58 O59 O60	14/02/2024	15 às16h	Verão
O61 O62 O63	19/02/2024	09 às10h	Verão
O64 O65 O66	01/03/2024	12 às13h	Verão
O67 O68 O69	07/03/2024	15 às16h	Verão
O70 O71 O72	11/03/2024	09 às10h	Verão
O73 O74 O75	13/03/2024	12 às13h	Verão

P3_ Estação do Conhecimento			
Campanha	Data	Horário	Estação
O37 O38 O39	18/01/2024	15 às16h	Verão
O40 O41 O42	19/01/2024	09 às10h	Verão
O43 O44 O45	26/01/2024	12 às13h	Verão
O46 O47 O48	02/02/2024	15 às16h	Verão
O49 O50 O51	04/02/2024	09 às10h	Verão
O52 O53 O54	12/02/2024	12 às13h	Verão
O55 O56 O57	13/02/2024	15 às16h	Verão
O58 O59 O60	14/02/2024	09 às10h	Verão
O61 O62 O63	19/02/2024	12 às13h	Verão
O64 O65 O66	01/03/2024	15 às16h	Verão
O67 O68 O69	07/03/2024	09 às10h	Verão
O70 O71 O72	11/03/2024	12 às13h	Verão
O73 O74 O75	13/03/2024	15 às16h	Verão

Fonte: Autor, monitoramento na estação de Verão, 2024. Resulta em 292 respondentes.

Figura 15, 16, 17, e 18 - Questionário e Termo de Consentimento



Estudo em espaço aberto na definição da zona de conforto térmico utilizando índice PET em Santiago – RS

¹Ana Cláudia Machado Grossi

²Professor Orientador Eduardo Grala da Cunha

Questionário de Conforto Térmico em Áreas Externas

01- Dados Locais: Nome: _____

Local: ☐Praça Moisés Viana ☐Calçadão ☐Estação do Conhecimento

Data: ____/____/2023 Horário: _____ Cidade: Santiago /RS

1.1: Nebulosidade:

☐ a) Céu limpo ☐ b) Céu parcialmente nublado ☐ c) Céu nublado

1.2: Entrevista realizada: ☐ a) à sombra ☐ b) ao sol

02- Biometria :

2.1: Sexo biológico: ☐ 1- Masculino ☐ 2- Feminino

2.2: Idade ____ anos 2.3: Altura ____ m 2.4: Massa: ____ kg

2.5: Como classifica sua cor de pele? (classificação adotado pelo Censo do IBGE):

☐ a) Branca ☐ b) Parda ☐ c) Preta ☐ d) Amarela ☐ e) Indígena

03- Uso do espaço:

3.1: Conhece esse local? ☐ a) sim ☐ b) não

3.2: Utiliza frequentemente? ☐ a) sim ☐ b) não

3.3: Qual razão estar no local? ☐ a) passagem ☐ b) descanso ☐ c) atividade

04- Aclimação (longo ou curto prazo):

4.1: Residente de Santiago: ☐ a) mais 6 meses ☐ b) menos 6 meses ☐ c) não reside

4.2: Te consideras uma pessoa: ☐ a) urbana ☐ b) rural

4.3: Usas ar condicionado em casa? ☐ a) nunca ☐ b) às vezes ☐ c) sempre

4.4: Trabalhas em ambiente com ar condicionado? ☐ a) nunca ☐ b) às vezes ☐ c) sempre

4.5: Estás vindo de ambiente com ar condicionado? ☐ a) sim ☐ b) não

4.6: Quanto tempo estás no espaço externo? ☐ a) entre 15e 30m ☐ b) +30m



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

05- Percepção Térmica:

5.1: Em relação as condições climáticas deste ambiente, como se sentes nesse exato momento? ☐(-3) com muito frio ☐(-2) com frio ☐(-1) pouco frio ☐ (0) sem frio e sem calor ☐ (1) pouco calor ☐ (2) com calor ☐ (3) muito calor

5.2: Em relação a pergunta anterior, te sentes...? ☐ (1) confortável ☐ (2) ligeiramente desconfortável ☐ (3) desconfortável ☐ (4) muito desconfortável

5.3: Nesse momento, preferias que estivesse? ☐ (1) muito +frio ☐ (2) +frio ☐ (3) frio ☐ (4) nem frio, nem calor ☐ (5) calor ☐ (6) +calor ☐ (7) muito + calor

06- Percepção Ventilação:

6.1: Em relação a ventilação deste ambiente, como percebes o vento nesse momento? ☐ (1) forte ☐ (2) um pouco forte ☐ (3) estável ☐ (4) um pouco fraco ☐ (5) fraco

6.2: Em relação a resposta anterior, te sentes... ☐ (1) confortável ☐ (2) ligeiramente desconfortável ☐ (3) desconfortável ☐ (4) muito desconfortável

6.3: Nesse momento, preferirias que estivesse? ☐ (1)+forte ☐ (2) como está ☐ (3)+ fraco

07- Observacionais:

7.1.: ☐ (1) 45w/m²- sentado ☐ (2) 60w/m²- em pé ☐ (3) 115w/m² -andando 3,2km/h (0,9m/s) ☐ (4) 150w/m² -andando rápido 4,3km/h (1,2m/s)

08- Valores de isolamento do vestuário:

X	Roupas íntimas	Lcl	X	Meias	Lcl
	Cueca	0,04		Esportiva curta	0,02
	Calcinha	0,03		Até a coxa	0,03
	Sutiã	0,01		Grossa até joelho	0,06
	Camiseta	0,08		Meia-calça	0,02
	Combinação	0,16			
	Anágua	0,14			
	Camiseta de manga longa	0,20			
	Ceroula	0,15			
X	Calçados	Lcl	X	Vestidos e saias	Lcl
	Sandalha de couro ou borracha	0,02		Saia fina	0,14
	Chinelos de tecido	0,03		Saia grossa	0,23
	Bota	0,10		Vestido manga longa fino	0,33
	Tênis	0,04		Vestido manga longa grosso	0,47
	Sapatilha	0,03		Vestido manga curta fino	0,29
X	Suéteres e blusas de lã	Lcl	X	Camisas	Lcl
	Suéteres fino sem mangas	0,13		C. colarinho s/ mangas-regata	0,12
	Suéteres grosso sem mangas	0,22		C. manga curta	0,19
	Suéteres fino mangas longas	0,25		C. manga longa	0,25
	Suéteres grosso mangas longas	0,36		C. flanela manga longa	0,34
	Pulôver fino	0,23		C. tricô manga curta	0,17
	Pulôver grosso	0,27		C. lã manga curta	0,34



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

X	Calções, calças e macacão	Lcl	X	Colete, paletó e jaqueta	Lcl
	Calção curto	0,06		Colete fino	0,10
	Calção caminhada	0,08		Colete grosso	0,17
	Calça tecido fino	0,15		Paletó fino	0,36
	Calça tecido grosso	0,24		Paletó grosso	0,44
	Calça de lã	0,28		Jaquetão fino	0,42
	Macacão	0,30		Jaquetão grosso	0,48
				Sobretudo	0,49

Fonte: Questionário de conforto térmico em áreas externas utilizado na pesquisa em Santiago/RS.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto de pesquisa: Estudo em espaço aberto na definição da zona de conforto utilizando índice PET em Santiago – RS

Pesquisador Responsável: Ana Cláudia Machado Grossi

Nome do participante: _____

Data de nascimento: ____/____/____

Você está sendo convidado (a) para ser participante do Projeto de pesquisa intitulado “Estudo em espaço aberto na definição da zona de conforto utilizando índice PET em Santiago – RS” de responsabilidade do (a) pesquisador (a) Ana Cláudia Machado Grossi.

Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Caso se sinta esclarecido (a) sobre as informações que estão neste Termo e aceite fazer parte do estudo, peço que assine ao final deste documento, em duas vias, sendo uma via sua e a outra do pesquisador responsável pela pesquisa. Saiba que você tem total direito de não querer participar.

1. O trabalho na cidade sobre a ótica da variação ao microclima local realizará a coleta de dados observando a variação morfológica dos espaços abertos e a temperatura. Nesse caso, o estudo utiliza o método de pesquisa quantitativa do tipo *Survey* (aplicação de questionário a partir da característica do grupo de indivíduos), adicionado ao do índice de temperatura fisiológica equivalente (PET) com o objetivo de definir a zona de conforto térmico para espaços a[bertos na cidade de Santiago, RS.
2. A participação nesta pesquisa consistirá em levantamento de dados e análise na cidade de Santiago/RS, durante o período compreendido entre maio de 2023 e março de 2024, compreendendo 11 meses de medições e análises. Nesse período será realizado monitoramento e entrevistas simultaneamente, tendo o foco, analisar a percepção térmica no local. Para o registro dos dados, usa-se o aparelho TGD-400 que monitora dados de temperatura do globo; temperatura de bulbo seco; temperatura de bulbo úmido; IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro Global); índice de aquecimento; fluxo e velocidade do ar.
3. Durante a execução da pesquisa não haverá riscos as pessoas entrevistadas e nem no meio ambiente. Para a elaboração deste item ler atentamente as orientações contidas nas Resoluções CNS 466/12 (saúde) e 510/16 (humanas e sociais) disponíveis no site do CEP da UNIARA.
4. Os benefícios com a participação nesta pesquisa será a identificação da temperatura média radiante (TRM) e PET, possibilitando uma definição preliminar da zona de conforto térmica em Santiago. Com as análises das informações, pretende identificar as variações tipo-morfológicas e as implicações no microclima local.;



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

5. Os participantes não terão nenhuma despesa ao participar da pesquisa e poderão retirar sua concordância na continuidade da pesquisa a qualquer momento.

6. Não há nenhum valor econômico a receber ou a pagar aos voluntários pela participação, no entanto, caso haja qualquer despesa decorrente desta participação haverá o seu ressarcimento pelos pesquisadores.

7. O nome dos participantes será mantido em sigilo, assegurando assim a sua privacidade, e se desejarem terão livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queiram saber antes, durante e depois da sua participação.

8. Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e os resultados poderão ser publicados.

Qualquer dúvida, pedimos a gentileza de entrar em contato com Ana Cláudia Machado Grossi, pesquisador (a) responsável pela pesquisa, telefone: (55) 99973-5718, e-mail: aclaudiagrossi@gmail.com.

Eu, _____, RG nº _____ declaro ter sido informado e concordo em ser participante do Projeto de pesquisa acima descrito.

Santiago, ____ de _____ de 2023.

Assinatura do participante

Nome e assinatura do responsável por obter o consentimento

Fonte: adaptado de Rosa, 2021.