



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Análise da Perceção de Conforto Térmico em Alojamentos de Estudantes do Ensino Superior

Luiz Felipe Germiniani

Dissertação

Mestrado em Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor António Manuel Figueiredo Freitas de Oliveira
Professor Doutor Eduardo Leite Krüger

Fevereiro de 2023



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Análise da Perceção de Conforto Térmico em Alojamentos de Estudantes do Ensino Superior

Luiz Felipe Germiniani

Dissertação

Mestrado em Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor António Manuel Figueiredo Freitas de Oliveira

Professor Doutor Eduardo Leite Krüger

Fevereiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço eternamente à minha família, que com muito esforço, sempre me proporcionou as melhores condições possíveis para a minha evolução pessoal e acadêmica.

A todos que vivenciaram comigo as experiências e dificuldades de estudar em outro país, especialmente a minha companheira de vida, que me apoiou incondicionalmente em todos os momentos e de todas as formas.

Agradeço também aos orientadores e às instituições acadêmicas por onde passei durante este processo, assim como aos seus docentes, que de forma generosa compartilharam do seu tempo e conhecimento.

Por último, agradeço a todos que fizeram ou ainda fazem parte, de forma direta ou indireta, assim como os que não mais se fazem presente, desta aventura chamada vida.

“Existe apenas um bem, o saber, e apenas um mal, a ignorância.”

(Sócrates)

RESUMO

Estudos mostram que as condições de conforto ambiental podem afetar o desempenho, o bem-estar e a saúde das pessoas. Além dos impactos sociais, edifícios que não contribuem para as condições de conforto também trazem prejuízo financeiro, pois demandam maior consumo de energia com aquecimento e/ou arrefecimento. Isso mostra a importância em entender, estudar e aprimorar este campo na engenharia civil. Especificamente no caso de estudantes, o ambiente físico pode influenciar na performance e no aprendizado. O presente trabalho visa avaliar as condições de conforto ambiental interior nas residências utilizadas por estudantes do ensino superior na cidade de Viseu, em Portugal. Utilizou-se de duas formas de análise, subjetiva e objetiva. O conforto subjetivo foi extraído por meio de questionário, respondido por uma amostra de 94 estudantes em períodos distintos do ano de 2022, de forma a representar as estações de aquecimento e arrefecimento. No mesmo período, através da medição de parâmetros físicos em um cômodo de um alojamento estudantil, foi realizada a análise objetiva. Na sequência, mediante a suposição de que as condições higrótérmicas medidas no interior do cômodo são as mesmas que as dos locais onde foram respondidos os inquéritos, comparou-se os dados das duas análises utilizando-se do modelo adaptativo de conforto térmico. O estudo evidenciou que na estação de arrefecimento mais da metade dos entrevistados manifestaram desconforto, enquanto que na estação de aquecimento um quarto dos entrevistados. Diante disso, reforça-se a necessidade de conferir maior atenção às condições de conforto ambiental interior e a sua estreita relação com a envolvente dos edifícios, priorizando a aplicação de soluções passivas, na busca de menor gasto energético e consequente redução do impacto ao meio ambiente.

ABSTRACT

Studies show that environmental comfort conditions can affect people's performance, well-being and health. In addition to the social impacts, buildings that do not contribute to comfort conditions also bring financial losses, as they demand greater energy consumption for heating and/or cooling. This shows the importance of understanding, studying and improving this field in civil engineering. Specifically in the case of students, the physical environment can influence performance and learning. The present work aims to evaluate the conditions of indoor environmental comfort in residences used by higher education students in the city of Viseu in Portugal. Two forms of analysis were used, subjective and objective. Subjective comfort was extracted through a questionnaire answered by a sample of 94 students in different periods of 2022, in order to represent the heating and cooling seasons. In the same period, through the measurement of physical parameters in a room of a student housing, an objective analysis was carried out. Then, based on the assumption that the hygrothermal conditions measured inside the room are the same as those in the places where the surveys were answered, the data from the two analyzes were compared using the adaptive model of thermal comfort. The study showed that in the cooling season more than half of the interviewees expressed discomfort, while in the heating season a quarter of them. In view of this, the need to pay greater attention to indoor environmental comfort conditions and their close relationship with the envelope of buildings is reinforced, prioritizing the application of passive solutions, in the search for lower energy consumption and consequent reduction of the impact on the environment.

PALAVRAS CHAVE

Conforto ambiental
Conforto térmico
Qualidade ambiental interior
Qualidade de vida
Residência de estudantes

KEYWORDS

Environmental comfort
Thermal comfort
Indoor environmental quality
Quality of life
Student residence

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GERAL	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xix
ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xxi
ÍNDICE DE SÍMBOLOS	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do tema	1
1.2 Objetivo do trabalho	3
1.3 Estruturação do trabalho	3
2. Estado da arte.....	5
2.1 Contexto do estudo	5
2.2 Conforto ambiental interior.....	7
2.2.1 Introdução	7
2.2.2 Conforto térmico	8
2.2.3 Conforto acústico.....	20
2.2.4 Conforto visual	21
2.2.5 Qualidade do ar interior.....	22
3. Metodologia.....	25
3.1 Introdução	25
3.2 Caracterização geral do local de estudo.....	26
3.2.1 Clima	26
3.2.2 Estações do ano	28
3.3 Avaliação subjetiva.....	29
3.3.1 Introdução	29
3.3.2 Questionário	30
3.4 Avaliação objetiva	31

3.4.1	Introdução	31
3.4.2	Caracterização do local das medições.....	31
3.4.3	Metodologia e equipamentos	33
3.4.4	Análise do conforto térmico.....	36
3.4.5	Qualidade do ar interior	38
3.4.6	Conforto visual.....	39
3.5	Limitações	40
4.	Análise dos resultados.....	41
4.1	Introdução.....	41
4.2	Análise das medições	42
4.2.1	Estação de aquecimento	42
4.2.2	Estação de arrefecimento	44
4.2.3	Qualidade do ar interior	47
4.2.4	Iluminação.....	47
4.3	Análise do inquérito	48
4.3.1	Aspectos gerais	48
4.3.2	Características dos ambientes	49
4.3.3	Conforto térmico na estação de aquecimento	51
4.3.4	Conforto térmico na estação de arrefecimento	53
4.3.5	Conforto visual.....	55
4.3.6	Conforto acústico	57
4.4	Suposições a partir do “cômodo padrão”	58
4.4.1	Introdução	58
4.4.2	Análise do conforto térmico na estação de aquecimento	58
4.4.3	Análise do conforto térmico na estação de arrefecimento	62
5.	Conclusões	65
5.1	Conclusões gerais	65
5.2	Sugestões de trabalhos futuros	67
Anexo A	– Questionário	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Desconfortos locais.....	10
Figura 2-2: Trocas térmicas do corpo humano	11
Figura 2-3: Resistência térmica dos vestuários	12
Figura 2-4: PPD em função do PMV	17
Figura 2-5: Limites de temperaturas operativas aceitáveis para ambientes naturalmente controlados	20
Figura 3-1: Classificação climática de Viseu	26
Figura 3-2: Estação Meteorológica	27
Figura 3-3: Intervalo das estações do ano e estações de aquecimento/arrefecimento.....	29
Figura 3-4: Foto do cômodo	31
Figura 3-5: Localização do edifício.....	32
Figura 3-6: Orientação e fachada do edifício	33
Figura 3-7: (a) Planta baixa do cômodo (b) Corte AA	34
Figura 3-8: (a) Equipamento S1 (b) Equipamento S2	35
Figura 3-9: Interpretações para o índice de desconforto (DI)	37
Figura 3-10: Interpretações para a temperatura efetiva (TE)	38
Figura 4-1: Gráfico de temperatura na estação de aquecimento	42
Figura 4-2: Gráfico de umidade relativa na estação de aquecimento.....	44
Figura 4-3: Gráfico de temperatura na estação de arrefecimento.....	45
Figura 4-4: Gráfico de umidade relativa na estação de arrefecimento	46
Figura 4-5: Gráfico da concentração de CO ₂ no interior do cômodo	47
Figura 4-6: Distribuição da tipologia dos edifícios	49
Figura 4-7: Distribuição da existência ou não de sistemas de aquecimento	49
Figura 4-8: Localização da mesa de estudos em relação a janela	50
Figura 4-9: Características dos vidros das janelas.....	50
Figura 4-10: Características dos sistemas de sombreamento	51
Figura 4-11: Cor da iluminação artificial	51
Figura 4-12: Gráfico das respostas na estação de aquecimento	53
Figura 4-13: Gráfico das respostas na estação de arrefecimento.....	54
Figura 4-14: Nível de satisfação com as condições de iluminação natural	55
Figura 4-15: Nível de satisfação com as condições de iluminação artificial.....	55
Figura 4-16: Frequência de utilização da luz natural durante o dia.....	56
Figura 4-17: Preferência em relação a iluminação	56
Figura 4-18: Conforto em relação aos ruídos	57
Figura 4-19: Ruído que causa maior desconforto.....	57
Figura 4-20: Gráfico da distribuição das temperaturas na estação de aquecimento.....	58
Figura 4-21: Diagrama WMO para a estação de aquecimento.....	59
Figura 4-22: Gráfico da distribuição das temperaturas na estação de arrefecimento.....	62

Figura 4-23: Diagrama WMO para a estação de arrefecimento 62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Categorias de ambientes internos	8
Tabela 2-2: Taxas metabólicas por atividade	11
Tabela 2-3: Resistência térmica de peças individuais	13
Tabela 2-4: Escala de sensações térmicas	16
Tabela 2-5: Índices de conforto térmico	18
Tabela 3-1: Normal climatológica	28
Tabela 3-2: Precipitações e temperaturas médias de 2022	28
Tabela 3-3: Especificações dos equipamentos	35
Tabela 3-4: Níveis de CO ₂ recomendados pela EN 15251	39
Tabela 3-5: Níveis de CO ₂ recomendados pelo Manual SCE	39
Tabela 4-1: Dados de umidade relativa na estação de aquecimento	44
Tabela 4-2: Dados de umidade relativa na estação de arrefecimento.....	46
Tabela 4-3: Valores de Iluminância recomendados para os espaços.....	48
Tabela 4-4: Caracterização da amostra na estação de aquecimento	48
Tabela 4-5: Caracterização da amostra na estação de arrefecimento	48
Tabela 4-6: Votos de sensação térmica na estação de aquecimento.....	52
Tabela 4-8: Votos de sensação térmica na estação de arrefecimento.....	53
Tabela 4-7: Resumo das análises do conforto térmico na estação de aquecimento	60
Tabela 4-9: Resumo das análises do conforto térmico na estação de arrefecimento	63

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEA	Agência Europeia do Ambiente
AM	Ante Meridiem
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
C3S	Copernicus Climate Change Service
DEC	Departamento de Engenharia Civil
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DGEEC	Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência
DI	Discomfort Index ou Índice de desconforto
EN	Norma Europeia
ESTGV	Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu
HI	Índice Humidex
IAQ	Indoor Air Quality ou Qualidade do ar interior
IDT	Índice de Desconforto Térmico
IEQ	Indoor Environmental Quality ou Qualidade ambiental interna
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPV	Instituto Politécnico de Viseu
ISO	International Organization for Standardization
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
LED	Light Emitting Diode
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos
PM	Post Meridien
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
RRAE	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética
S/N	Sem Número
TE	Temperatura Efetiva
TEP	Temperatura Equivalente Percebida
TS	Índice de Sensação Térmica
UE	União Europeia
WMO	World Meteorological Organization

ÍNDICE DE SÍMBOLOS

ppm	Partes por milhão
%	Porcentagem
n ^o	Número
°C	Grau Celsius
met	Equivalente metabólico da tarefa
clo	Isolamento térmico do vestuário
T _{ar}	Temperatura do ar
T _{rm}	Temperatura do ar
T	Temperatura do ar
Ln	Indicador de ruído noturno
V	Velocidade
V _{ar}	Velocidade do ar
T _d	Temperatura de bulbo seco
T _w	Temperatura de bulbo úmido
M	Taxa metabólica
L	Carga térmica atuante sobre o corpo
P _{ar}	Pressão parcial de vapor de água
P _a	Pressão parcial de vapor de água
P _v	Pressão parcial de vapor de água
T _{s,ent}	Temperatura superficial do entorno
t _{cl}	Temperatura superficial das roupas
hc	Coefficiente de transferência de calor por convecção
t _{pma(out)}	Temperatura predominante média do ar exterior
F	Fahrenheit
Csa	Clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente
Csb	Clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente
I _n	Zonas climáticas de inverno
V _n	Zonas climáticas de verão

1. Introdução

1.1 Enquadramento do tema

As mudanças climáticas observadas nas últimas décadas apontam para um aumento progressivo da temperatura média do nosso planeta. O ano de 2020 foi o mais quente de que há registo na Europa, segundo o programa da União Europeia (UE) de observação da Terra (Copernicus Climate Change Service [C3S], 2020). Em 2022, a Europa teve o outubro mais quente da história, com temperaturas quase 2 °C acima do período de referência 1991-2020 (C3S, 2022). A maioria dos dados indicam que tal se deve ao aumento das emissões de gases do efeito estufa produzidos por atividade humana, principalmente resultado da liberação de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera através da queima de combustíveis fósseis. A agência espacial americana, NASA, explica que o efeito estufa é um processo natural e ajuda na estabilidade da atmosfera terrestre, mantendo as temperaturas a níveis aceitáveis na Terra e sendo fundamental para nossa existência (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2022). Porém, o crescimento consistente da produção de CO₂, metano e outros gases com efeito de estufa, tem desequilibrado o balanço energético deste sistema. Em 2022, as concentrações globais de CO₂ estabeleceram um novo recorde, atingindo 417,2 ppm, um aumento de 2,5 ppm em relação aos níveis de 2021 (Hausfather & Friedlingstein, 2022).

Dados da Agência Europeia do Ambiente (AEA) mostram que em 2019 o setor de energia foi responsável por 77% das emissões de gases com efeito de estufa (Parlamento Europeu, 2021). A Comissão Europeia, através do Pacto Ecológico Europeu, apresentado em

2019, traçou uma meta de redução de 55% das emissões destes gases até 2030 e um objetivo de neutralidade climática até 2050 (Comissão Europeia, 2019). O desafio das próximas gerações será equilibrar a necessidade de aumento da produção energética, justificada pelo constante crescimento demográfico mundial e consequente aumento da demanda por habitação, alimentação e transporte, com a urgência em atenuar as alterações climáticas e seus consequentes danos.

Alguns caminhos indicados pelas comissões climáticas para reduzir o problema citam a necessidade de um progressivo aumento do uso de energias limpas e a melhoria da eficiência de todos os processos e equipamentos que consomem energia. Outro ponto importante reside na eficiência dos sistemas de aquecimento/arrefecimento dos edifícios, responsável por 40% de toda a energia consumida na UE, segundo dados publicados no Pacto Ecológico Europeu (Comissão Europeia, 2019). Em abril de 2018, o Parlamento Europeu adotou novas regras sobre a eficiência energética dos edifícios, tendo os Estados Membros se comprometido a preparar estratégias nacionais de longo prazo para apoiar a reabilitação de edifícios residenciais e não-residenciais. Cerca de 75% dos edifícios existentes não são eficientes do ponto de vista energético (Parlamento Europeu, 2019). Apesar do cenário desafiador, criado pela conjuntura entre desenvolvimento, consumo de energia e mudanças climáticas, não podemos deixar de considerar a qualidade de vida das pessoas.

Os conceitos relacionados a qualidade de vida humana possuem caráter multidisciplinar, com fatores objetivos e subjetivos, inter-relacionados. A satisfação e garantia das necessidades básicas da vida humana, como alimentação, habitação, trabalho, saúde e lazer, fazem parte da esfera objetiva. Já os fatores subjetivos estão atrelados as percepções individuais, envolvendo condições de bem-estar físico, mental, psicológico e emocional, sofrendo influência dos hábitos, do ambiente, aspetos culturais, fases da vida, assim como as possibilidades e expectativas do indivíduo diante das variáveis socioeconômicas do grupo em que ele está inserido (Almeida et al., 2012).

Em relação ao ambiente físico, estudos mostram que a temperatura e a qualidade do ar podem influenciar negativamente na performance e no aprendizado de estudantes (Wargocki & Wyon, 2007). Wargocki e Wyon, (2006) também verificaram que os efeitos ambientais internos negativos no desempenho podem estar acompanhados por sintomas como dor de cabeça e problemas de concentração. Isto mostra a importância do cuidado com as condições do ambiente interior quando do objetivo de melhorar a saúde e a qualidade de vida das pessoas.

O presente trabalho abordará o Conforto Ambiental Interior, especificamente, relacionado a estudantes do ensino superior em suas residências, valendo salientar o aumento do tempo de permanência dos estudantes em suas habitações, dada a necessidade de isolamento imposta pelas medidas restritivas associadas a pandemia de COVID-19.

Bestetti (2014) considera que um edifício não deve prover somente abrigo, mas também proporcionar conforto aos seus usuários. Conforto, segundo o dicionário, é um substantivo relacionado a sensação de prazer e bem-estar (Dicionário Priberam, 2022). Para Corbella e Yannas (2003), uma pessoa está confortável em um ambiente físico quando se sente em neutralidade com este.

Entender as necessidades e condições de conforto as quais as pessoas de uma determinada região estão submetidas pode ter grande impacto no desenvolvimento de soluções de melhorias, tanto da qualidade de vida como no uso da energia.

1.2 Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como principal objetivo analisar, através de inquérito, a percepção subjetiva de conforto ambiental de estudantes em suas residências, na cidade de Viseu, localizada no centro de Portugal. Em consonância, analisar de forma objetiva, através da medição de alguns parâmetros físicos, as condições higrotérmicas em um cômodo de um alojamento estudantil na mesma cidade, em condições normais de utilização, com a possibilidade de alteração das configurações de abertura de janelas, porta e estore na busca por condições de conforto.

1.3 Estruturação do trabalho

Este trabalho está seccionado em cinco grandes capítulos:

Capítulo 1 – Introdução

No primeiro e presente capítulo é feita a apresentação do tema e as premissas necessárias para o desenvolvimento da pesquisa.

Capítulo 2 – Estado da arte

O capítulo 2 explicita a teoria que define o desenvolvimento do trabalho, de modo que tenha embasamento teórico e científico para a realização do estudo.

Capítulo 3 – Metodologia

Em seguida, no capítulo 3, são apresentados os métodos bem como os equipamentos utilizados na pesquisa.

Capítulo 4 – Resultados e discussões

O capítulo 4 refere-se aos dados obtidos e aos resultados encontrados por meio das análises subjetiva e objetiva.

Capítulo 5 – Conclusões

Por fim, apresenta-se o quinto e último capítulo, o qual valida a pesquisa e os questionamentos levantados no início da dissertação, trazendo as conclusões do objeto de estudo. Além de pontuar considerações que podem direcionar trabalhos futuros.

2. Estado da arte

2.1 Contexto do estudo

O presente trabalho se dedica ao estudo das condições de conforto ambiental interior as quais os estudantes do ensino superior estão submetidos em seus alojamentos na cidade de Viseu, em Portugal, dando maior enfoque ao conforto térmico.

As residências universitárias são moradias como qualquer outra, porém, especialmente destinadas ao alojamento de estudantes. "Considera-se alojamento para estudantes do ensino superior a fração autónoma ou o prédio urbano ou misto destinado, no todo ou em parte, a habitação temporária por estudantes deslocados do ensino superior, incluindo as residências de estudantes do ensino superior, compreendendo os edifícios e demais instalações" (Decreto Lei nº 14, 2022, art.º 2).

Dados recentes mostram um aumento no número de estudantes de nível superior, segundo a Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC, 2022), em 2021/2022, houve um aumento de 21222 (5,2%) estudantes inscritos em estabelecimentos de ensino superior no comparativo ao ano letivo anterior, totalizando 433217 alunos, desses, 15,2% são estudantes em mobilidade internacional. Do total de alunos inscritos, 54% são do sexo feminino enquanto 46% do sexo masculino e 351195 (crescimento de 4,8%) são do ensino superior público e 82022 (crescimento de 6,7%) do ensino superior privado (DGEEC, 2022).

Segundo levantamento do Plano Nacional para o Alojamento para o Ensino Superior (PNAES, 2022) no ano letivo 2020/2021 foi identificado que 108406 estudantes do ensino

superior público saíram dos seus locais de residência para buscar moradias próximas aos seus locais de estudo, os chamados estudantes deslocados. Entre esses, o PNAES (2022) apontou que a disponibilização de camas em residências de estudantes somente alcança 14% dos deslocados, fazendo com que os alunos recorram ao mercado privado, com uma crescente dedicação das residências existentes ao uso turístico e especulativo, e a consequente inflação dos preços praticados.

Justamente por essa razão que o Governo determinou o lançamento de um programa de investimento dedicado ao alojamento estudantil, chamado Plano de Recuperação e Resiliência Português (PRR), ao abrigo do PNAES, com vistas a ampliar o número de camas em residências de estudantes de 15073 para 26868 até 2026, incluindo nesse número a renovação de 12382 camas.

Especificamente na cidade de Viseu, local onde esse estudo foi realizado, a Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (ESTGV, 2022) apresentou em seu Relatório de Atividades anual que o número de estudantes matriculados em 2021/2022 foi de 2711, sendo 2022 em Licenciatura, 276 em Mestrado e 413 em Cursos Técnicos Superiores Profissionais (CTeSP).

Dos alunos matriculados na ESTGV em 2021/2022, 64% são provenientes do distrito de Viseu, sendo 49% do próprio conselho, seguido dos distritos de Aveiro (12%) e da Guarda (6%). Há também um grande número de estudantes internacionais, precisamente, 9% do total dos estudantes, sendo a maioria proveniente do Brasil (ESTGV, 2022).

No âmbito da localidade de Viseu, o PNAES (2022) identificou 321 camas nas residências universitárias disponibilizadas para estudantes deslocados, com a programação de aumento de mais 149 camas novas para 2026 por meio do PRR, totalizando 470 camas disponíveis na localidade, isto é, um aumento de capacidade de 46%.

Com vistas a padronizar as condições de instalação e funcionamento a que devem obedecer os alojamentos para estudantes do ensino superior, foi editada a Portaria nº 35-A, 2022, que apresenta as normas técnicas para que se alcancem objetivos de qualidade: proporcionando alojamento temporário adequado aos residentes; garantindo condições de bem-estar e qualidade de vida; compatibilizando a vivência em comum com o respeito pela individualidade e privacidade de cada residente; fomentando a convivência, a camaradagem e o espírito de comunidade; a promoção de um ambiente de estudo que conduza ao sucesso académico; o estímulo a adoção de comportamentos ambientalmente sustentáveis; e a criação de um ambiente seguro, confortável e humanizado.

Nesse sentido a Portaria em referência determina que sejam encontradas condições satisfatórias de conforto acústico, conforto visual, conforto térmico e de qualidade do ar interior, assegurando uma elevada eficiência energética e com um custo global mínimo, privilegiando as soluções passivas.

O presente estudo visa, justamente, compreender as condições de uma parcela destes alojamentos e residências utilizados por estudantes do Ensino Superior na localidade de Viseu, sob o enfoque objetivo e subjetivo.

2.2 Conforto ambiental interior

2.2.1 Introdução

Quando falamos em Conforto Ambiental Interior estamos a relacionar as sensações de um indivíduo diante das condições proporcionadas pelo espaço físico onde ele se encontra, resultado da interação entre ambiente exterior e interior. Estas condições são definidas como a Qualidade Ambiental Interna (IEQ – *Indoor Environmental Quality*) e dependerão fundamentalmente das condições ambientais externas, da envoltória, da disponibilidade de sistemas técnicos e da possibilidade de gasto energético para modificar as condições ambientais internas (DGEG, 2021).

A envoltória ou envolvente de um edifício é definida como o conjunto de elementos construtivos, compreendendo paredes, vãos envidraçados, coberturas e pavimentos, que separam a área útil interior do ambiente exterior. Suas características construtivas, arquitetônicas e os materiais empregados, guardam estreita relação com o conforto ambiental diante da influência direta na forma como ocorrerão as trocas térmicas, os ganhos solares, as trocas gasosas, a entrada de ruídos, a disponibilidade de iluminação natural, dentre outros (DGEG, 2021).

Os sistemas técnicos, no âmbito do Decreto Lei nº 101-D, 2020, são definidos como o conjunto dos equipamentos associados ao processo de climatização, incluindo o aquecimento, arrefecimento, ventilação natural, mecânica ou híbrida, aquecimento de água e a produção de energia renovável. Dentro das necessidades de desempenho destes equipamentos, busca-se o gasto energético mínimo, ou seja, maior eficiência. Para além dos sistemas técnicos, há também os sistemas passivos, nos quais as trocas de energia térmica se fazem por meio natural. São sistemas construtivos concebidos especificamente para reduzir as necessidades energéticas dos

edifícios, podendo ser utilizados tanto para aquecimento quanto para arrefecimento (DGEG, 2021).

A *IEQ* envolve uma série de fatores relacionados ao conforto, os principais são:

- Conforto térmico;
- Conforto acústico;
- Conforto visual;
- Qualidade do ar interior (Raimondo et al., 2012).

Através da medição de grandezas inerentes a estes fatores de conforto, tais como: temperatura, humidade, níveis de ruído, iluminação, quantidade de CO₂ no ar, é possível analisar e qualificar um ambiente interno, visto que existem normas que definem intervalos aceitáveis para estes valores.

Tanto a EN 15251 (2006), quanto a ISO 7730 (2005), definem categorias para a avaliação do conforto ambiental nos edifícios. São apresentadas quatro categorias que representam diferentes níveis de exigência para a análise de parâmetros de conforto, conforme Tabela 2-1.

Tabela 2-1: Categorias de ambientes internos

Categoria		Descrição
ISO 7730	EN 15251	
A	I	Nível elevado de expectativa. Recomendado para espaços ocupados por pessoas frágeis e sensíveis ou com necessidades especiais (deficientes, doentes, crianças muito jovens e pessoas idosas).
B	II	Nível normal de expectativa e adotado para novas construções e renovações.
C	III	Nível aceitável com expectativa moderada e pode ser utilizado para os edifícios existentes.
D	IV	Valores fora dos critérios anteriores. Apenas deve ser aceite para uma parte limitada do ano.

Fonte: Adaptado de EN 15251 (2006) e ISO 7730 (2005).

2.2.2 Conforto térmico

2.2.2.1 Aspectos gerais

A *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) define o conforto térmico como a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Segundo Fanger (1973), o corpo humano está em neutralidade térmica

quando todo o calor gerado pelo organismo, por meio do metabolismo, é trocado em igual proporção com o ambiente. Amplas pesquisas em laboratório (câmaras climáticas) e em campo abastecem os dados estatísticos para definir as condições que uma percentagem específica dos ocupantes achará confortável ou desconfortável termicamente.

Existem seis fatores principais que devem ser considerados para as condições definidoras de conforto térmico, são estes:

- Taxa metabólica;
- Isolamento das roupas;
- Temperatura do ar;
- Temperatura radiante;
- Velocidade do ar;
- Umidade.

A temperatura do ar, temperatura radiante, umidade e velocidade do ar são consideradas variáveis ambientais, enquanto a taxa metabólica e as roupas são consideradas variáveis pessoais. Outros fatores também afetam a dissipação de calor do corpo, como a alimentação, aclimatização, idade, sexo, gordura corporal, estado de saúde, dentre outros.

O desconforto térmico pode ser causado por um arrefecimento ou aquecimento demasiado do corpo como um todo, porém, não menos importante, são os fatores de desconforto locais, que consistem no arrefecimento ou aquecimento de apenas de uma parte do corpo e podem ser causados por grandes diferenças de temperatura do ar na vertical, arrefecimento devido a correntes de ar indesejáveis, contato com superfícies muito quentes ou frias ou por uma assimetria elevada da temperatura radiante, conforme ilustrado na Figura 2-1 (ISO 7730, 2005).

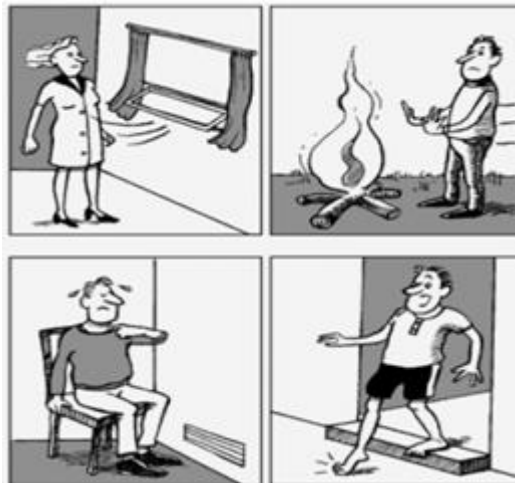


Figura 2-1: Desconfortos locais
Fonte: Guise (2014)

2.2.2.2 Taxa metabólica

Os seres humanos são animais homeotérmicos, ou seja, possuem um mecanismo termorregulador que controla as variações térmicas do organismo para que sua temperatura interna permaneça quase constante. Para viver necessitamos gerar energia e conseqüentemente calor, isso é feito através do nosso metabolismo, um conjunto complexo de processos químicos que ocorrem no interior do nosso organismo (Lamberts & Xavier, 2002)

Segundo Lamberts e Xavier (2002), o calor gerado pelo organismo pode variar entre valores próximos a 100 W e 1000 W, sendo possível dividir o metabolismo em 2 categorias: metabolismo basal, responsável pela geração do mínimo de energia necessária para manter as funções do organismo em repouso, como os batimentos cardíacos, a pressão arterial, a respiração e a manutenção da temperatura corporal e o metabolismo relacionado às atividades externas, que é a taxa de calor necessária para o desempenho de atividades capazes de gerar trabalho, como: andar, correr e se exercitar. Como dito, parte do calor é utilizado pelo organismo, que precisa manter sua temperatura interna variando próxima aos 36 °C e 37 °C e o excesso de calor gerado deve ser dissipado para o ambiente para que não haja um superaquecimento do corpo. Essa dissipação de calor para o ambiente, conforme ilustrado na Figura 2-2, ocorre através de mecanismos de trocas térmicas, podendo ser de duas formas: perdas sensíveis de calor, condução, convecção e radiação; e perdas latentes de calor, evaporação pelo suor e processos respiratórios (Frota & Schiffer, 1995).

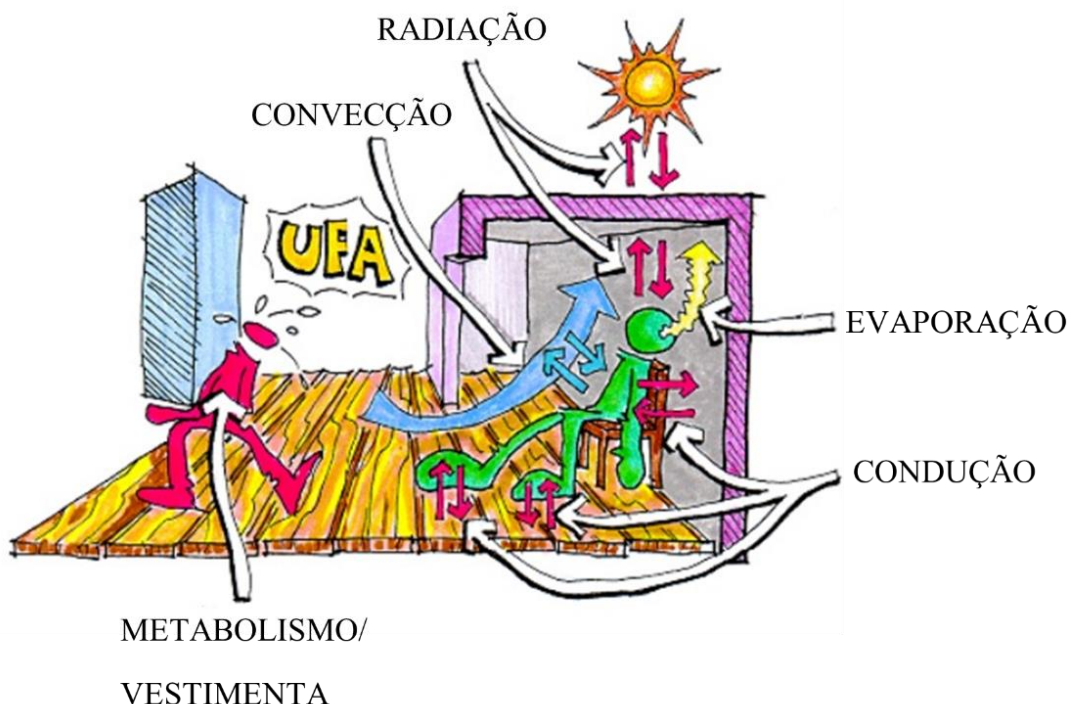


Figura 2-2: Trocas térmicas do corpo humano
 Fonte: Adaptado de Talaia e Silva (2010)

A ISO 7730 (2005) apresenta as taxas metabólicas, Tabela 2-2, em watts por metro quadrado da área de superfície do corpo humano, conforme diferentes atividades. Outra unidade utilizada para fins de simplificação é a unidade metabólica (met), sendo $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$.

Tabela 2-2: Taxas metabólicas por atividade

Atividade	Taxas metabólicas	
	(W/m ²)	(met)
Reclinado	46	0,8
Sentado, relaxado	58	1,0
Atividade Sedentária (escola, escritório, laboratório)	70	1,2
Posição em pé, atividade leve (shopping, laboratório, indústria leve)	93	1,6
Posição em pé, atividade média (trabalho doméstico, operador de máquinas)	116	2,0
Andando no plano, nas velocidades:		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Fonte: ISO 7730 (2005)

2.2.2.3 Vestimentas

A vestimenta interage com os mecanismos de troca de calor criando uma barreira isolante, dependendo do número de camadas, do material, do ajuste ao corpo e da área de cobertura. Tal barreira reduz as trocas por convecção, radiação e evaporação, com consequente redução da sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar (Frota & Schiffer, 1995).

A ISO 7730 (2005) apresenta uma tabela com a resistência térmica de cada peça de roupa e de diferentes combinações de vestuário, expressa pela unidade: clo, em que 1 clo = 0,155 m²·°C/W). A resistência total do vestuário pode ser obtida pelo simples somatório dos valores da resistência de cada peça. Exemplos dos valores de resistência térmica para algumas combinações podem ser vistos na Figura 2-3, e a Tabela 2-3 apresenta a resistência de algumas peças em individual.

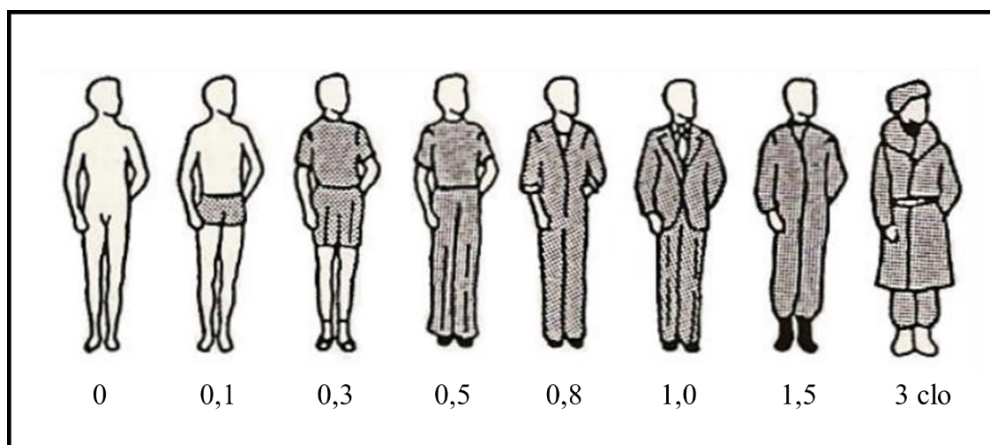


Figura 2-3: Resistencia térmica dos vestuários
Fonte: Broega (2007)

A ISO 7730 (2005) é uma norma internacional e é apresentada na língua inglesa, o que faz com que haja uma certa dificuldade na correlação entre a nomeação e a tradução das peças de vestuário. Logo, pode haver pequenas diferenças entre a definição do vestuário apresentada na norma e sua respectiva resistência térmica com as peças apresentadas na Tabela 2-3.

Tabela 2-3: Resistência térmica de peças individuais

Descrição do Vestuário	Resistência térmica (clo)
Roupa interior	0,03
T-shirt	0,09
Sweatshirt	0,30
Casaco	0,35
Blusão	0,55
Camisola	0,20
Calção	0,06
Meias curtas	0,02
Meias altas	0,05
Meias grossas	0,10
Calças leves	0,20
Calças pesadas	0,30
Saia	0,15
Vestido	0,20

Fonte: Adaptado de ISO 7730 (2005)

2.2.2.4 Temperatura do ar

A temperatura do ar é a variável ambiental mais importante, medida pela temperatura de bulbo seco (Auliciems & Szokolay, 2007). A temperatura do corpo humano recebe grande influência da temperatura dos fluidos, sólidos ou gases que o cercam, impactando diretamente na transferência de calor de e para o corpo (Parsons, 2002). No âmbito das normativas relacionadas ao conforto térmico, a temperatura do ar (em °C) é definida como a temperatura do ar ao redor do corpo humano (ISO 7726, 2002).

2.2.2.5 Temperatura radiante

A radiação térmica é o processo de propagação de calor através da emissão de energia por ondas eletromagnéticas, que incluem os raios X (ondas de comprimento curto), luz e ondas de rádio (ondas de comprimento longo). O calor é trocado por radiação entre todos os corpos, e o fluxo de calor ocorre de um corpo mais aquecido para outro menos aquecido (Parsons, 2003).

Duas temperaturas radiantes são comumente usadas para resumir a troca de calor radiante entre o corpo humano e o meio ambiente, a temperatura radiante média, que é a

temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a troca de calor por radiação é igual ao ambiente real não uniforme, e a temperatura radiante plana, que fornece informações sobre a direção do calor radiante. A temperatura radiante média não pode ser medida diretamente, mas pode ser aproximada por medições de temperatura de globo (ISO 7726, 2002).

2.2.2.6 Velocidade do ar

O movimento do ar através de um corpo pode influenciar no fluxo de calor, sendo as correntes de ar uma das formas responsáveis pelo arrefecimento local indesejado do corpo, a depender da velocidade do ar, da temperatura do ar, da intensidade da turbulência, da atividade e das vestimentas. O movimento do ar varia no tempo, espaço e direção, de modo que as correntes de ar impactam diretamente nas respostas humanas quanto ao conforto.

A maior sensibilidade à este fator (velocidade do ar) é evidenciada em partes corporais desprotegidas (não cobertas por roupas), especialmente a região da cabeça, compreendendo a cabeça e pescoço, e a região das pernas compreendendo tornozelos, pés e pernas (ASHRAE 55, 2017).

O movimento do ar, em combinação com a temperatura do ar, afetará a taxa na qual o ar quente ou vapor é retirado do corpo, afetando assim a temperatura corporal (Parsons, 2002)

2.2.2.7 Umidade

A ASHRAE 55 (2017) define a umidade como sendo uma referência geral ao teor de umidade do ar. Esse elemento é composto por diversas variáveis termodinâmicas, como: pressão de vapor, temperatura de ponto de orvalho, temperatura de bulbo úmido, taxa de umidade e umidade relativa. A umidade do ar também afeta as trocas térmicas pela variação da taxa de evaporação (Auliciems & Szokolay, 2007).

A ISO 7730 (2005) recomenda que a umidade relativa do ambiente permaneça entre 30% e 70%. Os limites são estabelecidos para diminuir os riscos de pele muito seca ou úmida, irritação ocular, eletricidade estática, crescimento microbiano, bolores e problemas respiratórios.

2.2.2.8 Temperatura operativa

Conforme define a ISO 7730 (2005), a temperatura operativa é a temperatura uniforme de um ambiente radiante negro hipotético, onde um ocupante poderia trocar a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que no ambiente real. A temperatura operativa engloba simultaneamente os efeitos de três variáveis que influenciam o conforto: a temperatura

do ar, a temperatura radiante média e a velocidade do ar (Oliveira & Corvacho, 2021). Em ambientes interiores, onde a velocidade do ar é menor que 0,2 m/s ou a diferença entre a temperatura radiante média e a temperatura do ar for menor que 4 °C, a temperatura operativa pode ser calculada pela média aritmética entre a temperatura radiante média e a temperatura do ar.

2.2.2.9 Estudos e índices de conforto térmico

Vários métodos e índices foram criados para a avaliação do conforto térmico, alguns deles podem ser vistos na Tabela 2-5. Conforme menciona Blazejczyk et al. (2012), ao longo do século passado, mais de 100 índices foram desenvolvidos e usados para avaliar as condições bioclimáticas para os seres humanos.

Os índices de conforto térmico procuram englobar, em um único parâmetro, o efeito conjunto dos vários fatores que influenciam o conforto. Os resultados destes índices agrupam-se em classes, definidas por intervalos de valores, que buscam traduzir a percepção de conforto do indivíduo através da análise entre a combinação de todos ou alguns dos principais parâmetros, dependendo do método utilizado.

De acordo com Frota e Schiffer (1995), os índices podem ser classificados, dependendo do tipo de análise, em 3 tipos: índices biofísicos, fisiológicos ou subjetivos. Os primeiros se baseiam no balanço energético, correlacionando os ganhos e perdas de energia dos processos de trocas térmicas. Já os índices fisiológicos relacionam as reações fisiológicas do indivíduo causadas pelas condições conhecidas de temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade e velocidade do ar. Por último, os índices que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto, experimentadas em condições ambientais variáveis (Frota & Schiffer, 1995).

Blazejczyk et al (2012), em seu estudo comparativo entre diversos índices, também os separa em três grupos, porém, apresenta os índices que envolvem o balanço energético chamando-os de índices racionais, agrupa os índices baseados em fatores objetivos e subjetivos em um único grupo chamado de índices fisiológicos e por último apresenta um novo grupo chamado de índices diretos, baseados em medições diretas das variáveis ambientais.

Houghton e Yaglou (1923), através de estudos empíricos, introduziram pela primeira vez o conceito de temperatura efetiva, combinando o efeito da temperatura de bulbo seco e umidade do ar, representado por um conjunto de linhas de conforto desenhadas em uma carta psicrométrica. Tornou-se o mais utilizado índice nos 50 anos seguintes (Auliciems & Szokolay, 2007). Mais tarde, novos estudos fundamentados no conceito da temperatura efetiva, porém

adicionando novos parâmetros, como movimentos de ar e radiação térmica, apresentaram novos índices.

Visto também em diversos estudos relacionados ao conforto térmico, por ser de simples utilização, pois considera somente a temperatura do ar e a umidade relativa, está o índice de desconforto (DI – *Discomfort Index*), apresentado inicialmente por Thom em 1959 (Bracarense et al., 2018).

Outro trabalho importante foi realizado por Fanger (1970), demonstrando o primeiro modelo de conforto térmico por balanço energético. Fanger obteve dados através de experimentos em câmaras climáticas, reunindo informações de taxas de suor e temperatura da pele de indivíduos que julgaram suas sensações térmicas como confortáveis, utilizando a escala de sensações térmicas de 7 pontos, Tabela 2-4 (Peeters et al., 2009). Fanger obteve uma base estatística razoável para a quantificação do seu índice PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). Por meio de modelos analíticos, o método permite prever qual o voto médio de conforto e a porcentagem de insatisfeitos de um grande grupo de indivíduos para um determinado conjunto de condições e para um determinado isolamento de roupa e taxa metabólica.

Tanto a ISO 7730 (2005) como a ASHRAE 55 (2017) utilizam os índices PMV e PPD, apresentando instruções detalhadas para a aplicação dos mesmos. A equação de balanço térmico para a determinação do PMV considera todos os 6 principais fatores, ambientais e pessoais, citados anteriormente e seu método se aplica a espaços onde os ocupantes possuem níveis de atividade que resultam em taxas metabólicas médias entre 1,0 e 2,0 met e as roupas utilizadas fornecem 1,5 clo ou menos de isolamento térmico (ASHRAE 55, 2017).

Tabela 2-4: Escala de sensações térmicas

Votos	Sensações
+3	Muito quente
+2	Quente
+1	Um pouco quente
0	Neutro
-1	Um pouco frio
-2	Frio
-3	Muito frio

Fonte: ASHRAE 55 (2017)

Os votos +2, +3, -2 e -3 na escala de sensação térmica supõem que o indivíduo está insatisfeito com o ambiente térmico onde se encontra (ASHRAE 55, 2017).

Após determinado o PMV, o PPD pode ser encontrado através da fórmula apresentada na Figura 2-4. A ASHRAE 55 considera um ambiente térmico aceitável para conforto geral quando: $PPD < 10$ e um $-0,5 < PMV < +0,5$.

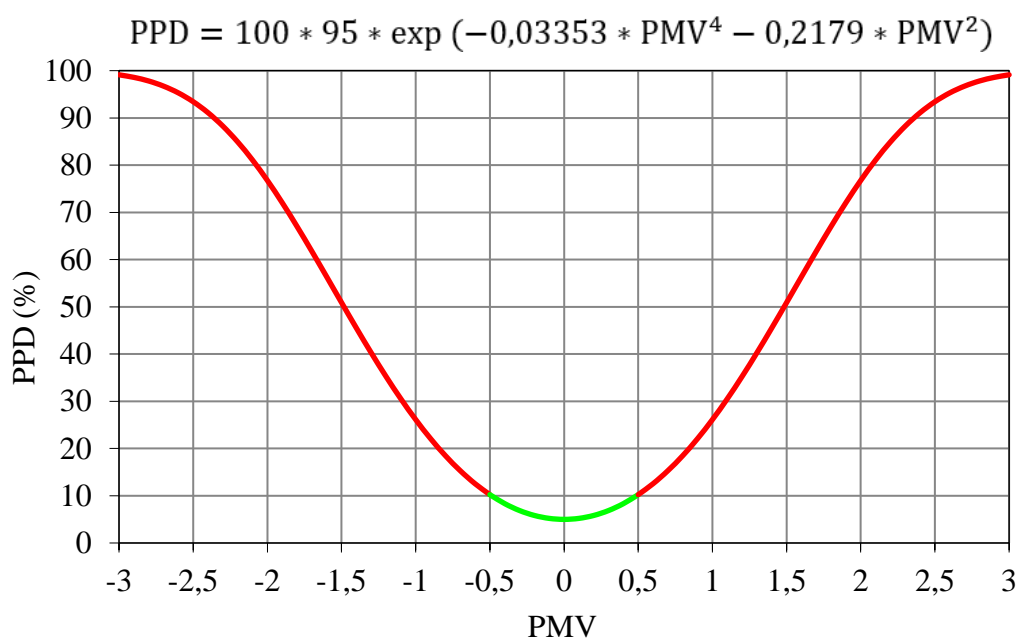


Figura 2-4: PPD em função do PMV
Fonte: Adaptado de ASHRAE 55 (2017)

Tabela 2-5: Índices de conforto térmico

ÍNDICES	EQUAÇÕES
Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	$ITU = 0,8 * T_{ar} + \left(\frac{U_r * T_{ar}}{500} \right)$
Índice de Desconforto Térmico (IDT)	$IDT = T_a - (0,55 - 0,0055 * U_R) * (T_a - 14,5)$
Temperatura equivalente percebida (TEP)	$TEP = -3,777 + 0,4828 * T_{ar} + 0,5172 * T_{rm} + 0,0802 * U_r - 2,322 * V_{ar}$
Temperatura Efetiva com Vento - (TE _v)	$TE_v = 37 - \frac{37-T}{\left[0,68 - 0,0014RH + \frac{1}{1,76 + 1,4 V^{0,75}} \right]} - 0,29T * \left(1 - \frac{RH}{100} \right)$
Temperatura Equivalente de Windchil (TW)	$\frac{(10 * \sqrt{V} + 10,45 - V) * (T - 33)}{22} + 33$
Temperatura efetiva (TE)	$TE = 0,4 (T_d + T_w) + 4,8$
Voto Médio Estimado (PMV)	$PMV = (0,303 * e^{-0,36M} + 0,028) * L$
Porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico (PPD)	$PPD = 100 - 95 e^{-[0,03353 * PMV^4 + 0,2179 * PMV^2]}$
Índice Humidex (HU)	$HU = T_{ar} + \left(\frac{5}{9} \right) * (P_v - 10)$
Índice de sensação térmica (TS)	$TS = 1,7 + 0,118 * T_{ar} + 0,0019 * I_H - 0,322 * V - 0,0073 * U_r + 0,0054 * T_{s,ent}$
Equação da carga térmica sobre o corpo	$L = M - 3,05 * (5,73 - 0,007 * M - P_a) - 0,42 * (M - 58,15) - 0,0173 * M * (5,87 - P_a) - 0,0014 * M * (34 - T_a) - 3,96 \times 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (T_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)$

Variáveis das equações: Tar= Trm= T = temperatura do ar, (°C); UR= RH = umidade relativa do ar, (%); V = Var = velocidade do vento, (m/s); Td = temperatura de bulbo seco; Tw = temperatura de bulbo úmido; PMV = voto médio estimado, ou voto de sensação de conforto térmico; M= taxa metabólica (W/m²); L = carga térmica atuante sobre o corpo; Par = Pa = Pv = pressão parcial de vapor de água, (hPA); IH = radiação solar no plano horizontal, (W/m²); Ts,ent = temperatura superficial do entorno, (°C); tcl = Temperatura superficial das roupas, (°C); fcl = razão entre a área superficial do corpo vestido pela área do corpo nu; hc = coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m²°C).

Fonte: Adaptado de Bracarense et al. (2018)

2.2.2.10 Modelo adaptativo

O conforto adaptativo consiste na tendência natural das pessoas em se adaptar às mudanças de condições em seus ambientes que gerem desconforto, procurando restabelecer o conforto (Nicol & Humphreys, 2002).

O modelo adaptativo de conforto térmico leva em consideração estas adaptações trazidas pelo indivíduo, tais como: abertura ou fechamento de janelas, variação do nível de

atividade física, mudança de vestuário, dentre outras, causando assim, um aumento no intervalo de temperaturas aceitáveis de conforto (Frontczak, 2011).

É um modelo que relaciona as temperaturas de projeto internas, ou faixas de temperaturas aceitáveis, a parâmetros meteorológicos ou climatológicos externos (ASHRAE 55, 2017).

Os ajustes fisiológicos, psicológicos e comportamentais, além das condições térmicas externas, tornam a análise do conforto térmico, através do modelo adaptativo, um processo dinâmico (Lin et al., 2015).

Em seu artigo Nicol e Humphreys (2002) apresentam evidências de que a temperatura de conforto, no interior de edifícios naturalmente ventilados, depende da temperatura exterior, sugerindo a dificuldade na utilização de índices racionais para análises reais de conforto térmico.

Tanto a EN 15251 (2006) quanto a ASHRAE 55 (2017) possuem uma seção para determinação das condições térmicas aceitáveis em espaços condicionados naturalmente pelo controle dos ocupantes, considerando o efeito adaptativo. Para que este método opcional seja aplicado, o ambiente em questão deve ser equipado com janelas operáveis que abrem para o exterior e que podem ser facilmente controladas e não deve possuir sistema de refrigeração mecânica ou sistemas de aquecimento em operação. Ventilação mecânica com ar não condicionado pode ser utilizado, mas a abertura e fechamento de janelas deve ser o principal meio de regular as condições térmicas do espaço. As taxas metabólicas dos ocupantes devem estar entre 1,0 e 1,3 met e o vestuário pode ser livremente modificado. A temperatura externa média deve ser maior do que 10 °C e menor que 33,5 °C.

Para o cálculo dos limites de temperatura operacionais aceitáveis, a ASHRAE 55 (2017) apresenta um gráfico, Figura 2-5, e as seguintes equações:

- Limite superior de aceitabilidade de 90% (°C) = $0,31 * t_{pma(out)} + 20,3$
- Limite inferior de aceitabilidade de 90% (°C) = $0,31 * t_{pma(out)} + 15,3$
- Limite superior de aceitabilidade de 80% (°C) = $0,31 * t_{pma(out)} + 21,3$
- Limite inferior de aceitabilidade de 80% (°C) = $0,31 * t_{pma(out)} + 14,3$

A $t_{pma(out)}$ é a temperatura predominante média do ar exterior e deve basear-se em: pelo menos 07 dias e não mais do que 30 dias consecutivos anteriores ao dia em questão, sendo a média aritmética simples de todas as temperaturas médias diárias do ar exterior.

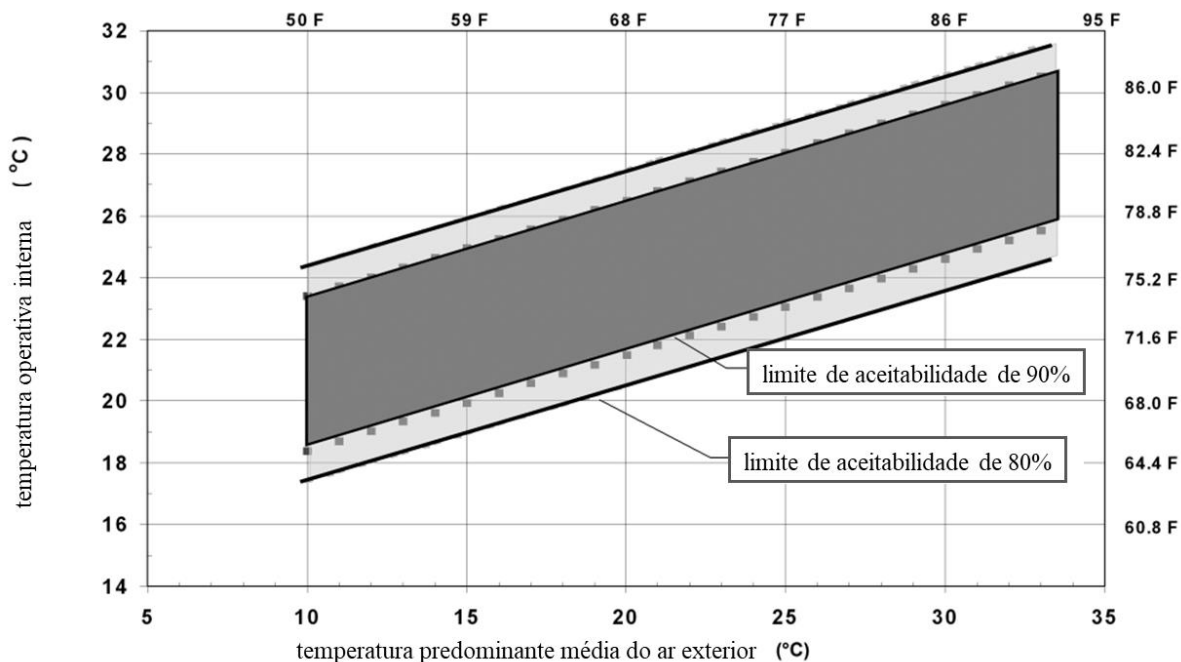


Figura 2-5: Limites de temperaturas operativas aceitáveis para ambientes naturalmente controlados
 Fonte: Adaptado de ASHRAE 55 (2017)

2.2.3 Conforto acústico

O cotidiano das pessoas nas cidades está repleto de fontes de sons e ruídos. O que difere um do outro são fatores subjetivos, onde o ruído pode ser caracterizado como a sensação psicológica resultante de um ou mais sons desagradáveis ao ouvido humano, podendo gerar problemas psicológicos e físicos (Greven et al., 2006). Segundo Greven et al. (2006), os ruídos mais intensos observados no dia-dia são os produzidos por turbinas de aviões, tráfego rodoviário, ferroviário e aparelhos sonoros.

O conforto acústico está associado a realização de uma atividade por um indivíduo num ambiente sem interferências de eventuais ruídos, provenientes de fontes internas ou externas (Andrade, 2009).

Para garantir uma boa qualidade acústica de um edifício é necessário considerar os parâmetros objetivos, pois estes são possíveis de medir e aplicar em fase de projeto. É fundamental que a envoltória dos edifícios faça o isolamento acústico adequado para que os ruídos provenientes do exterior e do interior não causem desconforto aos habitantes (Andrade, 2009)

O Decreto-Lei n.º 96, 2008 atualiza o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) que regula a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação,

apresentando os parâmetros de desempenho acústico dos edifícios e os indicadores de ruído de equipamentos e instalações, além de estabelecer explicitamente procedimentos de avaliação de conformidade com as normas definidas no regulamento.

Do ponto de vista da qualidade acústica do edifício, as exigências encontram tradução quantitativa em um conjunto de índices que são necessários ao cumprimento em qualquer projeto de licenciamento. Estas exigências focam em três aspectos fundamentais (Patrício, 2018):

- Isolamento a sons aéreos dos elementos verticais (paredes), tanto interiores como exteriores;
- Isolamento a sons de percussão dos elementos horizontais (lajes, pisos);
- Ruídos de equipamentos e instalações.

O nível do som (intensidade sonora ou nível de pressão acústica) é uma grandeza logarítmica que traduz o aspecto fisiológico do fenômeno, para sua medição é normalmente utilizado um equipamento denominado decibelímetro, sendo o resultado apresentado em decibéis (dB), porém, o nível global em dB não permite quantificar as frequências graves, médias e agudas. Por este motivo, é utilizado o dB(A), um valor ponderado que leva em consideração os valores correspondentes de igual sensação sonora do aparelho auditivo humano (Greven et al., 2006).

O Regulamento Geral do Ruído, dado pelo Decreto-Lei n.º 9, 2007 visa salvaguardar a saúde e o bem-estar da população por meio da prevenção de ruídos e controle da poluição sonora. Em seu capítulo III, artigo 11º, são apresentados os valores limites de exposição, em dB(A), associados ao incômodo global. A maior exigência é relativa ao período noturno, das 23 às 7 horas, nas zonas sensíveis, onde em nenhum caso o valor do Indicador de ruído noturno (Ln), para ambientes exteriores, deve ultrapassar os 45 dB(A).

2.2.4 Conforto visual

Conforme menciona a ISO 8995 (2002), uma boa iluminação, com igual atenção aos aspectos qualitativos e quantitativos, irá criar um ambiente visual com condições adequadas para que as atividades humanas sejam realizadas com segurança, precisão, rapidez e conforto. Embora haja a recomendação e a necessidade de uma quantidade mínima de iluminação no plano de trabalho, concomitante com o tipo de tarefa, em muitos casos a visibilidade também depende de como a luz é fornecida, das propriedades de cor da fonte luminosa e das superfícies adjacentes, em conjunto com o nível de ofuscamento do sistema.

Existe algum consenso de que a qualidade da iluminação integra, além de visibilidade e conforto visual, aparência dos espaços e objetos, eficiência energética, integração arquitetônica e custos (Veitch et al., 2008).

A iluminação pode ser natural, artificial ou a combinação de ambas. Pesquisas recentes têm tentado demonstrar a importância da luz natural, não apenas pelo seu potencial de economia na produção de energia luminosa, mas também em termos de ganhos econômicos indiretos devido ao potencial aumento da produtividade relacionado a melhoria do conforto, satisfação, bem-estar físico e emocional dos ocupantes (LNEC, 2010).

A luz natural proporciona um ambiente luminoso de maior qualidade, pois o sistema visual humano adapta-se melhor as suas propriedades. No entanto, é necessário considerar as consequências do uso inadequado, podendo causar desconforto visual (como ofuscamento direto e reflexos) e problemas térmicos. Janelas e dispositivos de sombreamento são vistos como elementos fundamentais para controlar a entrada de luz natural nos compartimentos (LNEC, 2010).

A possibilidade de controlar o ambiente luminoso, não só possui relação com a satisfação dos ocupantes, mas também pode resultar em economias de energia significativas, dadas as variações nos níveis de iluminação individuais preferidos (Newsham et al., 2008).

Os principais parâmetros que contribuem para a qualidade do ambiente lumínico são (ISO 8995, 2002):

- Distribuição de luminância;
- Iluminância;
- Ofuscamento;
- Direção da luz;
- Aspecto da cor da fonte luminosa e das superfícies;
- Cintilação;
- Luz natural;
- Manutenção.

2.2.5 Qualidade do ar interior

Para efeitos de quantificação do conforto do ar interior utiliza-se o parâmetro de qualidade do ar interior (IAQ – *Indoor Air Quality*). Obtém-se um bom IAQ monitorando certos níveis de concentração de poluentes e fornecendo condições de ventilação ou recirculação de ar adequadas tendo em conta a saúde e o conforto dos ocupantes. A qualidade do ar interior

pode ser afetada por diferentes poluentes, como o monóxido e o dióxido de carbono, o radônio, o ozônio, a fumaça de cigarro, poeira, compostos orgânicos voláteis totais, produtos químicos ou qualquer outro elemento que afete negativamente a saúde (Riffelli, 2021).

A condição ideal é ter um IAQ maior ou igual à qualidade do ar externo e o principal critério é a taxa mínima de ventilação. Os requisitos gerais para alcançar uma qualidade de ar interna aceitável são semelhantes para edifícios residenciais e não residenciais. Segundo a EN 16798-1 (2019), os seguintes métodos podem ser utilizados como parâmetros de projeto para a qualidade do ar interior:

- Método perceptivo da qualidade do ar;
- Método utilizando critérios para a concentração de poluentes;
- Método baseado na predefinição das taxas de fluxo de ar de ventilação.

As taxas de fluxo de ar de ventilação em edifícios naturalmente ventilados devem ser calculadas com base no layout do edifício, localização e condições meteorológicas de acordo com a EN 15242 (2007) ou com ferramentas de simulação termodinâmica.

A umidade é especialmente importante na ventilação residencial, pois a maioria dos efeitos adversos à saúde e a desordem do edifício (condensações, mofo) estão relacionados à umidade (EN 16798-1, 2019).

3. Metodologia

3.1 Introdução

No presente capítulo são relatados os métodos e equipamentos utilizados para a avaliação subjetiva do conforto ambiental interior e para a avaliação objetiva de alguns parâmetros físicos ligados ao conforto térmico e a qualidade do ar interior.

A avaliação subjetiva foi realizada através de questionário direcionado aos alunos do ensino superior do Instituto Politécnico de Viseu (IPV), para que respondessem em seus respectivos locais de estudo em suas moradias, com perguntas relacionadas às sensações de conforto, preferências, além de perguntas que ajudam a descrever o ambiente onde residem.

Vale ressaltar a falta de monitoramento dos parâmetros físicos nestes ambientes, e assim, não sendo possível relacionar os votos das sensações térmicas à temperatura do ar no interior destas residências no momento da aplicação dos questionários. Como referencial, foi possível relacionar apenas aos dados climáticos externos.

Paralelamente, mediu-se a temperatura do ar, velocidade, umidade, intensidade luminosa e nível de CO₂, no interior de um único cômodo utilizado como alojamento temporário para estudantes internacionais, sendo detalhadas algumas de suas características e dimensões.

Unicamente de maneira hipotética supôs-se que as condições de temperatura no interior das residências dos estudantes que responderam ao questionário são as mesmas do único cômodo onde foram feitas as medições e análises objetivas, para então, aplicar os índices de conforto térmico descritos adiante.

3.2 Caracterização geral do local de estudo

Toda a pesquisa, inquérito e medições, se desenvolveu na cidade portuguesa de Viseu (coordenadas centrais 40°39'27" N, 7°54'51" W), sede de concelho e capital de distrito. Viseu é uma das maiores cidades da região central de Portugal, com seu município possuindo 507,1 km² de área e 99 561 habitantes (INE, 2022). A cidade de Viseu tem uma posição central em relação ao distrito e ao município, localizando-se no designado Planalto Beirão. O município possui um relevo irregular com altitude média aproximada de 500 m (ESTGV-DEC, 2022).

3.2.1 Clima

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, Portugal Continental divide-se predominantemente em duas regiões: uma de clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (Csa) e outra, na qual encontra-se Viseu, de clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (Csb) (IPMA, 2022). Já o Manual do Sistema de Certificação Energética (SCE) classifica o clima do país de forma mais detalhada, dividindo-o em três zonas climáticas de Inverno, I₁, I₂ e I₃ e em três zonas climáticas de Verão V₁, V₂ e V₃ (DGEG, 2021). Viseu encontra-se nas zonas I₂ e V₂, conforme Figura 3-1.

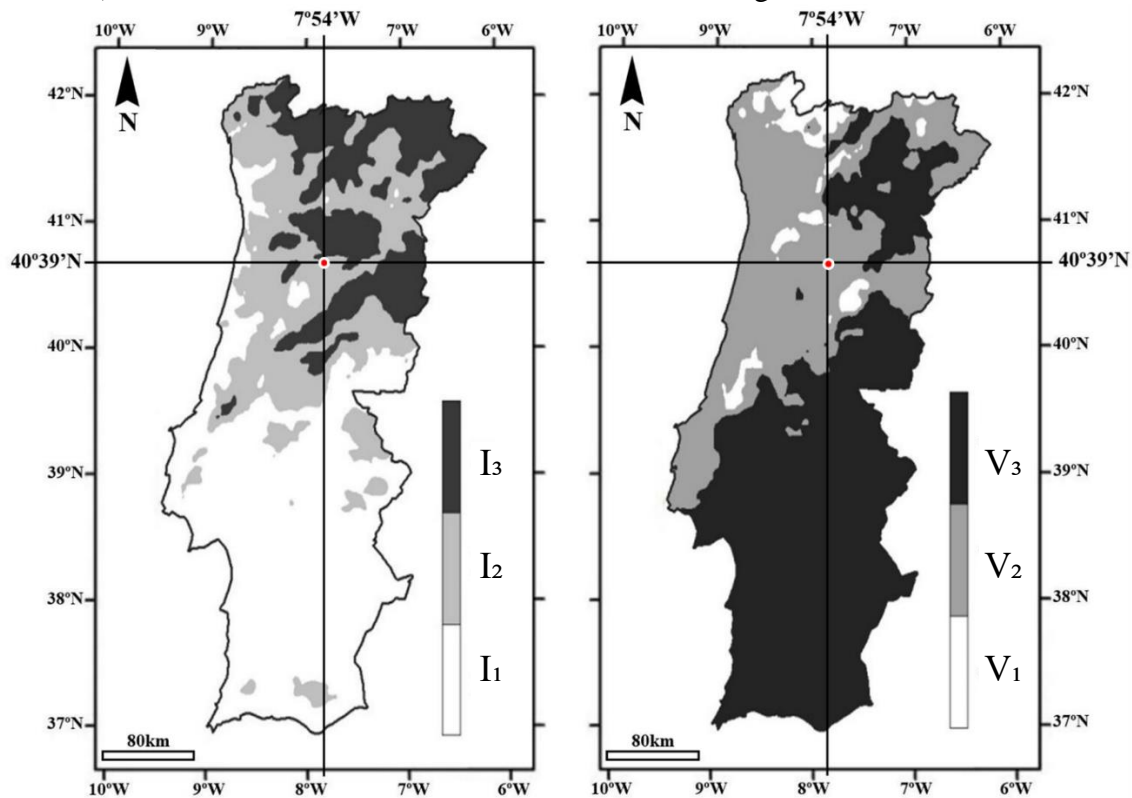


Figura 3-1: Classificação climática de Viseu
 Fonte: Adaptado de DGEG (2021)

Todos os dados climatológicos apresentados neste trabalho foram obtidos da estação meteorológica de nº 560, situada no município de Viseu, mais especificamente nas coordenadas 40°42'53" N, 7°53'45" W (IPMA, 2022). Conforme Figura 3-2, a estação encontra-se a aproximadamente 6300 m do cômodo onde foram efetuadas as medições para o estudo objetivo, que será detalhado adiante.

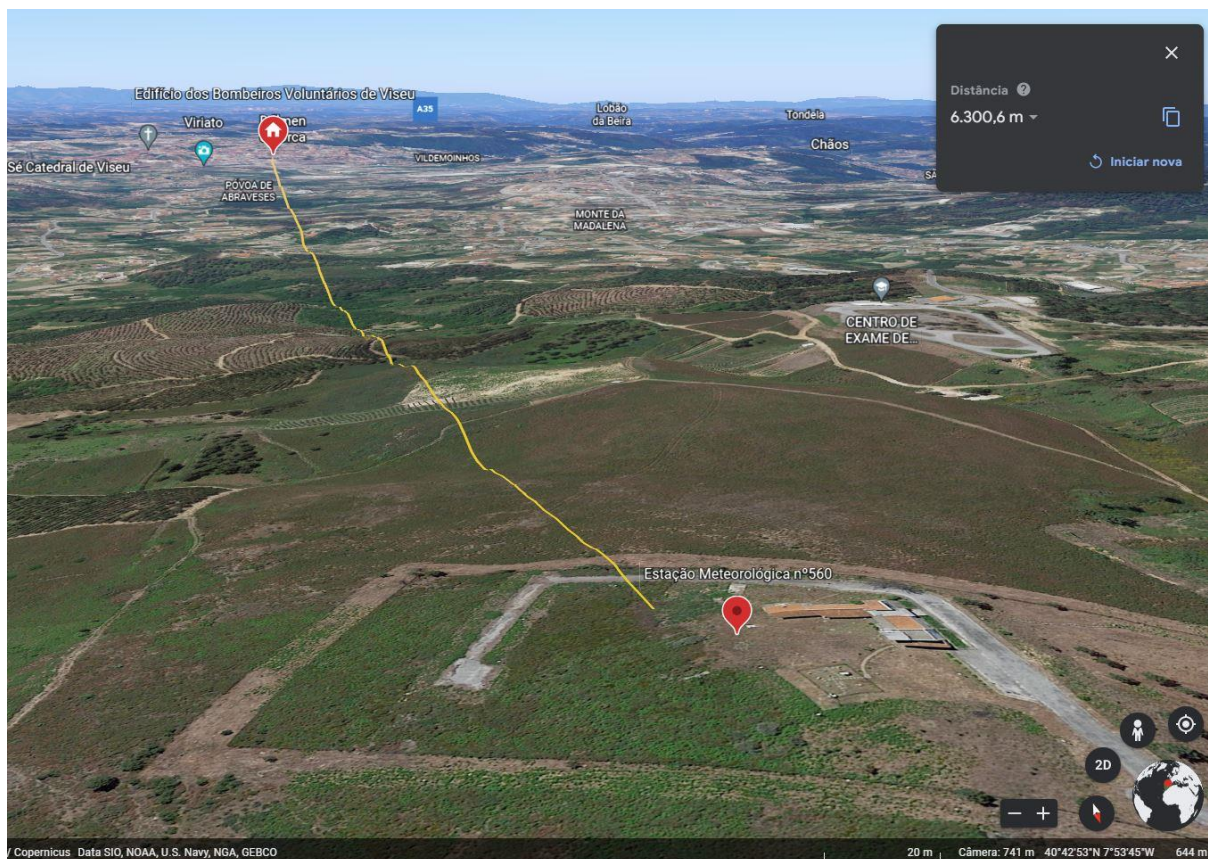


Figura 3-2: Estação Meteorológica
Fonte: Google Earth (2022)

Na Tabela 3-1 são apresentadas as temperaturas médias da normal climatológica para Viseu referente ao intervalo entre os anos de 1981 e 2010. Já na Tabela 3-2 são apresentadas as médias das temperaturas mensais somente para o ano de 2022.

Tabela 3-1: Normal climatológica

Temperaturas médias do ar (°C)													
Viseu 1981 - 2010													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Máximas	10,4	12,3	15,5	16,4	19,4	24,4	27,6	28,0	23,8	18,4	13,3	10,7	18,3
Médias	7,1	8,4	11,0	11,8	14,5	18,7	21,1	21,6	18,5	14,5	10,0	7,7	13,7
Mínimas	3,8	4,5	6,4	7,1	9,6	13,0	14,5	15,3	13,2	10,7	6,7	4,6	9,1
Precipitações acumuladas (mm)													
Médias	183,2	103,5	98,2	118,7	98,2	37,6	19,5	28,5	60,4	173,7	161,8	201,0	1284,2

Fonte: (IPMA, 2022)

Tabela 3-2: Precipitações e temperaturas médias de 2022

Temperaturas médias do ar (°C)													
Viseu 2022													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Máximas	12,4	13,8	13,0	16,7	23,8	24,3	32,5	31,3	23,9	---	---	---	---
Médias	8,2	9,5	9,1	10,8	17,4	17,6	24,0	22,4	17,7	---	---	---	---
Mínimas	5,0	5,9	6,0	6,2	12,2	12,6	17,1	16,0	13,6	---	---	---	---
Precipitações acumuladas (mm)													
Mensais	4,3	8,9	124,0	96,5	8,9	40,6	27,4	1,0	131,1	---	---	---	---

Fonte: (IPMA, 2022)

3.2.2 Estações do ano

As estações do ano existem em decorrência do movimento de translação da Terra e de sua inclinação em relação ao Sol. Os solstícios, momento em que os hemisférios recebem a menor e maior incidência de raios solares, marcam o início do inverno em um hemisfério e o início do verão no hemisfério oposto. Já os equinócios, posicionamento médio do Sol em relação a Terra, onde os raios incidem sobre a linha do Equador, marcam o início do outono e da primavera.

Em 2022, as estações do ano no hemisfério norte seguem as seguintes datas e horários:

- Primavera - 20 de março (domingo), às 15h33;
- Verão - 21 de junho (terça-feira), às 10h14;
- Outono - 23 de setembro (sexta-feira), às 02h04;

- Inverno - 21 de dezembro (quarta-feira), às 21h48 (Calendarr, 2022).

Para o estudo do conforto térmico e análise do desempenho energético dos edifícios, com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto, tanto nos períodos mais frios como nos mais quentes, utilizam-se como referência apenas dois períodos: estação de aquecimento (inverno) e estação de arrefecimento (verão), com distribuição conforme Figura 3-3. O Manual SCE define para todas as regiões de Portugal uma duração de 4 meses para a estação de arrefecimento e para a estação de aquecimento apresenta uma tabela com valores diferentes de referência para diferentes regiões divididas de acordo com a Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos (NUTS) de nível III (DGEG 2021). O município de Viseu, pertencente ao NUTS III Dão-Lafões, possui uma estação de aquecimento com duração de referência de 7,3 meses. O Manual SCE considera como referência uma temperatura interior de 18 °C na estação de aquecimento e de 25 °C na estação de arrefecimento, considerando para as necessidades energéticas que estas temperaturas sejam mantidas durante toda a estação nas 24 horas do dia (DGEG, 2021).

Estações do Ano											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Inverno			Primavera			Verão			Outono		
Estação de Aquecimento					Estação de Resfriamento				Est. de Aquecimento		

Figura 3-3: Intervalo das estações do ano e estações de aquecimento/arrefecimento

3.3 Avaliação subjetiva

3.3.1 Introdução

A avaliação subjetiva do conforto ambiental foi realizada através de inquérito por questionário, enviado por e-mail aos alunos de graduação cadastrados no banco de dados do IPV. O envio foi realizado pela própria instituição e sem nenhum critério específico de seleção. Foram obtidas 101 respostas, das quais 4 foram eliminadas por serem apenas teste e 3 por preenchimento inadequado, restando 94 respostas válidas e que foram utilizadas na análise. Das 94 respostas, 28 foram respondidas entre 7 e 25 de abril (estação de aquecimento) e 66 na estação de arrefecimento.

3.3.2 Questionário

O questionário, Anexo A, possui 32 perguntas no total com um texto introdutório sobre conforto ambiental e uma orientação para que o aluno responda em seu local de estudo em sua residência, após um tempo mínimo de permanência de 30 minutos para que possa se adaptar ao ambiente. A data e a hora foram informadas no início e todas as perguntas deveriam ser respondidas para que o questionário pudesse ser concluído. As 4 primeiras perguntas são relacionadas à fatores pessoais, são elas: sexo, peso, altura e vestuário. Na sequência, 12 perguntas buscam caracterizar o ambiente e 14 estão relacionadas as sensações do indivíduo em relação ao seu ambiente, das quais 6 estão relacionadas a percepção do conforto térmico, 5 sobre o conforto visual e 2 ligadas ao conforto acústico, além de uma última pergunta sobre qual o tipo de desconforto ambiental que lhes causam o maior incômodo.

3.4 Avaliação objetiva

3.4.1 Introdução

Para a avaliação objetiva foi realizada a medição de alguns parâmetros físicos relacionados ao conforto térmico, conforto visual e qualidade do ar, no interior de um cômodo, individual, utilizado como dormitório e local para estudos, com disposição conforme Figura 3-4.

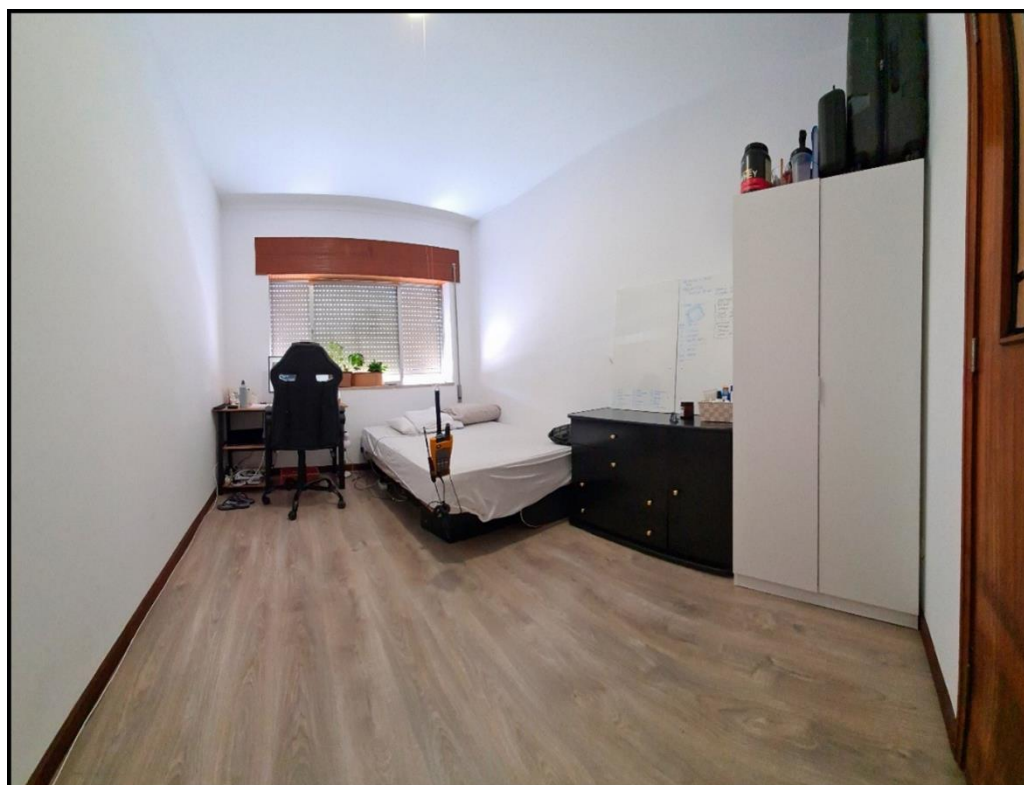


Figura 3-4: Foto do cômodo

Foram efetuadas medidas de temperatura do ar (bulbo seco), temperatura de bulbo úmido, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa, velocidade do vento, intensidade luminosa e concentração de CO₂.

3.4.2 Caracterização do local das medições

As medições foram realizadas em um cômodo de um apartamento do edifício dos Bombeiros Voluntários de Viseu, localizado na Rua José Branquinho S/N, centro de Viseu, conforme indicado na Figura 3-5, com coordenadas 40°39'36" N, 7°55'03" W e na altitude de 450 m ao nível do solo. O edifício foi inaugurado no dia 27 de março de 1976, sua fachada principal, com aproximadamente 22 m de altura e 40 m de comprimento, possui fachada

orientada a Sul, logo, em se tratando de imóvel localizado no hemisfério norte, é a fachada que tem mais ganhos solares.

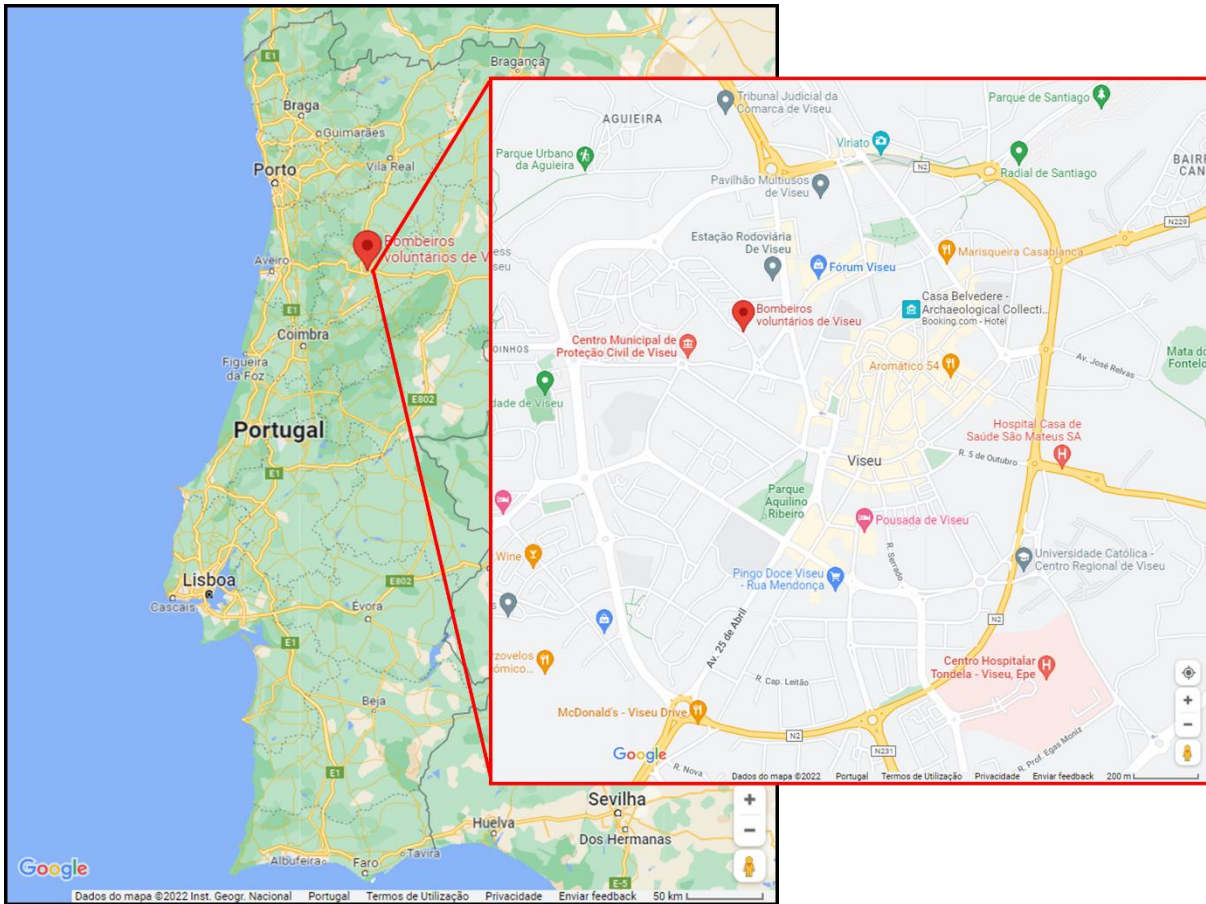


Figura 3-5: Localização do edifício
Fonte: Google Earth (2022)

É um edifício multifamiliar com 5 pisos mais o piso térreo. Divide-se em duas alas, A e B, com dois apartamentos por piso em cada ala. O piso térreo e o primeiro piso são utilizados pelos Bombeiros Voluntários de Viseu, os pisos remanescentes são residenciais, sendo o segundo pavimento da ala B ocupado apenas por estudantes, na condição de alojamento estudantil. As medições foram realizadas em um cômodo do apartamento 2D, na Figura 3-6 é possível ver a orientação do edifício (Sul) e a disposição do apartamento.



Figura 3-6: Orientação e fachada do edifício
Fonte: Google Earth (2022)

O cômodo possui dimensões internas de 280 x 380 cm com um pé direito de 270 cm. Possui janela de correr com dimensões de 200 x 120 cm com vidros simples incolores de 4 mm de espessura e dispositivo de sombreamento (estore). A iluminação artificial é feita através de uma luminária LED de teto com 15 cm de diâmetro e cor amarelada, com aproximadamente 4000 K. O apartamento não possui ventilação mecânica, apenas ventilação através das infiltrações (por exemplo: frestas da caixa de estore, janela e porta) ou controlando a abertura da porta, janela e estore. Também não possui sistema de climatização central (aquecimento ou arrefecimento), apenas equipamento elétrico individual de aquecimento resistivo de pequeno porte com 1500 W de potência máxima.

3.4.3 Metodologia e equipamentos

Foram utilizados dois equipamentos para as medições, designados por S1 e S2, e suas localizações no interior do cômodo podem ser vistas na Figura 3-7. As medições foram efetuadas de forma contínua, a cada 5 minutos (nos dois equipamentos), em dois períodos a se destacar: entre 17 de março e 6 de maio de 2022 (estação de aquecimento) e entre 11 de junho a 19 de julho de 2022 (estação de arrefecimento).

A ISO 7726 (2002) traz diversos detalhes e definições a serem seguidas para a medição das grandezas físicas relacionadas ao ambiente térmico, considerando 5 grandezas físicas

básicas: temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura de superfície. A ISO 7726 (2002) também define três alturas para a localização dos sensores de medição: 0,1; 0,6 e 1,1 m para ocupantes sentadas e 0,1; 1,1 e 1,7 m para ocupantes em pé. A velocidade do ar deve ter sua magnitude e sua direção medidas.

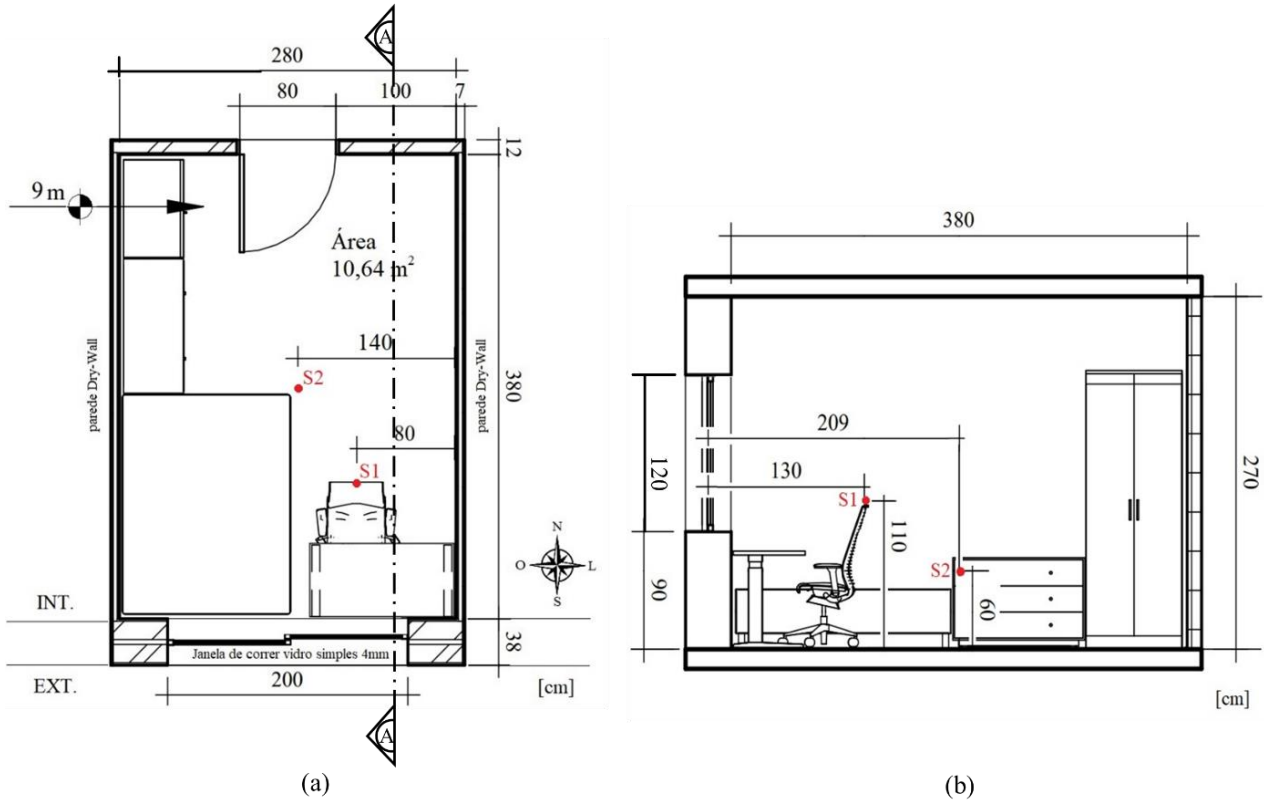


Figura 3-7: (a) Planta baixa do cômodo (b) Corte AA

O equipamento S1 é um data logger da marca Onset modelo HOBO U12-012, ele é capaz de efetuar medidas de temperatura de bulbo seco, umidade relativa e intensidade luminosa por um período contínuo de aproximadamente 50 dias, se as medições forem tomadas a cada 5 minutos. Já o equipamento S2 é um analisador da qualidade do ar da marca Fluke modelo Fluke 975 Airmeter, capaz de medir temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa, velocidade do ar, concentração de CO e CO₂ por um período aproximado de 4 dias, independente do intervalo de tempo entre as gravações dos dados. Os dois equipamentos devem ser calibrados e podem ser vistos na Figura 3-8, com suas respectivas dimensões.

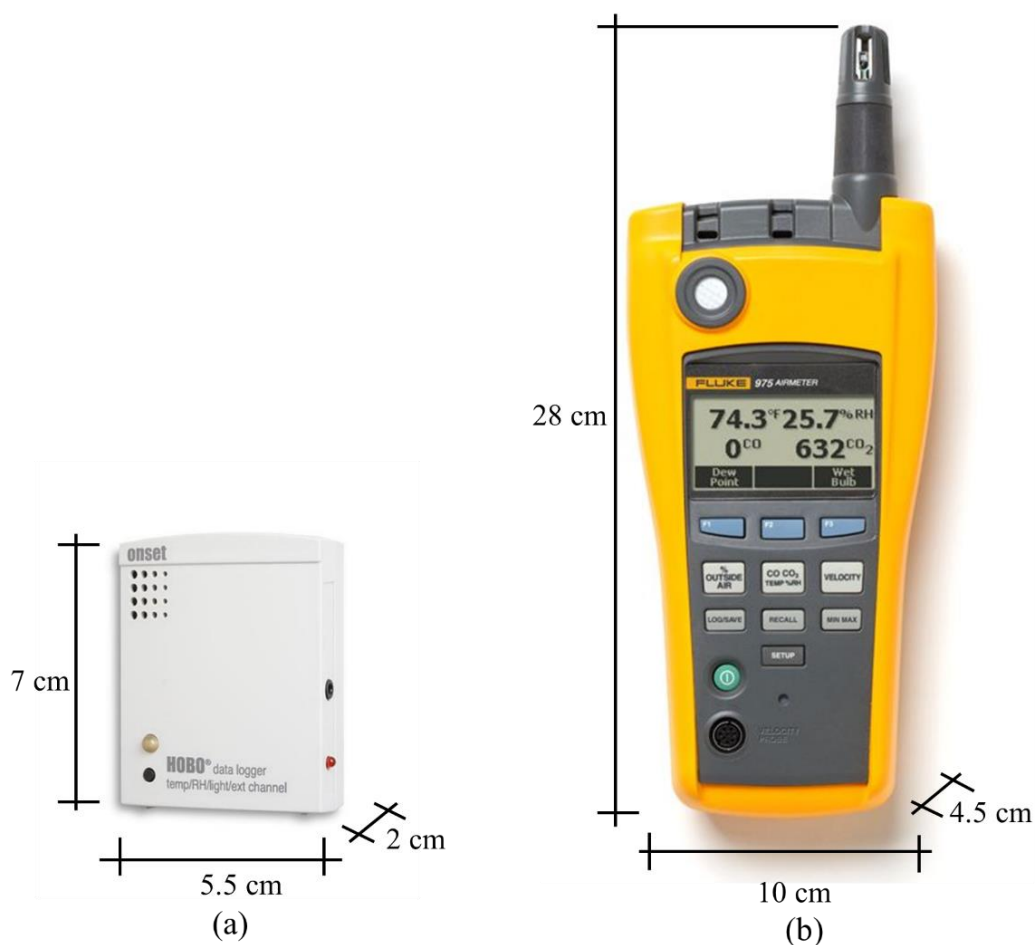


Figura 3-8: (a) Equipamento S1 (b) Equipamento S2

A Tabela 3-3 apresenta um resumo das características e especificações de cada equipamento.

Tabela 3-3: Especificações dos equipamentos

HOBO data logger U12-012			
Parâmetros	Faixa de medição	Precisão	Resolução
Temp. bulbo seco	-20 °C a 70 °C	±0.35 °C de 0 °C a 50 °C	0.03 °C a 25 °C (Resposta completa em gráfico A em Anexo X)
Umidade relativa	5% a 95% UR	±2.5% UR de 10% a 90% UR	0.05% UR
Iluminância	11 a 32292 lux	Projetado p/ medição de níveis de iluminação interiores (Resposta para comprimento de ondas de luz no gráfico B em manual completo em Anexo X)	-----

Fluke 975 Airmeter			
Temp. bulbo seco	-20 °C a 50 °C	±0,9 °C de 40 °C a 50 °C ±0,5 °C de 5 °C a 40 °C ±1,1 °C -20 °C a 5 °C	0,1°C
Temp. bulbo úmido	-16 °C a 50 °C	0,1°C	±1,2 °C quando: UR:20% a 90% Temp.: -20 °C a 50 °C ± 2,1 °C quando RH: 10% a 20%
Temp. ponto de orvalho	-44 °C a 50 °C	0,1°C	±1 °C quando Temp.: -20 °C a 50 °C UR: 40% a 90% ± 2 °C quando Temp.: -20 °C a 50 °C UR: 20% a 40% ± 4 °C quando RH: 10% a 20%
Velocidade do ar	0,25 a 15 m/s	±4% ou 0,20 m/s.Vale o mais alto.	0,001 m/s
Umidade relativa	10% a 90% UR	±3% UR de 10% a 90% UR	0,1% UR
Concentração de CO₂	0 a 5000 ppm	2,75% + 75 ppm	1 ppm

3.4.4 Análise do conforto térmico

Foram utilizados dois índices de conforto térmico para a análise, o índice de desconforto (DI) e o índice de temperatura efetiva (TE), além da análise adaptativa apresentada pela ASHRAE 55 (2017) e do diagrama de conforto apresentado pela World Meteorological Organization (WMO, 1987). A vantagem destes índices é que dependem apenas da temperatura do ar e da umidade relativa, tornando sua aplicação mais simples e prática que outros índices dependentes das variáveis fisiológicas dos ocupantes ou parâmetros físicos com maior dificuldade de obtenção.

3.4.4.1 Índice de Desconforto (DI)

O índice de desconforto (DI) de Thom é apresentado por Din et al. (2014), Santos et al. (2012) e Bracarense et al. (2018), conforme Equação 3-1.

$$DI = T - 0,55(1 - 0,01UR)(T - 14,5) \quad (3-1)$$

Em que,

T = temperatura (°C);

UR = umidade relativa (%).

É possível encontrar outras equações atribuídas a Thom, porém a Eq. 3-1 foi vista com maior frequência nos trabalhos acadêmicos.

Após resolver a Eq. 3-1, o valor de DI deve ser interpretado de acordo com faixas de temperatura que definem zonas de conforto ou desconforto. Estas faixas são definidas de forma empírica, sendo usadas amostras de uma determinada população exposta à uma faixa de condições térmicas de interesse (Parsons, 2002). Foram utilizadas duas interpretações distintas para o DI, Interpretação 1 conforme Figura 3-9 (a) e Interpretação 2 Figura 3-9 (b).

Fante et al. (2017) utilizam as faixas apresentadas na Figura 3-9 (a), já Din et al. (2014) utilizam as faixas apresentadas na Figura 3-9 (b). Para que a visualização das faixas fique mais clara foram criados contornos com diferentes cores, em que o verde foi interpretado como conforto térmico, o laranja como parcialmente confortável e o contorno em vermelho como desconforto térmico.

Classes de desconforto termo-higrométricos para o índice de Thom (1959).

Valor do índice	Características	Interpretação do Índice de Desconforto de Thom	
≤ 5,9	Resfriamento muito elevado	Desconfortável	DI ≤ 14.9
6,0 a 8,9	Resfriamento elevado		
9,0 a 11,9	Frio	Confortável	15.0 ≤ DI ≤ 19.9
12,0 a 14,9	Desconforto ao frio		
15,0 a 17,9	Leve desconforto ao frio	Parcialmente confortável	20.0 ≤ DI ≤ 26.4
18,0 a 20,9	Limite inferior da zona de conforto		
21,0 a 23,9	Centro da zona de conforto		
24,0 a 26,9	Limite superior da zona de conforto	Desconfortável	DI ≥ 26.5
27,0 a 29,9	Leve desconforto ao calor		
30,0 a 32,9	Desconforto ao calor		
≥ 33	Aquecimento elevado		

(a)

(b)

Figura 3-9: Interpretações para o índice de desconforto (DI)
 Fonte: (a) Adaptado de Fante et al. (2017) (b) Adaptado de Din et al. (2014)

3.4.4.2 Temperatura Efetiva (TE)

Assim como o índice DI, diferentes equações e interpretações para a Temperatura Efetiva (TE) são encontradas nas pesquisas relacionadas ao conforto térmico. Lucena et al. (2020), Gobo et al. (2018) e Xavier et al. (2021) realizaram seus estudos utilizando a Equação 3-2 de TE.

$$TE = T - 0,4(1 - UR/100)(T - 10) \tag{3-2}$$

Em que,

T = temperatura (°C);

UR = umidade relativa (%).

Também foram utilizadas duas interpretações para a análise através deste índice. A Interpretação 1 de TE, apresentada na Figura 3-10 (a), utilizada por Blazejczyk et al. (2012) e a Interpretação 2, Figura 3-10 (b), calibrada por Gobo et al. (2018) para um clima subtropical. Para as interpretações de TE apresentadas, pode ser feita uma analogia à escala sétima, sendo: muito frio (voto - 3), frio (voto -2), pouco frio (voto -1), conforto (voto 0), pouco quente (voto +1), quente (voto +2) e muito quente (voto +3).

Sensação	Índice		Índice
		ET	TE calibrado
Congelante	< 1		<4
Muito frio	1-9		Muito frio
Fresco	9-17		4-8
Confortável	17-21		Frio
Pouco quente	21-23		8-15
Quente	23-27		Um pouco de frio
Muito quente	>27		15-22
			Nem frio nem calor
			22-23
			Um pouco de calor
			23-26
			Calor
			> 26
			Muito calor

Figura 3-10: Interpretações para a temperatura efetiva (TE)

Fonte: (a) Adaptado de Blazejczyk et al. (2012) (b) Adaptado de Gobo et al. (2018)

3.4.5 Qualidade do ar interior

A qualidade do ar em um edifício pode ser avaliada, em locais em que as pessoas são a principal fonte de poluição, através da medição da concentração de CO₂ quando o edifício está totalmente ocupado. Isso pode ser feito com amostras representativas de ar no ambiente ou medindo a concentração dos gases no sistema de exaustão (EN 15251, 2006).

A EN 15251 (2006) orienta que as medições de CO₂ sejam feitas preferencialmente em condições de inverno, pois normalmente o suprimento de ar fresco é mais baixo durante os meses mais frios (janelas e estores usualmente fechados para evitar os ventos frios externos).

A Tabela 3-4 apresenta os valores de concentração de CO₂, em ppm, recomendados para os ambientes internos de acordo com cada categoria e baseados nos níveis de concentração externos. Estes níveis servem para os cálculos energéticos e controle de demanda (EN 15251, 2006).

Tabela 3-4: Níveis de CO₂ recomendados pela EN 15251

Categorias	Concentração de CO₂ em ppm, acima da concentração externa
I	350
II	500
III	800
VI	<800

Fonte: EN 15251 (2006)

O Manual SCE também apresenta valores de limiares de proteção de CO₂, conforme Tabela 3-5, que devem ser garantidos durante o período de ocupação de acordo com a categoria do edifício, assumindo uma concentração de CO₂ exterior de 390 ppm (DGEG, 2021).

Tabela 3-5: Níveis de CO₂ recomendados pelo Manual SCE

Categoria	Tipo de edifício	Limiar de proteção (ppm)	Concentração acima da exterior (ppm)
II	Edifícios novos com ventilação mecânica	1250	860
III	Outros	1625	1235

Fonte: DGEG (2021)

O cômodo estudado encontra-se na categoria III, edifício existente, devendo cumprir os níveis estabelecidos para tal.

Para a análise da qualidade do ar interior será verificada a concentração de CO₂ na estação de aquecimento, após um tempo prolongado de ocupação com a janela, porta e estore fechados, situação comum nos dias mais frios no período inicial do dia, após o usuário produzir CO₂ durante toda a noite, sem desocupar o ambiente.

3.4.6 Conforto visual

A qualidade da iluminação de um edifício é avaliada por níveis de iluminância que devem ser mantidos sobre o plano horizontal de trabalho. Para zonas ocupadas a altura aproximada é 0,80 m e para áreas de circulação a altura é 0,10 m. As medições devem ser efetuadas sem a presença de luz natural (EN 15251, 2006).

Para atividades de escritório a EN 15251 (2006) recomenda que sejam mantidos 500 lux e para salas de aula 300 lux. O Manual SCE estabelece 500 lux para atividades de escrita, datilografia, leitura e processamento de dados (DGEG, 2021).

3.5 Limitações

Devido a indisponibilidade de mais equipamentos para as medições não foi possível seguir a ISO 7726 (2002) que recomenda que sejam feitas as medições em 3 alturas diferentes.

Para a análise do conforto térmico através do modelo adaptativo apresentado na ASHRAE 55 (2017), utiliza-se a temperatura operativa, porém não foi realizada a medição da temperatura radiante que seria necessária para obtenção da temperatura operativa. Supôs-se que não haviam corpos radiantes no ambiente e a temperatura operativa igualou-se a temperatura do ar.

Para as medições da velocidade do ar deveriam ser feitas medições de magnitude e direção, porém o equipamento utilizado (S2) faz apenas medições unidirecionais. Além disso, devido a este aparelho gravar apenas por 4 dias de forma contínua, os dados apresentaram muitas lacunas para uma análise de um período maior, assim, os únicos dados utilizados para análise, provindos deste aparelho, foram referentes à concentração de CO₂ no ambiente, pois esta análise pode ser feita apenas para os picos de concentração em períodos curtos.

Além das respostas obtidas através do questionário para a avaliação subjetiva do conforto térmico, seria primordial obter as medições dos parâmetros físicos nos locais onde foram respondidos, para efeito de análise e comparação, porém, isso seria muito difícil devido ao grande número de locais, dias e horários utilizados.

Diante do tempo reduzido disponível para o estudo não foi possível analisar períodos maiores e mais representativos das estações.

4. Análise dos resultados

4.1 Introdução

Através do inquérito foi possível verificar o conforto subjetivo dos alunos quando em seus locais de estudo em seus alojamentos, porém, os parâmetros físicos nestes ambientes, para uma análise mais precisa, não foram medidos. Assim, tomou-se o cômodo onde as medições foram efetuadas como um “cômodo padrão” e supôs-se que as condições internas neste ambiente são as mesmas dos outros nos quais os questionários foram respondidos para, assim, termos uma referência de condições ambientais internas de temperatura do ar e umidade.

Para toda a análise a taxa metabólica considerada é de atividade sedentária (1,2 met), referente à atividade de escritório ou escola, executada sentado, conforme Tabela 2-2.

O referido inquérito também buscou extrair algumas características dos locais de estudo dos entrevistados, como utilização de sistemas de climatização, sombreamento (proteções solares), se as janelas possuíam vidros duplos ou simples, tipo de iluminação, além de características pessoais, como: sexo, peso, altura e vestuário.

4.2 Análise das medições

4.2.1 Estação de aquecimento

4.2.1.1 Aspectos gerais

Nesta estação as medições foram realizadas durante o período de 17 de março a 6 de maio de 2022, totalizando 1205 dados horários, porém, para a análise, algumas horas foram descartadas, de modo que os gráficos iniciam a meia noite do dia 18 e terminam a meia noite do dia 6, permanecendo então com 1177 dados horários, o equivalente a 49 dias inteiros. A ISO 7726 (2002) ressalta a existência de uma inércia térmica dos sensores, sendo necessário um tempo para que o sensor entre em equilíbrio com o ambiente. As temperaturas médias mensais do ar exterior e as precipitações acumuladas para os meses de março, abril e maio foram respectivamente 9,1 °C e 124 mm; 10,8 °C e 96,5 mm e 17,4 °C e 8,9 mm.

4.2.1.2 Temperatura do ar

Para o período das medições nesta estação a média da temperatura do ar no interior do cômodo foi de 19,24 °C com um desvio padrão de 1,98 °C, enquanto a média da temperatura externa foi de 11 °C com um desvio padrão de 4,61 °C. A Figura 4-1 apresenta um gráfico com as temperaturas do ar medidas no interior do cômodo e as temperaturas do ar disponibilizadas pela estação meteorológica, ambiente exterior.

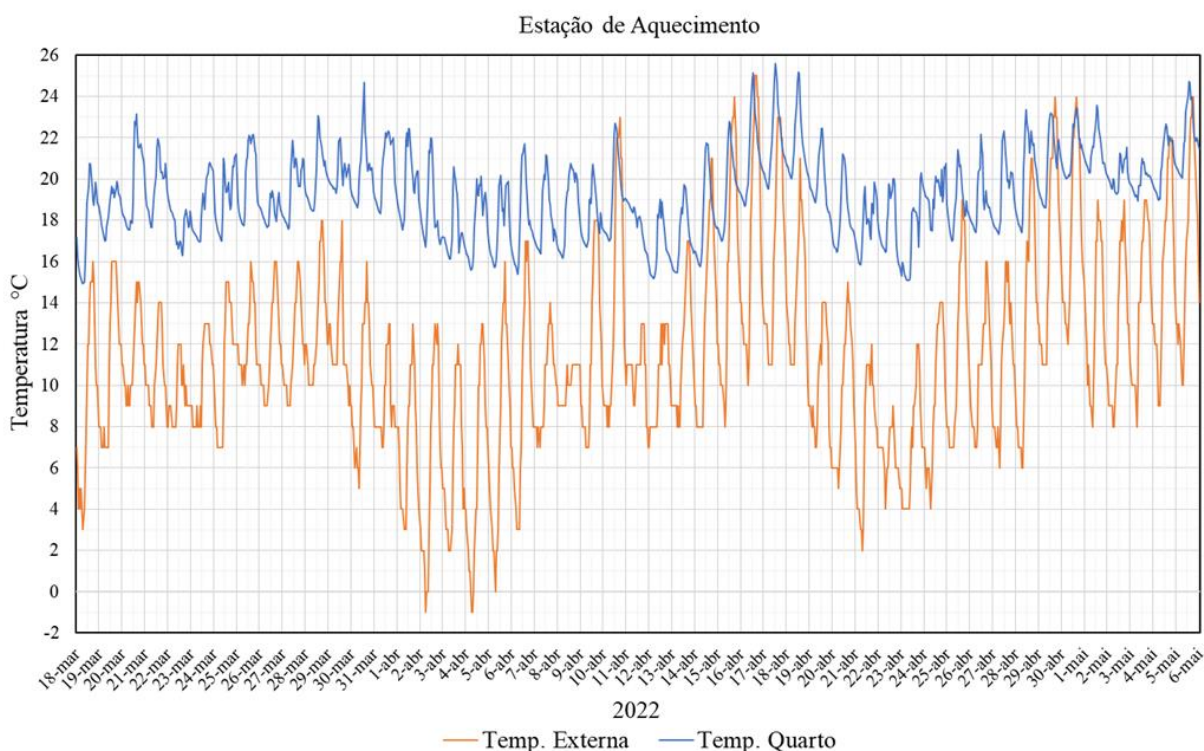


Figura 4-1: Gráfico de temperatura na estação de aquecimento

A temperatura mínima horária do ar no interior do ambiente registrada nesta estação foi de 14,9 °C no período das 7 às 8 AM do dia 18 de março, com uma umidade relativa de 67%, enquanto os dados da estação meteorológica registraram 3 °C com 77% de umidade relativa. Já a máxima temperatura horária do ar no interior do cômodo foi de 25,6 °C, com umidade relativa de 50%, entre as 12 e 13 horas do dia 17 de abril, enquanto a temperatura externa horária do ar era de 18 °C com umidade relativa de 55%.

No exterior, a mínima temperatura horária do ar foi de -1 °C, com uma umidade relativa de 68% das 6 às 7 AM no dia 2 de abril, enquanto no ambiente interior a temperatura do ar estava em 16,7 °C com 46% de umidade relativa neste mesmo horário. Também em 4 de abril, a temperatura horária no exterior foi de -1 °C, entre as 6 e 8 horas da manhã com 62% e 63% de umidade relativa, respectivamente, enquanto no interior a temperatura do ar era de 15,7 °C das 6 às 7 AM, com 48% de umidade relativa e 15,8 °C entre as 7 e 8 AM com umidade relativa de 39%. Em 16 de abril, ocorreu a máxima temperatura do ar exterior na estação de aquecimento, com 25 °C entre as 15 e 17 horas e 42% e 33% de umidade relativa, e 23,3 °C no interior com 51% de umidade relativa entre as 15 e 16 horas e 22,5 °C com 52% de umidade relativa entre as 16 e 17 horas.

Utilizando o modelo adaptativo da ASHRAE 55 (2017), para 90% de aceitabilidade térmica, em 42,0% do tempo a temperatura do ar no interior do cômodo ficou abaixo do limite inferior e 1,3% acima do limite superior, assim, em 56,7% do tempo a temperatura do ar no interior do ambiente ficou dentro dos limites de conforto térmico.

4.2.1.3 Umidade relativa do ar

No interior do cômodo, para os limites de umidade relativa indicados pela ISO 7730 (2005), entre 30% e 70%, temos em 0,33% do tempo umidades relativas menores que 30% e em 4,32% do período umidades relativas maiores que 70%. Sendo assim, em 95,35% do tempo em que foram feitas as medições no período da estação de aquecimento, a umidade relativa ficou dentro dos padrões normativos. A Tabela 4-1 apresenta a distribuição, percentual e em horas, do tempo em que a umidade relativa permaneceu dentro de cada limite, em ambiente interno e externo.

Tabela 4-1: Dados de umidade relativa na estação de aquecimento

	UR<30%	30%>UR<50%	50%<UR<70%	UR>70%	Total	
Interior	4	279	842	52	1177	(horas)
	0,34%	23,70%	71,54%	4,42%	100,00%	
Exterior	12	235	391	539	1177	(horas)
	1,02%	19,97%	33,22%	45,79%	100,00%	

Na Figura 4-2 estão dispostos os dados de umidade relativa de forma contínua para o período.

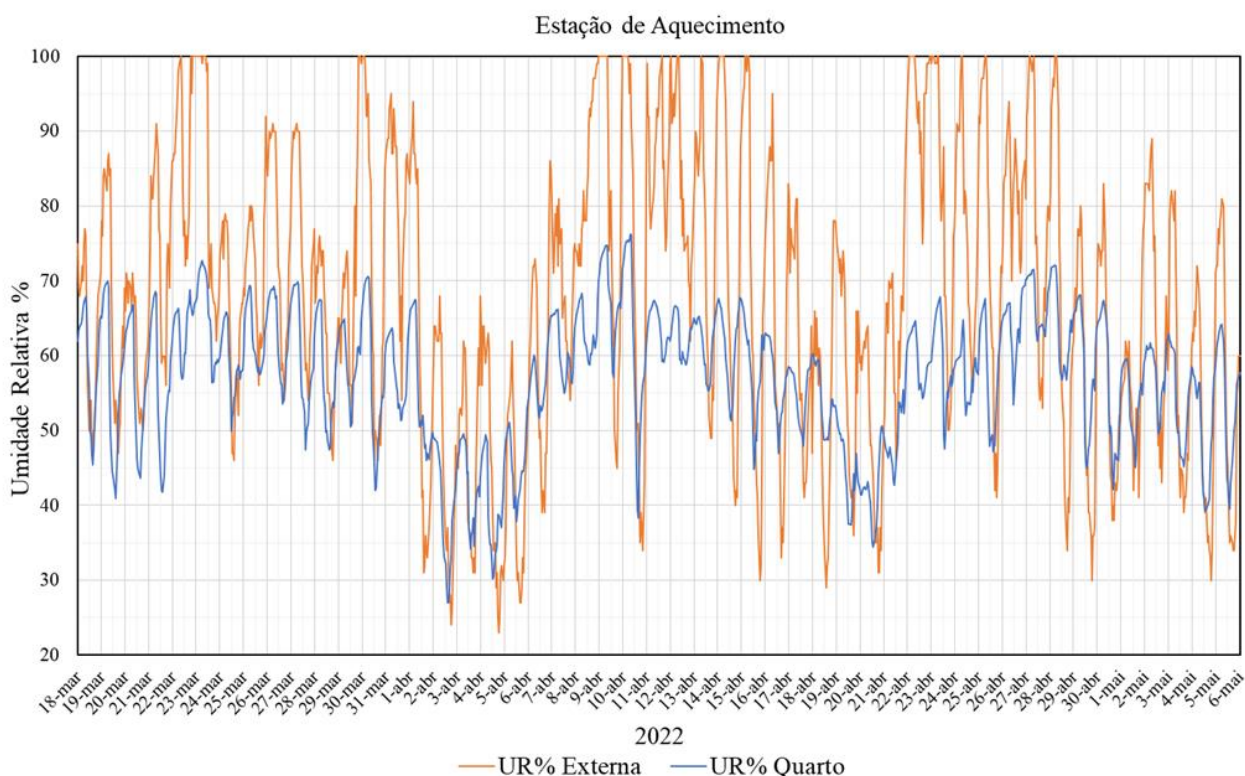


Figura 4-2: Gráfico de umidade relativa na estação de aquecimento

4.2.2 Estação de arrefecimento

4.2.2.1 Aspectos gerais

Nesta estação as medições foram realizadas durante o período de 11 de junho a 19 de julho de 2022, totalizando 913 dados horários, porém, também com o objetivo de obter dias inteiros, foram eliminadas algumas horas, restando assim 889 dados horários, totalizando 37 dias inteiros para a análise deste período. A temperatura média do ar no exterior no mês de junho foi de 17,8 °C e a precipitação acumulada foi de 40,6 mm. Já para o mês de julho, a média da temperatura externa foi de 24,0 °C, com 27,4 mm de precipitação acumulada.

4.2.2.2 Temperatura do ar

A Figura 4-3 apresenta um gráfico com as temperaturas do ar medidas (ambiente interno) e as temperaturas do ar obtidas na estação meteorológica (ambiente externo). A média da temperatura interna para o período foi de 26,01 °C com um desvio padrão de 3,6 °C, enquanto a média da temperatura externa foi de 21,87 °C com um desvio padrão de 7,4 °C.

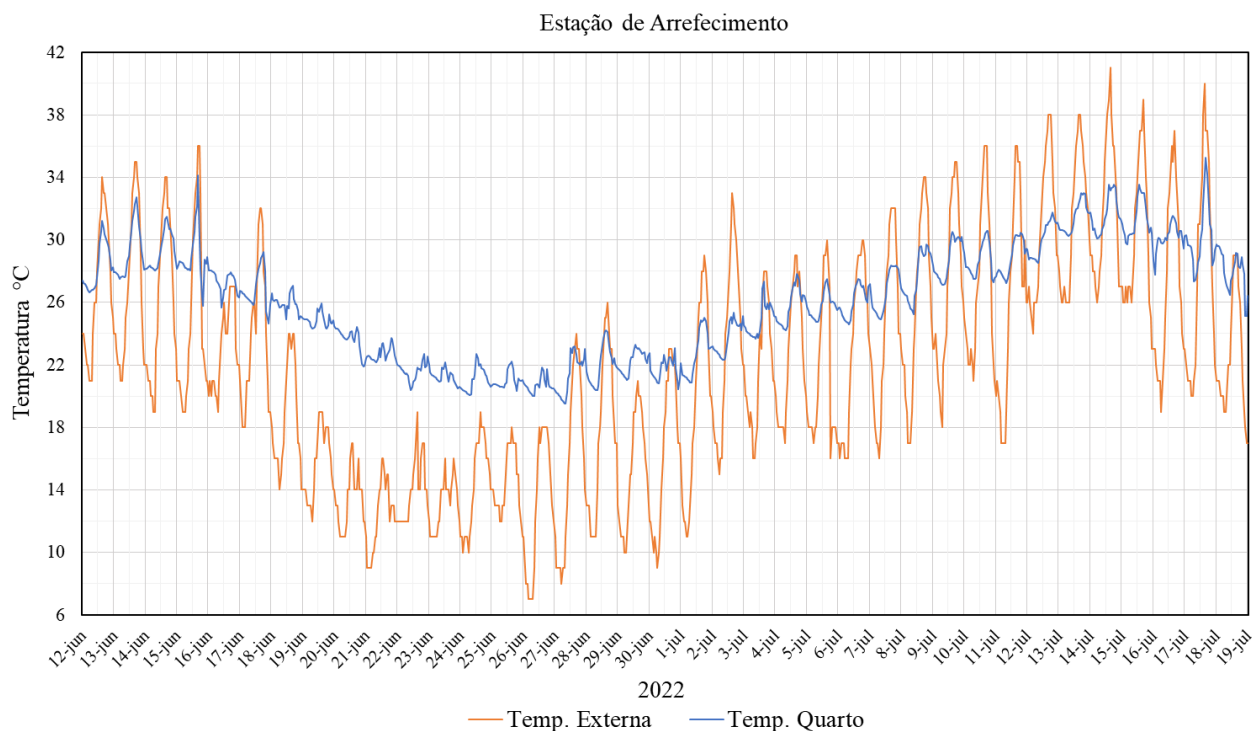


Figura 4-3: Gráfico de temperatura na estação de arrefecimento

Na estação de arrefecimento a mínima temperatura interior horária do ar foi de 19,5 °C no período das 7 às 9 horas da manhã do dia 27 de junho com uma umidade relativa de 63%, enquanto a temperatura exterior do ar era de 9 °C com 80% de umidade relativa. A máxima temperatura interior horária do ar foi de 35,2 °C, com umidade relativa de 25%, das 16 às 17 horas do dia 17 de julho, enquanto a temperatura do ar no exterior era de 37 °C com umidade relativa de 17%.

No exterior, a mínima temperatura do ar registrada foi de 7 °C entre as 4 e 8 AM do dia 26 de junho, com umidade relativa variando entre 94 e 98% nestes horários. Neste mesmo dia, entre as 4 e 8 AM, a temperatura horária do ar no interior, variou entre 20 e 20,4 °C e a umidade relativa ficou em 58%. Já a máxima temperatura horária no exterior foi registrada no dia 14 de julho, atingindo os 41 °C no período das 15 e 16 horas, com umidade relativa de 14% e no interior a temperatura do ar estava em 33,2 °C com 33% de umidade relativa.

Para a faixa de 90% de aceitabilidade térmica estabelecida pelo método adaptativo apresentado na ASHRAE 55 (2017), em 9,3% do período das medições a temperatura do ar no interior do ambiente ficou abaixo do limite inferior e em 43,4% acima do limite superior, assim, em 47,3% do tempo a temperatura do ar no cômodo ficou dentro dos limites de conforto.

4.2.2.3 Umidade relativa do ar

Na estação de arrefecimento a umidade relativa no interior do ambiente ficou apenas 2,3% do período analisado abaixo dos 30% de umidade relativa indicados por norma e em nenhum momento ultrapassou os 70% de umidade relativa, assim, ficando dentro dos limites indicados em 97,7% do tempo. A Tabela 4-2 apresenta a distribuição do tempo em que a umidade relativa permaneceu dentro de cada limite nesta estação.

Tabela 4-2: Dados de umidade relativa na estação de arrefecimento

	UR<30%	30%>UR<50%	50%<UR<70%	UR>70%	Tempo total	
Interno	21	394	474	0	889	(horas)
	2,36%	44,32%	53,32%	0,00%	100,00%	
Externo	147	260	225	257	889	(horas)
	16,54%	29,25%	25,31%	28,91%	100,00%	

As umidades relativas na estação de arrefecimento, no exterior e interior do cômodo, podem ser vistas na Figura 4-4.

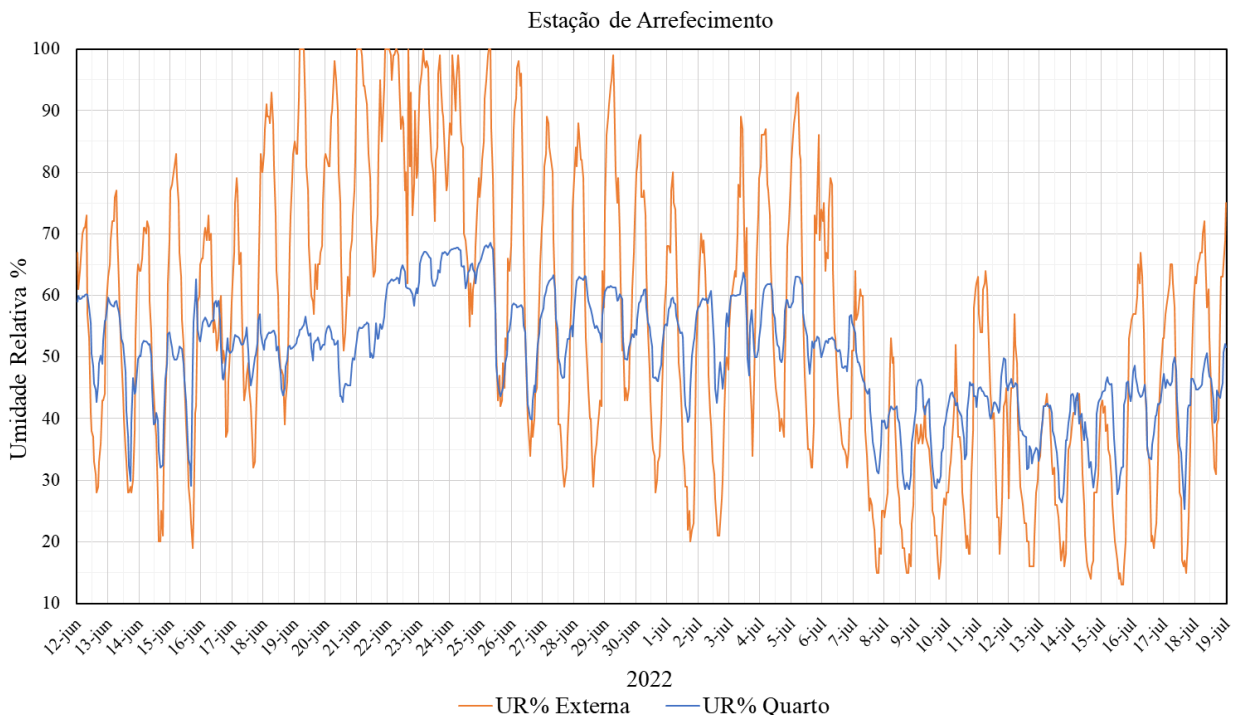


Figura 4-4: Gráfico de umidade relativa na estação de arrefecimento

4.2.3 Qualidade do ar interior

A análise da qualidade do ar no interior do cômodo foi baseada apenas na concentração de CO₂, em ppm. Para isto foi selecionado o período de 22 a 25 de abril de 2022, em que houve picos significativos na concentração, sendo o principal deles (2399 ppm) às 8 horas da manhã do dia 25 de abril, conforme Figura 4-5, acompanhado de uma temperatura média horária do ar no interior do cômodo de 18 °C e 63% de UR. É possível verificar na Figura 4-5 que as variações da concentração de CO₂, em muitos momentos, acompanham as variações da temperatura do ar. Isto se deve ao controle de abertura de porta, janela e estore, uma vez que eram fechadas ou abertas, causando variações nas trocas de ar e consequente oscilação na temperatura e na concentração de CO₂ no ambiente interno.

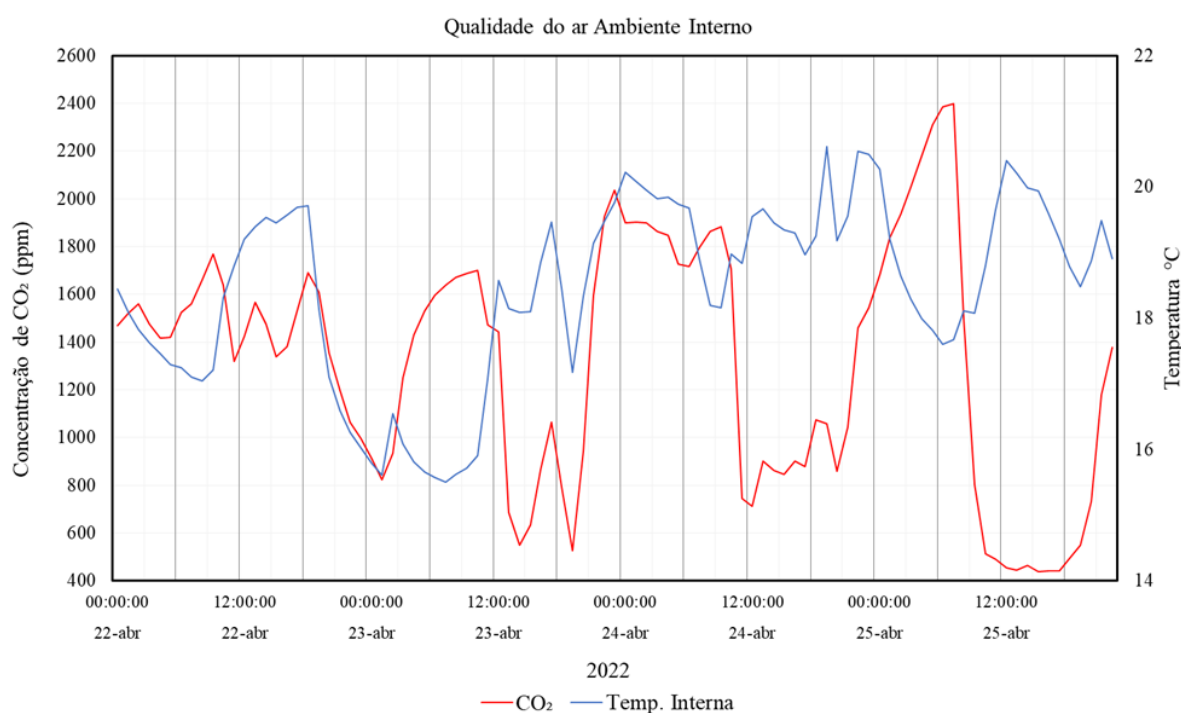


Figura 4-5: Gráfico da concentração de CO₂ no interior do cômodo

4.2.4 Iluminação

O único sistema de iluminação artificial neste cômodo é uma luminária LED de teto localizada no centro do quarto. A medida de Iluminância média registrada, sem interferência de outras fontes luminosas, foi de 45 lux sobre a mesa de trabalho, medida muito abaixo do necessário e indicado pelas normativas, conforme Tabela 4-3. Já no período diurno, com o estore completamente aberto e recebendo iluminação natural, as medidas eram muito superiores atingindo até 2000 lux.

Tabela 4-3: Valores de Iluminância recomendados para os espaços

Espaço, tarefa ou atividade	Iluminância (lux)
Escritório – Escrita, digitação, leitura e processamento de dados	500
Edifícios Educacionais – Sala de aulas, educação adulta, auditórios	500
Edifícios Educacionais – Halls, ginásios, piscinas	300

Fonte: EN 12464-1 (2011)

4.3 Análise do inquérito

4.3.1 Aspectos gerais

O inquérito obteve respostas nas duas estações, sendo que 28 pessoas responderam ao questionário na estação de aquecimento e 66 pessoas responderam na estação de arrefecimento.

As características das amostras podem ser vistas na Tabela 4-4 e

Tabela 4-5.

Tabela 4-4: Caracterização da amostra na estação de aquecimento

	Pessoas	Peso (kg)	Altura (m)	Vest. (clo)	IMC (kg/m²)	
Homens	16 (57,14%)	74,13 (10,44)	1,77 (0,05)	1,13 (0,29)	23,75 (3,54)	Média (SD)
Mulheres	12 (42,86%)	61,08 (7,18)	1,65 (0,07)	1,07 (0,27)	22,38 (2,58)	Média (SD)
Total	28 (100%)	68,54 (11,23)	1,72 (0,08)	1,10 (0,29)	23,17 (3,24)	Média (SD)

Tabela 4-5: Caracterização da amostra na estação de arrefecimento

	Pessoas	Peso (kg)	Altura (m)	Vest. (clo)	IMC (kg/m²)	
Homens	27 (40,91%)	75,30 (13,30)	1,79 (0,08)	0,33 (0,19)	23,53 (3,27)	Média (SD)
Mulheres	39 (59,09%)	65,61 (16,59)	1,63 (0,05)	0,65 (0,28)	24,72 (5,53)	Média (SD)
Total	66 (100%)	69,57 (16,05)	1,69 (0,10)	0,52 (0,29)	24,23 (4,77)	Média (SD)

4.3.2 Características dos ambientes

Neste tópico serão apresentados os gráficos referentes às perguntas relacionadas às características dos ambientes onde os questionários foram respondidos, sendo todos os gráficos referentes à toda a amostra, isto é, 94 indivíduos. Conforme Figura 4-6, a tipologia T4 foi a de maior representatividade.

Qual a tipologia da sua habitação?

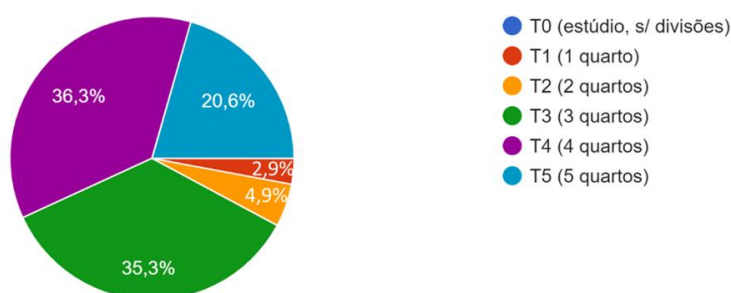


Figura 4-6: Distribuição da tipologia dos edifícios

De todos os inquiridos, 81,4% disseram possuir algum sistema de aquecimento de ambiente, conforme Figura 4-7.

Possui algum sistema de aquecimento de ambiente?

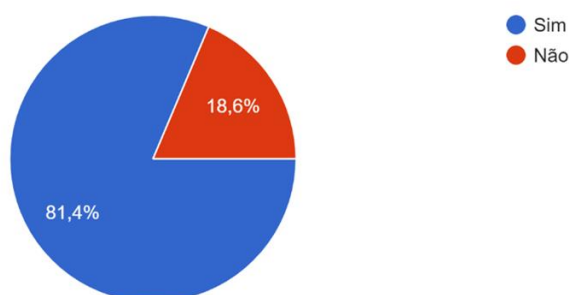


Figura 4-7: Distribuição da existência ou não de sistemas de aquecimento

Quanto à proximidade da mesa de estudos a janelas, a maioria disse estar próximo e apenas 18,6% disse estar a mais de 1m de distância das mesmas.

Sua mesa de estudos encontra-se próxima a janelas? (até 1m)

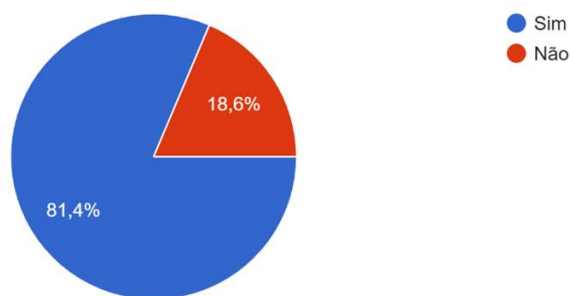


Figura 4-8: Localização da mesa de estudos em relação a janela

Conforme Figura 4-9, a maior parte dos estudantes disse possuir janelas com vidros duplos, porém uma parcela considerável, 37,3%, possui vidros simples.

Como são os vidros da janela?

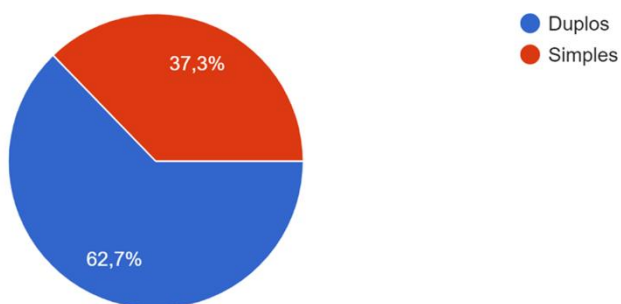


Figura 4-9: Características dos vidros das janelas

Quase a totalidade possui sistema de sombreamento, conforme Figura 4-10.

As janelas possuem algum sistema de sombreamento? (cortinas, persianas, estores)

102 respostas

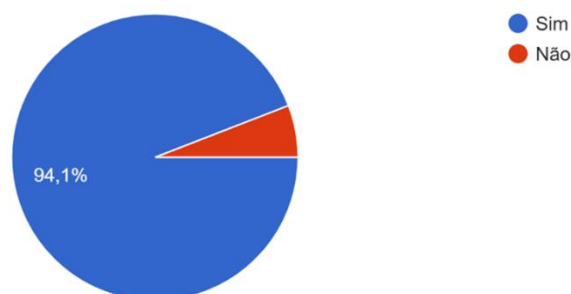


Figura 4-10: Características dos sistemas de sombreamento

Quanto à cor da iluminação artificial, houve um equilíbrio, 51% diz ser branca e 49% amarela, conforme Figura 4-11.

Qual a cor mais aproximada da iluminação artificial?

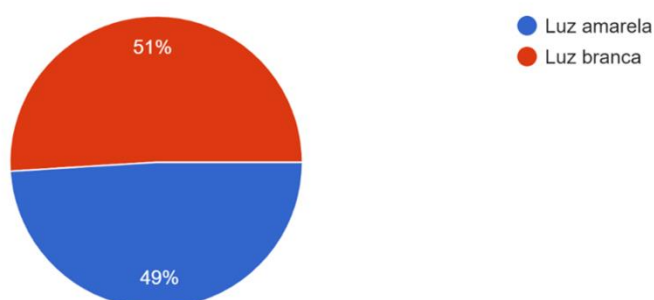


Figura 4-11: Cor da iluminação artificial

4.3.3 Conforto térmico na estação de aquecimento

A Tabela 4-6 apresenta um resumo das respostas subjetivas referentes às sensações de conforto na escala sétima, com as respectivas faixas de temperaturas médias horárias do ar no exterior, no momento em que respondiam ao questionário.

Na estação de aquecimento houveram apenas votos de conforto (voto 0) e pouco desconforto por frio (voto -1), com um total de 28 questionários respondidos. Deste total, 75% afirmaram estar em neutralidade térmica (voto 0), enquanto a faixa de temperatura do ar no

exterior variou entre 8 °C e 14 °C, com uma temperatura média de 11 °C e um desvio padrão de 1,68 °C.

Tabela 4-6: Votos de sensação térmica na estação de aquecimento

Voto	Conforto Térmico Subjetivo			
	Muito Desconforto -3	Desconforto -2	Pouco Desconforto -1	Conforto 0
Nº pessoas	---	---	7 (25%)	21 (75%)
Faixa de temp. ext (°C)	---	---	8 - 13	8 - 14
Média temp. ext. (°C)	---	---	11	11
SD (°C)	---	---	1,89	1,68

Das 21 pessoas (75%) que disseram estar em conforto 9 são mulheres (42,86%) e 12 são homens (57,14%), com apenas 9,52% do total dizendo haver alguma corrente de ar que lhes causassem incomodo. A média da resistência do vestuário das mulheres ficou em 0,95 clo enquanto que para os homens a média foi de 1,19 clo. Entre as mulheres, 44,44% afirmaram estar com algum tipo de aquecimento de ambiente ligado; 66,67% possuíam mesa de estudos próximas as janelas; 22,22% responderam ter vidros simples nas janelas e todas estavam com as janelas totalmente fechadas. Já entre os homens, 8,33% estavam com o aquecimento ligado; 83,33% sentavam próximos as janelas; 33,33% disseram ter vidros simples e 75% estavam com as janelas completamente fechadas.

Dos 7 alunos que responderam sentir pouco desconforto 42,86% afirmaram existir alguma corrente de ar que lhes causassem incomodo, sendo 3 mulheres (42,86%) e 4 homens (57,14%). A média da resistência do vestuário das mulheres foi de 1,43 clo; 33,33% estavam com o aquecedor de ambiente ligado; todas sentavam próximas as janelas; todas disseram possuir vidros duplos nas janelas e todas mantinham as janelas completamente fechadas. Para os homens, a resistência média das vestimentas foi de 0,95 clo; a metade estava com o aquecimento ligado; 75% sentavam próximos as janelas; 50% possuíam vidros simples e 75% estavam com as janelas totalmente fechadas.

A Figura 4-12 apresenta os pontos no momento em que cada questionário foi respondido sobre a linha de temperatura do ar no exterior, assim como os limites de conforto para 90% de aceitabilidade do ambiente térmico, calculados conforme o método adaptativo apresentado pela ASHRAE 55 (2017).

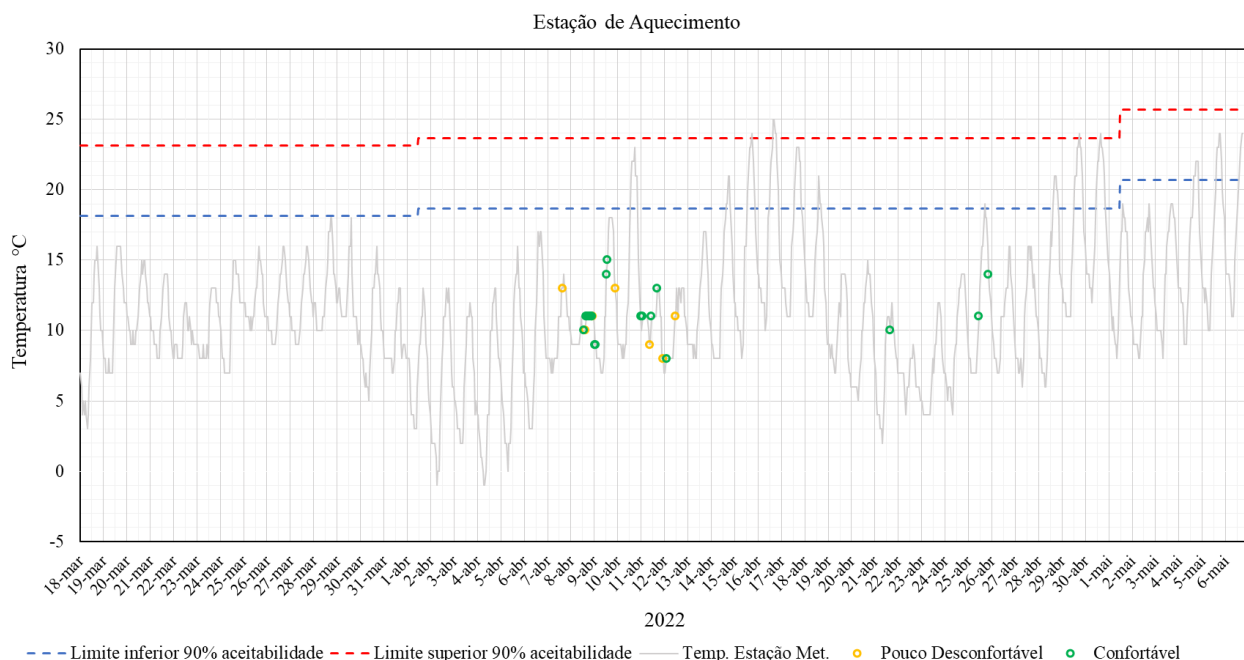


Figura 4-12: Gráfico das respostas na estação de aquecimento

4.3.4 Conforto térmico na estação de arrefecimento

Os votos relacionados às sensações de conforto térmico na estação de arrefecimento ficaram distribuídos entre o conforto (voto 0) e muito desconforto (voto +3), sempre relacionados ao desconforto por calor.

Do total de 66 pessoas, 32 afirmaram estar em conforto térmico no momento em que responderam ao questionário, representando 48,48%, com temperaturas externas variando entre 16 °C e 38 °C, com média de 24,4 °C e desvio padrão de 7,1 °C, conforme Tabela 4-7.

Tabela 4-7: Votos de sensação térmica na estação de arrefecimento

Voto	Conforto Térmico Subjetivo			
	Conforto 0	Pouco Desconforto +1	Desconforto +2	Muito Desconforto +3
Nº pessoas	32 (48,48%)	18 (27,27%)	11 (16,67%)	5 (7,58%)
Faixa de temp. ext. (°C)	16 - 38	17 - 40	24 - 38	34 - 38
Média temp. ext. (°C)	24,4	29,1	35,3	35,6
SD (°C)	7,1	7,5	3,9	1,8

Na estação de arrefecimento, durante o período de aplicação dos questionários, as temperaturas externas variaram entre 16 °C e 40 °C. Das 32 pessoas que expressaram o voto 0 (conforto), 19 são mulheres (59,38%) e 13 são homens (40,63%), com uma resistência média do vestuário de 0,72 clo e 0,32 clo, respectivamente. Entre as mulheres, 84,21% afirmaram estar sentadas próximas as janelas; 31,58% afirmaram possuir vidros simples nas janelas e 68,42% faziam utilização do estore fechado ou parcialmente fechado. Entre os homens, 92,31% sentavam próximos as janelas; 15,38% disseram ter vidros simples e 46,15% faziam uso do estore fechado ou parcialmente fechado.

Dos que expressaram os votos +1, +2 ou +3 (34 estudantes), 20 são mulheres (58,8%) e 14 são homens (41,18%), com as respectivas resistências de vestuário médias de 0,58 clo e 0,34 clo. Para a configuração das janelas, 55% das mulheres em desconforto disseram possuir vidros simples enquanto que para os homens 42,86%. Entre as mulheres, 70% sentavam próximas as janelas e 80% mantinham o estore fechado ou parcialmente fechado. Já entre os homens, 78,57% possuíam a mesa de estudos próximas as janelas e 85,71% faziam uso do estore fechado ou parcialmente fechado.

As 66 respostas, obtidas na estação de arrefecimento, podem ser vistas na Figura 4-13, também com a faixa de conforto térmico para 90% de aceitabilidade do ambiente, baseada na média de temperatura do ar exterior, conforme preconiza a ASHRAE 55 (2017).

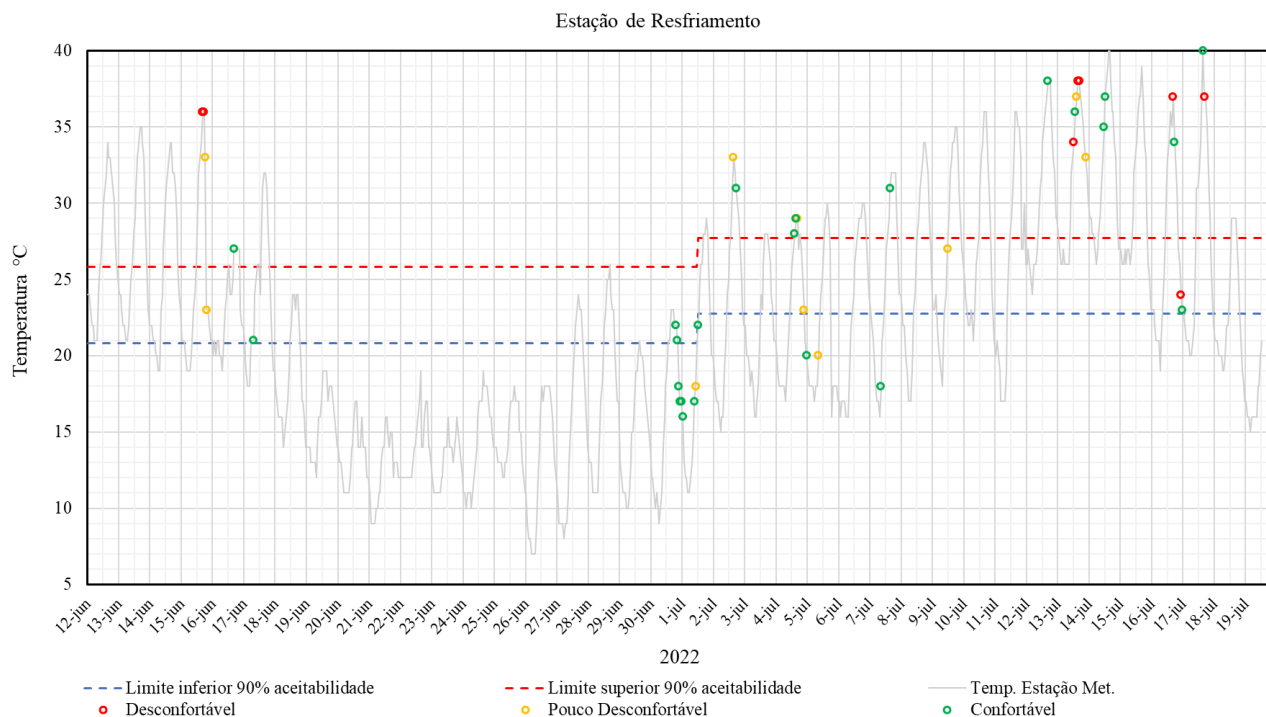


Figura 4-13: Gráfico das respostas na estação de arrefecimento

4.3.5 Conforto visual

Nesta seção foram reunidas as respostas relacionadas as percepções de conforto visual, conforme Figura 4-14, a maioria disse estar satisfeito ou muito satisfeito com as condições de iluminação natural, representando 72,6% das respostas.

Qual seu nível de satisfação com as condições de iluminação natural (luz solar) no seu local de estudo?

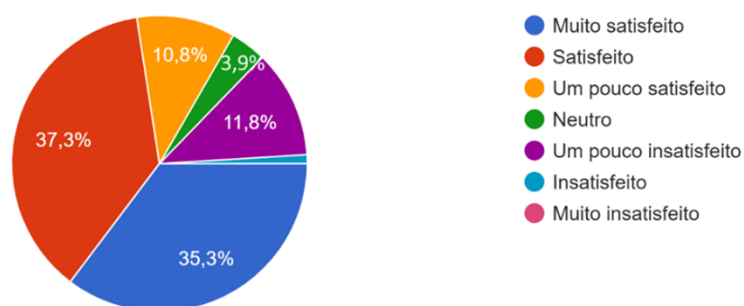


Figura 4-14: Nível de satisfação com as condições de iluminação natural

Em relação à iluminação artificial a satisfação também foi representada pela grande maioria, 76,4%, conforme Figura 4-15.

Qual seu nível de satisfação com as condições de iluminação artificial (candeeiros) no seu local de estudo?

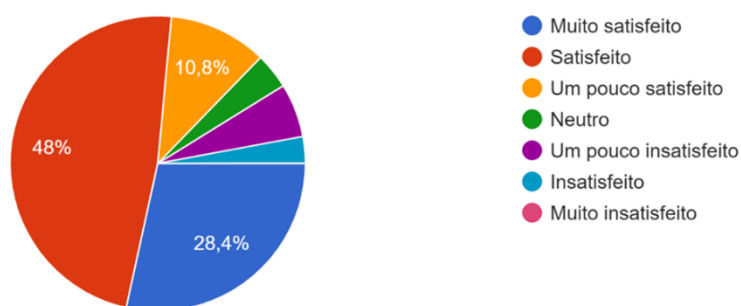


Figura 4-15: Nível de satisfação com as condições de iluminação artificial

Conforme Figura 4-16, mais da metade da amostra disse não precisar de iluminação artificial no período diurno, provavelmente graças a satisfação com as condições de iluminação natural, vide Figura 4-14.

Com que frequência você considera necessário utilizar a luz artificial no período diurno?

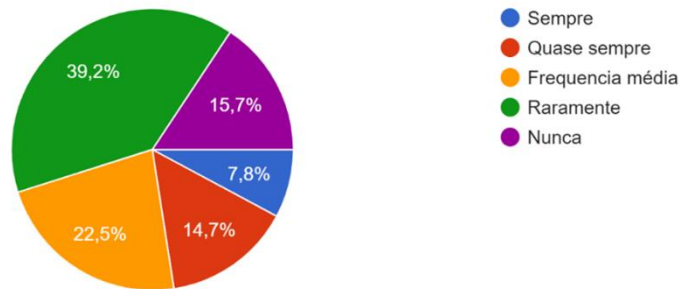


Figura 4-16: Frequência de utilização da luz natural durante o dia

Quando questionados sobre a preferência em relação a iluminação, 59,8% disse não preferir nenhum tipo de mudança, conforme Figura 4-17.

Como preferia que fosse a iluminação?

102 respostas

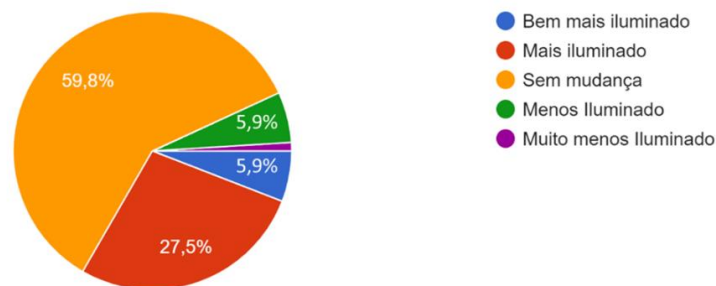


Figura 4-17: Preferência em relação a iluminação

4.3.6 Conforto acústico

Quanto as percepções relacionadas ao conforto acústico, a maioria disse não possuir nenhum ruído incomodo, estando assim confortáveis, Figura 4-18.

Em relação aos ruídos (conforto sonoro) em seu ambiente, na maior parte do tempo você considera...

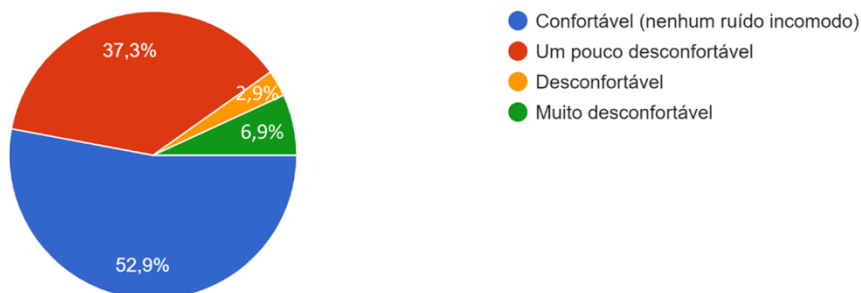


Figura 4-18: Conforto em relação aos ruídos

Dos que disseram possuir algum tipo de ruído que gerasse desconforto, o ruído dos veículos, seguido dos ruídos produzidos por habitantes da mesma residência, foram os mais incômodos, conforme Figura 4-19.

Marque a fonte de ruído que mais gera desconforto sonoro em seu local de estudos?

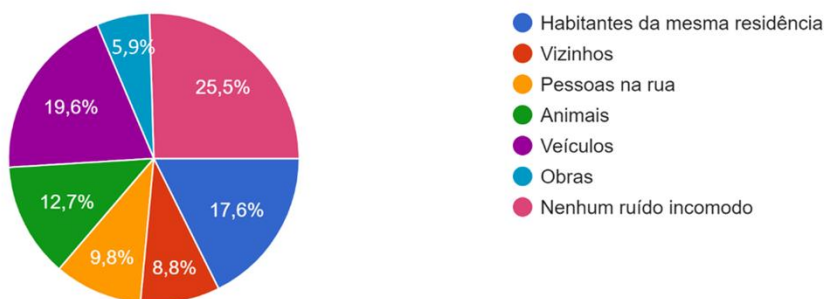


Figura 4-19: Ruído que causa maior desconforto

4.4 Suposições a partir do “cômodo padrão”

4.4.1 Introdução

Considerando as limitações no levantamento das medições dos parâmetros físicos nos locais onde foram respondidos os inquéritos, em razão da grande variabilidade de residências, dias e horários das entrevistas, tomou-se por base as condições ambientais internas de temperatura do ar e umidade relativa medidas no cômodo (intitulado neste capítulo de “cômodo padrão”), já detalhado previamente. Para fins de correlação entre os dados obtidos pela análise objetiva com as respostas subjetivas do inquérito, supôs-se que os ambientes dos entrevistados estivessem em iguais condições ambientais internas.

A partir desses dados e devidamente esclarecida a suposição, passou-se à análise dos índices de conforto térmico.

4.4.2 Análise do conforto térmico na estação de aquecimento

A Figura 4-20 apresenta, sobre o gráfico de temperatura no interior do cômodo padrão, os pontos no momento em que os questionários foram respondidos, assim como a temperatura do ar exterior e os limites de conforto para 90% de aceitabilidade do ambiente térmico, calculados conforme o método adaptativo apresentado pela ASHRAE 55 (2017).

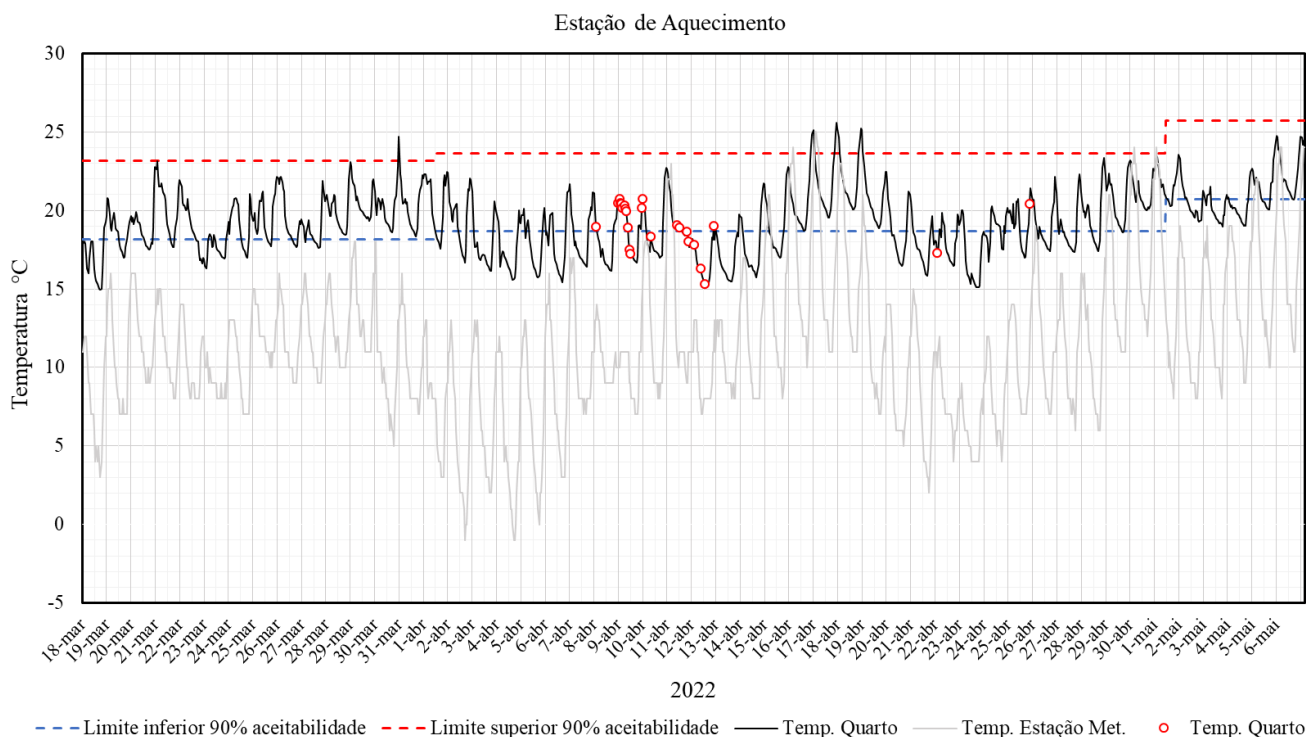


Figura 4-20: Gráfico da distribuição das temperaturas na estação de aquecimento

Para acrescentar outra análise de conforto térmico utilizou-se do diagrama de conforto térmico da WMO (1987), com as 28 respostas obtidas na estação de aquecimento, podendo ser vista na Figura 4-21.

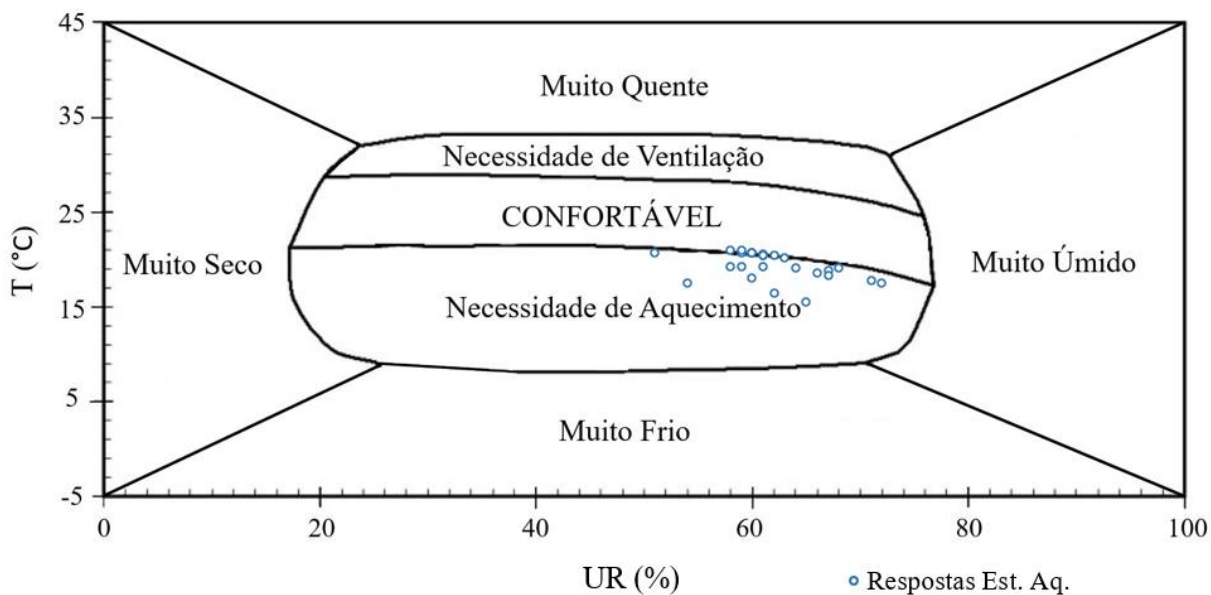


Figura 4-21: Diagrama WMO para a estação de aquecimento

A Tabela 4-8 apresenta um resumo dos resultados da avaliação do conforto térmico na estação de aquecimento, considerando os votos subjetivos, a temperatura do ar no “cômodo padrão” e aplicando as interpretações dos índices apresentados.

Tabela 4-8: Resumo das análises do conforto térmico na estação de aquecimento

Avaliação Subjetiva				
Voto	Muito Frio	Frio	Pouco Frio	Conforto
	-3	-2	-1	0
Nº pessoas			7,00	21,00
			25,00%	75,00%
Faixa de temp. (°C)			16,29 - 20,74	17,27 - 20,72
Média temp. (°C)			18,70	19,39
SD (°C)			1,21	1,18
Índice de Desconforto DI				
	Desconforto	Conforto Parcial		Conforto
Interpretação 1				
Nº pessoas				28
				100,00%
Intervalo DI				15,0 - 19,9
Interpretação 2				
Nº pessoas			10	18
			35,71%	64,29%
Intervalo DI			15,0 - 17,9	18,0 - 26,9
Temperatura Efetiva TE				
	Muito Frio	Frio	Pouco Frio	Conforto
Interpretação 1				
Nº pessoas			7	21
			25,00%	75,00%
Intervalo TE			9 - 17	17 - 21
Interpretação 2				
Nº pessoas			1	27
			3,57%	96,43%
Intervalo TE			8 - 15	15 - 22
WMO				
	Muito Frio	Necessidade de Aq.		Conforto
Nº pessoas			17	11
			60,71%	39,29%
ASHRAE 55				
		Fora do Conforto		Dentro do Conforto
Nº pessoas			9	19
			33,33%	70,37%

Nesta estação a análise objetiva considerou os dados de um período de 49 dias, podendo-se constatar que a temperatura no interior do cômodo permaneceu em 42% do tempo analisado abaixo do limite inferior, para 90% de aceitabilidade, estabelecido pela ASHRAE 55 (2017), ou seja, o cômodo padrão esteve em condição de desconforto por um período elevado do tempo analisado.

Durante este intervalo de dias, 28 estudantes responderam ao questionário e 75% deles disse estar em conforto, enquanto 25% em desconforto. Considerando a faixa de conforto térmico estabelecida pelo método adaptativo presente na ASHRAE 55 (2017), constatou-se que 70,37% dos estudantes estaria em condição de conforto se estivessem sob as mesmas condições higrotérmicas do cômodo padrão no momento em que responderam ao questionário, e conseqüentemente, 33,33% estaria fora da zona de conforto (desconforto por frio).

Respeitando as devidas suposições, extrai-se que os respectivos limites de conforto térmico estabelecidos pela ASHRAE 55 (2017) para o cômodo padrão se aproximaram das condições descritas pelos inquiridos em seus respectivos ambientes internos. Analisando todos os índices utilizados para prever as zonas de conforto, a interpretação 1 da temperatura efetiva (TE), Figura 3-10 (a), foi a que mais se aproximou da realidade das respostas subjetivas, seguida pela ASHRAE 55. As duas interpretações do índice DI, Figura 3-9, ficaram distantes do resultado apurado.

4.4.3 Análise do conforto térmico na estação de arrefecimento

As 66 respostas, obtidas na estação de arrefecimento, podem ser vistas na Figura 4-22, também com a dinâmica de temperatura do “cômulo padrão” e a faixa de conforto térmico para 90% de aceitabilidade do ambiente, baseada na média de temperatura do ar exterior, conforme preconiza a ASHRAE 55 (2017).

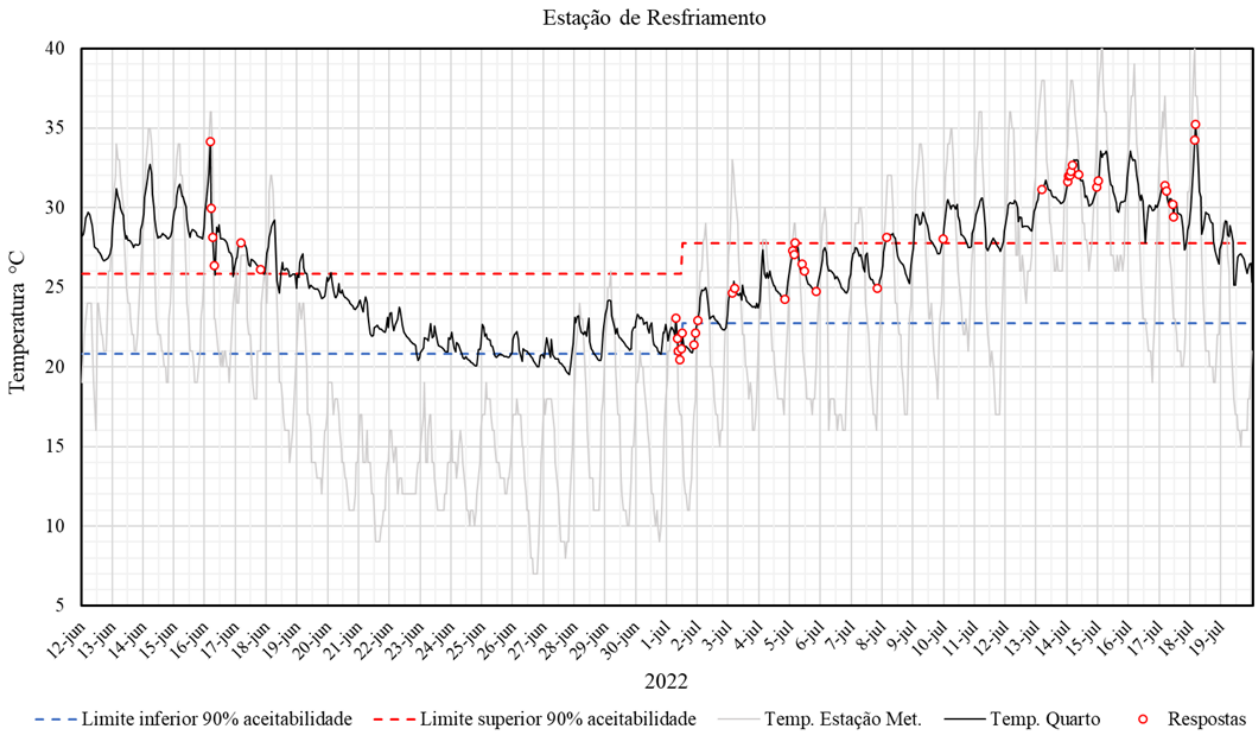


Figura 4-22: Gráfico da distribuição das temperaturas na estação de arrefecimento

A Figura 4-23 apresenta as respostas obtidas na estação de arrefecimento sobre o diagrama da WMO.

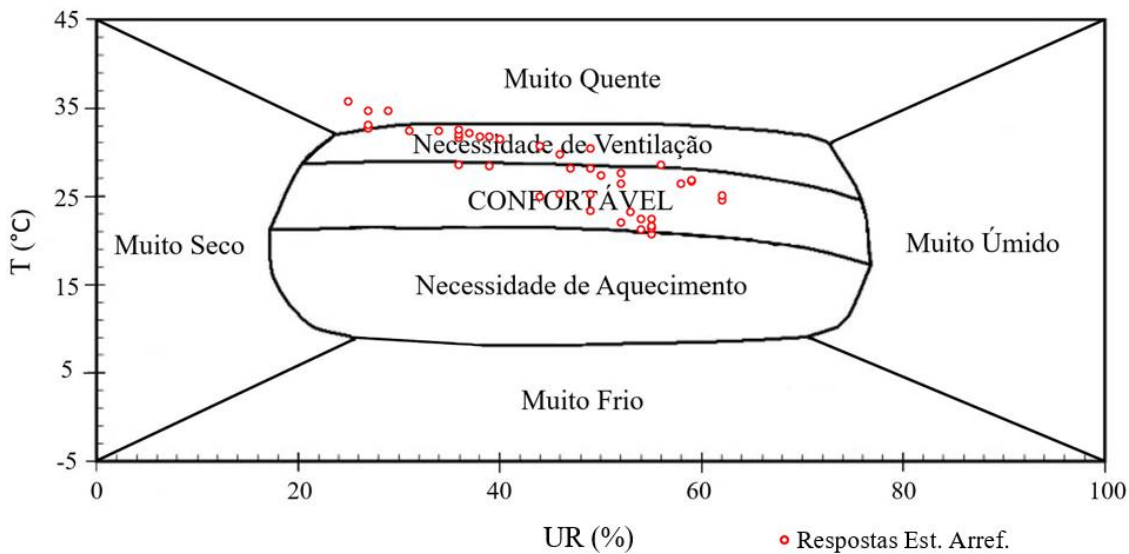


Figura 4-23: Diagrama WMO para a estação de arrefecimento

A Tabela 4-9 apresenta um resumo dos resultados da avaliação do conforto térmico na estação de arrefecimento.

Tabela 4-9: Resumo das análises do conforto térmico na estação de arrefecimento

Avaliação Subjetiva				
Voto	Conforto 0	Pouco Quente +1	Quente +2	Muito Quente +3
Nº pessoas	32	18	11	5
	48,48%	27,27%	16,67%	7,58%
Faixa de temp. (°C)	20,5 - 32,0	21,0 - 32,1	30,0 - 35,2	31,3 - 32,7
Média temp. (°C)	25,5	28,0	32,0	31,7
SD (°C)	3,9	3,5	1,7	0,5
Índice de Desconforto DI				
	Conforto	Conforto Parcial	Desconforto	
Interpretação 1				
Nº pessoas	9	54	3	
	13,64%	81,82%	4,55%	
Intervalo DI	15 - 19,9	20 - 26,4	>26,4	
Interpretação 2				
Nº pessoas	65	1		
	98,48%	1,52%		
Intervalo DI	18 - 26,9	>26,9		
Temperatura Efetiva TE				
Interpretação 1	Conforto	Pouco Quente	Quente	Muito Quente
Interpretação 1				
Nº pessoas	18	6	39	3
	27,27%	9,09%	59,09%	4,55%
Intervalo TE	17 - 21	21 - 23	23 - 27	>27
Interpretação 2				
Nº pessoas	21	3	28	14
	31,82%	4,55%	42,42%	21,21%
Intervalo TE	15 - 22	22 - 23	23 - 26	>26
WMO				
	Conforto	Necessidade Ventilação	Muito Quente	
Nº pessoas	34	28	4	
	51,52%	42,42%	6,06%	
ASHRAE 55				
	Dentro do Conforto	Fora do Conforto		
Nº pessoas	27	39		
	40,91%	59,09%		

Na estação de arrefecimento as medições se estenderam por um período de 37 dias e os dados mostraram que a temperatura do ar no interior do cômodo ficou em 43,4% do tempo acima do limite superior estabelecido, utilizando a ASHRAE 55 (2017), também demonstrando uma percentagem semelhante a qual o ambiente interno proporcionou uma situação de desconforto térmico, agora por calor excessivo. Utilizando a mesma forma de análise aplicada na estação anterior, constatou-se que 40,91% da amostra estaria em condição de conforto térmico e 59,09% fora da zona de conforto (desconforto por calor), considerando as suposições e os limites de temperatura obtidos pela ASHRAE 55 (2017).

A temperatura média foi de 25,5 °C (sd=3,9 °C) para os 48,48% que se sentiam confortáveis, considerando a hipótese de terem respondido o questionário expostos às mesmas condições do cômodo padrão.

De todos os métodos utilizados, o método gráfico utilizado pelo WMO previu da melhor forma a porcentagem de participantes dentro do conforto nessa estação (51,52%), seguido pela ASHRAE 55.

Porém, levando em consideração que não foram levantadas as diversas condições higrotérmicas reais dos alojamentos dos inquiridos, reforça-se que as análises expostas neste tópico são hipotéticas, assim, não podendo ser validadas.

5. Conclusões

5.1 Conclusões gerais

Todo o estudo decorreu no ano de 2022, em dois períodos distintos, de 18 de março a 6 de maio e de 12 de junho a 19 de julho, representando, respectivamente, a estação de aquecimento e a estação de arrefecimento. O objetivo principal era avaliar as condições de conforto térmico dos estudantes perante as condições climáticas da região nas situações com maior potencial gerador de desconforto, temperaturas externas demasiadamente baixas ou elevadas.

O cômodo tido como padrão, onde foram efetuadas as medições, não apresentou condições térmicas satisfatórias em ambos os períodos analisados, oferecendo temperaturas abaixo do limite, para 90% de aceitabilidade da ASHRAE, em 42% do tempo analisado na estação de aquecimento e ficando apenas 47,3% dentro dos limites de conforto no período de arrefecimento.

Para a aplicação dos índices de conforto térmico foram feitas as suposições, apenas à caráter didático, dada à falta de recursos técnicos, equipamentos e tempo hábil para se conhecer os parâmetros de cada cômodo no momento do preenchimento de cada questionário.

Verificou-se a dificuldade em se efetuar um estudo de conforto térmico em campo, devido à grande variabilidade de condições e características dos edifícios e de seus ocupantes, sabendo que a análise subjetiva deve ser acompanhada da análise objetiva, para que assim, sejam obtidas conclusões concretas.

A envoltória dos edifícios possui substancial relação com o conforto térmico, acústico e visual, sendo a principal influenciadora das condições de conforto ambiental interior.

Além da preocupação com a qualidade dos alojamentos estudantis, destaca-se a baixa disponibilidade dos mesmos, independente de suas condições.

Vale ressaltar a atipicidade das temperaturas e precipitações no ano de 2022, se comparado aos dados da normal climatológica apresentada (1981 a 2010). Dos 7 primeiros meses do ano, janeiro, fevereiro, maio e julho apresentaram aumento acima de 12% nas temperaturas médias, médias máximas e médias mínimas. Já em relação às precipitações, janeiro e fevereiro, meses tipicamente chuvosos, apresentaram menos de 10% das precipitações registradas pela normal climatológica.

Considerando as opiniões subjetivas dos estudantes, mais da metade (51,52%) demonstrou algum nível de desconforto por calor na estação de arrefecimento e um quarto apresentou desconforto por frio na estação de aquecimento. O desconforto acústico foi referido como o maior causador de incômodo, representando 38,2% da escolha de todos os participantes, seguido do desconforto térmico, na proporção de 31,4%.

Apesar dos dados indicarem que a estação de aquecimento recebeu respostas de maior conforto no comparativo com a estação de arrefecimento, há de se destacar que esse estudo não contemplou o pico de inverno, tendo considerado, porém, o pico de verão, de modo que não se pode precisar que os indivíduos, de fato, possuem melhores condições de conforto na estação de aquecimento.

Conforme estudos apresentados, as condições ambientais internas têm grande influência na saúde e bem-estar das pessoas, especialmente diante do tempo de permanência em suas residências, podendo influenciar diretamente na percepção da tão desejada qualidade de vida humana.

É inerente à natureza humana buscar melhores condições de conforto e comodidade, não por outra razão que a sociedade está em constante busca por tecnologias que nos tragam alguma forma de conforto. No caso do estudo em pauta, na medida em que considerável parcela da amostra externaliza condições de desconforto, reforça-se a necessidade de implementar e aperfeiçoar as habitações existentes, dando sempre preferência às soluções passivas, buscando o menor gasto energético e conseqüente redução do impacto ao meio ambiente.

5.2 Sugestões de trabalhos futuros

- Considerar ambos os extremos de temperatura para análises de conforto futuras, abrangendo o estudo aos períodos mais significativos;
- Por meio de software, modelar o ambiente do comodo em estudo, para através de simulações térmicas computacionais, comparar o comportamento do edificio aos dados físicos obtidos, ajudando a compreender os efeitos da envoltória e agregando mais informações para a análise do conforto térmico;
- Ampliar o tamanho da amostra para a analise subjetiva, aumentando o número de inquiridos pelo questionário.

REFERÊNCIAS

- ADENE - Agência para a Energia. (2019). *Manual de Eficiência Energética*. <https://www.ecoap.pt/wp-content/uploads/2019/01/Manual-de-Eficiencia-Energetica.pdf>
- Almeida, M. A., Gutierrez, G. L., & Marques, R. F. R. (2012). *Qualidade de vida: definição, conceitos e interfaces com outras áreas de pesquisa*. EACH/USP. http://www5.each.usp.br/wp-content/uploads/2019/01/qualidade_vida.pdf
- Andrade, J. M. (2009). *Caracterização do conforto acústico em escolas* [Dissertação de Mestrado]. Universidade do Porto.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2017). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ASHRAE 55: 2017.
- Auliciems, A., & Szokolay, S. (2007). *Thermal Comfort*. PLEA in association with Dept. of Architecture, University of Queensland.
- Bestetti, M. L. T. (2014). Ambiência: espaço físico e comportamento. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 17(3), 601–610. <https://doi.org/10.1590/1809-9823.2014.13083>
- Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., & Tinz, B. (2012). Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 515–535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>
- Bracarense, L., la Cruz, B., Monteiro, A., Santos, A., Venâncio, S., & Pereira, E. (2018). Índices de conforto térmico: limitações e variações de classificação. *8º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS 2018)*, 13.
- Broega, A. C. (2007). *Contribuição para a Definição de Padrões de Conforto de Tecidos Finos de Lã* [Tese de Doutorado]. Universidade do Minho.
- Calendarr. (2022). Recuperado 31 de julho de 2022, de <https://www.calendarr.com/portugal/estacoes-do-ano/>
- Comissão Europeia. (2019). *Pacto Ecológico Europeu*. Recuperado 15 de novembro de 2022, de <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20221128STO58002>
- Copernicus Climate Change Service (C3S). (2020). Copernicus: 2020 warmest year on record for Europe; globally, 2020 ties with 2016 for warmest year recorded. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* (Vol. 143, nº 702). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/qj.2949>
- Copernicus Climate Change Service (C3S). (2022). *Observer: A wrap-up of Europe's summer 2022 heatwave*. Recuperado 25 de novembro de 2022, de <https://www.copernicus.eu/en/news/news/observer-wrap-europes-summer-2022-heatwave>
- Corbella, O., & Yannas, S. (2003). *Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos*. (2ª Ed). Editora Revan.
- Decreto-Lei n.º 14/2022. (2022). Diário da República n.º 9/2022, 1º Suplemento, Série I de (2022-13-01) páginas 3 – 6. <https://files.dre.pt/1s/2022/01/00900/0000300006.pdf>

- Decreto-Lei n.º 101-D/2020. (2020). Diário da República n.º 237/2020, 1º Suplemento, Série I de (2020-12-07) páginas 21 – 45. <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/101-d-2020-150570704>
- Dicionário Online Priberam de Português. (2022). Recuperado 23 de novembro de 2022, de <https://dicionario.priberam.org/conforto>
- Din, M. F. M., Lee, Y., Ossen, D. R., Mohanadoss, P., Iwao, K., & Chelliapan, S. (2014). Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. *Journal of Thermal Biology*, 41(1), 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.01.004>
- Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). (2021). Manual SCE - Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios. <https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2021/07/Manual-SCE.pdf>
- Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC). (2022). *Principais Resultados RAIDES 21*. <https://www.dgeec.mec.pt/np4/1370.html>
- Escola Superior de Tecnologia de Viseu (ESTGV). (2022). *Relatório de Atividades 2021*. <https://www.estgv.ipv.pt/userfiles/Instrumentos%20de%20Gestao/Relatorio%20Atividades%20ESTGV%202021.pdf>
- Escola Superior de Tecnologia de Viseu – Departamento de Engenharia Civil (ESTGV-DEC). (2022). Recuperado 24 de agosto de 2022, de <https://dep.estgv.ipv.pt/departamentos/dcivil/viseu/>
- European Norm. (2006). *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics* (EN 15251:2006).
- European Norm. (2007). *Ventilation for buildings - Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration* (EN 15242:2007).
- European Norm. (2011). *Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor workplaces* (EN 12464-1:2011).
- European Norm. (2019). *Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics* (EN 16798-1:2019).
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book Company.
- Fanger, P. O. (1973). *Assessment of man's thermal comfort in practice*. Em *British Journal of Industrial Medicine* (Vol. 30, nº 4, p. 313–324). <https://doi.org/10.1136/oem.30.4.313>
- Fante, K., Neto, J. L. S., & Dubreuil, V. (2017). Avaliação Comparativa entre Metodologias de Identificação de Situações de Conforto Térmico Humano Aplicado ao Contexto Tropical. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21. <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.53839>
- Frontczak, M. (2011). *Human comfort and self-estimated performance in relation to indoor environmental parameters and building features*. <https://escholarship.org/uc/item/1nv5k5qx>

- Frota, A. B., & Schiffer, S. R. (1995). *Manual de Conforto Térmico*. (5ª Ed). Studio Nobel.
- Gobo, J. P. A., Galvani, E., Wollmann, C. A., & Gonçalves, F. L. T. (2018). Calibração das Faixas de Conforto Térmico Humano para Espaços Abertos em Clima Subtropical. *Geography Department University of Sao Paulo*, 129–139. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.140606>
- Greven, H. A., Fagundes, H. A., & Einsfeldt, A. A. (2006). *ABC do conforto acústico*. WORD Comunicação.
- Guise, M. I. (2014). *Assessment of the thermal environment in a textile plant for automotive components*. <http://hdl.handle.net/1822/33359>
- Hausfather, Z., & Friedlingstein, P. (2022). *Global carbon dioxide emissions from fossil fuels and cement have increased by 1.0% in 2022, new estimates suggest, hitting a new record high of 36.6 bntonnes of CO2 (GtCO2)*. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>
- International Organization for Standardization. (2002). *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities (ISO 7726:2002)*.
- International Organization for Standardization. (2005). *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005)*.
- International Organization for Standardization. (2002). *Lighting of indoor work places (ISO 8995:2002)*.
- Instituto Nacional de Estatísticas (INE). (2022). Recuperado 24 de agosto de 2022, de <https://www.ine.pt/>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (2022). Recuperado 24 de agosto de 2022, de <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (2022). *Normal Climatológica – Viseu 1981-2010*. Recuperado 26 de agosto de 2022, de <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/022/>
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - Proc. 5101/14/16598. (2010). *Aspectos Subjetivos do Conforto Visual: Percepções e Expectativas*. <http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1000381>
- Lamberts, R., & Xavier, A. A. (2002). *Conforto Térmico e Stress Térmico*. [Documento não publicado]. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Lin, Y., Yang, L., Zheng, W., & Ren, Y. (2015). Study on Human Physiological Adaptation of Thermal Comfort under Building Environment. *Procedia Engineering*, 121, 1780–1787. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.157>
- Lucena, R. L., Júnior, J. B. C., & Steinke, E. T. (2020). *Índices de (des)conforto humano em um município de clima semiárido*. 13, 3287–3303. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>
- NASA. (2022). *What is the greenhouse effect? – Climate Change: Vital Signs of the Planet*. Recuperado 23 de novembro de 2022, de <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>

- Newsham, G. R., Aries, M. B. C., Mancini, S., & Faye, G. (2008). Individual control of electric lighting in a daylit space. *Lighting Research and Technology*, 40(1), 25–41. <https://doi.org/10.1177/1477153507081560>
- Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- Oliveira, A. M., & Corvacho, H. (2021). Application of thermal comfort assessment models to indoor areas near glazed walls - experimental evaluation. *Revista de la Construcción*, 20(1), 106–127. <https://doi.org/10.7764/RDLC.20.1.106>
- Parlamento Europeu. (2022). *Eficiência energética: novas regras da UE para edifícios e casas*. Recuperado 19 de novembro de 2022, de <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20180328STO00750/eficiencia-energetica-novas-regras-da-ue-para-edificios-e-casas>
- Parlamento Europeu. (2021). *Emissões de gases com efeito de estufa por país e setor (Infografia)*. Recuperado 19 de novembro de 2022, de <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180301STO98928/emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa-por-pais-e-setor-infografia>
- Parsons, K. (2002). *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance*. (3ª Ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16750>
- Patrício, J. (2018). *A Acústica na Reabilitação de Edifícios*. (4ª Ed). Engebook.
- Peeters, L., Dear, R. de, Hensen, J., & D’haeseleer, W. (2009). Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. Em *Applied Energy* (Vol. 86, Número 5, p. 772–780). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.011>
- Plano de Recuperação e Resiliência Português (PRR). (2022). Recuperado 8 de setembro de 2022, de <https://recuperarportugal.gov.pt/>
- Plano Nacional no Ensino Superior para o Alojamento (PNAES). (2022). Recuperado 8 de setembro de 2022, de <https://pnaes.pt/>
- Raimondo, D., Corgnati, S. P., & Olesen, B. W. (2012). *Evaluation methods for indoor environmental quality assessment according to EN 15251*. <http://www.rehva.eu/en/rehva-european-hvac-journal>
- Portaria n.º 35-A/2022. (2022). Diário da República n.º 10/2022, 1º Suplemento, Série I de (2022-01-14), páginas 4 – 35.
- Riffelli, S. (2021). Global comfort indices in indoor environments: A survey. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212784>
- Santos, J. S., Silva, V. P. R., Silva, E. R., Araújo, L. E., & Costa, A. D. (2012). Revista Brasileira de Geografia Física Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. Em *Revista Brasileira de Geografia Física* (Vol. 03). www.ufpe.br/rbgfe

-
- Talaia, M., & Silva, M. (2010). *Ambiente Térmico em Sala de Aula Influência no Processo Ensino de Aprendizagem*. Universidade de Aveiro. <https://docplayer.com.br/36123339-Ambiente-termico-em-sala-de-aula-influencia-no-processo-ensino-e-aprendizagem.html>
- Veitch, J. A., Newsham, G. R., Boyce, P. R., & Jones, C. C. (2008). Lighting appraisal, well-being and performance in open-plan offices: A linked mechanisms approach. *Lighting Research and Technology*, 40(2), 133–148. <https://doi.org/10.1177/1477153507086279>
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2006). *Indoor air quality effects on office work*. <https://www.researchgate.net/publication/288154576>
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2007). The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257). *HVAC and R Research*, 13(2), 193–220. <https://doi.org/10.1080/10789669.2007.10390951>
- WMO. (1987). *Climate and Human Health World Climate Programme Applications*. Recuperado 13 de setembro de 2022, de https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=16634
- Xavier, T. C., Oliveira, W. D., & Fialho, E. S. (2021). Análise das condições de conforto térmico da cidade de Vitória, ES. *Geography Department University of Sao Paulo*, 41, e172471. <https://doi.org/10.11606/eissn.2236-2878.rdg.2021.172471>

REFERÊNCIAS

ANEXO A – QUESTIONÁRIO

25/11/2022 15:15

Questionário sobre Conforto Ambiental

Questionário sobre Conforto Ambiental

Meu nome é Luiz Felipe Germiniani, mestrando em Engenharia de Construção e Reabilitação na Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (IPV). Estou a estudar o conforto ambiental no interior de edifícios residenciais de estudantes. Os principais fatores que definem a qualidade do ambiente interior são o conforto térmico, a qualidade do ar interior, o conforto acústico e o conforto visual. Com o intuito de obter dados relacionados ao conforto ambiental subjetivo (opiniões pessoais), no decorrer da minha dissertação de mestrado, encontro-me a inquirir estudantes em relação as suas percepções de conforto ambiental quando estão a exercer suas atividades académicas em suas residências. Todas as perguntas possuem cunho científico. A avaliação da percepção de conforto constitui um importante componente para estabelecer as condições necessárias de um ambiente adequado às atividades humanas. Estudos mostram que as condições de conforto ambiental podem afetar o desempenho, o bem-estar e a saúde dos usuários. Além dos impactos sociais, edifícios que não contribuem para as condições de conforto trazem prejuízo financeiro, pois demandam maior consumo de energia com aquecimento e/ou resfriamento. Isso mostra a importância em entender, estudar e aprimorar este campo na engenharia civil.

Responda a este questionário em seu local de estudos, em sua residência, após um tempo mínimo de permanência neste local de 30 min. Este questionário é anônimo e suas respostas serão utilizadas somente para fins de estudo. Não há respostas certas ou erradas.

*Obrigatório

1. Data e hora da aplicação do Questionário *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019, às 11h03

2. Sexo? *

Marcar apenas uma oval.

Feminino

Masculino

3. Qual seu peso? em kg *

4. Qual sua altura? em m *

5. Descreva rapidamente seu principal local de estudos em sua residência. *
(Exemplos: Mesa para estudos no quarto, Cama do quarto, Sofá da Sala, Mesa para estudos na Sala, Mesa de jantar na Sala, Mesa da Cozinha)

6. Selecione todas a vestimentas que está usando agora *

Marque todas que se aplicam.

- Roupa interior
- T-shirt
- Sweatshirt
- Casaco
- Blusão
- Camisola
- Calção
- Meias curtas
- Meias altas
- Meias grossas
- Calças leves
- Calças pesadas
- Saia
- Vestido

7. Qual a tipologia da sua habitação? *

Marcar apenas uma oval.

- T0 (estúdio, s/ divisões)
- T1 (1 quarto)
- T2 (2 quartos)
- T3 (3 quartos)
- T4 (4 quartos)
- T5 (5 quartos)

25/11/2022 15:15

Questionário sobre Conforto Ambiental

8. Quantas pessoas habitam sua residência? *

Marcar apenas uma oval.

- Uma (somente eu)
- Duas (Eu + 1)
- Três (Eu + 2)
- Quatro (Eu + 3)
- Cinco (Eu + 4)
- Mais de Cinco

9. Quantas pessoas costumam estar próximas a você (mesmo cômodo) quando está a estudar? *

Marcar apenas uma oval.

- Nenhuma
- Uma
- Duas
- Tres
- Quatro
- Cinco

10. Do total do tempo dedicado as suas atividades acadêmicas (aulas + estudos), * qual valor melhor representa o tempo gasto com estas atividades em sua residência?

Marcar apenas uma oval.

- 0%
- 10%
- 20%
- 30%
- 40%
- 50%
- 60%
- 70%
- 80%
- 90%
- 100%

11. Como você está se sentindo neste exato momento? *

Marcar apenas uma oval.

- Com muito frio
- Com frio
- Com um pouco de frio
- Neutro (Nem calor / nem frio)
- Com um pouco de calor
- Com calor
- Com muito calor

25/11/2022 15:15

Questionário sobre Conforto Ambiental

12. A sensação descrita acima está... *

Marcar apenas uma oval.

- Confortável
- Um pouco desconfortável
- Desconfortável
- Muito desconfortável

13. Como você preferiria estar agora? *

Marcar apenas uma oval.

- Muito mais frio
- Mais frio
- Um pouco mais frio
- Sem mudança
- Um pouco mais quente
- Mais quente
- Muito mais quente
- Outro: _____

14. Como você julga o ambiente térmico onde se encontra? Na maior parte do tempo é... *

Marcar apenas uma oval.

- Aceitável
- Inaceitável

15. Qual a sua tolerância a este ambiente térmico? *

Marcar apenas uma oval.

- Perfeitamente suportável
- Fácil de suportar
- Difícil de suportar
- Muito difícil de suportar
- Insuportável

16. Existe alguma corrente de ar no seu ambiente que lhe causa incomodo? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

17. Possui algum sistema de aquecimento de ambiente? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

18. Este sistema encontra-se ligado neste momento? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

25/11/2022 15:15

Questionário sobre Conforto Ambiental

19. Sua mesa de estudos encontra-se próxima a janelas? (até 1m) *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

20. Como são os vidros da janela? *

Marcar apenas uma oval.

Duplos

Simples

21. Neste momento qual a condição das janelas (vidros)? *

Marcar apenas uma oval.

Totalmente abertas

Parcialmente abertas

Fechadas

22. As janelas possuem algum sistema de sombreamento? (cortinas, persianas, estores) *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

23. Neste momento, este sistema de sombreamento encontra-se... *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente Aberto
 Parcialmente aberto
 Fechado

24. Qual seu nível de satisfação com as condições de iluminação natural (luz solar) no seu local de estudo?

Marcar apenas uma oval.

- Muito satisfeito
 Satisfeito
 Um pouco satisfeito
 Neutro
 Um pouco insatisfeito
 Insatisfeito
 Muito insatisfeito

25. Qual seu nível de satisfação com as condições de iluminação artificial (candeeiros) no seu local de estudo?

Marcar apenas uma oval.

- Muito satisfeito
 Satisfeito
 Um pouco satisfeito
 Neutro
 Um pouco insatisfeito
 Insatisfeito
 Muito insatisfeito

25/11/2022 15:15

Questionário sobre Conforto Ambiental



26. Com que frequência você considera necessário utilizar a luz artificial no período diurno? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre
- Quase sempre
- Frequencia média
- Raramente
- Nunca

27. Qual a cor mais aproximada da iluminação artificial? *

Marcar apenas uma oval.

	
--	---

Luz amarela

Luz branca

28. Em relação a iluminação, marque todas as condições que lhe incomodam em algum momento do dia *

Marque todas que se aplicam.

- A iluminação natural é mais forte do que o necessário
- A iluminação artificial é mais forte do que o necessário
- A iluminação artificial é mais fraca do que o necessário
- Me sinto ofuscado(a) pela iluminação natural
- Me sinto ofuscado(a) pela iluminação artificial
- A iluminação natural gera reflexo na tela do computador
- A iluminação artificial gera reflexo na tela do computador
- Há incidência da luz solar direta no meu local de estudo
- A cor da iluminação artificial é desagradável
- Nenhum problema com a iluminação

29. Como preferia que fosse a iluminação? *

Marcar apenas uma oval.

- Bem mais iluminado
- Mais iluminado
- Sem mudança
- Menos Iluminado
- Muito menos Iluminado

30. Em relação aos ruídos (conforto sonoro) em seu ambiente, na maior parte do tempo você considera... *

Marcar apenas uma oval.

- Confortável (nenhum ruído incomodo)
- Um pouco desconfortável
- Desconfortável
- Muito desconfortável

25/11/2022 15:15

Questionário sobre Conforto Ambiental

31. Marque a fonte de ruído que mais gera desconforto sonoro em seu local de estudos? *

Marcar apenas uma oval.

- Habitantes da mesma residência
- Vizinhos
- Pessoas na rua
- Animais
- Veículos
- Obras
- Nenhum ruído incomodo

32. O que você considera causar maior desconforto em seu ambiente de estudos? *

Marcar apenas uma oval.

- Desconforto Térmico
- Desconforto Visual
- Desconforto Acústico
- Qualidade do ar (odores, ar muito seco ou muito húmido)

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários