

# **AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO DURANTE O VERÃO EM CENTROS DE INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO TRANSFRONTEIRIÇO (PORTUGAL - ESPANHA)**

**Luiz Otávio de Oliveira Lopes**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança  
para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental no  
âmbito da dupla diplomação com a Universidade FUMEC*

Orientado por:

**Artur Jorge de Jesus Gonçalves**

**Renata Silvino**

**António Castro Ribeiro**

**Bragança**

**2019**

# **AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO DURANTE O VERÃO EM CENTROS DE INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO TRANSFRONTEIRIÇO (PORTUGAL - ESPANHA)**

**Luiz Otávio de Oliveira Lopes**

Orientado por:

**Artur Jorge de Jesus Gonçalves**

**Renata Silvino**

**António Castro Ribeiro**

**Bragança**

**2019**

## **AGRADECIMENTOS**

A oportunidade de escrever essa dissertação e participar do programa de dupla diplomação do Instituto Politécnico de Bragança surgiu na minha vida da forma mais inesperada possível. Quando dei por mim já estava em Portugal, longe do meu porto seguro e totalmente fora da minha zona de conforto. Depois disso foram muitos altos e baixos até conseguir o resultado que é apresentado neste trabalho. Quando apenas se ouve falar de projetos de intercâmbio ninguém nos informa das dificuldades que serão enfrentadas. Só quando se vive essa experiência é que se entende que, como em qualquer outra experiência de vida, essa não proporciona apenas pontos positivos, mas traz consigo grandes responsabilidades e muito trabalho duro. Contudo, em meio a esta experiência, muitas vezes solitária, surgem pessoas incríveis de lugares que você nunca poderia imaginar, que se encontram na mesma situação e te fazem perceber que você não está ali por acaso e que você é capaz. Depois dessa longa jornada tenho muito o que agradecer e aqui vão os agradecimentos mais especiais:

Aos meus orientadores, Artur Gonçalves, Renata Silvino e António Castro Ribeiro por toda paciência e disponibilidade.

A minha família que tornou isso tudo possível, em especial minha tia Joseane que sempre apostou tudo em mim e é minha maior motivadora.

A todos os meus amigos que dividiram essa experiência comigo e, que nas horas mais difíceis, me apoiaram e não me deixaram desistir. Em especial, meus amigos Debora Almeida, Guilherme Gontijo e Mariana Amorim, que acompanharam meus passos de perto e me fortaleceram muito. Sem eles não teria sido possível!

Aos meus colegas, Leonardo Fürst e Vanessa Passeiro, por toda ajuda nos trabalhos de campo durante as férias de verão.

Ao Instituto Politécnico de Bragança e à Universidade Fumec que fizeram deste sonho uma realidade.

## RESUMO

O conforto térmico humano apresenta-se como uma das variáveis do conforto ambiental. O seu estudo mostra-se importante ao contribuir para adequação de edifícios visando melhorias que proporcionem não somente o conforto dos indivíduos, mas também o desempenho energético destes. As principais variáveis que estão diretamente relacionadas com o estudo de conforto térmico dividem-se entre variáveis ambientais e humanas. Entre as ambientais estão: a temperatura do ar, a humidade relativa do ar, a temperatura média radiante e a velocidade do ar. As humanas são: taxa de metabolismo e índice de vestuário (Clo). Esta dissertação faz parte do projeto POCTEP BIOURB NATUR e tem por finalidade analisar o conforto térmico e a perceção de conforto em Casas de Interpretação Ambiental, no contexto transfronteiriço entre Portugal e Espanha durante o período de verão. Além disso, este trabalho complementa um estudo realizado a *priori* para o período de inverno. Neste âmbito, um dos objetivos principais consiste na avaliação das condições de conforto térmico externo e interno dos locais analisados. Objetivando obter dados pertinentes para avaliar a perceção de conforto dos utilizadores das casas estudadas, foram utilizados materiais e métodos que englobam a coleta de dados através de equipamentos específicos internos e externos, além da posterior análise estatística. Além da monitorização dos locais de interesse com auxílio das ferramentas adequadas, foram aplicados inquéritos aos utilizadores dos parques. Os resultados obtidos foram analisados através de sistemas de referência, como a norma ASHRAE (1992), a ISO 7730 (2005) e a escala térmica de Fanger (1972). Para o exterior os dados foram interpretados pela Carta Bioclimática de Olgyay (1963). Os resultados apontam dificuldades de obtenção de conforto térmico nos espaços exteriores devido às altas temperaturas registadas no período analisado. No contexto interior, as condições de conforto térmico mostram-se ligeiramente diferentes para os locais analisados, o que se explica pela singularidade de contextos estudados. Após análise detalhada dos registos foram propostas estratégias cabíveis para cada local estudado.

**Palavras chave:** Conforto térmico; ambiente interno; ambiente externo; variáveis ambientais; variáveis humanas.

## ABSTRACT

Human thermal comfort is one of the aspects of environmental comfort. Therefore, its study may contribute to the thermal adaptation of buildings aiming at informing improvements that may contribute not only to the comfort of individuals, but also to enhanced energy performance. The variables that are directly related to the study of thermal comfort may be divided into environmental and human variables. Among the environmental ones are: air temperature, relative air humidity, mean radiant temperature and air speed. Among human variables: the metabolic rate (MET) and the clothing Index (Clo). This dissertation integrated in the POCTEP BIOURB NATUR project and aims at analysing thermal comfort and the perception of thermal comfort in environmental interpretation buildings, in the Cross boundary context between Portugal and Spain, during summer period. This work follows a previous study made for the fall and winter period. In this context, one of the main objectives was to evaluate the external and internal thermal comfort conditions of the analysed sites. In order to assess the perception of thermal comfort of the users, data was collected through specific internal and external equipment, as well as subsequent statistical analysis. In addition to the onsite monitoring, surveys were applied to park users. Data were analysed using reference systems such as ASHRAE (1992), ISO 7730 (2005) and Fanger thermal scale (1972). For the external environment the data were interpreted using Olgyay's Bioclimatic Chart (1963). Results indicate difficulties in achieving thermal comfort in outdoor spaces due to the high temperatures recorded during the study periods. In the indoor context, the thermal comfort conditions are slightly different among the studied buildings, which can be explained by the uniqueness of the analysed contexts and the buildings characteristics. After detailed analysis of the registries, feasible strategies for each studied site were proposed.

**Keywords:** Thermal comfort; internal environment; external environment; environmental variables; human variables;

## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 O CONFORTO TÉRMICO INTERIOR E EXTERIOR.....</b>	<b>4</b>
2.1 Fatores de influência.....	5
<b>2.1.1 Ambientais .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 Humanos .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Carta Bioclimática de Olgyay.....</b>	<b>8</b>
2.3 Carta Bioclimática de Givoni.....	10
2.4 Escala de medição do conforto térmico .....	11
2.5 Contexto Climático.....	13
2.6 Áreas de análise .....	15
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>19</b>
3.1 Materiais .....	19
3.2 Monitorização de Ambiente Térmico Interior e Exterior .....	21
3.3 Locais de Estudo .....	25
<b>3.3.1 Casa del Parque de Villafáfila .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.2 Parque Natural 'Arribes del Duero' Famoselle .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.3 Casa del Parque de Sanabria.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.4 Posto Aquícola de Castrelos.....</b>	<b>32</b>
3.4 Métodos de processamento dos dados .....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
4.1 Casa del Parque de Villafáfila.....	34

4.2 Parque Natural Arribes del Duero Fermoselle .....	42
4.3 Casa del Parque de Sanabria.....	48
4.4 Posto Aquícola de Castrelos.....	56
4.5 Síntese de propostas para estratégias nos locais de análise .....	63
4.6 Estudos de Perceção de Conforto do Verão.....	64
<b>4.6.1 Temperatura do ar .....</b>	<b>65</b>
<b>4.6.2 Humidade relativa .....</b>	<b>65</b>
<b>4.6.3 Velocidade do ar .....</b>	<b>66</b>
<b>4.6.4 Temperatura média radiante .....</b>	<b>67</b>
<b>4.6.5 Vestuário (Clo) .....</b>	<b>69</b>
4.7 Comparação de resultados entre os diferentes locais dos inquéritos para o verão.....	69
4.8 DADOS GLOBAIS – INVERNO E VERÃO .....	75
<b>4.8.1 Temperatura do ar .....</b>	<b>76</b>
<b>4.8.2 Humidade relativa .....</b>	<b>77</b>
<b>4.8.3 Velocidade do ar .....</b>	<b>78</b>
<b>4.8.4 Temperatura média radiante .....</b>	<b>78</b>
<b>4.8.5 Vestuário (Clo) .....</b>	<b>79</b>
5 CONCLUSÃO .....	87
REFERÊNCIAS .....	90
ANEXO 1 .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Carta Bioclimática de Olgyay. Fonte: Adaptado por PONTES e LIMA (2017) de Olgyay (1963) .....	9
Figura 2: Carta Bioclimática de Givoni para países desenvolvidos e em desenvolvimento .....	11
Figura 3: PPD em função dos valores de PMV. Fonte: ISO 7730 (2005) .....	12
Figura 4: Localização dos locais de estudo. Fonte: Google Earth (2019) .....	13
Figura 5: Classificação climática de Köppen-Geiger na Península Ibérica e Ilhas Baleares. Fonte: Hernández (2013) .....	14
Figura 6: Média da temperatura máxima diária (TA), média da temperatura mínima diária (TI), maior valor da temperatura máxima diária (TMA) e menor valor da temperatura mínima diária (TMI) para a cidade de Bragança no período de 1971 a 2000. Fonte: AEMET (2011) .....	15
Figura 7: Média da temperatura máxima diária (TA), média da temperatura mínima diária (TI), maior valor da temperatura máxima diária (TMA) e menor valor da temperatura mínima diária (TMI) para Zamora no período de 1971 a 2000. Fonte: AEMET (2011) .....	16
Figura 8: Média da quantidade de precipitação total (P) e maior valor da quantidade de precipitação diária (PM) na cidade de Bragança, no período de 1971 a 2000. Fonte: (AEMET, 2011) .....	17
Figura 9: Média da quantidade de precipitação total (P) e maior valor da quantidade de precipitação diária (PM) na cidade de Zamora, no período de 1971 a 2000. Fonte: AEMET (2011) .....	17
Figura 10: Instrumento HD 32.1 e sensores. Fonte: Delta Ohm (2019) .....	20
Figura 11: Instrumento HD 32.3 e sensores. Fonte: Delta Ohm (2019) .....	20
Figura 12: Estação Meteorológica .....	21
Figura 13: Planta da Casa del Parque de Villafáfila e posicionamentos dos equipamentos. Piso inferior à esquerda e o piso superior à direita. ....	26
Figura 14: Local de posicionamento do equipamento A na Casa del Parque de Vilafáfila .....	26
Figura 15: Local de posicionamento do equipamento B na Casa del Parque de Vilafáfila .....	26
Figura 16: Estação meteorológica .....	27
Figura 17: Planta inferior da Casa del Parque de Formoselle e o posicionamentos dos equipamentos. ....	28
Figura 18: Local de posicionamento do equipamento A na Casa del Parque de Feroselle .....	29
Figura 19: Local de posicionamento do equipamento B na Casa del Parque de Feroselle .....	29
Figura 20: Estação Meteorológica na Casa del Parque de Feroselle .....	29
Figura 21: Planta inferior da Casa del Parque de Sanabria e o posicionamentos dos equipamentos. ....	30
Figura 22: Local de posicionamento do equipamento A na Casa del Parque de Sanabria .....	31
Figura 23: Local de posicionamento do equipamento B na Casa del Parque de Sanabria .....	31
Figura 24: Estação Metereológica no exterior na Casa del Parque de Sanabria .....	31
Figura 25: Planta do Posto Aquícola de Castrelos e posicionamentos dos equipamentos. ....	32
Figura 26: Local de posicionamento do equipamento interno no Posto Aquícola de Castrelos .....	33
Figura 27: Estação Metereológica no exterior do Posto Aquícola de Castrelos .....	33



Figura 28: Temperaturas internas e externas na Casa Del Parque de Villafáfila.....	34
Figura 29: Equipamento A na Casa del Parque de Villafáfila .....	36
Figura 30: Equipamento B na Casa del Parque de Villafáfila .....	36
Figura 31: Equipamento C na Casa del Parque de Villafáfila .....	36
Figura 32: Teto de vidro semiaberto na Casa del Parque de Villafáfila .....	36
Figura 33: Humidade relativa interna e externa na Casa Del Parque de Villafáfila.....	37
Figura 34: Diagrama de Olgyay para Casa del Parque - Villafáfila. Fonte: Adaptado pelo autor de Fariña (1990).....	39
Figura 35: Carta Bioclimática de Givoni para Casa del Parque – Villafáfila. Fonte: Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986).....	41
Figura 36: Temperaturas no interior e no exterior para a Casa del Parque de Formoselle.....	42
Figura 37: Gráfico comparativo de Humidade relativa Interna e Externa em Formoselle.....	44
Figura 38: Diagrama de Olgyay para Casa del Parque - Formoselle. Fonte: Adaptado pelo autor de Fariña (1990).....	46
Figura 39: Carta Bioclimática de Givoni para Casa del Parque – Formoselle. Fonte: Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986).....	48
Figura 40: Gráfico comparativo entre as temperaturas internas e externas em Sanabria.....	49
Figura 41: Comparação de humidade relativas entre o interior e o exterior para Casa del Parque de Sanabria .....	51
Figura 42: Diagrama de Olgyay para Casa del Parque – Sanabria. Fonte: Adaptado pelo autor de Fariña (1990).....	53
Figura 43: Carta Bioclimática de Givoni para Casa del Parque – Sanabria. Fonte: Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986).....	55
Figura 44: Temperaturas internas e externas no Posto Aquícola de Castrelos .....	56
Figura 45: Humidade relativa interna e externa no Posto Aquícola de Castrelos .....	58
Figura 46: Diagrama de Olgyay para Posto Aquícola de Castrelos. Fonte: Adaptado pelo autor de Fariña (1990).....	60
Figura 47: Carta Bioclimática de Givoni para o Posto Aquícola de Castrelos. Fonte: Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986).....	62
Figura 48: Boxplot de relação entre a temperatura do ar e a escala de sensação térmica.....	65
Figura 49: Boxplot de relação entre a humidade relativa do ar e a escala de sensação térmica.....	66
Figura 50: Boxplot de relação entre a velocidade do ar e a escala de sensação térmica.....	67
Figura 51: Boxplot de relação entre a temperatura média radiante e a escala de sensação térmica.....	68
Figura 52: Boxplot de relação entre o vestuário (clo) e a sensação térmica.....	69
Figura 53: Boxplot de relação entre a temperatura do ar e os locais de estudo, sendo FS (Formoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila). .....	70
Figura 54: Boxplot de relação entre a humidade relativa e os locais de estudo, sendo FS (Formoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila). .....	71
Figura 55: Boxplot de relação entre a velocidade do ar e os locais de estudo, sendo FS (Formoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila).....	72
Figura 56: Boxplot de relação entre a temperatura média radiante e os locais de estudo, sendo FS (Formoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila). .....	73
Figura 57: Histograma de relação entre os locais de estudo e a escala de sensação térmica.....	74
Figura 58: Boxplot de relação entre a temperatura do ar e a escala de sensação térmica para inverno e verão. ....	76
Figura 59: Boxplot de relação entre a humidade relativa do ar e a escala de sensação térmica para inverno e verão. ....	77

Figura 60: Boxplot de relação entre a velocidade do ar e a escala de sensação térmica para inverno e verão. ....	78
Figura 61: Boxplot de relação entre a temperatura média radiante e a escala de sensação térmica para inverno e verão. ....	79
Figura 62: Boxplot de relação entre o vestuário (clo) e a sensação térmica para inverno e verão.....	80
Figura 63: Histograma de relação entre os locais de estudo e a escala de sensação térmica para o inverno e verão. ....	81
Figura 64: Gráfico de relação entre a Temperatura do ar e temperatura percebida pelos inquiridos para inverno e verão .....	82
Figura 65: Boxplot de relação entre a Temperatura do ar e ‘Como os inquiridos gostariam de sentir-se’ para inverno e verão .....	83
Figura 66: Boxplot de relação entre a Humidade relativa do ar e a humidade relativa percebida pelos inquiridos para inverno e verão.....	84
Figura 67: Boxplot de relação entre a Velocidade do ar e a circulação de ar percebida pelos inquiridos para inverno e verão .....	85

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Taxa metabólica para diferentes atividades. Fonte: ISO 7730 (2005) .....	7
Tabela 2: Índice de resistência térmica para vestuários. Fonte: ISO 7730 (2005).....	8
Tabela 3: Escala térmica de Fanger. ....	12
Tabela 4: Tipos climáticos baseados no índice de humidade relativa. Fonte: Andrade Júnior et al. (2005).....	16
Tabela 5: Equipamentos Utilizados e datas das Medições.....	21
Tabela 6: Metodologias aplicadas.....	24
Tabela 7: Locais de análise .....	25
Tabela 8: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Villafáfila.....	37
Tabela 9: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de humidade relativa registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Villafáfila. ....	38
Tabela 10: Valores de temperaturas mínimas e máximas por dia para exterior na Casa del Parque de Villafáfila .....	38
Tabela 11: Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horários selecionados pelos dois equipamentos internos para Casa del Parque de Villafáfila .	40
Tabela 12: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Fermoselle .....	43
Tabela 13: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de humidade relativa registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Fermoselle .....	45
Tabela 14: Valores de temperaturas mínimas e máximas por dia para exterior na Casa del Parque de Formoselle.....	45
Tabela 15: Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horários selecionados pelos dois equipamentos internos para Casa del Parque de Fermoselle .....	47
Tabela 16: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Sanabria.....	50
Tabela 17: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de humidade relativa registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Sanabria .....	51
Tabela 18: Valores de temperaturas mínimas e máximas por dia para exterior na Casa del Parque de Sanabria .....	52
Tabela 19: Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horas registadas pelos dois equipamentos internos para Casa del Parque de Sanabria .....	54
Tabela 20: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização do Posto Aquícola de Castrelos .....	57
Tabela 21: Resultado das medições médias do aparelho interno no Posto Aquícola de Castrelos. ....	57
Tabela 22: Resultado das medições médias da Estação Meteorológica para o Posto Aquícola de Castrelos.....	58
Tabela 23: Índice de Correlação de Pearson entre os dados de humidade relativa registados no interior e exterior no Posto Aquícola de Castrelos .....	59
Tabela 24: Temperaturas mínimas e máximas e suas respetivas humidade relativas por dia no Posto Aquícola de Castrelos .....	59
Tabela 25: Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horas registadas pelo equipamento interno para o Posto Aquícola de Castrelos. ....	61
Tabela 26: Resumo de estratégias para resfriamento do interior. ....	63
Tabela 27: Correlação entre os locais de estudo de aplicação dos inquéritos no verão. ....	75
Tabela 28: Correlação entre os locais de estudo de aplicação dos inquéritos no inverno e verão.....	86

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das variáveis do conforto ambiental consiste no conforto térmico. A arquitetura deve atender às demandas da vida cotidiana das pessoas garantindo conforto. As condições térmicas de uma edificação devem ser compatíveis ao conforto térmico humano, sejam quais forem as condições climáticas externas.

De acordo com Shams, Giacomeli, & Sucomine (2009), no ambiente urbano, o conforto térmico é ameaçado pelas alterações climáticas decorrentes das mudanças das características térmicas das superfícies, das taxas de evaporação, da grande impermeabilização do solo decorrentes de construções e pavimentações, aumento da concentração de poluentes, novos padrões de circulação do ar e principalmente devido à ausência de vegetação.

Deste modo, a atividade antrópica, expressada através da expansão de grandes centros urbanos, causa a alteração das condições climáticas locais e impacta diretamente na resposta térmica das edificações.

Para avaliação do conforto térmico as principais variáveis climáticas analisadas são temperatura, humidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação solar incidente. Estas possuem relação direta com o volume de precipitação, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais, topografia, entre outras características que podem sofrer alteração por atividade antrópica (Rebelo *et al*, 2009).

As exigências humanas de conforto térmico relacionam-se com a ação do organismo, onde o corpo humano trabalha para produzir calor o suficiente para manter a temperatura corporal interna na média de 37°C. Deste modo, a troca de calor do corpo humano com o ambiente pode causar sensação de frio ou calor (Ferreira & Pereira, 2012).

A radiação solar é um fator importante na avaliação do conforto térmico, sendo assim, um elemento indispensável para avaliar qual a quantidade de radiação solar determinada edificação receberá ao longo do dia e em diferentes estações. Além disso, a radiação que incide nas construções retorna ao meio externo como forma de calor e tem sua dissipação reduzida devido às condições do ambiente externo. Deste modo, formam-se as ilhas de calor que transformam os centros urbanos em estufas. A orientação das janelas e portas que estabelecem contato com o meio exterior também é importante (Yang, Yan, &

Lam, 2014).

Para definir um parâmetro relativo às condições de conforto térmico são analisadas as variáveis climáticas supracitadas, as temperaturas das superfícies presentes no ambiente, a atividade a ser desenvolvida pelas pessoas naquele local e o tipo de roupa utilizada naquele momento.

O conforto térmico relaciona-se com a racionalização do uso de energia quando se procura evitar ou reduzir o uso de sistemas de regulação térmica artificiais. Os controles térmicos naturais quando bem planejados podem ser muito eficientes.

Assim, esta dissertação tem por objetivo avaliar os diferentes níveis de conforto térmico nas edificações estudadas com intuito de propor melhorias que garantam o conforto térmico dos ocupantes proporcionando melhoria no rendimento das atividades exercidas e diminuição de gastos provenientes do controle de temperatura interna.

Esta dissertação insere-se no contexto das atividades do Projeto POCTEP BIOURB NATUR. O projeto tem por objetivo propor um conjunto de soluções bioclimáticas, garantindo não apenas o conforto térmico dos edifícios, mas também a redução dos consumos de energia dos mesmos.

O conforto térmico será avaliado no contexto do verão nas áreas de estudo. O projeto incide sobre edifícios de interpretação ambiental localizadas em locais próximos da fronteira entre Portugal e Espanha.

Para elaboração do referido trabalho foram estipulados alguns objetivos específicos como: analisar as diferenças na relação entre os dados meteorológicos no interior e exterior dos edifícios; analisar as características de conforto térmico considerando índices e diagramas de referência; estudar a percepção de conforto dos utilizadores com recurso a inquéritos; definir estratégias de melhoria de conforto térmico, centradas nos edifícios e nos utilizadores.

O trabalho organiza-se de acordo com os seguintes elementos:

- Neste capítulo apresentou-se uma breve introdução sobre o tema que será estudado, uma justificativa para a relevância deste e os objetivos esperados;
- no segundo capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica, os principais fatores de influência, o contexto climático das áreas de estudo, as cartas

bioclimáticas que foram utilizadas;

- no terceiro são apresentados a metodologia e os materiais usados para cada local de estudo, bem como os métodos de processamento dos dados registados;
- no quarto são apresentados os resultados relativos ao conforto térmico em cada local e a discussão destes;
- no quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho.

## **2 O CONFORTO TÉRMICO INTERIOR E EXTERIOR**

O conforto térmico consiste no conjunto de condições em que os mecanismos de autorregulação do indivíduo são mínimos, ou ainda na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifeste se sentir bem (Gomes & Amorim, 2006)

Variáveis individuais como vestuário, taxa de metabolismo, gênero, idade, atividade exercida e hábitos alimentares podem mudar substancialmente as preferências térmicas de pessoa para pessoa (Souza & Nery, 2012). Além destas, as variáveis ambientais como temperatura, humidade relativa do ar e a velocidade do vento também têm grande importância para a determinação das diferentes faixas de conforto.

Na área da Climatologia Urbana, tem-se dado maior importância para estudo das variáveis ambientais. Estas variáveis, guardam estreitas relações com regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, topografia, entre outras características locais que podem ser alteradas pela presença humana (Frota & Schiffer, 1987) .

Segundo Pagnossin, Buriol, & Graciolli (2001) o conforto térmico exprime satisfação com o ambiente térmico, sendo vários fatores que influenciam, entre eles os aspetos físicos relacionados aos processos de trocas de calor: condução, convecção, radiação e evaporação que ocasionam no organismo ganhos e perdas de energia com o meio, através da influência das variáveis meteorológicas como a temperatura, humidade relativa, movimento do ar e radiação responsáveis por uma maior ou menor sensação de conforto térmico. Deve-se considerar também, as variáveis fisiológicas e psicológicas que variam de indivíduo para indivíduo conforme a percepção e preferências térmicas.

A humidade relativa do ar desempenha a função de transferir calor entre o indivíduo e o meio através da evapotranspiração, cujos processos fisiológicos para manter o equilíbrio térmico se dão através do suor da pele e da respiração.

Assim sendo, quanto mais elevada é a temperatura do ar, maior é a pressão de vapor de saturação e maior a capacidade de armazenamento de vapor de água. Logo, menor é a humidade relativa. Esta relação é capaz de acentuar situações de desconforto térmico (Kamsali, Prasad, Datta, & Nejadkoorki, 2011).

## **2.1 Fatores de influência**

### **2.1.1 Ambientais**

Os principais fatores ambientais que influenciam na remoção de calor do corpo para o ambiente são: temperatura do ar, temperatura média radiante, humidade relativa do ar, velocidade do ar (Gonçalves & Graça, 2004).

Temperatura do Ar – A temperatura do ar é a temperatura em torno do ocupante. Sendo assim, o corpo pode perder ou ganhar calor por convecção dependendo da temperatura do ar. Quando a temperatura do ar for menor que a temperatura da pele o corpo perde calor para o ambiente. E quando a temperatura do ar for maior que a temperatura da pele o corpo ganha calor do ambiente (ASHRAE 55, 2004; Miguel, 2010).

Temperatura média radiante – De acordo com ASHRAE 55 (2004), trata-se da temperatura de superfície uniforme de uma envolvente imaginária preta em que um ocupante trocaria a mesma quantidade de calor por radiação. Segundo ISO 7726 (1998), a radiação de um ambiente é um dos principais fatores de desconforto térmico. Deste modo, para que haja controle deve-se aferir e relacionar a temperatura média radiante, a temperatura ambiente e a velocidade do ar. Para medir a temperatura média radiante utiliza-se um termómetro de globo, constituído normalmente por uma esfera, oca e preta a fim de absorver a radiação.

Humidade relativa do Ar – a humidade relativa do ar é a razão da quantidade de vapor d'água presente em 1m<sup>3</sup> de ar com a quantidade máxima de vapor d'água contido em 1m<sup>3</sup> de ar (Miguel, 2010). Com isso, a humidade relativa do ar varia com a temperatura do ar. Quando a temperatura aumenta, a quantidade máxima de vapor de água aumenta. Logo, o inverso também ocorre. A humidade relativa do ar influencia na evaporação, pois, a baixa humidade relativa permite que o ar seco absorva de forma rápida a humidade relativa da pele e, conseqüentemente, remova o calor do corpo. (ASHRAE 55, 2004)

Velocidade do ar – a ventilação exerce um papel importante no conforto, promovendo as trocas térmicas através da convecção e evaporação entre o corpo e o ambiente. A contribuição do movimento do ar na remoção do calor através da pele, varia de acordo com a temperatura e humidade relativa. Quando aumenta a ventilação a evaporação também aumenta e, desta forma, a



humidade relativa do corpo é retirada mais rapidamente. O efeito causado pela ventilação permite a tolerância de temperaturas até 4° C mais elevadas (ASHRAE 55, 2004; Nicol, 2004).

As áreas urbanizadas sofrem com a impermeabilização do solo que prejudica a drenagem dos solos. Isso implica em alterações na humidade relativa e pluviosidade local. Deste modo, ocorrem aumento das temperaturas e alteração dos índices pluviométricos.

A topografia afeta diretamente a temperatura do ar a nível local. Um relevo irregular provoca alterações na distribuição da radiação solar durante o dia, além de atuar como uma barreira para os ventos. Assim, as condições de humidade relativa e temperatura do ar podem sofrer alterações (Frota & Schiffer, 1987).

### **2.1.2 Humanos**

O metabolismo de cada pessoa é diferente e isso influencia diretamente na sensação de conforto térmico. Apenas uma parte de toda energia adquirida pelo indivíduo é transformada em trabalho, sendo que cerca de 80% é transformada em calor para manutenção da temperatura corporal garantindo equilíbrio para o corpo.

Segundo Lamberts (2016) quando o organismo não é capaz de dissipar o calor produzido através do metabolismo causando sensação de calor ou frio, pode-se dizer que existe desconforto térmico. Deste modo, constata-se que a taxa metabólica gerada pela atividade exercida pelo indivíduo possui forte relação com o conforto térmico.

O metabolismo pode ser expresso em duas unidades, W/m<sup>2</sup> de pele ou Met. Segundo ISO 7730 (2005), uma pessoa em estado de relaxamento apresenta taxa de metabolismo de 58,15 W/m<sup>2</sup> de área de superfície corporal. A Tabela 1 dispõe da relação entre a atividade exercida e o calor dissipado pelo organismo no momento.

Tabela 1: Taxa metabólica para diferentes atividades. Fonte: ISO 7730 (2005)

Atividade	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Deitado, reclinado	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola, etc)	70
Atividade de leve em pé (fazer compras, atividades laboratoriais, etc)	93
Atividade média em pé (trabalhos domésticos, balconista, etc)	116
Caminhando em local plano a 2 km/h	110
Caminhando em local plano a 3 km/h	140
Caminhando em local plano a 4 km/h	165
Caminhando em local plano a 5 km/h	200

Ainda no que tange a variável humana, considera-se de forte relevância o vestuário do indivíduo. A roupa atua como um tipo de isolante térmico que dificulta as trocas de calor por convecção. A Tabela 2 mostra o índice de resistência térmica (Clo) para cada vestuário.

**Tabela 2:** Índice de resistência térmica para vestuários. **Fonte:** ISO 7730 (2005)

Vestuário	Índice de resistência térmica - Icl (clo)
Meias	0,02
Meia calça grossa	0,1
Meia calça fina	0,03
Calcinha e sutiã	0,03
Cueca	0,03
Camiseta de baixo	0,09
Camisa de baixo mangas compridas	0,12
Camisa manga curta	0,15
Camisa manga comprida	0,25
Blusa	0,15
Saia fina	0,15
Saia grossa	0,25
Vestido leve manga curta	0,2
Vestido grosso manga comprida	0,4
Suéter	0,28
Jaqueta	0,35
Bermuda	0,06
Calça fina	0,2
Calça média	0,25
Botas	0,1
Sapatos	0,04

## 2.2 Carta Bioclimática de Olgyay

A Carta bioclimática de Olgyay surgiu em 1963, desenvolvida para propor estratégias de adaptação da edificação considerando dados do clima externo.

O gráfico apresenta uma zona de conforto indicada no centro e os elementos climáticos mais relevantes são indicados com curvas ao redor. Após análise, o diagrama aponta as estratégias necessárias para correção e restabelecimento da sensação de conforto.

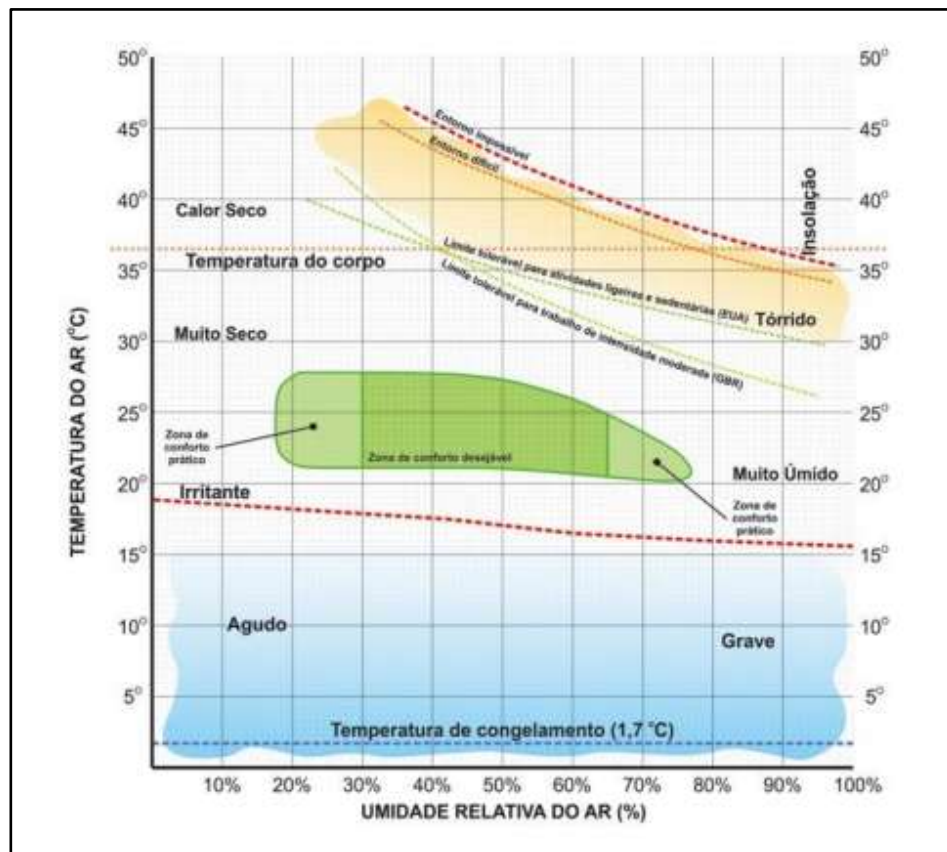
Olgyay (2015) definiu quatro parâmetros que devem ser considerados para garantir um edifício climaticamente equilibrado, são eles: biologia, arquitetura, tecnologia e climatologia.

Sabe-se que a percepção térmica é algo individual e varia de acordo com vestuário e taxa de metabolismo. Diante disso, Olgyay desenvolveu uma carta que pré-determina que o nível de vestuário do indivíduo (Clo) seja igual a 1 e a

taxa de metabolismo seja referente a atividades leves ou pouco físicas.

A seguir, a

Figura 1 apresenta o Diagrama proposto por (Olgay, 2015), onde constam valores de temperatura do ar e umidade relativa, bem como a zona de neutralidade no centro do diagrama.



**Figura 1:** Carta Bioclimática de Olgay. **Fonte:** Adaptado por PONTES e LIMA (2017) de Olgay (1963)

Para (Olgay, 2015), os limites de conforto térmico da zona de conforto desejável estão entre 19,5°C e 27,9°C. Para a umidade relativa, os limites ficam entre 30% e 65% em regiões de clima temperado.

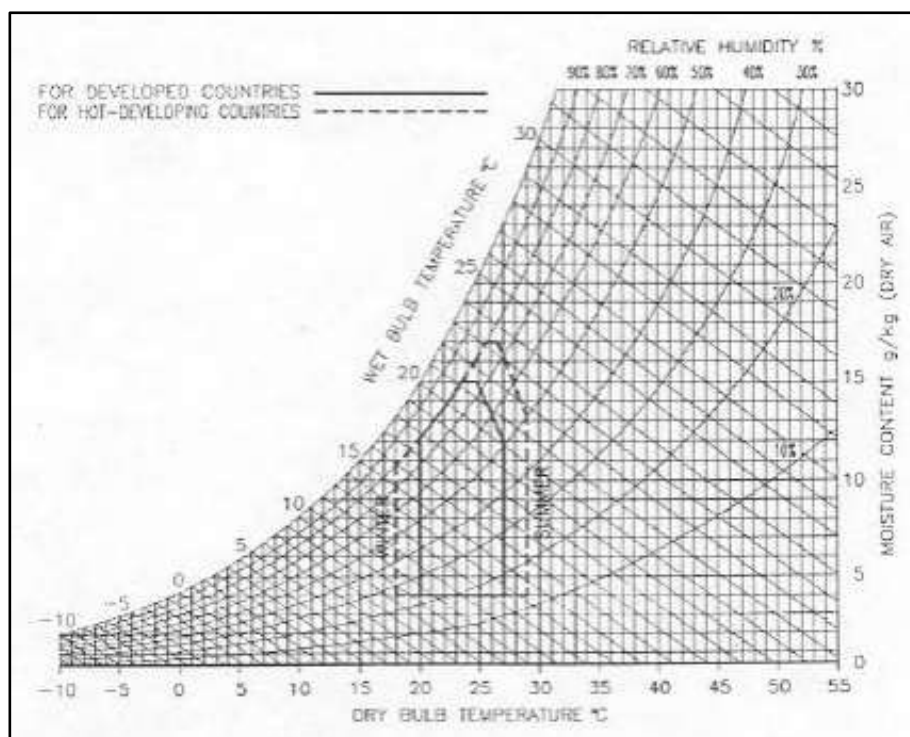
Além da zona de conforto são indicadas no gráfico diferentes sensações térmicas e o limite de trabalho moderado sob altas temperaturas. A partir da linha de temperatura efetiva não se consegue obter conforto pelos mecanismos demonstrados pelo método.

### 2.3 Carta Bioclimática de Givoni

Também conhecida como Building Bioclimatic Chart, a carta bioclimática de Givoni foi elaborada em 1969 para corrigir as limitações do diagrama de Olgyay, conforme (Givoni, 1992). A carta de Givoni é traçada sobre uma carta psicrométrica, enquanto Olgyay definiu dois eixos relacionando temperaturas e humidades relativas. Além disso, Givoni considera temperaturas internas do edifício, diferente de Olgyay que considerava apenas temperaturas externas.

Ambas as cartas apresentam alternativas para dilatar a zona de conforto através de estratégias de arquitetura. Olgyay obteve os limites de conforto em seu estudo através de pesquisas anteriores desenvolvidas por fisiologistas. Givoni se baseou no índice de conforto térmico, desenvolvido por ele mesmo, denominado ITS (Index Of Thermal Stress), de caráter biológico que considera o ar calmo, as trocas de calor que ocorrem entre o corpo humano e o ambiente, a taxa metabólica e a diversificação na vestuário dos indivíduos (Rossi *et al*, 2009)

Givoni baseou-se ainda em dados de pesquisas realizadas nos Estados Unidos, Europa e Israel considerando a temperatura interna esperada para um edifício sem climatização artificial e projetado adequadamente para o local onde está construído. Ou seja, considerando que o edifício é inerte termicamente, protegido contra radiação solar e com ventilação adequada. Seus estudos se adequavam melhor a países que estão inseridos na zona temperada. Logo, Givoni adaptou seus estudos expandindo os limites de conforto térmico para países quentes e húmidos conforme mostra a Figura 2 (Givoni, 1992; Vettorazzi, Russi, & Pizzutti, 2010).



**Figura 2:** Carta Bioclimática de Givoni para países desenvolvidos e em desenvolvimento

**Fonte:** Givoni (1992)

Os locais que serão analisados neste estudo enquadram-se numa análise de zona de conforto estabelecida para países desenvolvidos (Portugal e Espanha), onde as temperaturas para se atingir esta zona variam de 18°C a 25°C no inverno e 20°C a 27°C no verão (Hernández Aja et al., 2013).

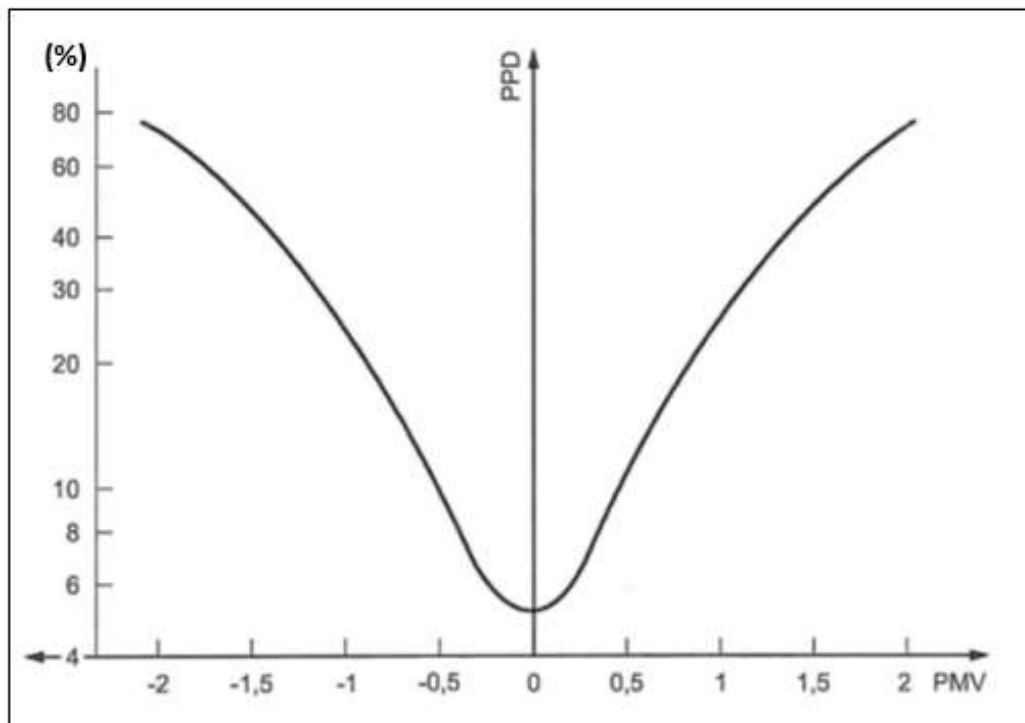
## 2.4 Escala de medição do conforto térmico

De acordo com a norma ISO 7730 (2005), a insatisfação térmica pode ser resultado de um desconforto térmico causado por um ambiente considerado frio ou quente, ou ainda por um desconforto térmico localizado numa parte específica do corpo. Para este trabalho usou-se o índice PMV (Voto Médio Estimado) desenvolvido por Fanger (1972), onde os indivíduos expressam sua satisfação ou insatisfação com o ambiente utilizando uma escala que varia de -3 a +3, como aponta a Tabela 3.

**Tabela 3:** Escala térmica de Fanger. **Fonte:** ISO 7730 (2005)

Escala	Sensação
+3	Muito quente
+2	Quente
+1	Levemente quente
0	Neutro
-1	Levemente frio
-2	Frio
-3	Muito frio

O índice PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas), estabelece a percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente. Tal índice consiste em uma escala que varia entre +3 e -3 (onde +3 representa a sensação de máximo calor e -3 máximo frio na escala de Fanger) (ASHRAE 55, 2004).



**Figura 3:** PPD em função dos valores de PMV. **Fonte:** ISO 7730 (2005)

## 2.5 Contexto Climático

A urbanização cada dia mais presente no mundo globalizado é um dos principais fatores que contribuem com a alteração das características originais do clima. O macroclima é definido por suas características gerais em escala regional. O mesoclima refere-se ao clima geral urbano numa escala mais reduzida e o microclima é o resultado do estudo do clima de áreas pequenas, considerando os efeitos das ações humanas sobre o conforto térmico (Hernández Aja et al., 2013).

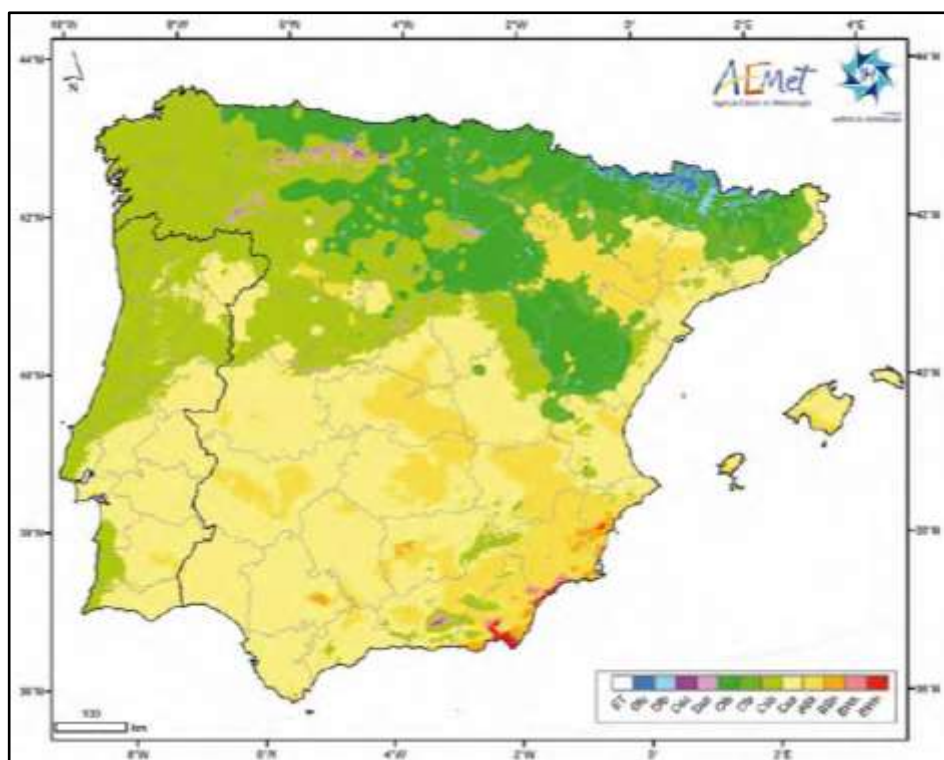
Para este trabalho foram analisadas as caracterizas microclimáticas de edifícios transfronteiriços entre Portugal e Espanha. A Figura 4 mostra a localização dos locais estudados.



**Figura 4:** Localização dos locais de estudo. **Fonte:** Google Earth (2019)

Para a caracterização do clima regional, utilizou-se o sistema de classificação climática de Köppen-Geiger (1936). Na Figura 5 apresentam-se as zonas climáticas delimitadas de acordo com esta classificação.





**Figura 5:** Classificação climática de Köppen-Geiger na Península Ibérica e Ilhas Baleares.  
**Fonte:** Hernández (2013)

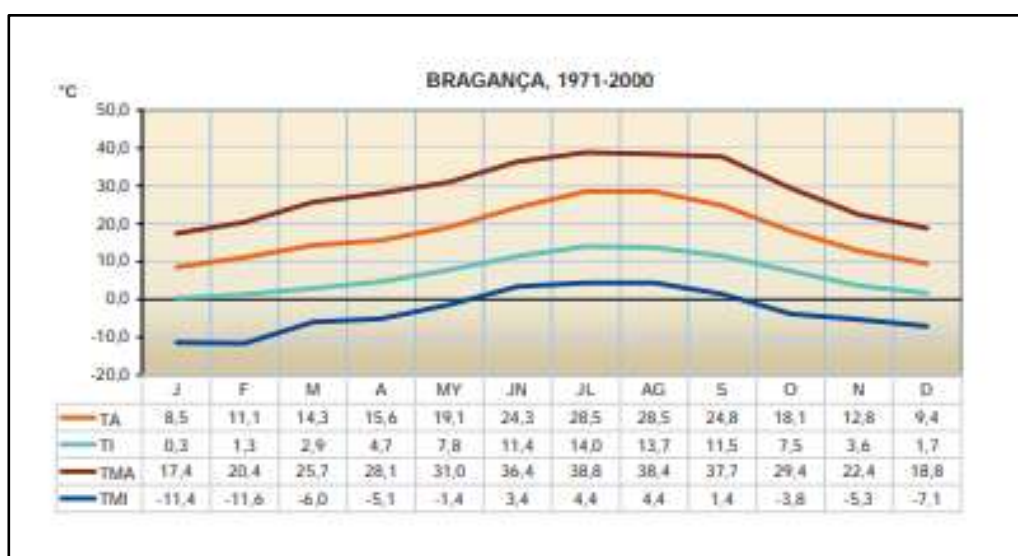
Todos os locais analisados localizam-se na mesma região, deste modo configuram a mesma classificação climática. A Casa del Parque de Villafáfila, o Parque Natural Arribes del Duero e a Casa del Parque de Sanabria estão na província de Zamora. O Posto Aquícola de Castrelos, está na região de Trás-Os-Montes e Alto Douro, com dados referentes à cidade de Bragança, Portugal.

Salienta-se que esta é uma classificação geral da região, os dados referentes ao microclima de cada região provêm do registo dos equipamentos internos e externos instalados nas casas del parque analisadas.

Deste modo, utilizou-se a classificação de Köppen-Geiger (1936) para análise das áreas de estudo. De acordo com a classificação, os locais estão inseridos num contexto climático Csb, cujo “Cs” refere-se às precipitações. Os dados foram coletados no período de verão onde as temperaturas são mais elevadas e o regime de chuvas é bem menos intenso. Segundo a classificação, a letra “b” aponta a evolução das temperaturas. Neste caso corresponde ao clima temperado com taxa de precipitação maior com a de evaporação e temperatura variando entre 0º e 18ºC no inverno, além de apresentar temperaturas médias em torno dos 22ºC no mês mais quente (AEMET, 2011)

## 2.6 Áreas de análise

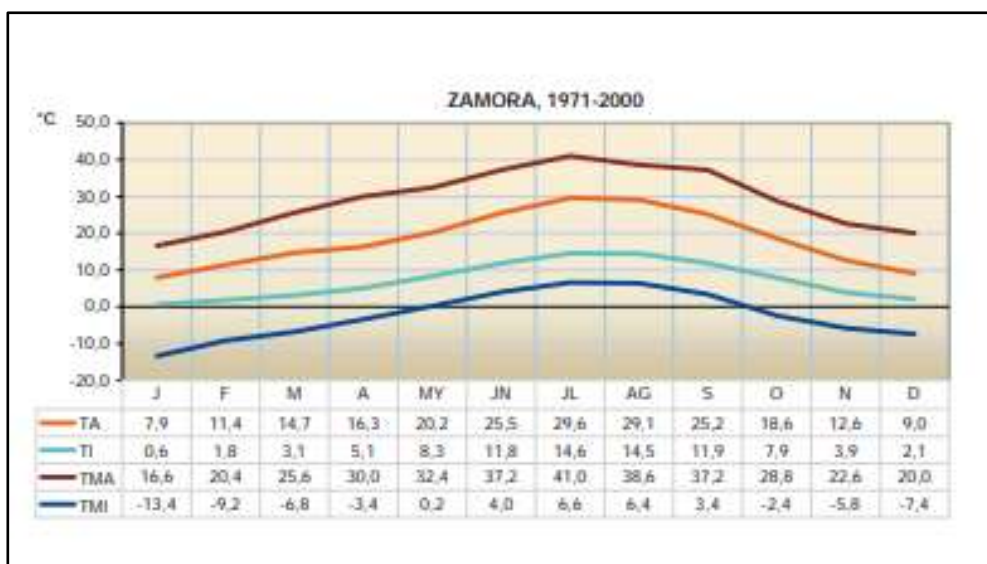
Para contextualizar o clima dos locais estudados apresentam-se a seguir figuras que mostram o comportamento do clima num intervalo de 1971 a 2000, desta forma torna-se possível caracterizar os contextos climáticos em que o caso de estudo está inserido. A Figura 6 mostra o comportamento climático de Bragança, Portugal.



**Figura 6:** Média da temperatura máxima diária (TA), média da temperatura mínima diária (TI), maior valor da temperatura máxima diária (TMA) e menor valor da temperatura mínima diária (TMI) para a cidade de Bragança no período de 1971 a 2000. **Fonte:** AEMET (2011)

De acordo com a Figura 6, nota-se que no verão as médias da temperatura máxima diária não passam de 28,5° C.

Apesar da província de Zamora estar inserida no mesmo tipo climático segundo Köppen, a região apresentou-se ligeiramente mais quente do que Bragança como mostra a Figura 7.



**Figura 7:** Média da temperatura máxima diária (TA), média da temperatura mínima diária (TI), maior valor da temperatura máxima diária (TMA) e menor valor da temperatura mínima diária (TMI) para Zamora no período de 1971 a 2000. **Fonte:** AEMET (2011)

No que tange a humidade relativa do ar, segundo o Manual de Desenho Bioclimático (Hernández Aja et al., 2013), o índice de humidade relativa (hu) em Bragança é de 20,55. Através da Tabela 4 que aponta os tipos climáticos baseados no índice de humidade relativa, nota-se que o tipo climático de Bragança é definido pelo B1-Húmido, de acordo com Thornthwaite & Mather (1957).

**Tabela 4:** Tipos climáticos baseados no índice de humidade relativa. **Fonte:** Andrade Júnior et al. (2005)

Tipos Climáticos	Índice de Humidade relativa segundo Thornthwaite & Mather (1957)
A – Super-húmido	$100 \leq I_h$
[B4 - Húmido	$80 \leq I_h < 100$
B3 - Húmido	$60 \leq I_h < 80$
B2 - Húmido	$40 \leq I_h < 60$
B1 - Húmido	$20 \leq I_h < 40$
C2 - Sub-Húmido	$00 \leq I_h < 20$
C1 - Sub-Húmido seco	$-33,3 \leq I_h < 00$
D - Semiárido	$-66,7 \leq I_h < -33,3$
E - Árido	$-100 \leq I_h < -66,7$

Segundo (Hernández Aja et al., 2013), Zamora apresenta um índice de humidade relativa negativo em torno de -29,75. De acordo com a Tabela 4, a

região classifica-se por um clima D-Semi-árido.

Quanto a precipitação, Bragança apresenta regime chuvoso sobretudo nos períodos de outono e inverno. Entretanto, a Figura 8 mostra que a estação quente entre os meses de junho e agosto é seca.

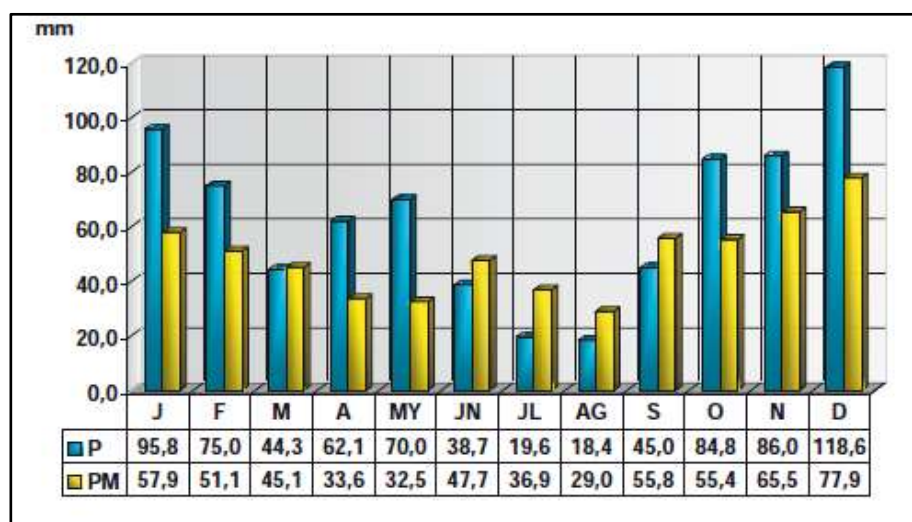
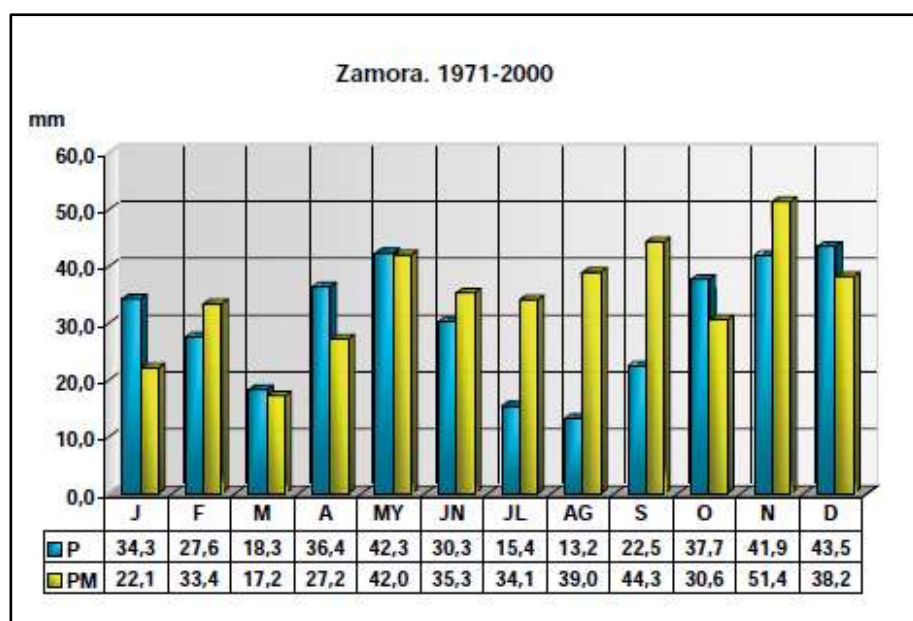


Figura 8: Média da quantidade de precipitação total (P) e maior valor da quantidade de precipitação diária (PM) na cidade de Bragança, no período de 1971 a 2000. **Fonte:** (AEMET, 2011)

De acordo com a Figura 9, Zamora apresenta um regime de precipitação ligeiramente mais baixo que Bragança.



**Figura 9:** Média da quantidade de precipitação total (P) e maior valor da quantidade de precipitação diária (PM) na cidade de Zamora, no período de 1971 a 2000. **Fonte:** AEMET (2011)

Apesar de o período de calor ser menor do que o de frio, a área de análise neste estudo está inserida numa região em que as diferenças climáticas são severas entre as estações do ano. Deste modo, destaca-se a necessidade da utilização de estratégias bioclimáticas de dissipação de calor e sombreamento para garantir o conforto térmico durante o verão, período em que o estudo foi realizado.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Materiais

Para o estudo foram utilizados os instrumentos *HD32.1* (Figura 10) e *HD 32.3* (Figura 11), estes são equipamentos desenvolvidos para monitorizar a temperatura, humidade relativa e velocidade do vento em ambientes internos e fornecer elementos para a análise do conforto térmico. Os instrumentos possuem os seguintes sensores:

- TP3207 para medição da temperatura do bulbo seco (sem humidade relativa);
- TP3275 para medição da temperatura do globo;
- Pt100, globo Ø150 mm, haste Ø 14 mm e 110 mm de comprimento, equipada com módulo SICRAM. Usada para medição da temperatura média radiante;
- AP3203 para medição da velocidade do ar;
- HP3201 para medição da temperatura natural – bulbo húmido (com humidade relativa);
- HP3217 Sensor combinado de temperatura e humidade relativa. Utilizado para calcular PMV e PPD;
- HP3217DM para deteção de temperatura de bulbo seco e bulbo húmido natural.



**Figura 10:** Instrumento HD 32.1 e sensores.  
**Fonte:** Delta Ohm (2019)



**Figura 11:** Instrumento HD 32.3 e sensores.  
**Fonte:** Delta Ohm (2019)

Para monitorização do exterior foi utilizada a Estação Meteorológica *Campbell Scientific* (Figura 12) composta pelos seguintes instrumentos:

- Piranómetro, modelo PYR-S, Apogee Instruments: medição da radiação;
- anemómetro e catavento, modelo Wind Sentry 03002-5, Young: medição da velocidade e direção do vento;
- termohigrómetro, modelo CS215, Campbell Scientific: para medição da temperatura e humidade relativa;
- pluviómetro, modelo ARG 100, Campbell Scientific: para medir a precipitação;
- sistema de armazenamento de dados (datalogger CR200X, Campbell Scientific).





**Figura 12:** Estação Meteorológica

### 3.2 Monitorização de Ambiente Térmico Interior e Exterior

No Tabela 5 são apresentados os equipamentos que foram utilizados, assim como as datas de medição para cada caso de estudo:

**Tabela 5:** Equipamentos Utilizados e datas das Medições.

Local	HD 32.1	HD 32.3	HD 32.3	Estação Meteorológica	Datas	
					Interno	Externo
Casa del Parque de VillaFáfila	x	x	x	x	05/07 a 12/07	
Parque Natural Arribes del Duero – Famoselle	x	x		x	21/07 a 28/07	
	-	-	x	x	24/07 a 28/08	
Casa del Parque de Sanabria	x	x	x	x	30/07 a 09/08	
Posto Aquícola de Castrelos	x	-	-	x	09/08 a 04/09	

**Fonte:** Elaboração própria (2019)



Salienta-se que na Casa del Parque de Famoselle o primeiro equipamento instalado sofreu uma queda no local e teve que ser substituído.

Os métodos utilizados para o estudo são semelhantes em todos os locais. Foram realizadas recolhas de dados através dos equipamentos citados. Para análise dos dados foram utilizados o Diagrama de Olgyay, traçando valores diários máximos e mínimos de temperatura com suas respectivas humidades relativas e a Carta Psicométrica de Givoni utilizando dados de temperatura e humidade relativa de horários específicos como sejam o horário de abertura dos edifício, retorno do horário de funcionamento após o almoço e horário de fecho.

Para análise dos dados foram considerados alguns fatores determinantes como o intervalo de leitura dos dados durante o período de medição e a forma de aplicação dos inquéritos. Os valores de temperatura com suas respectivas humidade relativas foram identificados durante as medições e relacionados na Carta de Givoni. Para tal, foram definidos três horários de maior relevância para as análises, sendo o horário de abertura, o de reabertura após o horário de almoço e horário de fecho.

A maioria dos métodos utilizados foi semelhante para as áreas analisadas. Para que não houvessem repetições ao longo deste estudo, as principais metodologias aplicadas foram compiladas e estão apresentadas na Tabela 6.

Para avaliar a sensação de conforto térmico dos locais de estudo foram aplicados inquéritos (Anexo 1) a funcionários e visitantes dos parques, durante três dias consecutivos, de sexta-feira a domingo, período que coincide com o maior fluxo de pessoas durante o funcionamento das Casas del Parque.

Trata-se de um inquérito curto (Anexo 1) que foi aplicado em dois locais distintos de cada edifício estudado com intervalo de 5 minutos a cada entrevista. O mesmo apresenta perguntas sobre como os entrevistados se sentiam naquele momento, aplicando a escala de conforto térmico de Fanger (Tabela 3); sobre o que pensavam quanto a circulação de ar; sobre a humidade relativa; sobre como gostariam de sentir-se naquele instante, se com mais calor, ou mais frio; sobre a temperatura que acreditavam estar no momento da entrevista; sobre possíveis causas de incomodidade térmica; e, por fim, sobre como estavam vestidas.

A escala de Fanger (1972) possui sete pontos que variam entre +3 (sensação de calor) e -3 (sensação de frio).

Ao todo foram aplicados 232 inquéritos para o estudo do verão e as

respostas foram cruzadas com os dados meteorológicos obtidos pelos equipamentos instalados para posterior análise e conclusões.

A Tabela 6 sintetiza a metodologia aplicada a cada local de interesse.

**Tabela 6:** Metodologias aplicadas.

Local	Ambiente externo	Interior	Altura (metros)	Intervalo de medição do equipamento (minutos)		Inquéritos
				Interior	Exterior	
<b>Casa del Parque de Villafáfila</b>	Medição realizada pela Estação Meteorológica <i>Campbell Scientific</i> ; <b>Diagrama de Olgyay</b> : traçaram-se retas utilizando valores diários máximos e mínimos de temperatura com suas respectivas humidades relativas.	Medição realizada pelo equipamento HD32.1 e HD 32.3: Thermal Microclimate; <b>Carta Psicométrica de Givoni</b> : utilizaram-se dados de temperatura e humidade relativa de horários específicos de interesse, tais como: horário de abertura do edifício (10:00), retorno do horário de funcionamento após o almoço (16:00) e horário de fecho (20:00).	1	10	10	Aplicação de inquérito aos funcionários da Casa del Parque e visitantes próximos aos equipamentos. Intervalo mínimo de 5 minutos a contar da entrada.
<b>Parque Natural Arribes del Duero Formoselle</b>						
<b>Casa del Parque de Sanabria</b>						
<b>Posto Aquícola de Castrelos</b>						Não se aplica

### 3.3 Locais de Estudo

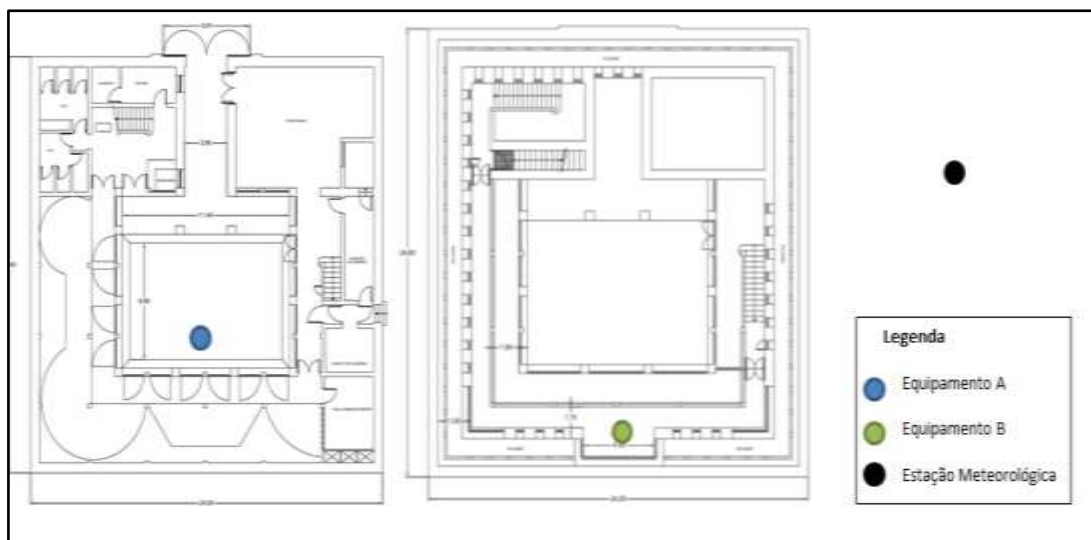
Este estudo apresenta a análise das variáveis de conforto térmico de três locais diferentes no contexto transfronteiriço Portugal – Espanha no verão. Os locais selecionados são objeto de intervenções no contexto do projeto BIOURB NATUR, a fim de obter a melhoria do conforto térmico interno nos Centros de Interpretação. As propostas e os resultados apresentados são válidos para o período do verão com predominância de temperaturas altas e tempo seco.

**Tabela 7:** Locais de análise

Locais	Coordenadas	País	Província
<b>Casa del Parque de Villafáfila</b>	41°51'18,32" N; 5°35'39,75" W	Espanha	Zamora
<b>Parque Natural 'Arribes del Duero' Famoselle</b>	41°18'54,52" N; 6°23'54,86" W	Espanha	Zamora
<b>Casa del Parque de Sanabria</b>	42°05'33,02" N; 6°38'45,44" W	Espanha	Zamora
<b>Posto Aquícola de Castrelos</b>	41°50'15.6"N 6°53'27.8"W	Portugal	Bragança

#### 3.3.1 Casa del Parque de Villafáfila

O local situado a aproximadamente 97 km do Instituto Politécnico de Bragança encontrava-se em funcionamento com visita aberta em horário especial de férias de verão. Os equipamentos começaram a registar as leituras no dia 05 de julho de 2019 às 10:00 horas. Os equipamentos de medição interna e externa foram alocados em diferentes locais do edifício conforme mostra a Figura 13.



**Figura 13:** Planta da Casa del Parque de Villafáfila e posicionamentos dos equipamentos. Piso inferior à esquerda e o piso superior à direita.

A Figura 14 e Figura 15 mostram os equipamentos internos instalados.



**Figura 14:** Local de posicionamento do equipamento A na Casa del Parque de Vilafáfila



**Figura 15:** Local de posicionamento do equipamento B na Casa del Parque de Vilafáfila

A estação meteorológica (Figura 16) iniciou os registos em simultâneo com os equipamentos internos.



**Figura 16:** Estação meteorológica

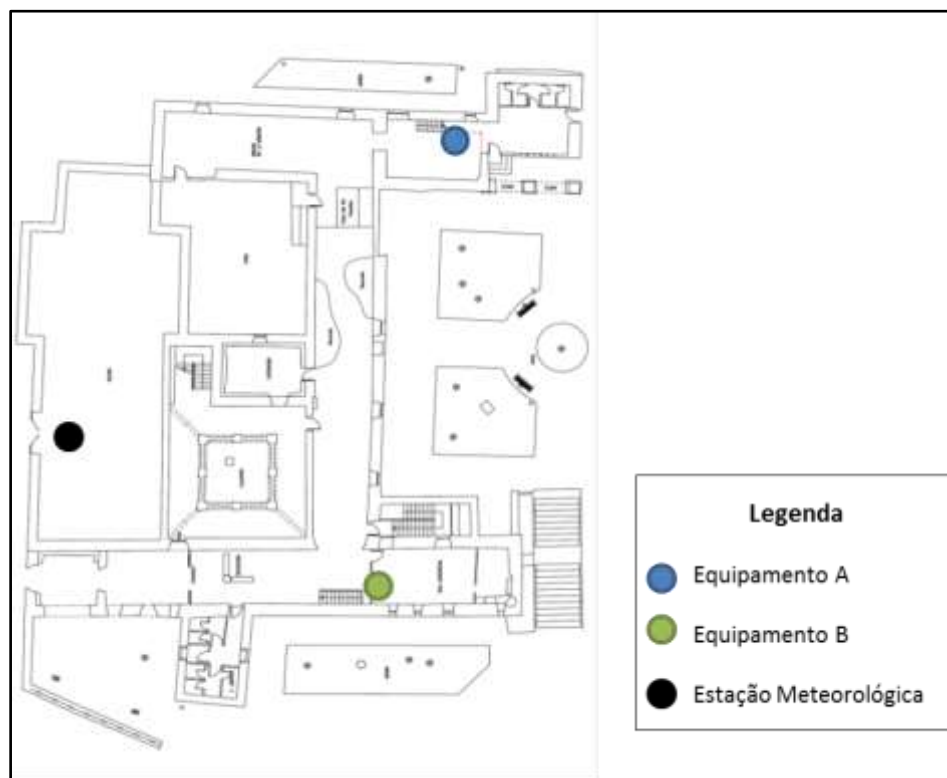
Os equipamentos utilizados foram configurados para registar dados num intervalo de 10 minutos. A recolha de dados iniciou-se no dia 5 de julho e terminou no dia 12 de julho de 2019, totalizando sete dias de registos. À posteriori, os dados foram trabalhados nos softwares Excel e SPSS, a fim de gerar gráficos para desenvolver as análises de conforto térmico da edificação. Para complementar as análises foram aplicados inquéritos sobre a perceção do conforto térmico a funcionários e visitantes do parque. Os inquéritos foram aplicados nos dias 5, 6 e 7 de julho de 2019 durante o horário de funcionamento da Casa do parque que abria às 10:00 horas, com fechamento para almoço de 14:00 às 17:00 e encerramento das atividades às 21:00 horas (horário espanhol).

### **3.3.2 Parque Natural 'Arribes del Duero' Famoselle**

O Parque Arribes del Duero está localizado no município de Famoselle, província de Zamora e dista aproximadamente 65 quilómetros do Instituto Politécnico de Bragança. As medições começaram no dia 21 de julho de 2019 às 10:00 horas. No dia 24 de julho um dos equipamentos internos sofreu uma queda e foi substituído.

Foram posicionados dois instrumentos internos e uma estação

meteorológica na área externa, conforme aponta a Figura 17:



**Figura 17:** Planta inferior da Casa del Parque de Formoselle e o posicionamentos dos equipamentos.

A Figura 18, Figura 19 e Figura 20 mostram os equipamentos instalados.



**Figura 18:** Local de posicionamento do equipamento A na Casa del Parque de Fermoselle



**Figura 19:** Local de posicionamento do equipamento B na Casa del Parque de Fermoselle



**Figura 20:** Estação Meteorológica na Casa del Parque de Fermoselle

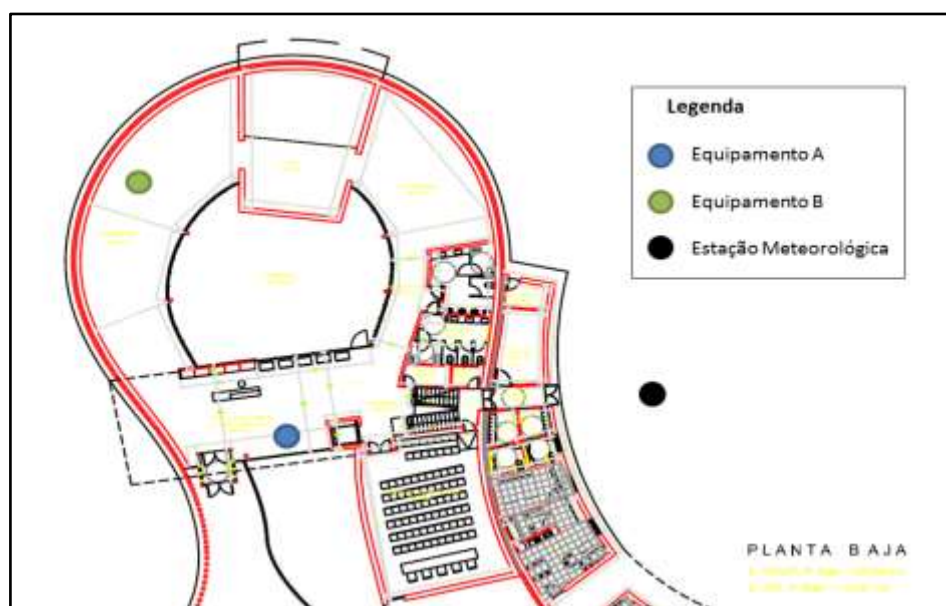
O intervalo de registo de dados de 10 minutos foi pré-determinado conforme a análise anterior. Os registos foram iniciados no dia 21 de julho de



2019 e terminaram dia 28 de julho, totalizando sete dias de registos. Houve aplicação de inquéritos aos funcionários e visitantes do parque durante os dias 26, 27 e 28 de julho no horário de funcionamento do parque, com abertura às 10:00 horas, fechamento para almoço às 14:00 e retorno às 17:00 e encerramento às 20:30 horas, horário espanhol.

### 3.3.3 Casa del Parque de Sanabria

A Casa del Parque de Sanabria fica próxima a Bragança. O município da província de Zamora está a 33 quilómetros do IPB. As medições foram realizadas no período compreendido entre as 09:50 de 30 de julho e as 08:10 do dia 9 de agosto de 2019, completando nove dias de medição. Os dados foram registados a cada 10 minutos. Foram posicionados dois instrumentos internos e uma estação meteorológica na área externa, conforme aponta a Figura 21.



**Figura 21:** Planta inferior da Casa del Parque de Sanabria e o posicionamentos dos equipamentos.

Os inquéritos foram aplicados a funcionários e visitantes do parque nos dias 2, 3 e 4 de agosto de 2019 no período de funcionamento do parque. Abertura às 10:00, fecho para almoço de 14:00 as 17:00 e encerramento às 21:00, horário espanhol.

As figuras a seguir mostram os equipamentos instalados.



**Figura 22:** Local de posicionamento do equipamento A na Casa del Parque de Sanabria



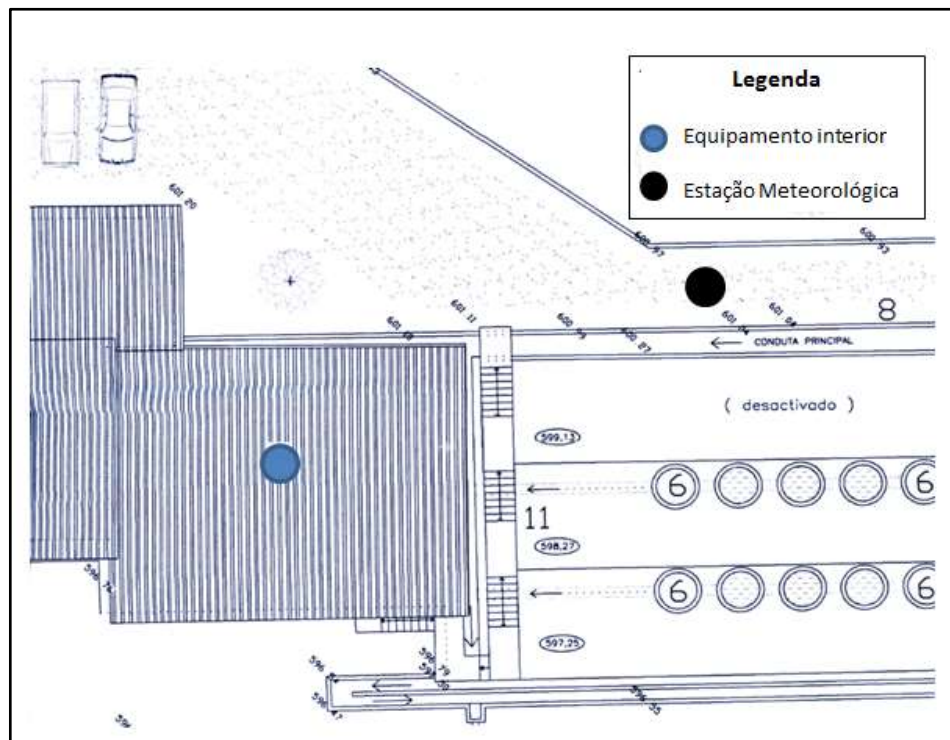
**Figura 23:** Local de posicionamento do equipamento B na Casa del Parque de Sanabria



**Figura 24:** Estação Meteorológica no exterior na Casa del Parque de Sanabria

### 3.3.4 Posto Aquícola de Castrelos

Localizado a aproximadamente 15 km do município de Bragança, a medições foram realizadas no Posto Aquícola de Castrelos. O equipamento HD 32.1 permaneceu estático no interior do edifício, assim como a Estação Meteorológica no exterior, (Figura 25) . A medições foram realizadas no período de 9 de agosto a 4 de setembro de 2019. Não houve aplicação de inquéritos neste local, pois não haviam funcionários ou visitantes no momento do estudo.



**Figura 25:** Planta do Posto Aquícola de Castrelos e posicionamentos dos equipamentos.

As figuras a seguir mostram os equipamentos instalados.



**Figura 26:** Local de posicionamento do equipamento interno no Posto Aquícola de Castrelos



**Figura 27:** Estação Meteorológica no exterior do Posto Aquícola de Castrelos

### 3.4 Métodos de processamento dos dados

Após serem registados pelos equipamentos de medição, os dados obtidos foram analisados nos softwares Excel e IBM SPSS. Com auxílio do Excel geraram-se gráficos para analisar as variáveis do interior e exterior, a fim de comparar os resultados obtidos. As análises estatísticas foram feitas pelo IBM SPSS para gerar boxplots, histogramas, correlações de Pearson para as variáveis dos locais e testes ANOVA.

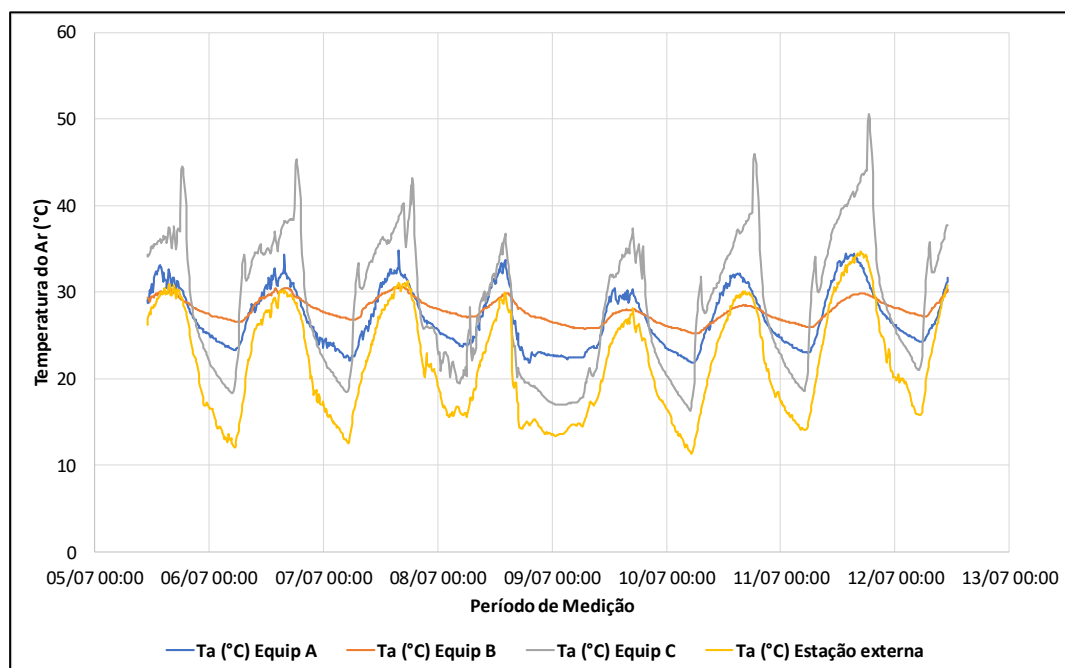
O teste de Kruskal Wallis é um teste não paramétrico utilizado na comparação de três ou mais amostras independentes. Ele aponta se existe diferença entre pelo menos duas delas (Tyrrell, 2009). Sua aplicação utiliza os valores numéricos convertidos em postos e associados em um conjunto de dados. A comparação dos conjuntos é realizada por meio da média dos postos (posto médio). As provas não paramétricas permitem analisar a significância de dados que são propriamente classificados (escala nominal) ou que se apresentam em postos (escala ordinal) (W. Corder & I. Foreman, 2009).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Casa del Parque de Villafáfila

Os equipamentos começaram a registar as leituras no dia 5 de julho de 2019 às 10:00 horas. Os locais de disposição dos equipamentos foram pré-determinados com intuito de obter resultados comparativos entre as variáveis internas do edifício, bem como compará-los com o ambiente externo. Ressalta-se que o edifício não possui sistema de climatização.

Os equipamentos registaram diferenças consideráveis entre as máximas e mínimas registadas, sobretudo do equipamento C com 34,30 °C, que estava alocado na altura do telhado em um pequeno sótão exposto por janelas de vidro. O equipamento A teve uma amplitude térmica de 13°C, o mesmo encontrava-se sob um teto de vidro semiaberto que recebia intensa radiação solar durante todo o dia. Deste modo o salão tornava-se uma espécie de estufa. O edifício possui muitas janelas, porém as mesmas permaneciam fechadas para evitar a entrada de aves. O equipamento B apresenta amplitude térmica de 5,4 °C. Os registos variaram menos, pois o equipamento estava alocado no segundo piso, num local onde não havia muita circulação de ar, evitando que o calor exterior adentrasse o local. A Figura 28 a seguir mostra os valores de temperaturas internas e externas do ar medidos na Casa del Parque de Villafáfila.



**Figura 28:** Temperaturas internas e externas na Casa Del Parque de Villafáfila

Mediante o exposto, pode-se dizer que houve amplitude térmica considerável durante o período de medições. As maiores temperaturas foram registadas pelo equipamento C (Figura 31) apresentando um valor máximo de 50,60° C. Esta temperatura tão elevada justifica-se pela intensa radiação solar recebida pelo equipamento que estava num local pequeno e fechado por vidro, conforme mostra a Figura 31. Salienta-se que o local permaneceu aberto em alguns dias de medição a pedido da equipe de monitorização. Deste modo, considera-se que houve maior influência da radiação solar e dos ventos exteriores neste momento.

As menores temperaturas foram registadas pelo equipamento B (Figura 30), posicionado no segundo piso do edifício, em local com fluxo reduzido de pessoas e pouca circulação de ar. O equipamento A (Figura 29) apresenta temperaturas elevadas devido a incidência de radiação solar direta que se adentrava no salão principal do parque através de um amplo teto de vidro conforme mostra a Figura 32. O teto de vidro possuía sistema de abertura, onde em alguns momentos o mesmo permaneceu semiaberto. Além do teto, a porta de entrada do parque também permanecia aberta próximo ao equipamento, provocando interferências do exterior no interior do edifício.





**Figura 29:** Equipamento A na Casa del Parque de Villafáfila



**Figura 30:** Equipamento B na Casa del Parque de Villafáfila



**Figura 31:** Equipamento C na Casa del Parque de Villafáfila



**Figura 32:** Teto de vidro na Casa del Parque de Villafáfila

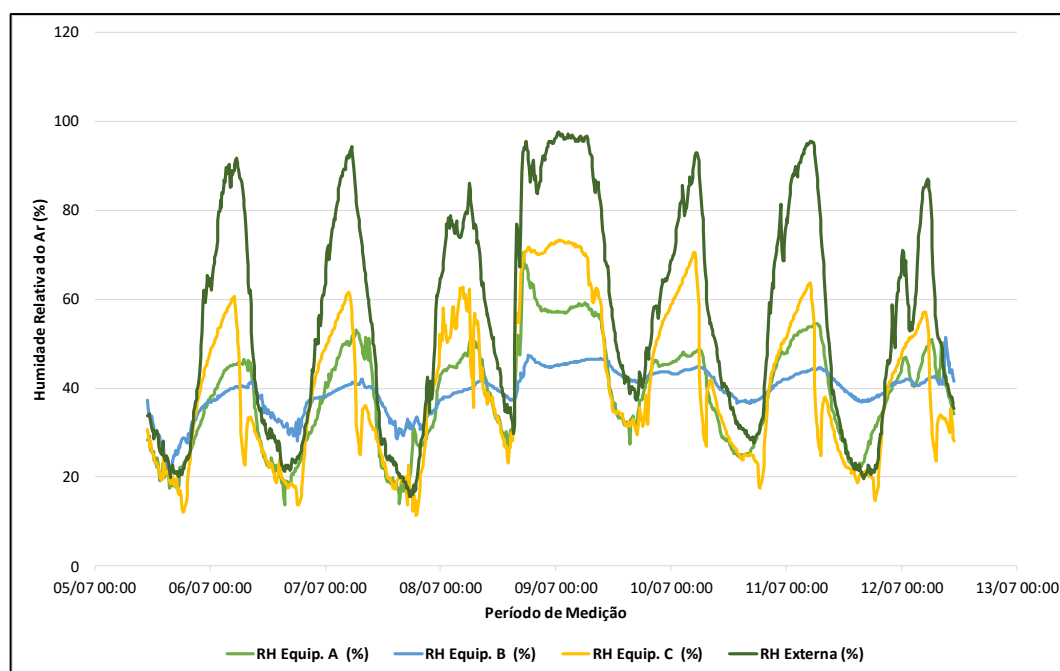
Aplicando o teste de correlação de Pearson (Tabela 8) constata-se que a relação de temperatura do ar exterior e os locais A e C é mais forte devido à intensa incidência solar que ambos os equipamentos recebiam ao longo do dia. O equipamento B apresenta uma relação mais fraca que os demais, pois ele encontrava-se em local isolado sem muita influência de radiação solar ou

velocidade do vento.

**Tabela 8:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Villafáfila

Local	Local A	Local B	Local C	Exterior
Local A	1	0,794	0,883	0,959
Local B	0,794	1	0,656	0,737
Local C	0,883	0,656	1	0,943
Exterior	0,959	0,737	0,943	1

A Figura 33 mostra a relação da humidade relativa interna e externa na Casa del Parque de Villafáfila.



**Figura 33:** Humidades relativas internas e externas na Casa Del Parque de Villafáfila.

Comprova-se na Figura 33 a relação entre humidade relativa e temperatura, pois o aumento de temperatura no local, causada pela incidência solar, provoca diminuição da humidade relativa e vice-versa.

Aplicando a correlação de Pearson aos dados de humidade relativa (Tabela 9) constata-se que a relação da humidade relativa entre o exterior e os locais A e C é mais forte devido a interferência direta provocada pelo ambiente externo. Entretanto, o local B e o exterior apresentam correlação de menor



intensidade, o que pode ser justificado pelo fato de o equipamento estar alocado no segundo piso do edifício, onde não havia interferência de ventilação ou incidência solar.

**Tabela 9:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de umidade relativa registrados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Villafáfila.

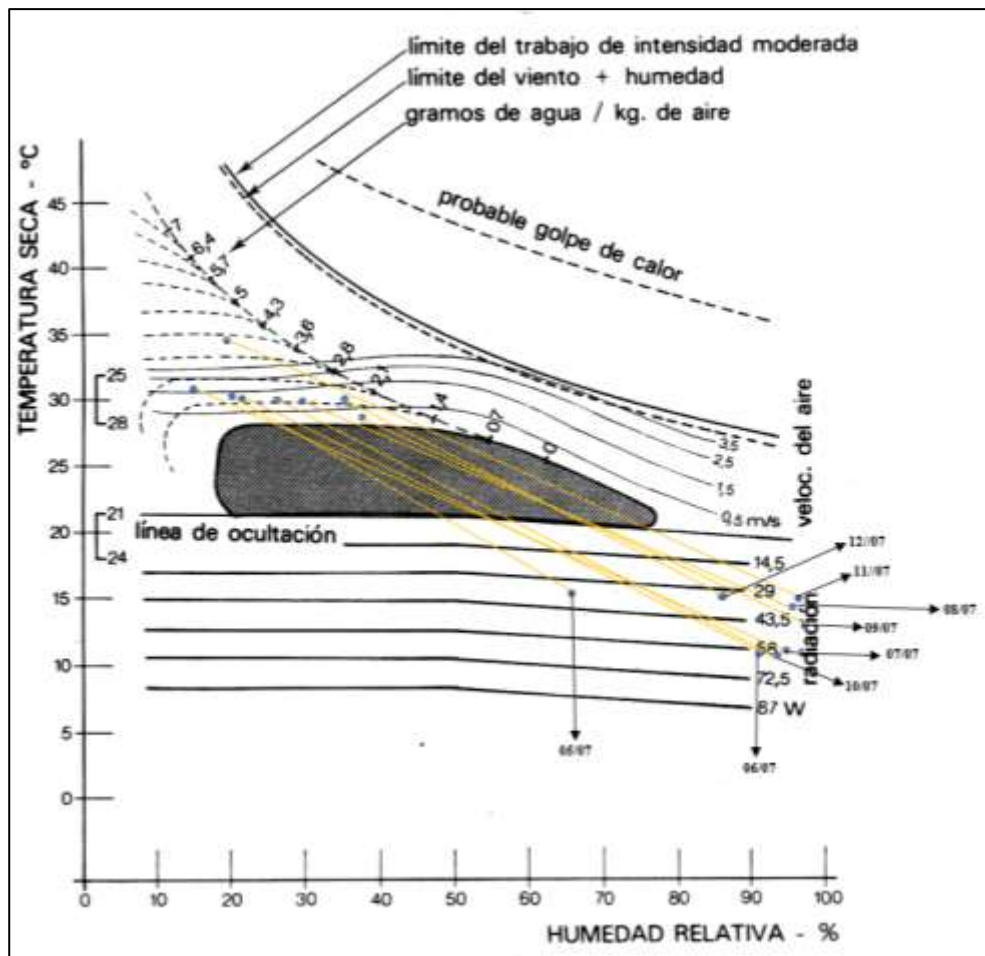
Local	Local A	Local B	Local C	Exterior
Local A	1	0,816	0,864	0,938
Local B	0,816	1	0,684	0,719
Local C	0,864	0,684	1	0,906
Exterior	0,938	0,719	0,906	1

A Tabela 10 mostra as temperaturas máximas e mínimas mensuradas na área exterior. As temperaturas máximas foram registradas no período da tarde, em que o edifício recebe radiação solar de maior intensidade. As temperaturas mínimas foram obtidas no período da noite.

**Tabela 10:** Valores de temperaturas mínimas e máximas por dia para exterior na Casa del Parque de Villafáfila

Data	Hora 1	T mínima (°C)	Umidade relativa 1 (%)	Hora 2	T máxima (°C)	Umidade relativa 2 (%)
05/07/19	23:50	16,75	62,95	15:40	30,93	19,97
06/07/19	05:20	12,01	91,20	15:50	30,20	22,73
07/07/19	05:10	12,46	93,20	17:40	31,25	16,27
08/07/19	23:10	13,59	95,40	14:00	29,92	34,43
09/07/19	00:40	13,36	97,60	17:00	28,12	37,51
10/07/19	05:10	11,35	92,80	16:00	30,01	29,03
11/08/19	04:50	14,12	95,10	16:50	34,65	21,07
12/07/19	05:10	15,77	85,90	11:00	30,86	35,33

A Figura 34 relaciona os dados de exterior com os dados obtidos da Estação Meteorológica de Villafáfila. Foram cruzados dados da maior temperatura e sua respectiva umidade relativa; bem como a menor temperatura e sua respectiva umidade relativa. Após, os pontos marcados foram ligados por uma reta.



**Figura 34:** Diagrama de Olgay para Casa del Parque - Villafila. Fonte: Adaptado pelo autor de Fariña (1990)

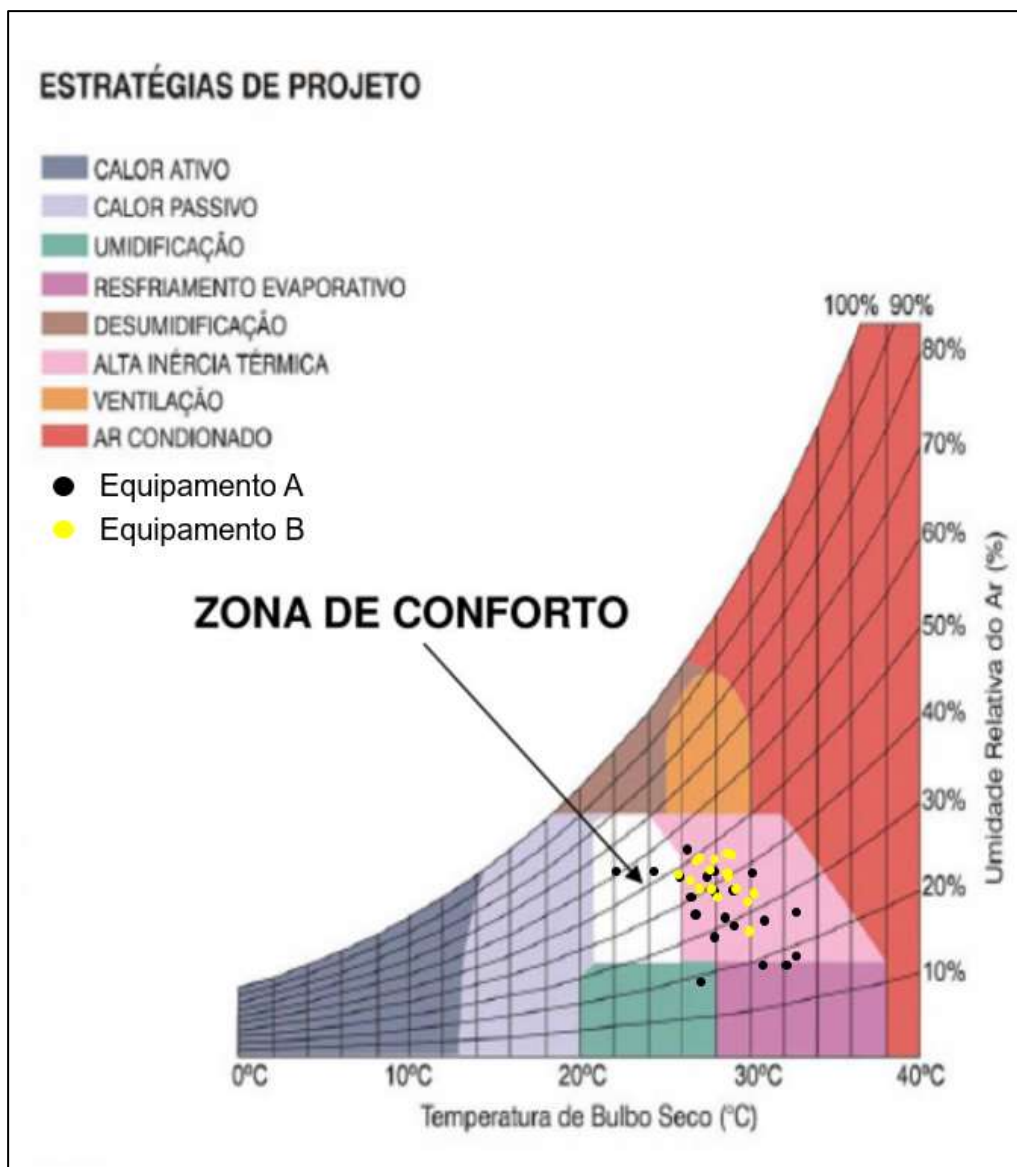
A interpretação da Carta Bioclimática de Olgay indica que existiram períodos com temperaturas excessivas, no período diurno, onde a sensação de conforto depende do aumento de ventilação e do resfriamento evaporativo para alcançar a zona de conforto. As temperaturas mais baixas foram registadas no período noturno quando as humidades relativas são mais elevadas. Neste caso a sensação de conforto depende de estratégias de ganho de calor passivo ou ativo.

A Tabela 11 compara as temperaturas máximas e mínimas e suas respectivas humidades relativas registados pelos equipamentos internos nos momentos de maior interesse pré determinados.

**Tabela 11:** Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horários selecionados pelos dois equipamentos internos para Casa del Parque de Villafáfila

Data	Hora	Temperatura A (°C)	Humidade relativa A (%)	Temperatura B (°C)	Humidade relativa B (%)
05/07/19	10:00	29,10	28,40	29,40	37,40
	16:00	31,20	18,30	30,10	23,70
	20:00	27,80	26,00	28,50	31,90
06/07/19	10:00	28,60	30,20	28,80	38,20
	16:00	32,20	18,80	30,40	30,80
	20:00	27,40	28,50	28,80	36,80
07/07/19	10:00	27,40	40,50	28,80	39,80
	16:00	32,60	18,40	30,60	30,10
	20:00	28,60	26,90	29,10	31,60
08/07/19	10:00	28,30	39,30	28,20	40,80
	16:00	26,30	51,90	28,70	41,10
	20:00	22,80	59,70	27,20	45,80
09/07/19	10:00	24,50	51,60	26,00	46,30
	16:00	28,70	33,00	27,90	41,60
	20:00	26,50	44,60	27,10	43,20
10/07/19	10:00	27,40	32,20	26,70	39,90
	16:00	31,70	25,20	28,50	36,90
	20:00	27,70	36,50	27,80	39,20
11/07/19	10:00	30,20	34,00	27,70	41,70
	16:00	33,80	23,20	29,70	37,10
	20:00	29,10	34,30	29,20	38,80

As humidades relativas referentes às temperaturas registadas nos horários analisados, foram utilizadas para identificação dos pontos na Carta Bioclimática de Givoni.



**Figura 35:** Carta Bioclimática de Givoni para Casa del Parque – Villafáfila. **Fonte:** Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986)

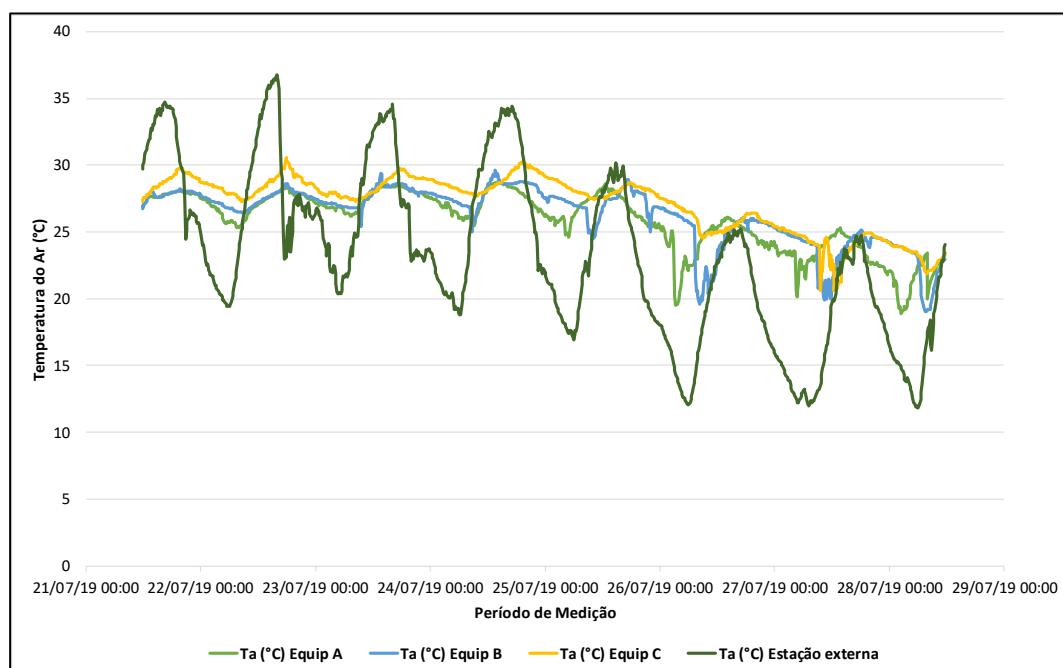
Na Figura 35 Verificam-se temperaturas superiores às de conforto térmico, apontando para a aplicação de estratégias de alta inércia térmica e que garantam maior eficiência energética. Deste modo, considera-se que o edifício necessita da utilização de componentes construtivos capazes de diminuir a amplitude térmica interior em relação à exterior. Além disso, pode-se aplicar estratégias de resfriamento evaporativo a fim de promover a redução da temperatura e aumento da humidade relativa do ar.

## 4.2 Parque Natural Arribes del Duero Fermoselle

Na Casa del Parque de Fermoselle os equipamentos foram estrategicamente posicionados junto à entrada do edifício e num espaço mais interior para que se pudesse comparar a variação de temperatura e relacionar com a sensação térmica dos visitantes. Apesar do estudo ter sido realizado durante o período de verão, os resultados do Parque Natural Arribes del Duero mostram que as temperaturas registadas foram amenas considerando o perfil climático da região está inserida.

O edifício não possui sistema de climatização para o verão. Contudo, de acordo com os registos dos equipamentos internos e os inquéritos aplicados, nota-se que o ambiente analisado estava termicamente confortável. A estação meteorológica instalada no exterior do edifício apresentou temperaturas elevadas, sobretudo no período da tarde, porém o interior da edificação apresentou temperaturas mais amenas. Na entrada da Casa del Parque existe uma porta automática que permite, portanto, o controle da troca de calor para com o ambiente externo.

A Figura 36 apresenta a relação entre as temperaturas médias internas e externas registadas durante as medições.



**Figura 36:** Temperaturas no interior e no exterior para a Casa del Parque de Formoselle

De acordo com a Figura 36, as temperaturas registadas no exterior do edifício apresentam maior amplitude térmica. Apesar do estudo ter sido feito durante o verão, observa-se que os equipamentos instalados no interior do edifício registaram temperaturas relativamente baixas, abaixo de 20° C no interior do edifício.

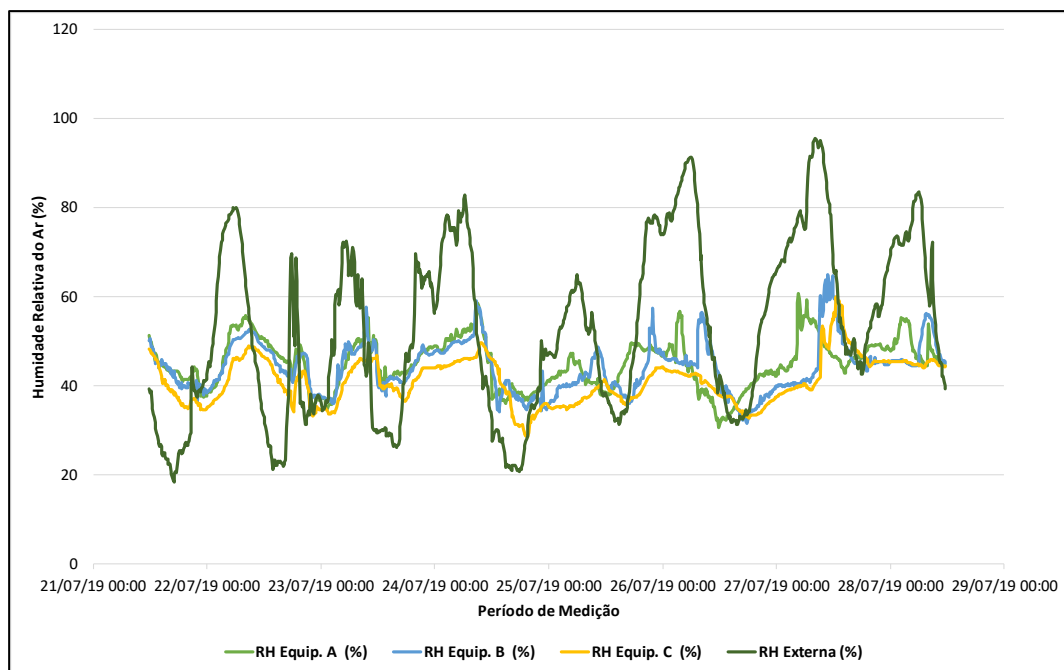
Os equipamentos internos foram dispostos em locais que não sofriam a interferência de variáveis como a velocidade do vento e radiação solar. Sendo assim, pode-se dizer que a relação de temperatura do ar entre os locais B e C foi mais forte que os demais, pois ambos os equipamentos foram instalados no interior do prédio. A relação entre o interior e exterior é mais forte no local A, próximo a porta de entrada do edifício, local que sofria influência direta do ambiente exterior. Salienta-se que a porta permaneceu aberta por um espaço de tempo a pedido da equipe de monitorização.

**Tabela 12:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Famoselle

Local	Local A	Local B	Local C	Exterior
Local A	1	0,737	0,795	0,796
Local B	0,737	1	0,906	0,606
Local C	0,795	0,906	1	0,588
Exterior	0,796	0,606	0,588	1

Analisando os coeficientes de correlação Pearson para a comparação dos dados de temperatura (Tabela 12), observa-se que a relação entre as temperaturas registadas pelos equipamentos B e C é mais forte devido a alocação no interior do edifício sem grandes interferências da área externa, considerando que ambos se encontravam distantes de portas ou janelas.

Ainda que o equipamento A tenha sido instalado próximo a entrada do edifício, a relação do mesmo com o exterior pode ser considerada moderada, uma vez que a porta que dá acesso ao interior do edifício é automática e não permanecia aberta em tempo integral, o que diminui a interferência do ambiente externo. Estes resultados estão diretamente relacionados com a humidade relativa do ar (Figura 37).



**Figura 37:** Gráfico comparativo de Humidades relativas Internas e Externas em Feroselle.

O comportamento da humidade relativa registado pelos equipamentos apresentou variações maiores no ambiente externo. As menores humidade relativas foram registadas principalmente no período da tarde quando a incidência solar era maior. A Figura 37 comprova a relação que existe entre temperatura e humidade relativa, onde ambos os gráficos apontam que quando os valores da temperatura aumentam a humidade relativa diminui. Sendo assim, as temperaturas máximas registaram valores baixos para humidade relativa, sendo a maior temperatura registada 36,6°C com humidade relativa de 22,56% no mesmo momento.

Adicionalmente, a humidade relativa no interior do edifício apresenta valores satisfatórios para a sensação de conforto, de acordo com (Lamberts, R.; Vecchi, 2016), em um limite de 20% a 80% que foi extrapolado conforme aponta a Figura 37.

**Tabela 13:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de humidade relativa registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Fornoselle

Local	Local A	Local B	Local C	Exterior
Local A	1	0,576	0,620	0,543
Local B	0,576	1	0,828	0,436
Local C	0,620	0,828	1	0,360
Exterior	0,543	0,436	0,360	1

A Tabela 13 mostra que os equipamentos não apresentam fortes influências entre si ao longo do período de medição. Contudo, existe uma relação moderada entre os equipamentos B e C, devido a instalação de ambos ter sido feita no interior do prédio.

Devido às altas temperaturas registadas no ambiente externo, é normal que as humidades relativas apresentem valores baixos, conforme aponta a Tabela 14, que relaciona as temperaturas máximas e mínimas com suas respectivas humidades relativas.

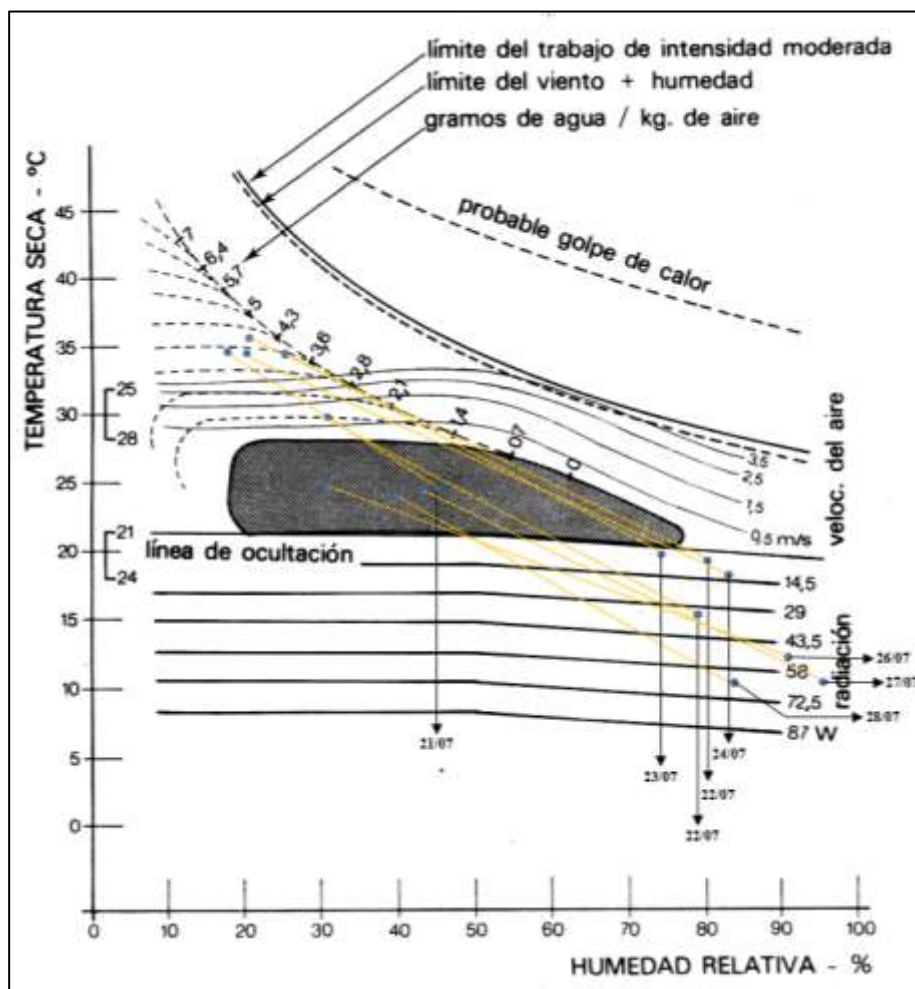
**Tabela 14:** Valores de temperaturas mínimas e máximas por dia para exterior na Casa del Parque de Fornoselle

Data	Hora 1	Humidade relativa 1 (%)	T mínima (°C)	Hora 2	Humidade relativa 2 (%)	T máxima (°C)
21/07/19	20:50	44,20	24,44	16:30	20,20	34,74
22/07/19	05:30	79,99	19,43	16:00	21,96	36,78
23/07/19	05:00	71,56	20,34	16:00	26,70	34,38
24/07/19	06:10	81,90	18,79	17:10	21,66	34,44
25/07/19	06:00	64,83	16,93	14:50	31,38	30,16
26/07/19	05:50	91,40	12,02	16:50	32,38	25,27
27/08/19	07:10	91,60	11,98	18:00	42,59	24,76
28/07/19	06:00	83,60	11,85	11:50	38,34	24,47

Como esperado, em condições de temperatura elevada, os valores da humidade relativa foram baixos .

A Figura 38 relaciona os dados do exterior com os dados obtidos da Estação Meteorológica de Fornoselle. Foram cruzados dados da maior temperatura e sua respetiva humidade relativa; bem como a menor temperatura e sua respetiva humidade relativa. Após, os pontos marcados foram ligados por uma reta.





**Figura 38:** Diagrama de Olgyay para Casa del Parque - Fermoselle. **Fonte:** Adaptado pelo autor de Fariña (1990)

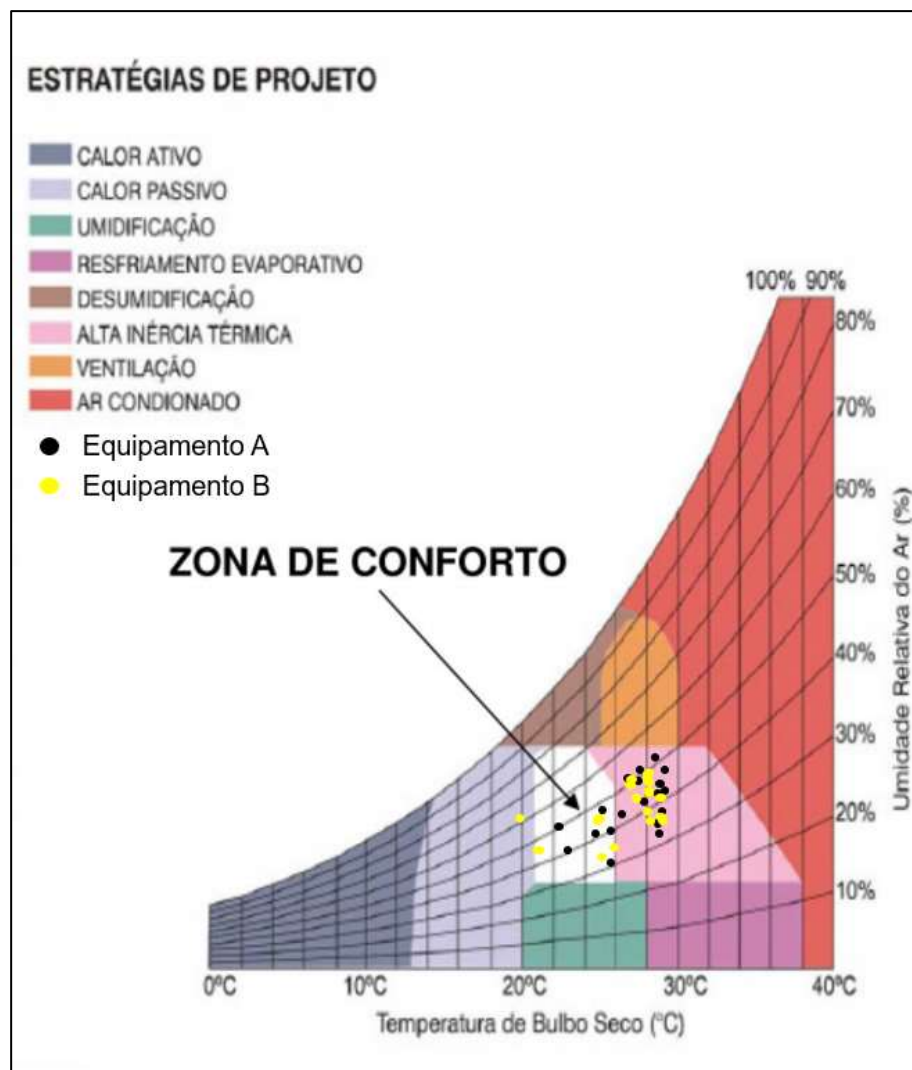
A interpretação da Carta Bioclimática de Olgyay apresenta alguns pontos dentro da zona de conforto, existindo períodos de superaquecimento onde a sensação de conforto dependeria do aumento de ventilação e/ou do arrefecimento evaporativo para se alcançar a zona de conforto. As temperaturas mais baixas foram registradas no período noturno quando as humidades relativas são mais elevadas. Neste caso a sensação de conforto depende de estratégias de ganho de calor passivo ou ativo.

Devido aos maiores valores de temperatura do ar no exterior no período da tarde, as máximas internas registradas concentram-se também nesse período para ambos os equipamentos, conforme aponta a Tabela 15.

**Tabela 15:** Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horários seleccionados pelos dois equipamentos internos para Casa del Parque de Fermoselle

Data	Hora	Temperatura A (°C)	Humidade relativa A (%)	Temperatura B (°C)	Humidade relativa B (%)
21/07/19	10:00	26,70	51,20	27,00	50,00
	16:00	27,80	43,20	27,80	43,30
	20:00	27,90	43,90	28,10	39,60
22/07/19	10:00	26,90	50,60	27,00	49,60
	16:00	28,20	45,30	28,20	42,90
	20:00	27,80	41,20	27,90	46,50
23/07/19	10:00	27,40	51,40	27,60	50,30
	16:00	28,50	43,00	28,60	40,80
	20:00	28,00	47,20	27,90	47,50
24/07/19	10:00	27,50	46,90	27,60	47,60
	16:00	28,50	36,90	28,60	37,60
	20:00	28,40	40,40	28,60	38,00
25/07/19	10:00	26,30	45,20	25,60	46,90
	16:00	28,40	38,30	28,90	35,90
	20:00	27,50	45,50	27,60	45,70
26/07/19	10:00	22,50	44,70	21,50	45,90
	16:00	25,40	32,30	25,90	32,80
	20:00	25,60	37,00	25,80	36,40
27/07/19	10:00	22,40	55,50	20,30	63,20
	16:00	24,8	46,40	24,80	44,90
	20:00	24,40	46,10	24,60	45,10

As humidades relativas referentes às temperaturas registadas nos horários analisados foram utilizadas para identificação dos pontos na carta de Givoni.



**Figura 39:** Carta Bioclimática de Givoni para Casa del Parque – Formoselle. **Fonte:** Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986)

Na Figura 39 verificam-se temperaturas superiores às de conforto térmico, apontando para a aplicação de estratégias de alta inércia térmica e que garantam maior eficiência energética, ainda que alguns valores estejam inseridos na zona de conforto. Além disso, pode-se aplicar estratégias de resfriamento evaporativo ou de ventilação cruzada, a fim de promover a redução da temperatura e aumento da humidade relativa do ar.

### 4.3 Casa del Parque de Sanabria

As análises na Casa del Parque de Sanabria foram realizadas no período de 30 de julho a 9 de agosto de 2019. Os equipamentos internos foram alocados

em três pontos distintos do edifício e a estação meteorológica na área exterior. Os resultados para as temperaturas do ar registadas pelos equipamentos internos e pela estação constam da Figura 40.

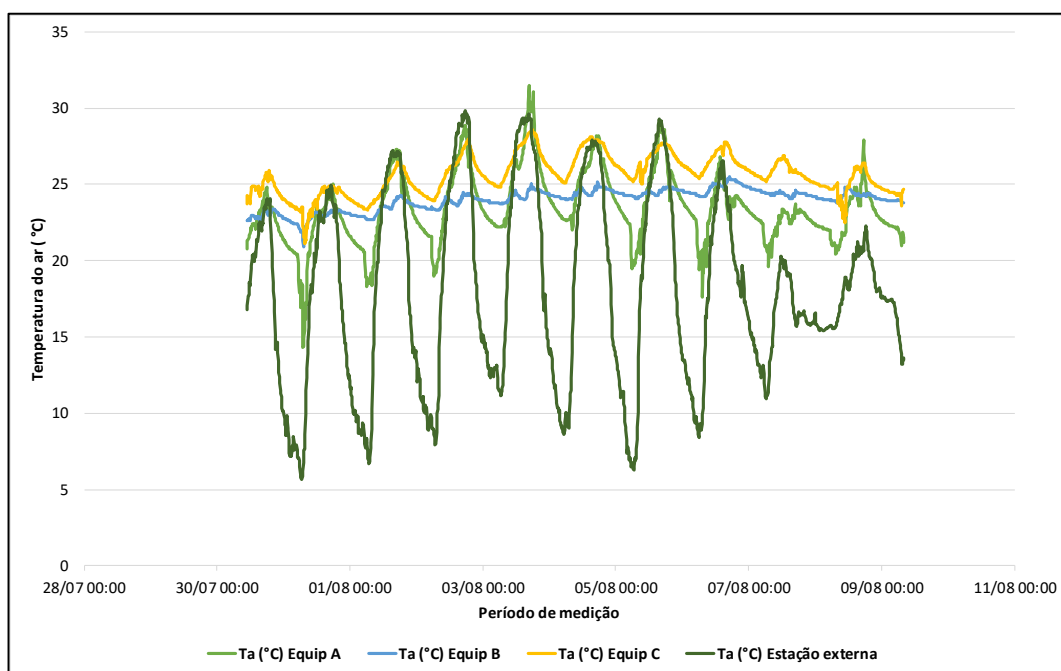


Figura 40: **Gráfico comparativo entre as temperaturas internas e externas em Sanabria.**

De acordo com a Figura 40, nota-se que, apesar de as medições terem sido realizadas no período do verão, as temperaturas registadas pela estação meteorológica, sobretudo no período noturno, foram baixas. No entanto, durante o dia as máximas registadas chegaram a passar de 30 graus celsius.

Os registos do equipamento A são ligeiramente diferentes dos demais equipamentos internos, pois o mesmo foi instalado próximo a uma janela que frequentemente se encontrava aberta causando alterações na velocidade do ar e permitindo que a temperatura exterior influenciasse a interior. Ao passo que os equipamentos B e C foram alocados dentro do edifício em locais onde não havia entrada direta de ar. O equipamento B foi instalado num local ao lado de uma sala climatizada.

As salas não eram separadas, deste modo a climatização artificial proveniente do ar condicionado influenciou os registos e a sensação térmica dos visitantes. O equipamento C apresentou registos de temperaturas mais altas que os demais. O ocorrido justifica-se pela incidência solar no segundo pavimento do edifício no período da tarde, onde apesar da presença de estores (parasol)

externos para amenizar a entrada da radiação, as altas temperaturas causavam desconforto térmico entre os funcionários em horário de trabalho. Salienta-se que em um dos dias de medição, o estore esteve levantado, a pedido da equipe de medição, para avaliar a influência dessa estrutura. Assim, a análise pode ser comprovada pelo coeficiente de correlação de Pearson a seguir.

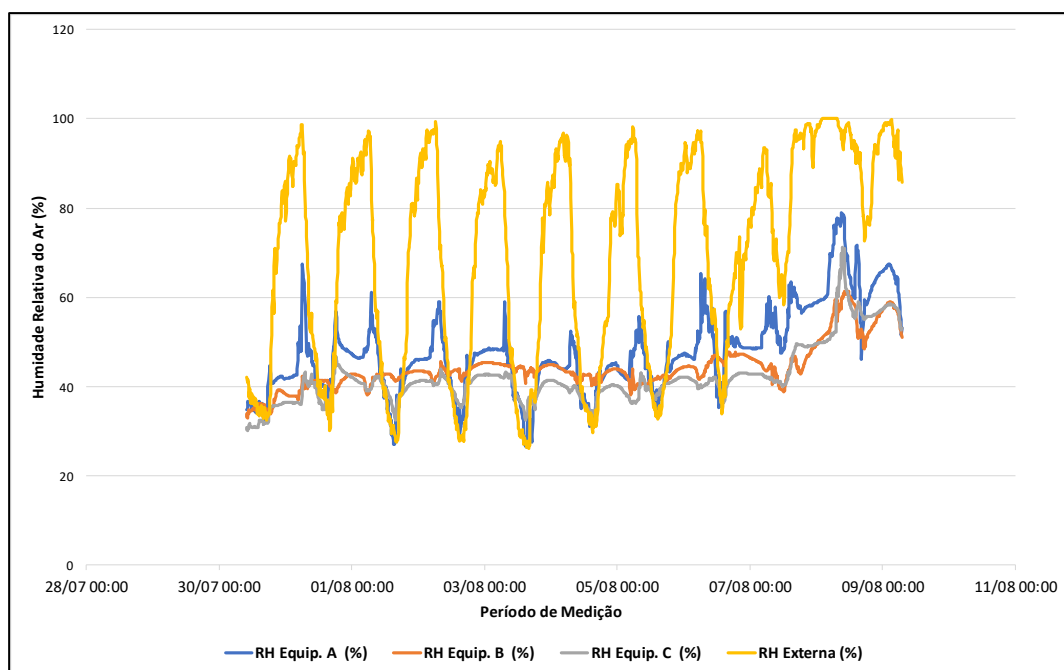
**Tabela 16:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Sanabria

Local	Local A	Local B	Local C	Exterior
Local A	1	0,546	0,822	0,833
Local B	0,546	1	0,777	0,356
Local C	0,822	0,777	1	0,660
Exterior	0,833	0,356	0,660	1

De acordo com a Tabela 16 pode-se dizer que a relação de temperatura do ar entre os locais A e C foi mais forte que os demais, pois ambos os equipamentos foram instalados em locais que sofriam influências como radiação solar e velocidade do ar.

O equipamento C foi instalado no piso superior, onde funcionava a administração do parque. O local recebia forte radiação solar, o que poderá provocar desconforto térmico no período de verão. A relação entre o interior e exterior se fortalece entre o local A e o exterior, pois o equipamento A foi alocado próximo a porta de entrada do edifício com exposição a correntes de ar e radiação solar.

A Figura 41 mostra o comportamento da humidade relativa do ar na Casa del Parque de Sanabria.



**Figura 41:** Comparação de humidades relativas entre o interior e o exterior para Casa del Parque de Sanabria

A Figura 41 mostra que a humidade relativa registada no interior do prédio encontra-se no limite entre 20% e 80%.

A (Tabela 17) mostra a Correlação de Pearson para estes dados.

**Tabela 17:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de humidade relativa registados nos locais de monitorização da Casa del Parque de Sanabria

Local	Local A	Local B	Local C	Exterior
Local A	1	0,726	0,863	0,720
Local B	0,726	1	0,899	0,460
Local C	0,863	0,899	1	0,586
Exterior	0,720	0,460	0,586	1

Observa-se que a relação de humidade relativa entre os equipamentos internos é mais forte entre B e C, devido a sua alocação no interior do prédio. A relação entre o interior e exterior é reforçada entre o equipamento A e pela estação externa, pois o equipamento A, localizado na entrada do parque, sofria influências externas de radiação solar e vento.

A Tabela 18 apresenta as temperaturas máximas e mínimas e suas respetivas humidades relativas.

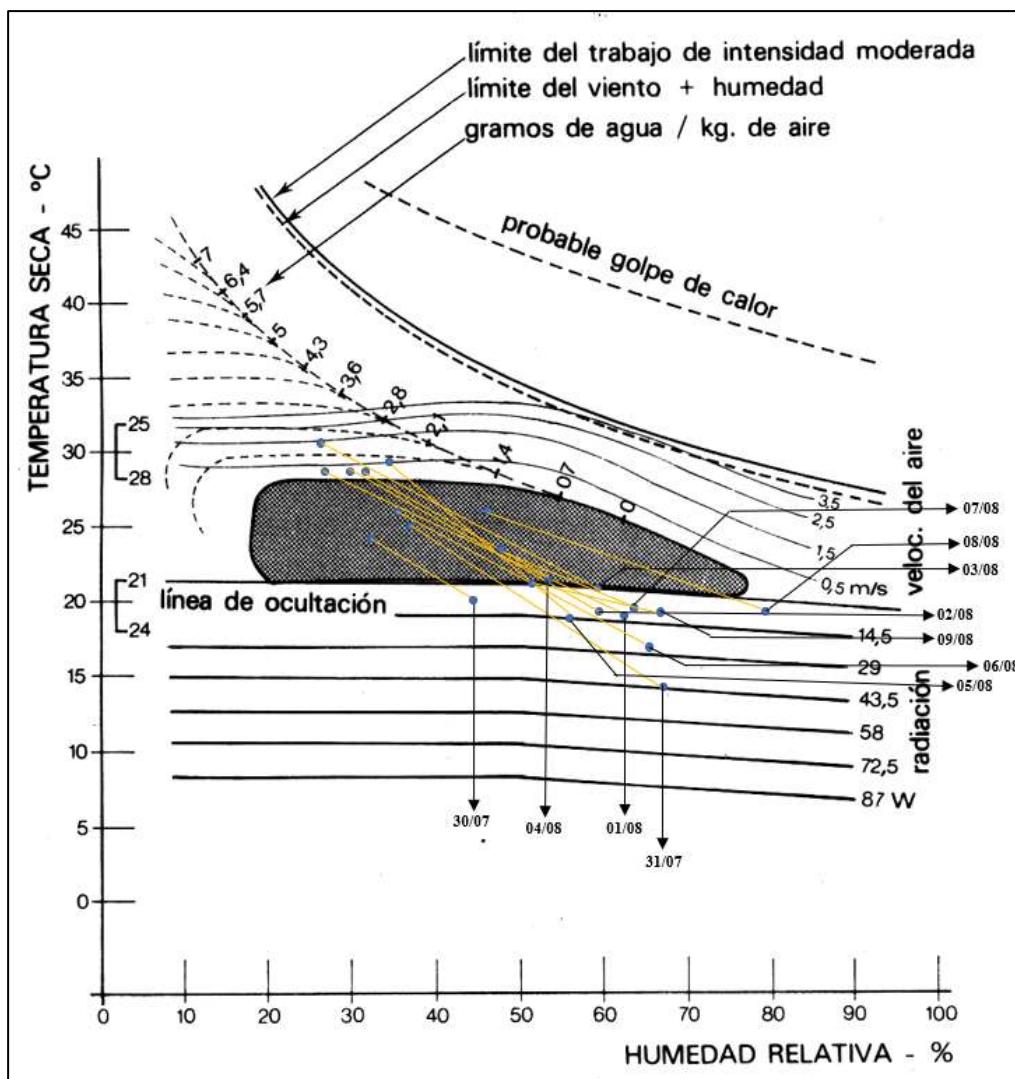
**Tabela 18:** Valores de temperaturas mínimas e máximas por dia para exterior na Casa del Parque de Sanabria

Data	Hora 1	Humidade relativa 1 (%)	T mínima (°C)	Hora 2	Humidade relativa 2 (%)	T máxima (°C)
30/07/19	23:50	86,10	8,51	16:50	33,32	24,09
31/07/19	23:50	87,30	10,57	16:00	30,13	24,99
01/08/19	05:50	96,40	6,68	14:20	30,00	27,21
02/08/19	05:50	97,60	7,95	16:40	29,25	29,83
03/08/19	05:30	93,80	11,16	15:40	26,92	29,62
04/08/19	04:20	96,20	8,64	17:00	34,82	27,90
05/08/19	05:30	96,30	6,25	14:40	32,86	29,30
06/08/19	05:00	96,80	8,44	14:00	33,88	26,50
07/08/19	05:20	93,50	10,95	10:40	60,16	20,30
08/08/19	00:40	98,80	15,41	17:20	75,02	22,26
09/08/19	06:20	92,60	13,22	00:10	97,20	17,59

Fonte: O autor (2019)

Como esperado, em condições de temperatura elevada, os valores da humidade relativa foram baixos.

A Figura 42 relaciona os dados de exterior com os dados obtidos da Estação Meteorológica de Sanabria.



**Figura 42:** Diagrama de Olgyay para Casa del Parque – Sanabria. **Fonte:** Adaptado pelo autor de Fariña (1990)

A interpretação da Carta Bioclimática de Olgyay apresenta poucos pontos dentro da zona de conforto, existindo períodos de superaquecimento onde a sensação de conforto dependeria do aumento de ventilação e/ou do arrefecimento evaporativo para se alcançar a zona de conforto. As temperaturas mais baixas foram registradas no período noturno quando as humidades relativas são mais elevadas. Neste caso a sensação de conforto depende de estratégias de ganho de calor passivo ou ativo.

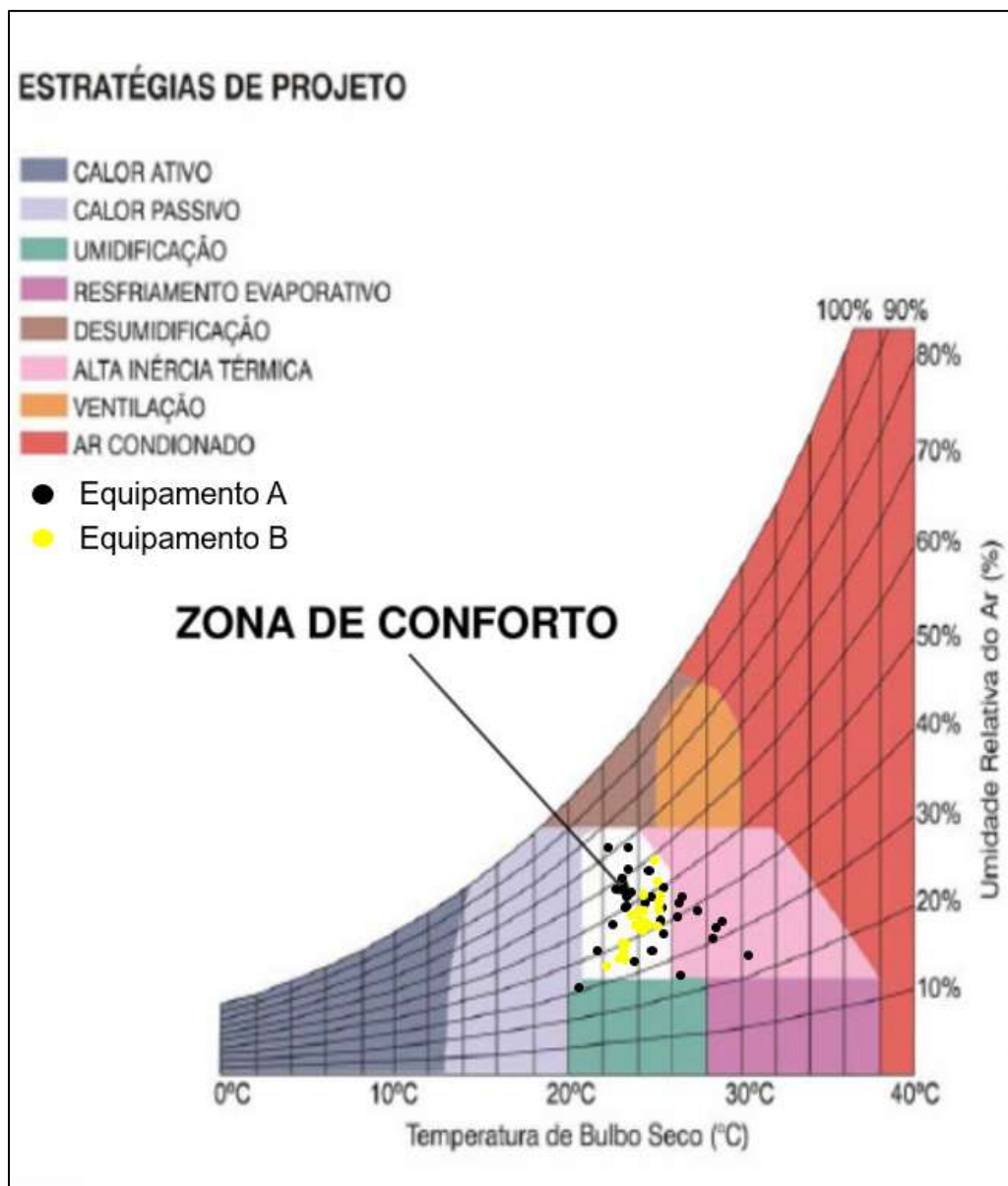
Devido aos maiores valores de temperatura do ar no exterior no período da tarde, as máximas internas registradas se concentram no período da tarde para ambos os equipamentos, conforme aponta a Tabela 19.



**Tabela 19:** Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horas registadas pelos dois equipamentos internos para Casa del Parque de Sanabria

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura A (°C)</b>	<b>Humidade relativa A (%)</b>	<b>Temperatura B (°C)</b>	<b>Humidade relativa B (%)</b>
<b>30/07/19</b>	10:00	20,80	34,90	22,60	34,00
	16:00	23,50	36,00	22,90	35,80
	20:00	23,40	40,80	23,40	34,30
<b>31/07/19</b>	10:00	21,40	47,00	22,80	40,90
	16:00	24,20	37,00	23,10	41,20
	20:00	23,30	51,00	23,30	39,90
<b>01/08/19</b>	10:00	22,00	50,90	23,20	42,10
	16:00	26,60	28,00	23,90	42,00
	20:00	25,10	41,20	24,00	42,90
<b>02/08/19</b>	10:00	23,20	51,00	23,80	44,40
	16:00	27,90	31,50	23,90	42,10
	20:00	25,80	44,60	24,30	44,00
<b>03/08/19</b>	10:00	24,80	49,40	24,20	44,40
	16:00	29,40	26,90	24,30	42,80
	20:00	27,00	39,60	24,70	43,30
<b>04/08/19</b>	10:00	24,70	46,40	24,40	41,30
	16:00	27,30	34,60	24,50	40,80
	20:00	26,20	41,90	24,80	42,60
<b>05/08/19</b>	10:00	23,10	51,70	24,40	40,60
	16:00	28,50	35,50	24,60	41,90
	20:00	25,80	43,30	24,80	42,00
<b>06/08/19</b>	10:00	22,70	56,20	24,80	45,40
	16:00	24,40	50,40	25,20	44,90
	20:00	24,20	49,30	25,20	47,80
<b>07/08/19</b>	10:00	22,20	55,40	24,50	44,50
	16:00	23,00	63,50	24,30	46,40
	20:00	23,20	56,80	24,40	43,80
<b>08/08/19</b>	10:00	21,80	76,90	24,30	57,40
	16:00	23,80	70,40	24,30	52,50
	20:00	24,10	59,50	24,30	52,00

As humidade relativas referentes às temperaturas registadas nos horários analisados, foram utilizadas para identificação dos pontos na carta de Givoni.

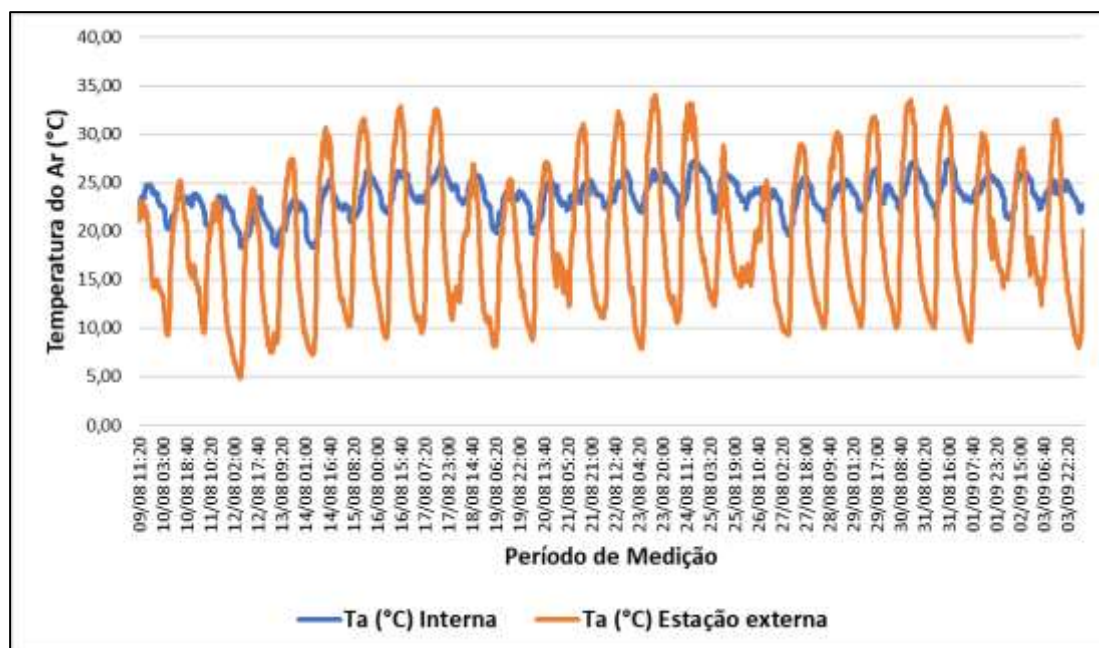


**Figura 43:** Carta Bioclimática de Givoni para Casa del Parque – Sanabria. **Fonte:** Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986)

A Figura 43 apresenta temperaturas de conforto que não demandam estratégias bioclimáticas. Contudo, também se verificam temperaturas superiores às de conforto, apontando para a aplicação de estratégias de alta inércia térmica. Deste modo, considera-se que o edifício necessita da utilização de componentes construtivos capazes de diminuir a amplitude térmica interior em relação à exterior. Além disso, pode-se aplicar estratégias de resfriamento evaporativo a fim de promover a redução da temperatura e aumento da humidade relativa do ar.

#### 4.4 Posto Aquícola de Castrelos

As medições no Posto Aquícola de Castrelos ocorreram a partir do dia 9 de agosto até dia 4 de setembro, totalizando 25 dias de coleta de dados. O edifício analisado não possui climatização interna, porém trata-se de um ambiente fechado que potencialmente sofre menor influência do exterior por mecanismos ativos. A Figura 44 mostra diferença significativa na variação da temperatura, entre o interior e o exterior. A estação meteorológica apresentou uma grande amplitude térmica, registrando máximas de aproximadamente 34°C e mínimas de 4°C. Entretanto, o equipamento interno se manteve com temperaturas mais amenas e com menor amplitude térmica durante os dias com as máximas e mínimas variando entre 27 e 18 graus celsius respetivamente.



**Figura 44:** Temperaturas internas e externas no Posto Aquícola de Castrelos

Nota-se a diferença entre os valores de temperatura no interior e exterior, pois áreas externas sofrem maiores variações, mediante a maior exposição às variáveis ambientais como radiação e vento. O edifício analisado é um exemplo de alta inércia térmica, pois responde de modo muito lento às variações de temperatura no exterior.

A seguir, a Tabela 20 mostra a relação existente entre os dois ambientes analisados através da correlação de Pearson, demonstrando a prevalência de uma correlação moderada entre ambos os ambientes.

**Tabela 20:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de temperatura registados nos locais de monitorização do Posto Aquícola de Catrelos

Local	Interior	Exterior
Interior	1	0,527
Exterior	0,527	1

A relação pode ser considerada moderada. Isso deve-se ao fato de janelas e portas se encontrarem fechadas, evitando interferências do exterior sobre o interior.

Apesar das medições terem sido realizadas no período de verão, o interior apresenta sensação térmica relativamente confortável com pouca variação de temperatura nos dias de análise (Tabela 21).

**Tabela 21:** Resultado das medições médias do aparelho interno no Posto Aquícola de Castrelos.

Estatística	Ta (°C)	RH (%)	Va (m/s)	Tr (°C)
Valor Máximo	27,5	64,5	0,27	25,60
Valor Mínimo	18,30	29,60	0	18,40
Média	23,56	48,53	0,01	22,71

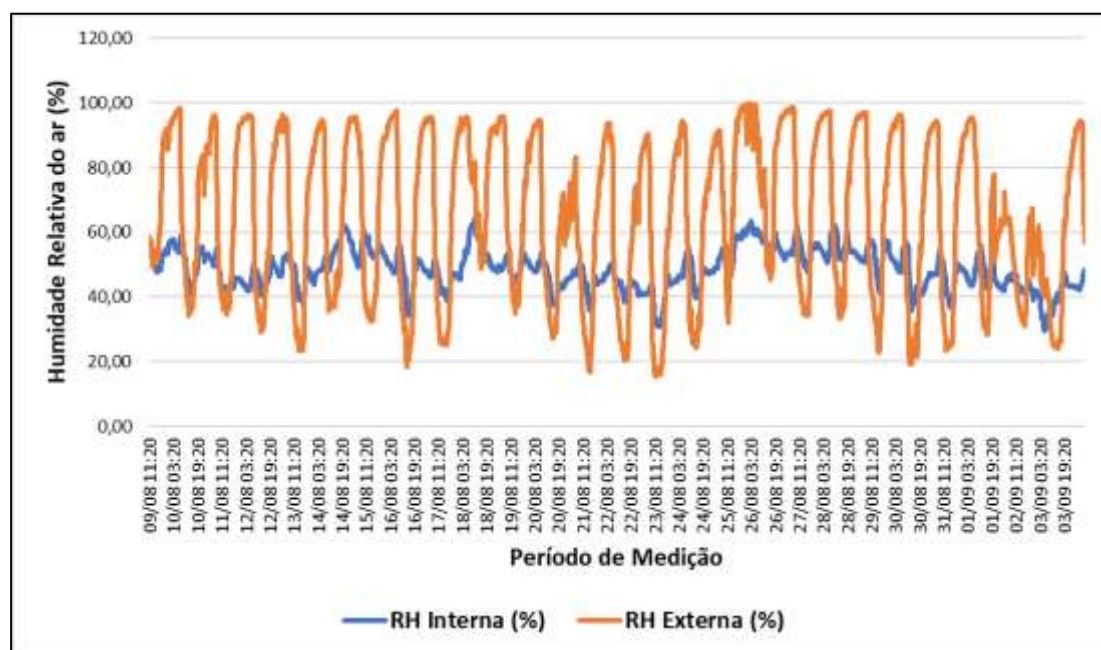
Percebe-se através da Tabela 22 que a temperatura máxima registada no exterior possui um valor elevado devido à intensa radiação solar proporcionada pelo período do verão. No entanto, mesmo com o registo de altas temperaturas, a humidade relativa do ar se manteve alta, isso explica-se pelo fato de ter havido precipitação ao longo do período de medição e pela possível influência da localização do posto aquícola, vale profundo, junto a um rio, numa instalação com múltiplos tanques destinados à criação de peixes (viveiros).

**Tabela 22:** Resultado das medições médias da Estação Meteorológica para o Posto Aquícola de Castrelos

Estatística	Temperatura (°C)	Humidade relativa (%)	Radiação (kW/m <sup>2</sup> )	Velocidade do ar (m/s)	Precipitação total (mm)
Valor máximo	34,10	99,80	967,00	0,50	4,07
Valor mínimo	4,88	15,32	-0,01	0	1,23
Média	18,87	65,24	240,05	0,00	1,23

Fonte: O autor (2019)

A Figura 45 mostra a relação entre a humidade relativa interna e externa.



**Figura 45:** Humidade relativa interna e externa no Posto Aquícola de Castrelos

Nota-se que no exterior a humidade relativa apresentou alta amplitude. Identificou-se pela correlação de Pearson uma relação fraca entre o interior e o exterior em relação à humidade relativa (Tabela 23). Isso explica-se pelo fato de o prédio ter permanecido fechado durante o período de medição.

**Tabela 23:** Índice de Correlação de Pearson entre os dados de humidade relativa registados no interior e exterior no Posto Aquícola de Castrelos

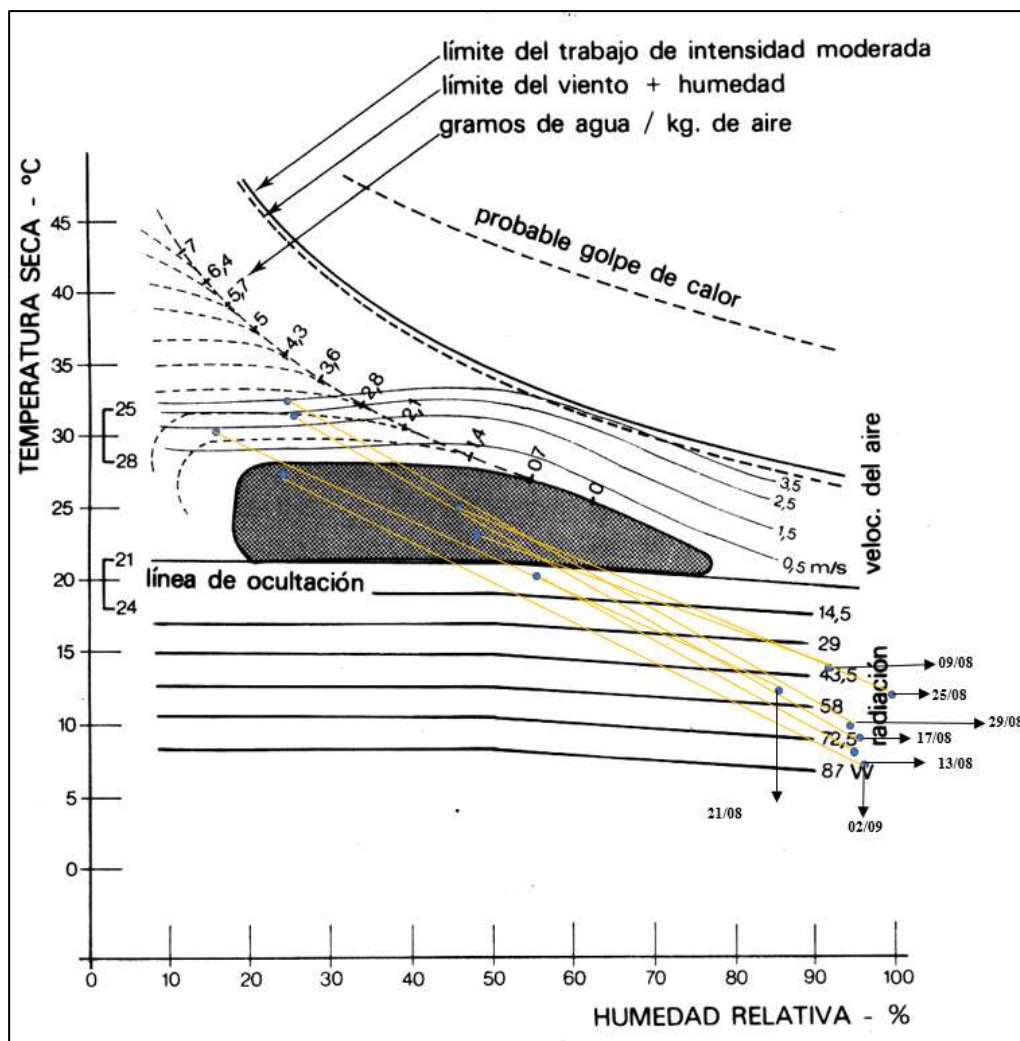
Local	Interior	Exterior
Interior	1	0,448
Exterior	0,448	1

Posteriormente, foram cruzados os dados externos das temperaturas com as suas respetivas humidades relativas durante o período de medição no Posto Aquícola de Castrelos (Tabela 24), sendo traçadas retas na carta bioclimática de Givoni (Figura 47).

**Tabela 24:** Temperaturas mínimas e máximas e suas respetivas humidade relativas por dia no Posto Aquícola de Castrelos

Data	Hora 1	T mínima (°C)	Humidade relativa 1 (%)	Hora 2	T máxima (°C)	Humidade relativa 2 (%)
09/08/19	21:50	14,14	91,60	13:00	23,09	49,36
13/08/19	02:30	7,51	96,40	15:50	27,51	23,48
17/08/19	05:10	9,56	95,80	15:20	32,58	25,11
21/08/19	06:10	12,24	83,40	15:20	31,06	16,77
25/08/19	23:50	12,03	99,80	15:50	25,27	45,44
29/08/19	06:10	10,01	94,50	13:50	32,74	23,50
02/09/19	05:20	8,02	94,50	08:40	20,13	56,86

Os dados da Tabela 24 foram cruzados e traçados na carta bioclimática de Olgyay (Figura 46).



**Figura 46:** Diagrama de Olgyay para Posto Aquícola de Castrelos. **Fonte:** Adaptado pelo autor de Fariña (1990)

A Carta Bioclimática de Olgyay apresenta alguns pontos inseridos na zona de conforto, bem como poucos pontos com temperaturas acima desse referencial. No entanto, ressalta-se maior concentração de dados com temperaturas inferiores, o que indica que em determinados períodos houve déficit de calor. Deste modo, considera-se necessário maior aproveitamento da radiação solar para alcançar o conforto.

A Tabela 25 apresenta a comparação das temperaturas as respectivas humidade relativas registadas no interior do edifício. Os resultados apresentados correspondem a dados registados para dias com quatro dias de intervalo, devido ao grande volume de dados.



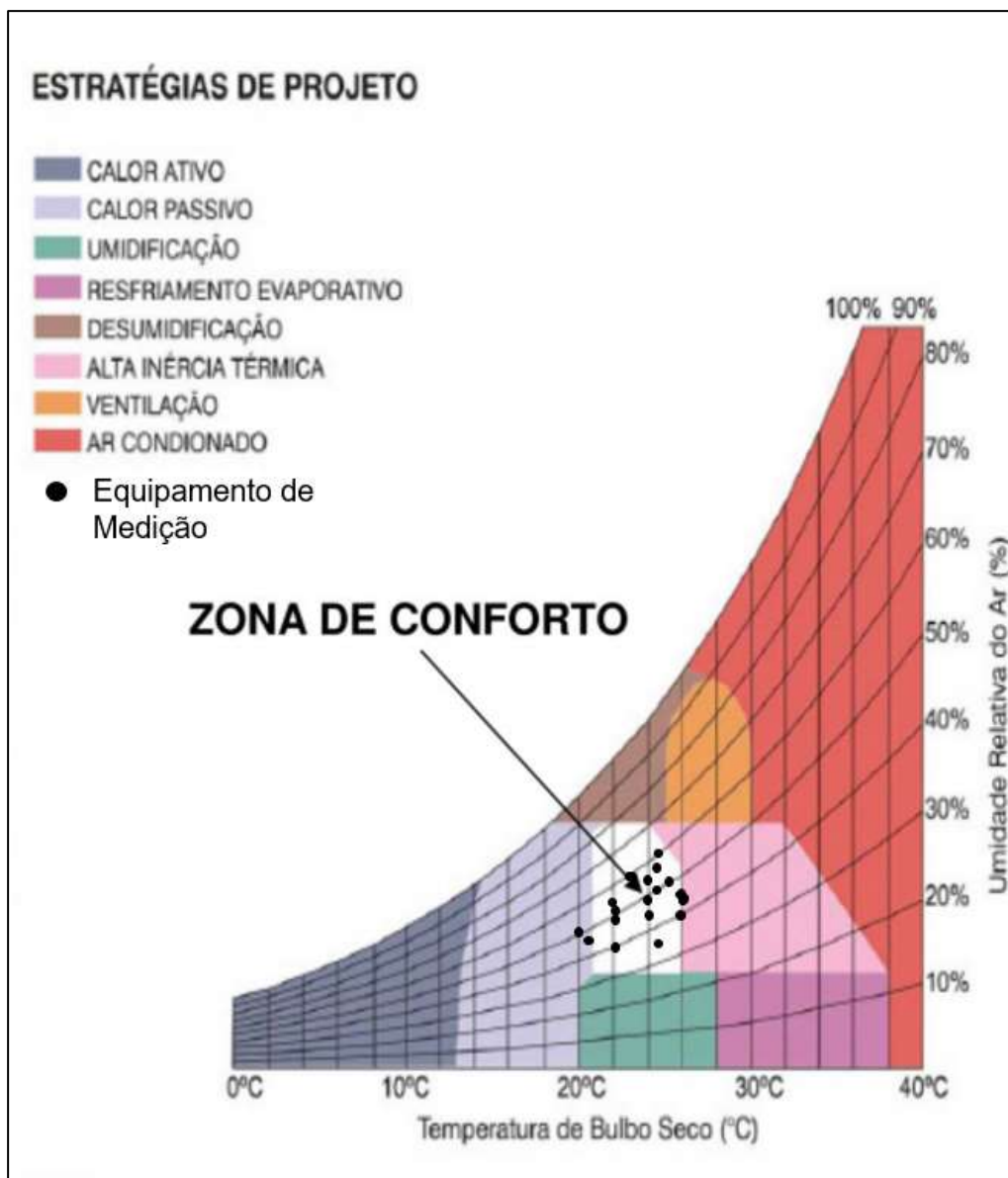
**Tabela 25:** Valores de temperatura e humidade relativa por datas e horas registadas pelo equipamento interno para o Posto Aquícola de Castrelos.

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura A (°C)</b>	<b>Humidade relativa A (%)</b>
<b>09/08/19</b>	10:00	22,20	53,60
	16:00	24,40	49,40
	20:00	24,40	52,60
<b>13/08/19</b>	10:00	20,30	49,40
	16:00	22,70	40,00
	20:00	22,00	49,40
<b>17/08/19</b>	10:00	24,50	50,70
	16:00	26,40	40,20
	20:00	26,40	45,70
<b>21/08/19</b>	10:00	22,70	50,20
	16:00	24,80	35,90
	20:00	24,00	45,80
<b>25/08/19</b>	10:00	24,90	50,72
	16:00	25,50	55,30
	20:00	25,00	58,00
<b>29/08/19</b>	10:00	23,30	57,30
	16:00	26,40	42,30
	20:00	23,30	55,90
<b>02/09/19</b>	10:00	21,70	46,80
	16:00	26,00	41,70
	20:00	25,80	44,80

A Tabela 25 mostra que as temperaturas não apresentam diferença expressiva nos três horários de interesse analisados. Contudo, nota-se que em alguns dias os picos de temperatura foram registados às 16:00 horas, devido à tendência natural de elevação térmica nesse período do dia e à acumulação de calor no local.

As humidade relativas referentes às temperaturas identificadas nos horários desta análise foram marcadas na Carta de Givoni (Figura 47).





**Figura 47:** Carta Bioclimática de Givoni para o Posto Aquícola de Castrelos. **Fonte:** Adaptado pelo autor de Gonzalez (1986)

A análise da Figura 47 mostra que os pontos concentram-se na zona de conforto térmico, deste modo não se verifica a necessidade de aplicar estratégias para se alcançar condições de conforto térmico.

## 4.5 Síntese de propostas para estratégias nos locais de análise

Tabela 26: Resumo de estratégias para resfriamento do interior.

Locais	Designações	Estratégia de projeto	Propostas
Casa del Parque de Villafáfila	Local 1	Alta inércia térmica; resfriamento evaporativo; ventilação	Cobertura vegetal do entorno e do teto; cobertura vegetal de paredes externas; massa de água de piscinas e/ou aquários internos; ventilação cruzada e de efeito chaminé
	Local 2		
Parque Natural Arribes del Duero de Famoselle	Local 1	Alta inércia térmica; resfriamento evaporativo; ventilação	
	Local 2		
Casa del Parque de Sanabria	Local 1	Alta inércia térmica	
	Local 2		
Posto Aquícola de Castrelos	Local 1	Zona de Conforto	

Para o estudo realizado foram propostas as seguintes estratégias de acordo com os resultados obtidos na carta psicrométrica de Givoni:

- **Arrefecimento evaporativo:** estratégia identificada na zona do gráfico determinada pela temperatura variável entre 30 e 38°C e baixa humidade relativa. Trata-se da evaporação da água que aumenta a humidade relativa do ar e retira calor do ambiente. Deste modo, a **cobertura vegetal do entorno do edifício** pode ser vista como uma boa solução. Ao ser evaporada, a água retida pela vegetação provoca resfriamento do ar. Além disso, a **cobertura vegetal no teto do edifício** também pode ser eficiente neste caso, pois retém a maior parte da radiação solar. (Dekay & Brown, 2004).
- **Inércia térmica:** Estas estratégias devem ser aplicadas quando se registam temperaturas variáveis entre 28 a 38°C com humidade relativa na faixa de 20 a 50%. Inclui o **uso de paredes verdes externas** que interceptam a radiação solar, além de contribuir com o aumento da humidade relativa do ar e a diminuição da temperatura através da evaporação da água que fica retida pela vegetação. Além disso, o uso da **massa de água de piscinas ou aquários internos**

apresentam elevada inércia térmica, deste modo podem diminuir as amplitudes diárias durante o verão (Al-Sallal, 2016).

- **Ventilação:** Estratégias aplicáveis quando se registam temperaturas entre 25 e 30°C e humidade relativa entre 50 e 90%. Algumas propostas de estratégias de ventilação baseiam-se em diferenças de pressão para movimentar o ar no interior das construções. Deste modo, apresentam-se como estratégias passivas, ou seja, que não demandam uso de energia. A **ventilação cruzada** é uma estratégia possível e trata-se de posicionar as janelas de determinado ambiente em paredes opostas ou adjacentes permitindo a entrada e a saída do ar. A **ventilação por efeito chaminé** é um mecanismo simples no qual o ar frio exerce pressão sob o ar quente forçando-o a subir. (Maciel, 2007).

#### 4.6 Estudos de Perceção de Conforto do Verão

Por intermédio de ferramentas estatísticas, foi possível analisar a relação entre sensação térmica e as variáveis mais significativas para o conforto térmico.

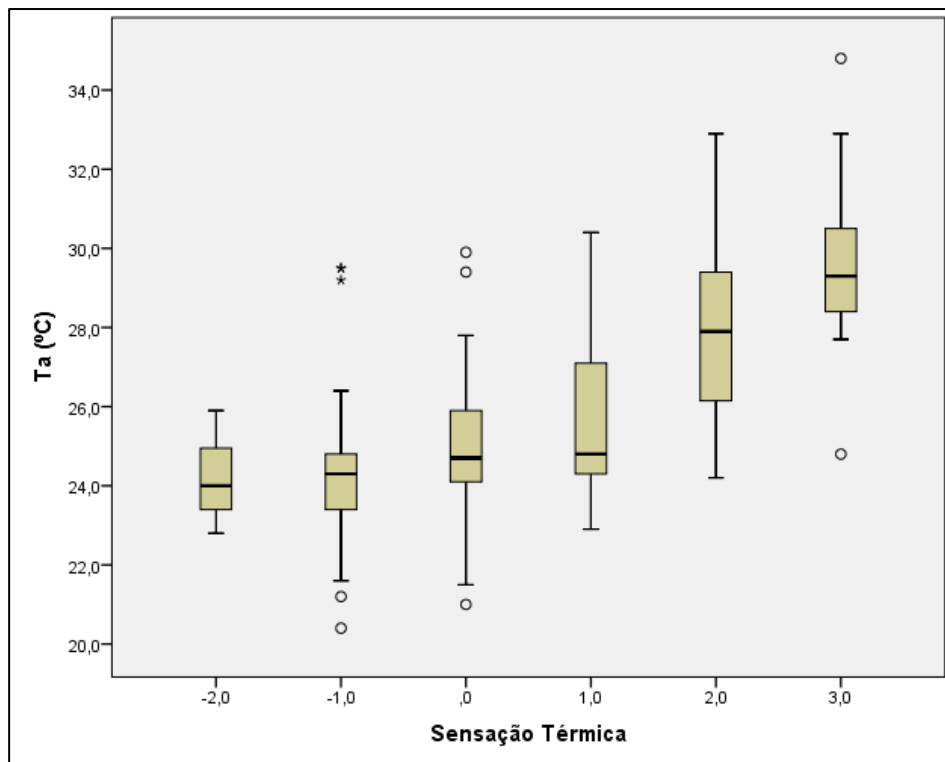
Para mensurar a influência das variáveis monitorizadas sobre o conforto térmico, aplicou-se o teste one-way Anova. Este teste determina quais as variáveis que estão fortemente associadas às diferenças mais significativas sobre a perceção de conforto térmico. O teste foi feito com dados de todos os locais de estudo no período do verão.

O teste aponta que existem diferenças significativas entre os dados de temperatura do ar e radiante, humidade relativa, velocidade ar e vestuário quando relacionados com as respostas de perceção de conforto térmico, pois o valores de significância obtidos são inferiores ao valor de referência ( $p\text{-value} < 0,05$ ) (Pestana, 2014).

Mediante o exposto, foram gerados novos tipos de gráficos para análise dos dados obtidos.

#### 4.6.1 Temperatura do ar

Por intermédio de ferramentas estatísticas, foi possível analisar o volume de inquéritos aplicados e avaliar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a temperatura do ar medida pelos equipamentos.

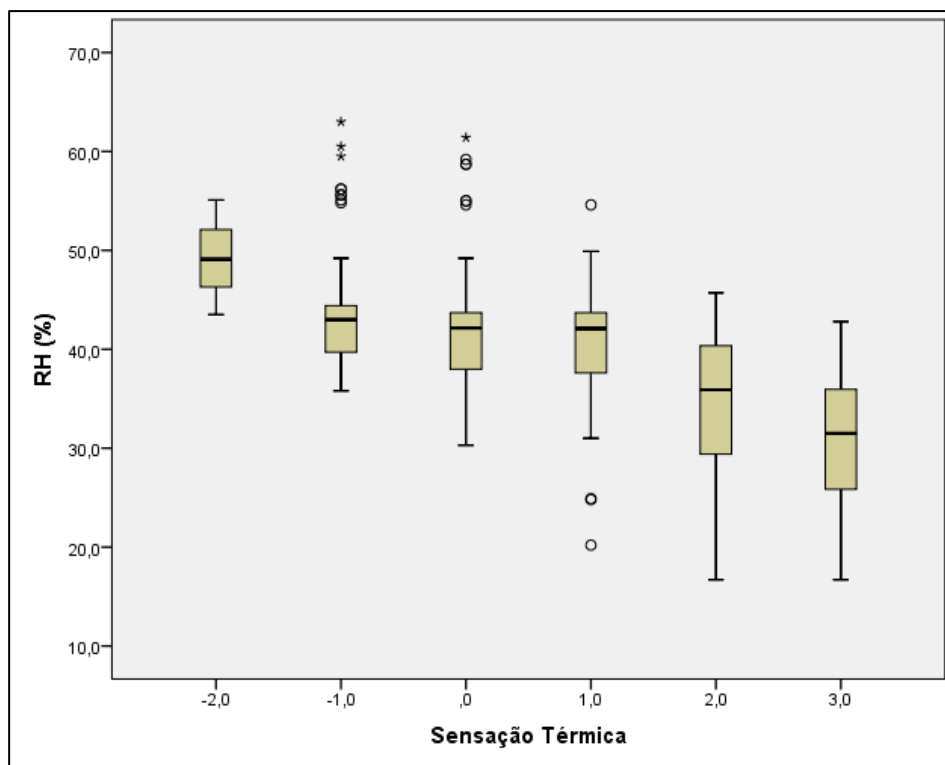


**Figura 48:** Boxplot de relação entre a temperatura do ar interior e a escala de sensação térmica.

De acordo com a Figura 48, nota-se uma evolução crescente das medianas nas respostas que correspondem à sensação térmica de frio (-2) até a sensação de muito quente (+3). No entanto, o segundo e terceiro quartis apresentam valores muito próximos para as sensações de frio (-2), ligeiramente frio (-1) e neutro (0). Para as demais sensações observa-se evolução incremental com uma ampla dispersão de dados.

#### 4.6.2 Humidade relativa

Por intermédio de ferramentas estatísticas, foi possível analisar o volume de inquéritos aplicados e avaliar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a humidade relativa do ar medida pelos equipamentos.

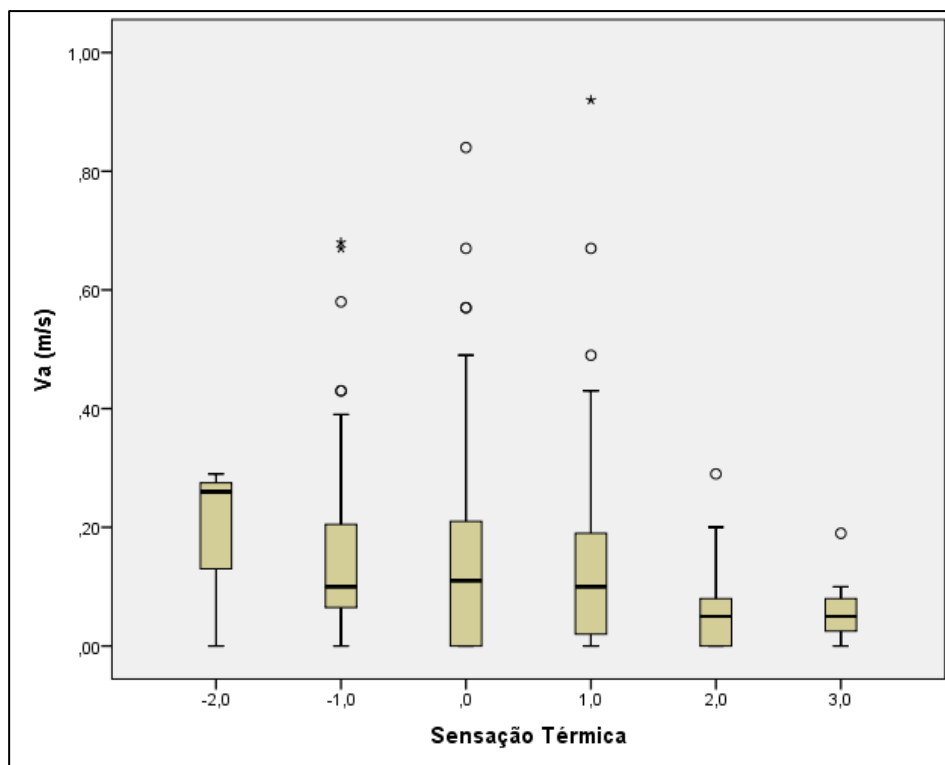


**Figura 49:** Boxplot de relação entre a humidade relativa do ar no interior e a escala de sensação térmica

Ao analisar a Figura 49, pode-se dizer que os valores que correspondem às sensações de maior incomodidade térmica, isto é, frio (-2), calor (+2) e muito calor (+3), observa-se um comportamento decrescente para o primeiro, segundo e terceiro quartis. Tal comportamento corresponde ao esperado, uma vez que, existe uma relação de proporcionalidade inversa entre a humidade relativa do ar e a temperatura. Para as sensações que correspondem a ligeiramente frio (-1), neutro (0) e ligeiramente quente (1), percebe-se um comportamento semelhante para os três quartis, com medianas muito próximas, o que reflete outra vez a subjetividade na percepção dos inquiridos quanto à humidade relativa.

#### 4.6.3 Velocidade do ar

Por intermédio de ferramentas estatísticas, foi possível analisar o volume de inquéritos aplicados e avaliar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a velocidade do ar medida pelos equipamentos.

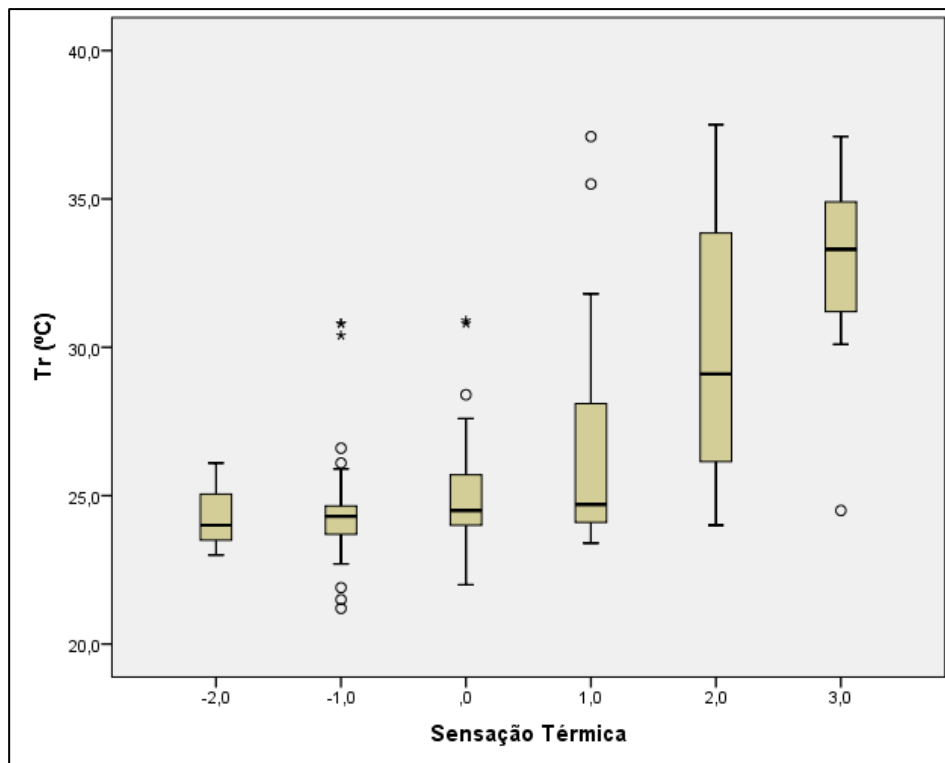


**Figura 50:** Boxplot de relação entre a velocidade do ar no interior e a escala de sensação térmica.

Ao analisar a Figura 50, percebe-se uma relação entre valores mais altos de velocidade do ar e sensação de frio (-2). No entanto, como os locais de estudo não apresentaram valores expressivos para velocidade do ar, esta variável não apresenta influências consideráveis na percepção térmica dos inquiridos.

#### 4.6.4 Temperatura média radiante

Por intermédio de ferramentas estatísticas, foi possível analisar o volume de inquéritos aplicados e avaliar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a temperatura média radiante medida pelos equipamentos.

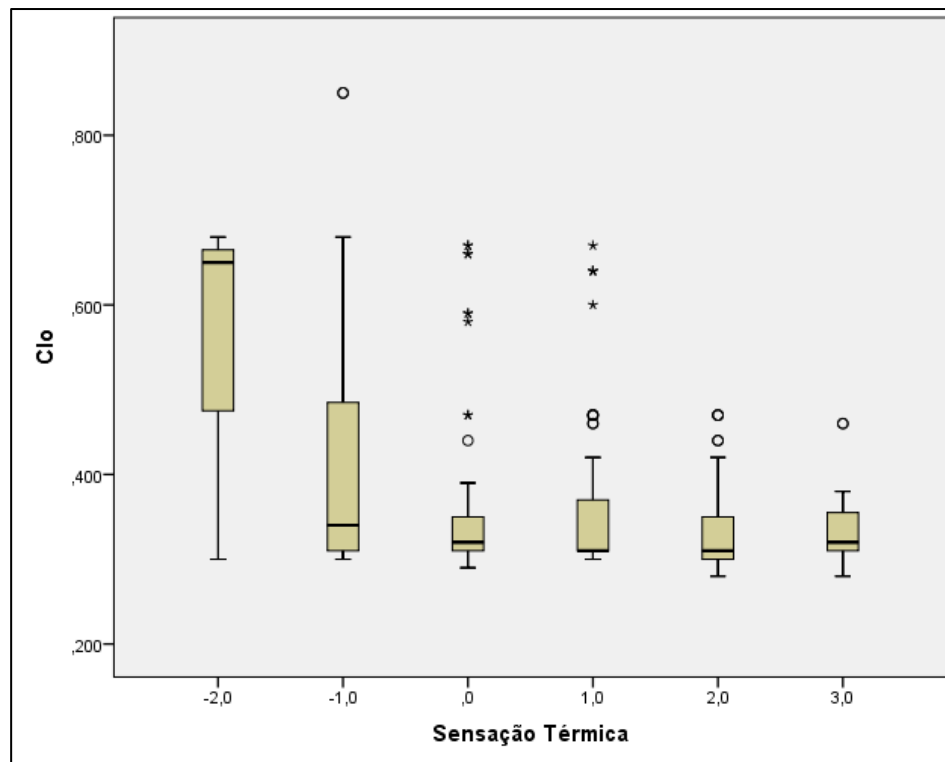


**Figura 51:** Boxplot de relação entre a temperatura média radiante no interior e a escala de sensação térmica.

Conforme apresentado na Figura 51, para valores de temperatura média radiante próximos de 25 °C, a percepção dos inquiridos mostra-se subjetiva, pois o comportamento apresentado pelo primeiro, segundo e terceiro quartis para sensação de frio (-2), ligeiramente frio (-1) e neutro (0) é próximo. Contudo, com a elevação da temperatura média radiante, percebe-se um aumento significativo da incomodidade térmica, que se reflete num crescimento considerável da mediana e dos valores dos três primeiros quartis nas sensações de calor (+2) e muito calor (+3).

#### 4.6.5 Vestuário (Clo)

Por intermédio de ferramentas estatísticas, foi possível analisar o volume de inquéritos aplicados e avaliar a relação entre sensação térmica e o índice de vestuário de cada inquirido.



**Figura 52:** Boxplot de relação entre o vestuário (clo) e a sensação térmica no interior.

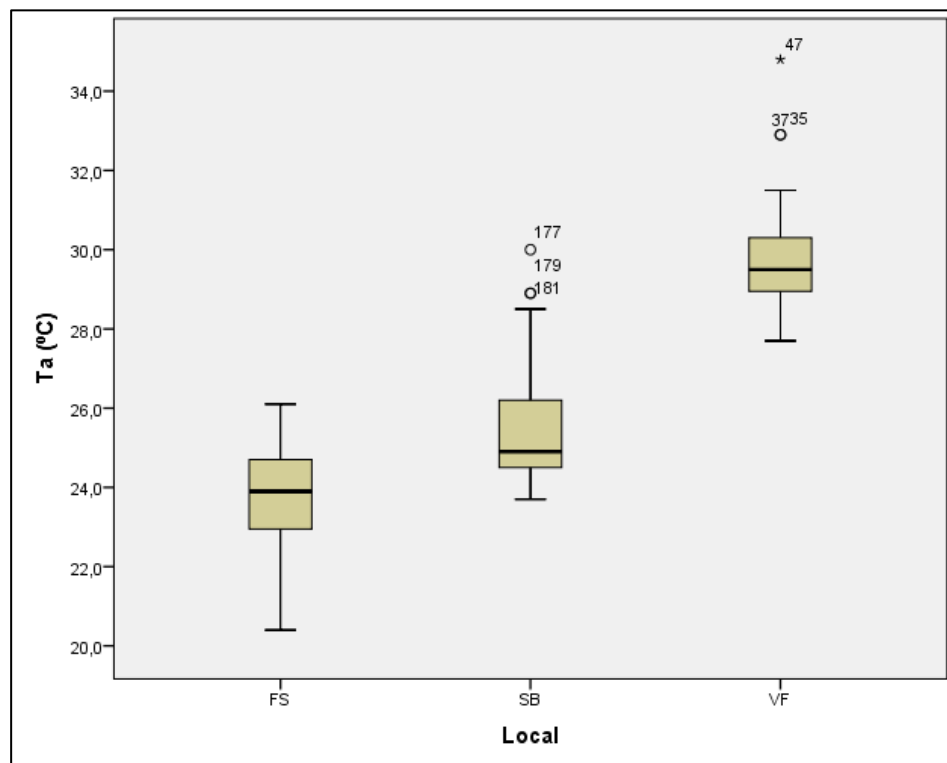
Ao analisar a Figura 52, nota-se que os inquiridos que apresentaram sensações de neutralidade (0), ligeiramente quente (1), calor (2) e muito calor (3), encontravam-se com níveis semelhantes de Clo (vestuário). Esta situação é natural, uma vez que, os valores de vestuário de verão estão próximo dos valores mínimos de roupa nessa estação. Já os inquiridos que relataram sensações térmicas de ligeiramente frio (-1) e frio (-2), apresentavam nível de vestuário consideravelmente mais elevados.

#### 4.7 Comparação de resultados entre os diferentes locais dos inquéritos para o verão.

Após a realização dos testes Anova sobre o cruzamento dos registos feitos pelos equipamentos e das respostas obtidas através dos inquéritos,

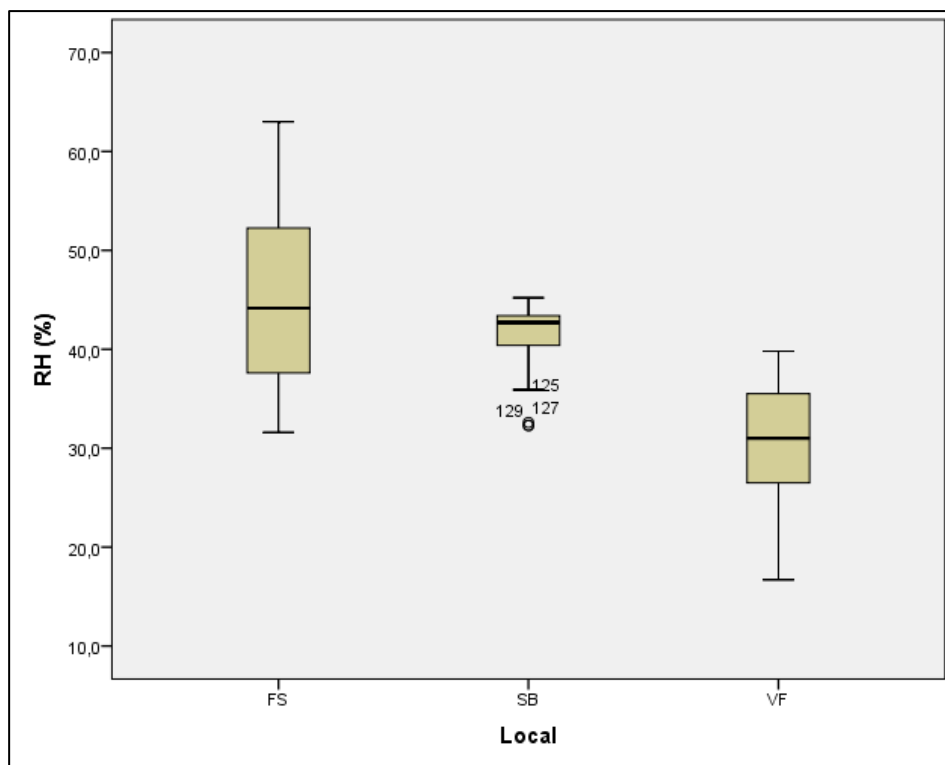


constatou-se a existência de diferenças significativas nos resultados entre os locais para as variáveis temperatura do ar e temperatura média radiante. Para garantir a fiabilidade dos dados, as medições ocorreram em simultâneo com a aplicação dos inquéritos. Posteriormente, foram gerados gráficos para comparar as variáveis como relações mais significativas em todos os locais de estudo.



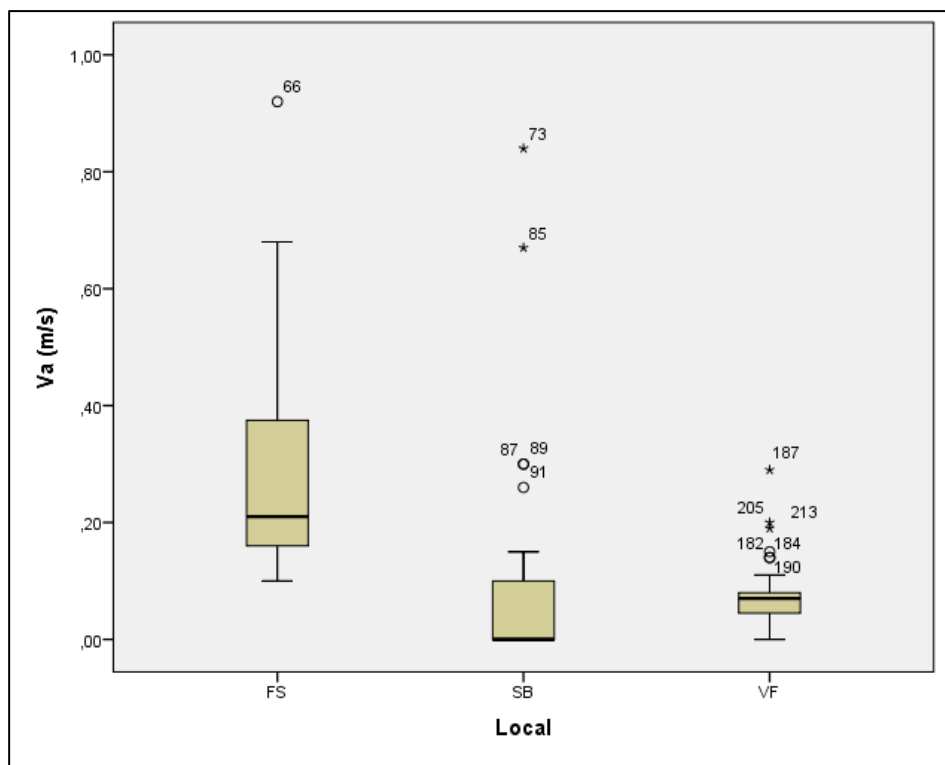
**Figura 53:** Boxplot de relação entre a temperatura do ar no interior e os locais de estudo, sendo FS (Fermoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila).

De acordo com a Figura 53, constata-se que Fermoselle apresentou maior amplitude térmica e menores valores absolutos de temperatura. No entanto, observa-se semelhanças entre a temperatura média deste local e Sanabria. Em Villafáfila foram registradas as maiores temperaturas, sendo a temperatura mínima registrada neste local superior à máxima em Fermoselle e próxima ao valor máximo obtido em Sanabria.



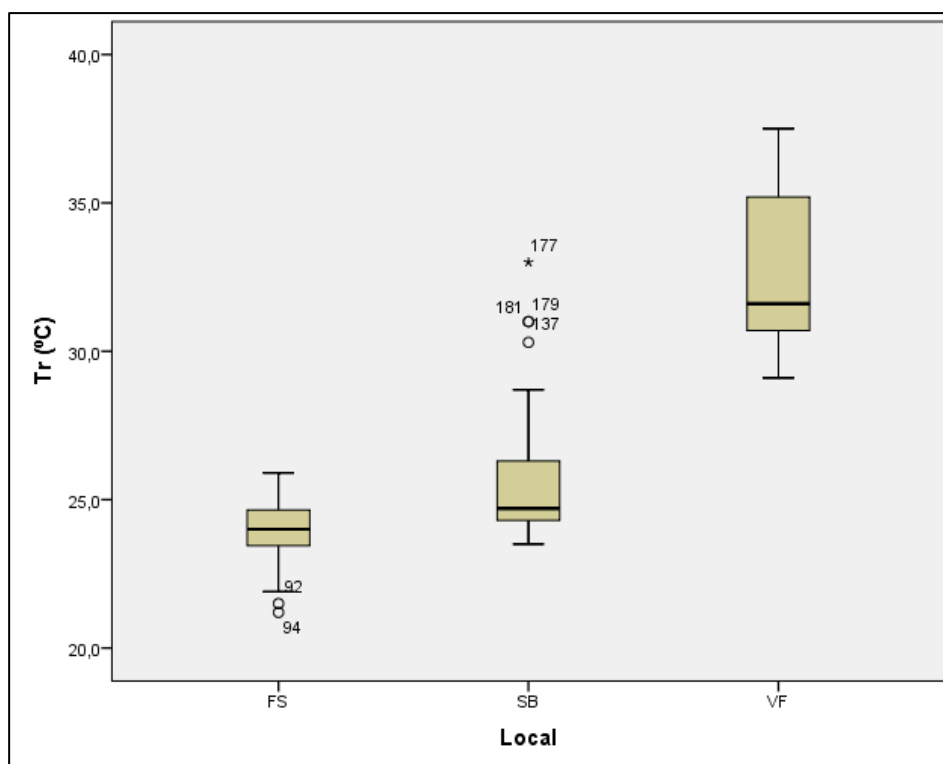
**Figura 54:** Boxplot de relação entre a humidades relativas no interior e os locais de estudo, sendo FS (Fermoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila).

A Figura 54 mostra que os dados coletados em Fermoselle e em Villafáfila apresentaram elevadas amplitudes de humidade relativa do ar, ainda que os valores registados na primeira sejam consideravelmente superiores aos na segunda. Sanabria apresenta baixa amplitude de humidade relativa ainda que a média mensurada no local seja próxima da registada em Fermoselle.



**Figura 55:** Boxplot de relação entre a velocidade do ar no interior e os locais de estudo, sendo FS (Fermoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila).

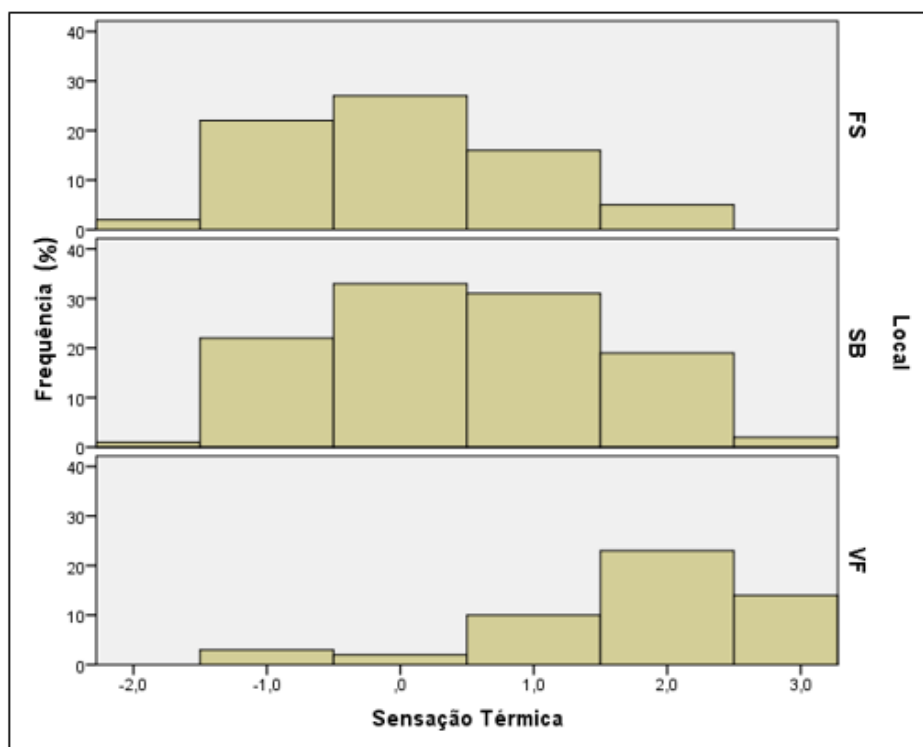
A Figura 55 aponta que os valores de velocidade do ar mensurados em Villafáfila e Sanabria foram baixos, não apresentando, portanto, uma influência significativa sobre a incomodidade térmica observada nos locais, já que as análises foram realizadas no período de verão com registos de altas temperaturas. Fermoselle apresentou valores mais altos de velocidade do ar.



**Figura 56:**Boxplot de relação entre a temperatura média radiante no interior e os locais de estudo, sendo FS (Fermoselle), SB (Sanabria) e VF (Villafáfila).

A Figura 56 mostra que os dados de temperatura radiante coletados em Villafáfila apresentaram maior amplitude térmica e maiores valores absolutos. Observa-se ainda valores próximos da mediana para a temperatura média radiante registrada em Fermoselle e Sanabria. Em Villafáfila foram registradas as maiores temperaturas, sendo a temperatura mínima registrada neste local próxima da máxima em Sanabria e consideravelmente superior ao valor máximo obtido em Fermoselle.

Ao comparar a percentagem das respostas sobre os inquéritos para sensação térmica, gerou-se um gráfico que estabelece uma relação entre os locais de estudo (Figura 57).



**Figura 57:** Histograma de relação entre os locais de estudo e a escala de sensação térmica.

Os resultados apresentados pela Figura 57 indicam Vilafáfila como o local mais afetado das condições ideais de conforto térmico, o que se poderá dever às altas temperaturas registadas durante o período de medição. Tal fato evidencia-se pelo elevado número de inquiridos que relatou sensação de calor (2) ou muito calor (3). Em Sanabria e Fermoselle, a maior parte dos entrevistados relatou sensação de ligeiramente quente (1), neutralidade (0) ou ligeiramente frio (-1), o que demonstra maior conforto térmico nestes locais.

A incomodidade térmica percebida pelos inquiridos em Villafáfila justifica-se como uma combinação das elevadas temperaturas, baixa humidade relativa e ausência de vento durante o período de estudo.

Sanabria e Fermoselle apresentaram valores para temperatura média semelhantes, ainda que os valores absolutos de temperatura mínima e máxima registados para a segunda sejam superiores aos apresentados na primeira. Sanabria apresentou baixa amplitude de humidade relativa do ar e ventos de baixa intensidade auxiliando na percepção de conforto térmico. Fermoselle apresentou ventos moderados o que auxilia na redução da sensação de calor durante o período de análise.

Após análise do histograma realizou-se a comparação de dados entre

locais de estudo, conforme mostra a Tabela 27.

**Tabela 27:** Correlação entre os locais de estudo de aplicação dos inquéritos no verão.

Locais e Variáveis		Ta (°C)	RH (%)	Va (m/s)	Tr (°C)
VF	Média	29,73	30,46	0,07	32,86
	Desvio padrão	1,31	6,44	0,05	2,66
	Mínima	27,70	16,70	0,00	29,10
	Máxima	34,80	39,80	0,30	32,86
FE	Média	23,82	45,07	0,29	24,06
	Desvio padrão	1,31	8,76	0,18	1,00
	Mínima	20,40	31,60	0,10	21,20
	Máxima	26,10	63,00	0,92	25,90
SB	Média	25,49	41,53	0,55	25,54
	Desvio padrão	1,27	2,76	0,11	1,76
	Mínima	24,00	32,30	0,00	24,00
	Máxima	30,00	45,02	0,84	33,00

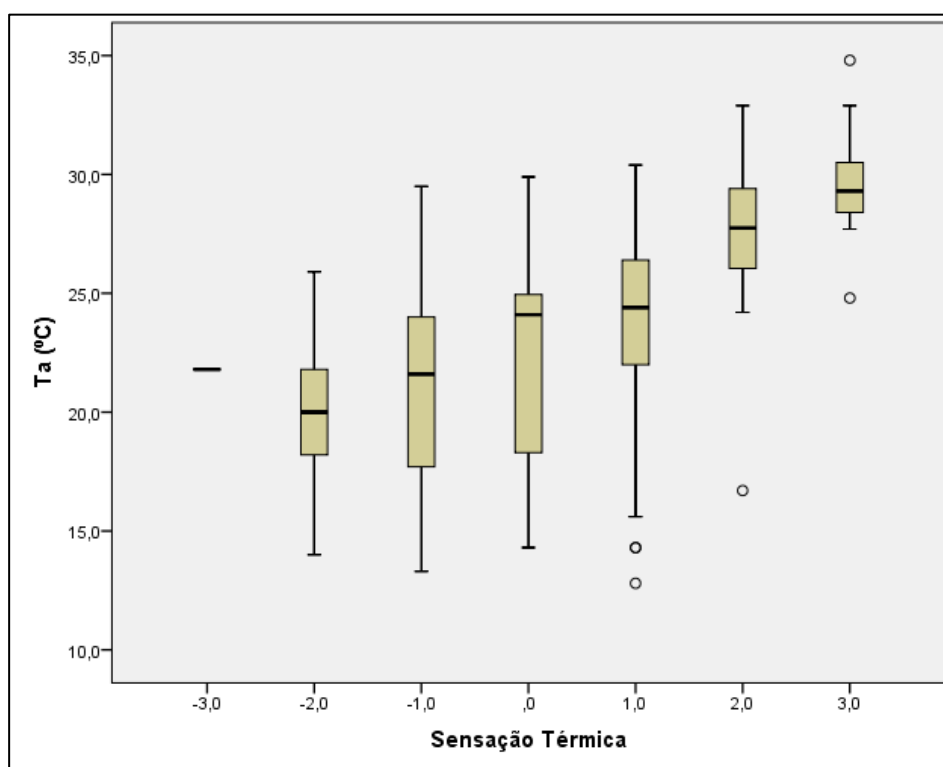
De acordo com a Tabela 27, o local que apresentou as temperaturas mais altas foi a Casa Del Parque de Villafáfila. Ao passo que nos outros locais de estudo a média para esta variável não é tão discrepante, pois as temperaturas estavam relativamente amenas para regime climático da região no momento das medições, causando assim sensação de conforto para a maioria dos entrevistados.

#### 4.8 DADOS GLOBAIS – INVERNO E VERÃO

O referido trabalho realizado no período do verão foi feito para complementar um estudo realizado *a priori* no período do inverno. Os dados coletados no inverno foram relacionados aos registos do verão para garantir uma análise concreta sobre a percepção de conforto térmico nos locais estudados.

Através das estatísticas geradas pelo volume de inquéritos aplicados, foi possível analisar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a temperatura do ar medida pelos equipamentos no inverno e no verão.

#### 4.8.1 Temperatura do ar

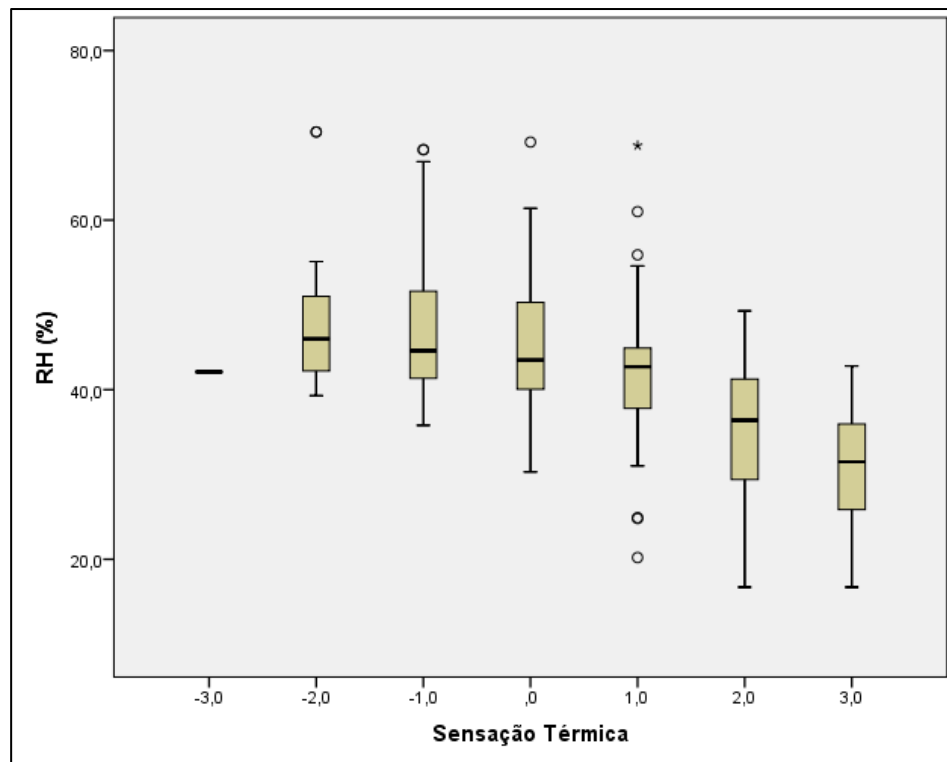


**Figura 58:** Boxplot de relação entre a temperatura do ar no interior e a escala de sensação térmica para inverno e verão.

De acordo com a Figura 58, nota-se um comportamento semelhante na evolução do segundo e terceiro quartis desde as respostas que correspondem à sensação térmica de frio (-2) até a sensação de muito quente (+3), observando-se caráter crescente e incremental na evolução das medianas das temperaturas. Apenas uma resposta foi dada correspondendo à sensação térmica de muito frio (-3), o que limita a análise no contexto dessa resposta.

#### 4.8.2 Humidade relativa

Através das estatísticas geradas pelo volume de inquéritos aplicados, foi possível analisar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a humidade relativa medida pelos equipamentos no inverno e no verão.



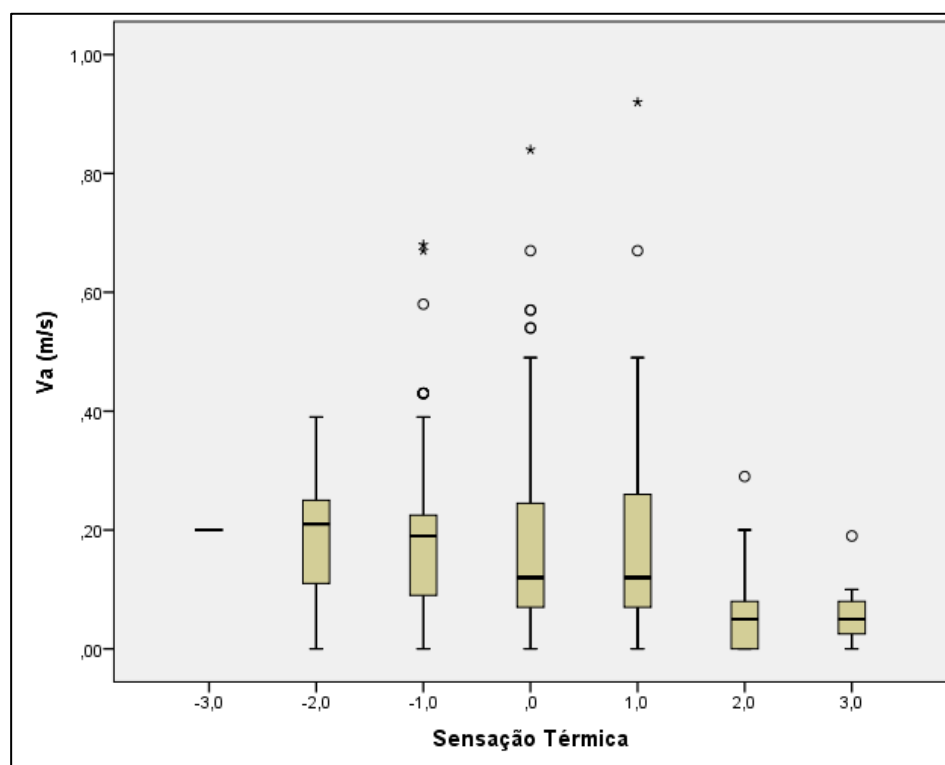
**Figura 59:** Boxplot de relação entre a humidades relativas do ar no interior e a escala de sensação térmica para inverno e verão.

Ao analisar a Figura 59, observam-se comportamentos semelhantes para o primeiro, segundo e terceiro quartis, apresentando carácter inversamente incremental para os valores de humidade relativa em função da escala de Fanger. Tal comportamento corresponde ao esperado, uma vez que, existe uma relação de proporcionalidade inversa entre a humidade relativa do ar e a temperatura. Assim como constatado na Figura 58, apenas uma resposta foi dada correspondendo à sensação térmica de muito frio (-3), o que limita a análise no contexto dessa resposta.



### 4.8.3 Velocidade do ar

Através das estatísticas geradas pelo volume de inquéritos aplicados, foi possível analisar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a velocidade do ar medida pelos equipamentos no inverno e no verão.



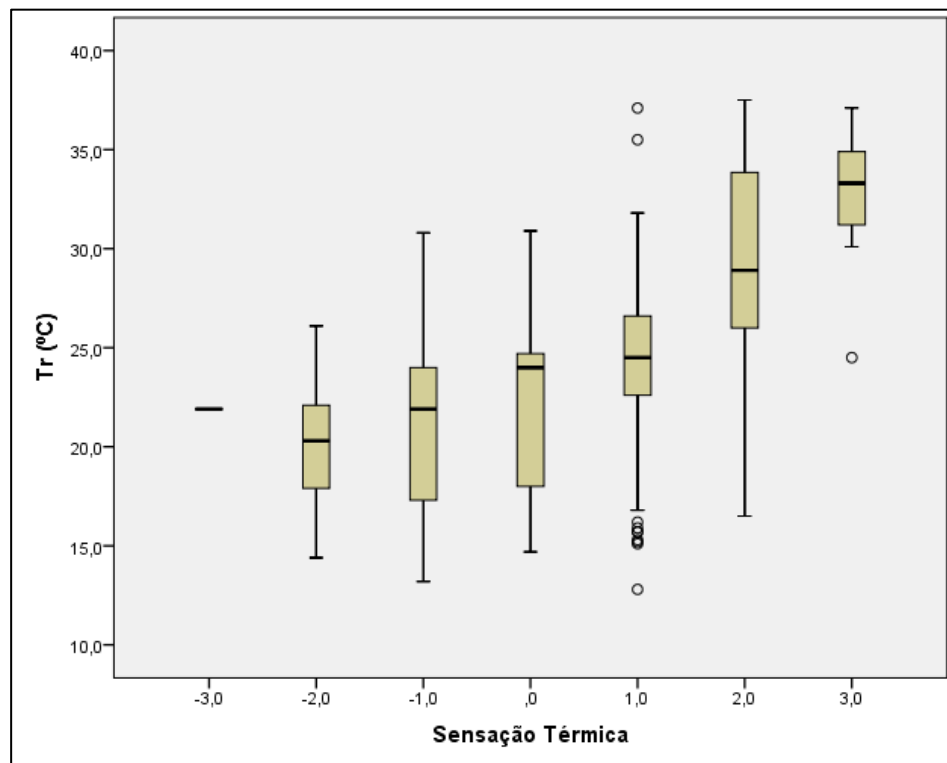
**Figura 60:** Boxplot de relação entre a velocidade do ar no interior e a escala de sensação térmica para inverno e verão.

A Figura 60 mostra que a percepção sobre a velocidade do ar **tem efeitos diferentes ao longo do ano**, uma vez que, durante o inverno ventos tendem a causar sensações de maior desconforto térmico nos inquiridos, ao passo que, no verão, ventos podem proporcionar maior sensação de conforto, sendo essa uma variável que atua de modo antagónico entre as estações. Aplicaram-se um elevado número de inquéritos, contudo apenas **uma resposta foi dada correspondendo à sensação térmica de muito frio (-3), o que limita a análise no contexto dessa resposta.**

### 4.8.4 Temperatura média radiante

Através das estatísticas geradas pelo volume de inquéritos aplicados, foi possível analisar a relação entre sensação térmica dos inquiridos e a

temperatura média radiante medida pelos equipamentos no inverno e no verão.

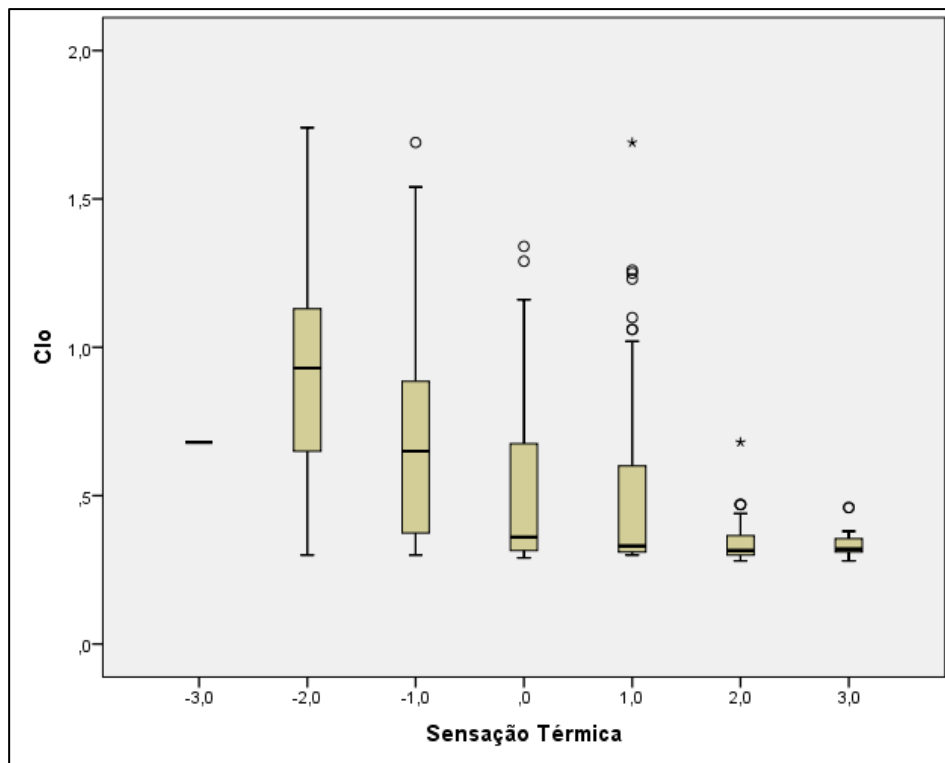


**Figura 61:** Boxplot de relação entre a temperatura média radiante no interior e a escala de sensação térmica para inverno e verão.

Analisando as medianas e a evolução dos dados se observa uma clara relação entre as variáveis analisadas. A Figura 61, aponta uma evolução de carácter incremental. Contudo, nota-se ligeira dispersão, pois a temperatura média radiante atua de forma diferenciada na sensação térmica dos inquiridos.

#### 4.8.5 Vestuário (Clo)

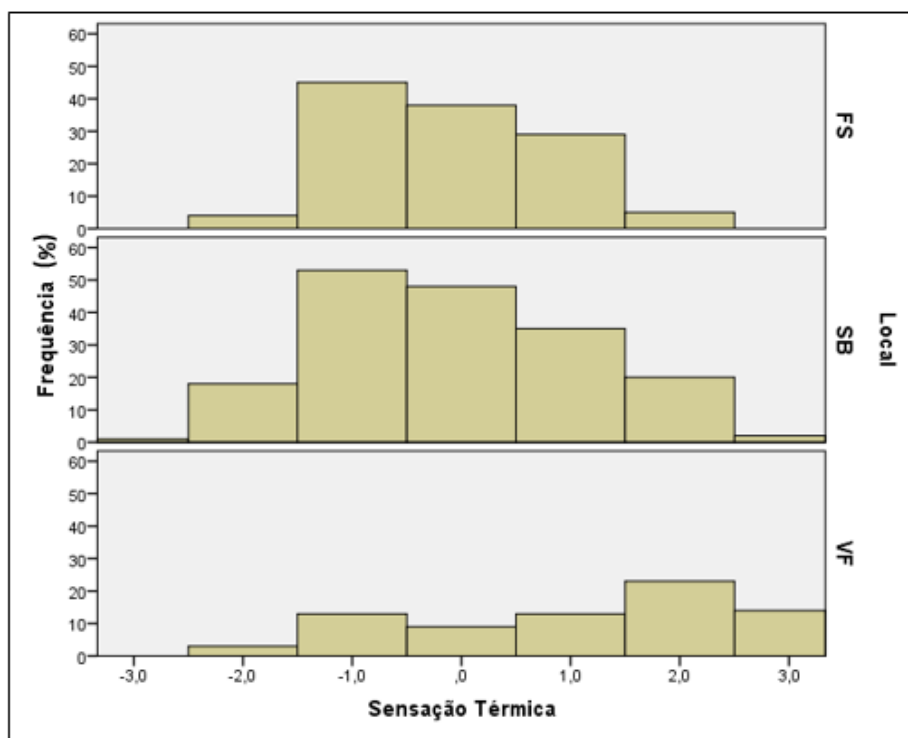
Através das estatísticas geradas pelo volume de inquéritos aplicados, foi possível analisar a relação entre sensação térmica e o índice de vestuário (Clo) dos inquiridos no inverno e no verão.



**Figura 62:** Boxplot de relação entre o vestuário (clo) e a sensação térmica para inverno e verão no interior.

Ao analisar a Figura 62, nota-se, conforme o esperado, que os inquiridos que relataram sensações de frio (-2) e ligeiramente frio (-1), apresentaram níveis superiores de vestuário. Sensações de calor (+2) e muito calor (+3) foram relatadas majoritariamente no período do verão, o que se explicita na proximidade dos valores entre os quartis. A figura como um todo apresenta uma evolução inversamente proporcional na evolução da escala de Fanger. Apenas uma resposta foi dada correspondendo à sensação térmica de muito frio (-3), o que limita a análise no contexto dessa resposta.

Através das estatísticas geradas pelo volume de inquéritos aplicados, foi possível avaliar os três locais analisados para as duas estações de interesse. Para tal, foi elaborado um histograma que relaciona os locais de estudo e a escala de sensação térmica para o inverno e verão.



**Figura 63:** Histograma de relação entre os locais de estudo e a escala de sensação térmica no interior para o inverno e verão.

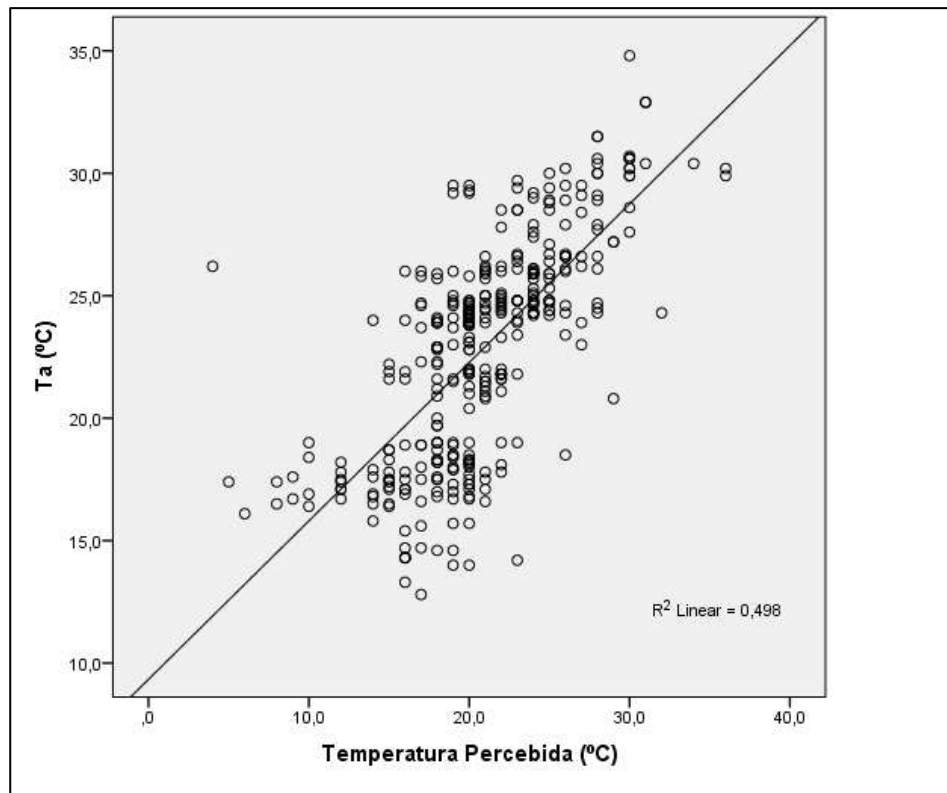
Os resultados apresentados pela Figura 63 indicam Fermoselle como o local com maior comodidade térmica, uma vez que, tanto no inverno quanto no verão, nenhum inquirido relatou sensação de muito calor (+3) ou muito frio (-3). Outro indicador positivo que se observa quanto ao conforto térmico neste local consiste na maioria das respostas concentrar-se na zona central da escala de Fanger, entre as sensações de ligeiramente quente (+1) e ligeiramente frio (-1).

O mesmo comportamento é observado em Sanabria refletindo, portanto, comodidade térmica pela percepção dos inquiridos. No entanto, neste local o número de entrevistados que relataram sensação de calor (+2) ou frio (-2) foi superior ao da primeira.

Os dados obtidos pelos inquéritos aplicados apontam Villafáfila como o local com maior incomodidade térmica, principalmente durante o verão. Isto reflete-se no elevado número de pessoas que relataram sensações de muito

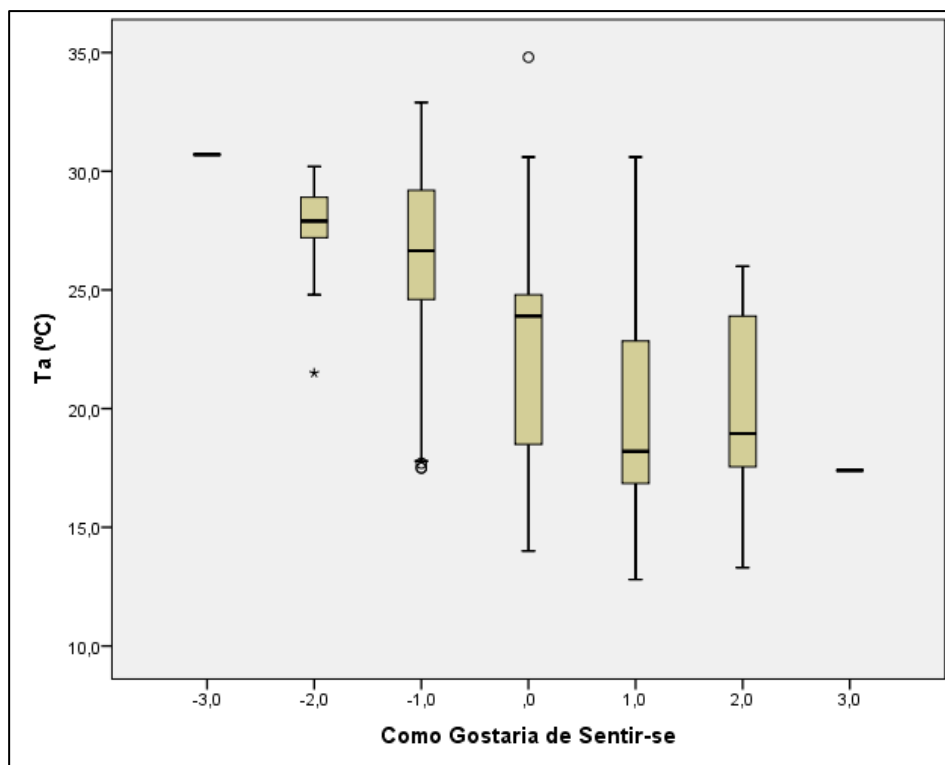
calor (+3) e calor (+2).

A seguir se relacionam a percepção dos inquiridos com as suas respetivas variáveis.



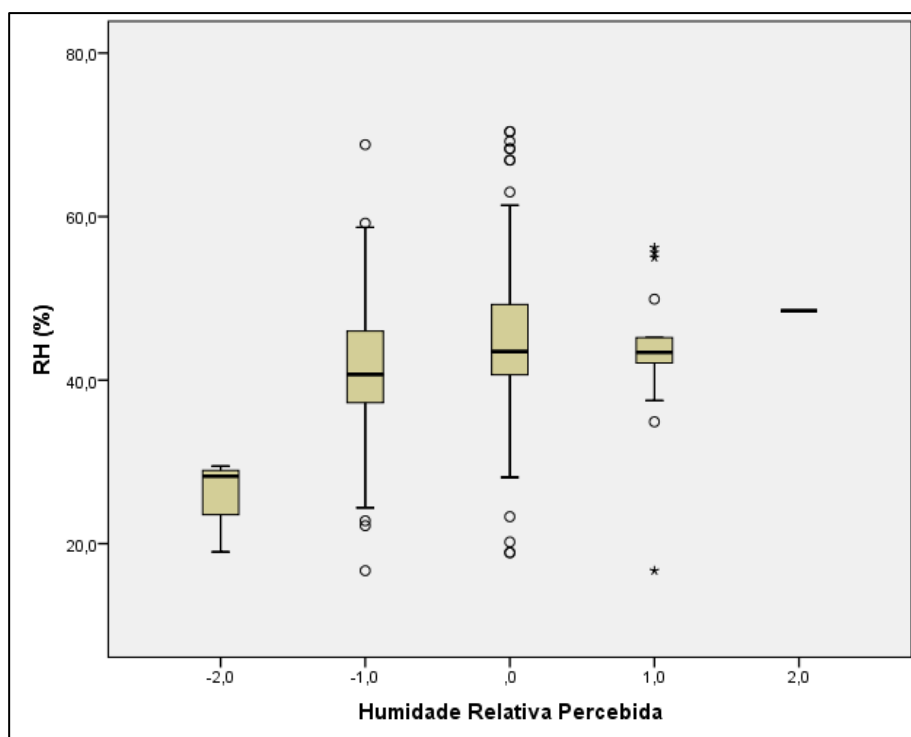
**Figura 64:** Gráfico de relação entre as Temperaturas do ar e temperatura percebida pelos inquiridos no interior para inverno e verão.

De acordo com a Figura 64, nota-se que a temperatura percebida pelos inquiridos apresentam certa coerência com as temperaturas registadas pelos equipamentos de medição. O valor do ( $R^2$ ) é relativamente alto. Deste modo, pode-se dizer que os inquéritos aplicados funcionam como um bom indicador de percepção térmica.



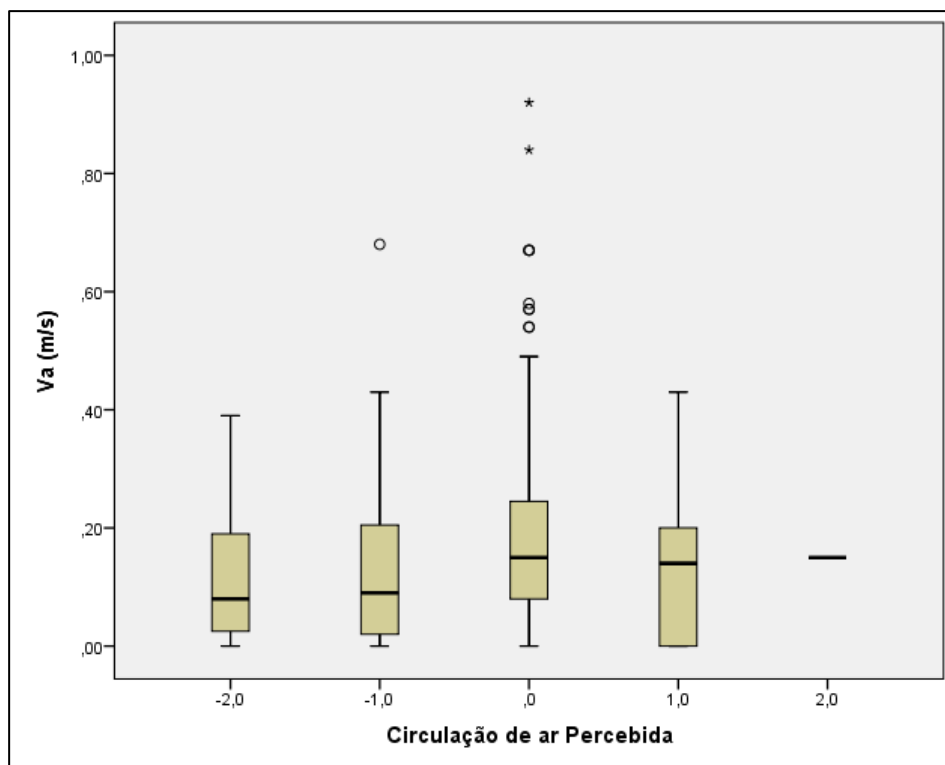
**Figura 65:** Boxplot de relação entre as Temperaturas do ar e 'Como os inquiridos gostariam de sentir-se' para inverno e verão no interior.

A Figura 65 mostra coerência entre as temperaturas medidas pelos equipamentos e a resposta dos inquiridos para a pergunta que aferia como os mesmos gostariam de sentir-se no momento dos inquéritos. Observa-se o carácter inversamente incremental para as respostas de muito mais frio (-2); mais frio (-1); como está (0) e um pouco mais calor (+1).



**Figura 66:** Boxplot de relação entre as Humidades relativas do ar e a humidade relativa percebida pelos inquiridos para inverno e verão no interior.

A Figura 66, aponta que existe um comportamento semelhante para o primeiro e segundo quartis, apresentando uma variação incremental na distribuição dos valores de humidade relativa.



**Figura 67:** Boxplot de relação entre a Velocidade do ar e a circulação de ar percebida pelos inquiridos para inverno e verão no interior.

De acordo com a Figura 67, a semelhança entre todos os quartis para relação entre a percepção de vento no momento dos inquéritos e a velocidade do ar aponta caráter subjetivo para esta análise. O mesmo ocorreu porque os locais de aplicação dos inquéritos encontravam-se fechados sem muita interferência de ventos exteriores e as condições de temperatura foram variáveis, com influência na relevância desta variável.

A análise dos dados estatísticos é consistente com a relação identificada entre a percepção de conforto e as variáveis monitorizadas, pois mostra a importância das temperaturas do ar na percepção de conforto. Neste caso, nos locais em que se registaram as temperaturas mais altas, foi onde houve maior nível de desconforto térmico.



**Tabela 28:** Correlação entre os locais de estudo de aplicação dos inquéritos no inverno e verão.

Locais e Variáveis		Ta (°C)	RH (%)	Va (m/s)	Tr (°C)
VF	Média	22,88	44,95	0,14	24,54
	Desvio padrão	1,57	6,85	0,07	2,24
	Mínima	20,5	34,45	0,03	21,15
	Máxima	26,65	55,1	0,36	26,48
FE	Média	21,77	45,23	0,22	21,94
	Desvio padrão	1,5	7,01	0,12	1,5
	Mínima	18,55	34,1	0,09	18,85
	Máxima	24,05	59,9	0,59	24,3
SB	Média	21,23	43,63	0,41	21,01
	Desvio padrão	1,09	3,61	0,11	1,36
	Mínima	18,4	35,8	0	18,4
	Máxima	24,1	48,16	0,69	25,4

De acordo com a

Tabela 28, nota-se que, ao compilar os dados do estudo de inverno com os de verão, as médias de todas as variáveis analisadas são semelhantes.

## 5 CONCLUSÃO

Esta dissertação complementa estudos desenvolvidos no outono e inverno de 2019 e teve por objetivo analisar as variáveis bioclimáticas internas e externas de edifícios de interpretação ambiental de interesse no contexto transfronteiriço entre Portugal e Espanha. Para tal, foram instalados equipamentos de medição internos e externos para registar valores das principais variáveis que influenciam a perceção de conforto térmico. Concomitante às medições, procedeu-se à aplicação de inquéritos a visitantes e funcionários dos locais de estudo, para avaliar a perceção de cada pessoa. Ambos estudos, contribuíram para a determinação das estratégias genéricas a aplicar para a adaptação dos edifícios no contexto climático. Como modelo de análise usaram-se as cartas bioclimáticas de Olgyay e Givoni para análise externa e interna respetivamente, complementadas por análises estatísticas.

O período de estudo apresenta temperaturas altas para o regime climático em que os locais de análise estão inseridos. Sendo assim, as temperaturas registadas apresentaram valores semelhantes. Contudo, e segundo os inquéritos, a Casa del Parque de Villafáfila apresentou valores relativamente mais altos de temperatura e, consequentemente, maior nível de desconforto térmico por calor. As Casas del Parque de Famoselle, Sanabria e o Posto Aquícola de Castrelos apresentaram menor nível de desconforto por calor. Entretanto, em todos os casos foram registadas altas amplitudes térmicas ao longo do dia, sobretudo para os dados registados no exterior. Salienta-se que nenhum dos locais estudados possuía de sistemas de arrefecimento artificial ou ativo.

De entre os locais estudados, a Casa del Parque das Lagunas de Villafáfila é o local que demanda maior atenção para aplicação de estratégias para promoção de conforto térmico. Neste local, de acordo com as análises feitas para o interior com o auxílio da Carta de Givoni, conclui-se que devem ser implementadas estratégias que envolvam a inércia térmica do edifício, bem como estratégias que garantam maior eficiência energética. Trata-se de proteger o edifício do calor externo com a utilização de materiais isolantes. As estratégias incluem o uso de paredes verdes externas atuando como um isolante natural da parede, diminuindo os ganhos solares e reduzindo as temperaturas

superficiais externas pela evaporação da água presente na camada de vegetação. Além disso, o uso de massas de água de piscinas ou aquários internos têm potencial para reduzir as flutuações térmicas diárias durante o verão, devido a sua elevada inércia térmica. A ventilação cruzada e de efeito chaminé também fazem parte das estratégias propostas.

A Casa del Parque de Famoselle também requer estratégias relacionadas com a inércia térmica, porém, foram registados diversos dados na zona de conforto da carta de Givoni, sendo ainda assim o local que apresentou maior nível de conforto térmico. A Casa del Parque de Sanabria também apresenta certo nível de conforto, contudo, em determinados momentos foram registados dados microclimáticos que sinalizam a necessidade de incorporação de estratégias de inércia térmica, segundo a Carta de Givoni. Já no caso do posto Aquícola de Castrelos não necessita de nenhuma intervenção para promoção do conforto térmico no edifício, pois todos os pontos analisados se concentram na zona de conforto.

Para o exterior conclui-se que todos os locais estudados apresentaram alta amplitude térmica. No período diurno foram registadas elevadas temperaturas e baixas humidades relativas. Em contrapartida, durante a noite as temperaturas eram muito mais baixas com um elevado índice de humidade relativa. Mediante o exposto, medidas como a introdução de árvores com folhas caducas e estruturas de sombreamento móvel são soluções que podem ser relevantes para o conforto térmico do edifício, tanto no verão quanto no inverno.

A implementação de estratégias ativas, ou seja, que demandam o consumo de energia elétrica podem ser consideradas para ampliar os métodos de obtenção de conforto térmico. Contudo, é de suma importância considerar o uso de estratégias passivas como forma de aliviar consumos excessivos de energia. Como nenhum dos locais de estudo possui climatização para o verão, o vestuário (Clo) torna-se uma variável significativa neste estudo.

Os inquéritos aplicados apresentaram certa subjetividade, pois cada indivíduo entrevistado possui suas particularidades.

Os resultados deste trabalho deverão ser complementados com estudos relativos ao desenho bioclimático para envolvente dos edifícios. Além disso, deverá ser feita a monitorização frequente das condições ambientais, bem como a aplicação de mais inquéritos e avaliação da eficácia das estratégias

implementadas à *posteriori*.


## REFERÊNCIAS

- AEMET, I. M. (2011). Atlas Climático Ibérico Temperatura do ar e Precipitação (1971-2000). *Agencia Estatal de Meteorología*, 978–984.
- Al-Sallal, K. (2016). *Low Energy Low Carbon Architecture*. CRC Press.
- ASHRAE 55. (2004). *American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers, & American National Standards Institute. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta.
- Dekay, M., & Brown, G. (2004). *Sol, Vento & Luz: Estratégias para o Projeto de Arquitetura*. Bookman Editora.
- Ferreira, C. C., & Pereira, I. M. (2012). Avaliação do Desempenho Térmico de Habitação de Interesse Social de Acordo com a NBR 15575, para as Diversas Zonas Bioclimáticas. *XIV ENTAC, Juiz de Fora*, (1), 3590–3595.
- Frota, A. B., & Schiffer, S. R. (1987). *Manual de Conforto Térmico*. Studio Nobel.
- Givoni, B. (1992). Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. *Energy and Buildings*, 18(1), 11–23.
- Gomes, M. A. S., & Amorim, M. C. de C. T. (2006). Arborização e Conforto Térmico no Espaço Urbano: Estudo de Caso nas Praças Públicas de Presidente Prudente (SP). *Caminhos de Geografia*, 4(10), 94–106.
- Gonçalves, H., & Graça, J. M. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. DGGE/IP-3E.
- Hernández Aja, A., Fariña Tojo, J., Gálvez Huerta, M. Á., Fernández Áñez, V., Gonçalves, A., Ribeiro, A. C., & Feliciano, M. (2013). *Manual de Diseño Bioclimático Urbano*. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança (Portugal).
- ISO 7726. (1998). International Organization for Standardization. Ergonomics of the Thermal Environment — Instruments for Measuring Physical Quantities. In *Ergonomics* (Vol. 1998). Genève.
- ISO 7730. (2005). International Organization for Standardization. *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.
- Kamsali, N., Prasad, B. S. N., Datta, J., & Nejadkoorki, F. (2011). The Electrical Conductivity as an Index of Air Pollution in the Atmosphere. *Advanced Air Pollution*. <https://doi.org/10.5772/17163>
- Lamberts, R.; Vecchi, R. (2016). Conforto e Stress Térmico. *Laboratório de Eficiência Energética Da Universidade Federal de Santa Catarina*, 144.
- Lamberts, R. (2016). *Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - Desempenho Térmico*.
- Maciel, A. A. (2007). *Bioclimatic Integration Into the Architectural Design*. (July), 207.
- Miguel, A. S. S. R. (2010). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (11th ed.). Porto: Porto Editora.

- Nicol, F. (2004). Adaptive Thermal Comfort Standards in the Hot-humid Tropics. *Energy and Buildings*, 36(7), 628–637.
- Olgyay, V. (2015). *Design With Climate: Bioclimatic approach to Architectural Regionalism: New and Expanded Edition*. 1–190.
- Pagnossin, E. M., Buriol, G. A., & Graciolli, M. de A. (2001). Influência dos Elementos Meteorológicos no Conforto Térmico Humano: Bases Biofísicas. *Disciplinarum Scientia*, 2, 149–161.
- Pestana, M. H. (2014). *Análise de Dados para Ciências Sociais: A Complementaridade do SPSS*. Silabo.
- Rebelo, M., Matias, L., Almeida, S., & Pina dos Santos, C. (2009). *Representações e Práticas de Conforto Térmico em Ambientes Interiores*. Lisboa.
- Rossi, F., Minella, F., Tamura, C., Dumke, E., & Kruger, E. (2009). *Conforto Térmico em Espaços Abertos - X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído*.
- Shams, J. C. A., Giacomeli, D. C., & Sucomine, N. M. (2009). Emprego da Arborização na Melhoria do Conforto Térmico nos Espaços Livres Públicos. In *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* (Vol. 4).
- Souza, D. M. De, & Nery, J. T. (2012). O Conforto Térmico na Perspectiva da Climatologia Geográfica. *Geografia*, 21(2), 65–83.
- Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Centerton.
- Tyrrell, S. (2009). *SPSS : Stats Practically Short and Simple*. Bookboon.
- Vettorazzi, E., Russi, M., & Pizzutti, J. C. (2010). A Utilização de Estratégias Passivas de Conforto Térmico e Eficiência Energética para o Desenvolvimento de uma Habitação Unifamiliar. *Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social*, (1), 10.
- W. Corder, G., & I. Foreman, D. (2009). *Nonparametric Statistics for Non Statisticians - A Step by Step Approach* (J. & S. Wiley, Ed.). New Jersey.
- Yang, L., Yan, H., & Lam, J. C. (2014). Thermal Comfort and Building Energy Consumption Implications - A Review. *Applied Energy*, 115, 164–173.

## **ANEXO 1**

Inquérito aplicado aos funcionarios e visitantes dos locais de estudo:

	<b>Estudio de Percepción de Confort Térmico</b>	Local: _____ Fecha: ____/____/____		
Equipo de Medición: _____ Número: _____ Hora Inicio: _____ Hora Fin: _____ Niv. Act: _____ Edad: _____ Género: _____ Ocupación: _____ Donde vive: _____ Tiempo en la Región: _____ Altura: _____ Peso: _____ Motivo de Desplazamiento: _____ Tempo en el local (aprox.): _____ Hora última comida: _____ Tipo de comida: _____				
<b>1. ¿Cómo se siente en este momento cuanto el confort?</b> <input type="checkbox"/> 3 - Mucho Calor <input type="checkbox"/> 2 - Calor <input type="checkbox"/> 1 - Templado <input type="checkbox"/> 0 - Neutro <input type="checkbox"/> -1 - Fresco <input type="checkbox"/> -2 - Frio <input type="checkbox"/> -3 - Mucho Frio	<b>2. ¿Qué piensa de la circulación del aire, en este momento?</b> <input type="checkbox"/> 2 - Mucho Viento <input type="checkbox"/> 1 - Viento moderado <input type="checkbox"/> 0 - Bien <input type="checkbox"/> -1 - Calmado <input type="checkbox"/> -2 - Muy calmado			
<b>3. ¿Qué piensa sobre la humedad, en este momento?</b> <input type="checkbox"/> 2 - Muy húmedo; <input type="checkbox"/> 1 - Húmedo; <input type="checkbox"/> 0 - Razonablemente húmedo; <input type="checkbox"/> -1 - Seco; <input type="checkbox"/> -2 - Muy seco.	<b>4. ¿Cómo le gustaría sentirse en este momento?</b> <input type="checkbox"/> 3 - Mucho más calor <input type="checkbox"/> 2 - Más calor; <input type="checkbox"/> 1 - Un poco más calor <input type="checkbox"/> 0 - Como está, ni más calor ni más frio; <input type="checkbox"/> -1 - Más frio; <input type="checkbox"/> -2 - Bastante más frio. <input type="checkbox"/> -3 - Mucho más frio;			
<b>5. ¿Qué temperatura ambiente cree que está en este momento? _____ ° C</b>				
<b>6. ¿Cómo describiría la causa de incomodidad térmica?</b> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input type="checkbox"/> Mucha humedad (húmedo)  <input type="checkbox"/> Poca humedad (seco)  <input type="checkbox"/> Mucha circulación de aire  <input type="checkbox"/> Baja circulación de aire  <input type="checkbox"/> Incidencia del sol         </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input type="checkbox"/> Abertura de ventanas  <input type="checkbox"/> El punto donde está más caliente/frio que otros puntos  <input type="checkbox"/> Climatización inexistente  <input type="checkbox"/> Sistema de calefacción insuficiente  <input type="checkbox"/> Calor proveniente de la calefacción         </td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/> Mucha humedad (húmedo) <input type="checkbox"/> Poca humedad (seco) <input type="checkbox"/> Mucha circulación de aire <input type="checkbox"/> Baja circulación de aire <input type="checkbox"/> Incidencia del sol	<input type="checkbox"/> Abertura de ventanas <input type="checkbox"/> El punto donde está más caliente/frio que otros puntos <input type="checkbox"/> Climatización inexistente <input type="checkbox"/> Sistema de calefacción insuficiente <input type="checkbox"/> Calor proveniente de la calefacción
<input type="checkbox"/> Mucha humedad (húmedo) <input type="checkbox"/> Poca humedad (seco) <input type="checkbox"/> Mucha circulación de aire <input type="checkbox"/> Baja circulación de aire <input type="checkbox"/> Incidencia del sol	<input type="checkbox"/> Abertura de ventanas <input type="checkbox"/> El punto donde está más caliente/frio que otros puntos <input type="checkbox"/> Climatización inexistente <input type="checkbox"/> Sistema de calefacción insuficiente <input type="checkbox"/> Calor proveniente de la calefacción			
<b>7. ¿Como está vestido?</b> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>PARTE SUPERIOR</b>  <input type="checkbox"/> Camiseta manga larga  <input type="checkbox"/> Camiseta manga corta  <input type="checkbox"/> Camisa manga larga  <input type="checkbox"/> Camisa manga corta  <input type="checkbox"/> Chándal  <input type="checkbox"/> Suéter  <input type="checkbox"/> Chaqueta  <input type="checkbox"/> Abrigo  <input type="checkbox"/> Chaleco    <b>PARTE INFERIOR</b>  <input type="checkbox"/> Pantalones cortos  <input type="checkbox"/> Pantalones vaqueros/Jeans  <input type="checkbox"/> Pantalón fino  <input type="checkbox"/> Pantalón de lana         </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input type="checkbox"/> Falda larga  <input type="checkbox"/> Falda corta  <input type="checkbox"/> Vestido largo  <input type="checkbox"/> Vestido corto    <b>CALZADOS U OTROS</b>  <input type="checkbox"/> Zapato con suela fina  <input type="checkbox"/> Zapato con suela gruesa  <input type="checkbox"/> Botas  <input type="checkbox"/> Sandalia abierta  <input type="checkbox"/> Sandalia cerrada  <input type="checkbox"/> Calcetines  <input type="checkbox"/> Bufanda  <input type="checkbox"/> Otro _____         </td> </tr> </table>			<b>PARTE SUPERIOR</b> <input type="checkbox"/> Camiseta manga larga <input type="checkbox"/> Camiseta manga corta <input type="checkbox"/> Camisa manga larga <input type="checkbox"/> Camisa manga corta <input type="checkbox"/> Chándal <input type="checkbox"/> Suéter <input type="checkbox"/> Chaqueta <input type="checkbox"/> Abrigo <input type="checkbox"/> Chaleco  <b>PARTE INFERIOR</b> <input type="checkbox"/> Pantalones cortos <input type="checkbox"/> Pantalones vaqueros/Jeans <input type="checkbox"/> Pantalón fino <input type="checkbox"/> Pantalón de lana	<input type="checkbox"/> Falda larga <input type="checkbox"/> Falda corta <input type="checkbox"/> Vestido largo <input type="checkbox"/> Vestido corto  <b>CALZADOS U OTROS</b> <input type="checkbox"/> Zapato con suela fina <input type="checkbox"/> Zapato con suela gruesa <input type="checkbox"/> Botas <input type="checkbox"/> Sandalia abierta <input type="checkbox"/> Sandalia cerrada <input type="checkbox"/> Calcetines <input type="checkbox"/> Bufanda <input type="checkbox"/> Otro _____
<b>PARTE SUPERIOR</b> <input type="checkbox"/> Camiseta manga larga <input type="checkbox"/> Camiseta manga corta <input type="checkbox"/> Camisa manga larga <input type="checkbox"/> Camisa manga corta <input type="checkbox"/> Chándal <input type="checkbox"/> Suéter <input type="checkbox"/> Chaqueta <input type="checkbox"/> Abrigo <input type="checkbox"/> Chaleco  <b>PARTE INFERIOR</b> <input type="checkbox"/> Pantalones cortos <input type="checkbox"/> Pantalones vaqueros/Jeans <input type="checkbox"/> Pantalón fino <input type="checkbox"/> Pantalón de lana	<input type="checkbox"/> Falda larga <input type="checkbox"/> Falda corta <input type="checkbox"/> Vestido largo <input type="checkbox"/> Vestido corto  <b>CALZADOS U OTROS</b> <input type="checkbox"/> Zapato con suela fina <input type="checkbox"/> Zapato con suela gruesa <input type="checkbox"/> Botas <input type="checkbox"/> Sandalia abierta <input type="checkbox"/> Sandalia cerrada <input type="checkbox"/> Calcetines <input type="checkbox"/> Bufanda <input type="checkbox"/> Otro _____			
Comentarios: _____ _____ _____ _____				
