U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM JARDINS DE INFÂNCIA – CASOS DE ESTUDO NO MARCO DE CANAVESES

JOANA MAFALDA SOUSA GUIMARÃES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientadora: Professora Doutora Eva Sofia Botelho Machado Barreira

Coorientador: Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida

JUNHO DE 2023

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2022/2023

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2022/2023 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2022*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e irmã

"A educação é o nosso passaporte para o futuro, pois, o amanhã pertence às pessoas que se preparam hoje."

Malcom X

AGRADECIMENTOS

Quero manifestar o meu profundo agradecimento a todos que me acompanharam durante a realização desta dissertação, pois o seu apoio incalculável e encorajamento foram cruciais para este objetivo.

Primeiramente quero expressar o meu sincero agradecimento à minha orientadora, Professora Doutora Eva Sofia Botelho Machado Barreira, pelas suas orientações e conhecimentos que foram vitais para a realização deste trabalho. Obrigada pela sua dedicação e orientação académica que me permitiu elaborar a minha pesquisa. Sinto-me grata pela oportunidade que tive em poder realizar este trabalho sob o seu supervisionamento.

Ao meu coorientador, Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida, pelo apoio e orientações inestimáveis durante este trabalho. Pelas suas sugestões e comentários que foram uma mais-valia para aprimorar a minha dissertação. Sinto-me grata pela sua contribuição e por partilhar o seu conhecimento comigo.

Agradeço ao Laboratório de Física das Construções da FEUP, especialmente ao diretor, Professor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas, pela disponibilidade e permissão na utilização dos equipamentos necessários para as medições e ao Engenheiro Eduardo Costa por todos os conhecimentos técnicos relacionados ao seu funcionamento.

Ao IPMA, especialmente ao Ricardo Deus, pela disponibilidade, pela atenção e pelo fornecimento dos dados indispensáveis à elaboração desta dissertação.

Às educadoras e auxiliares dos jardins de infância que generosamente colaboraram na realização deste estudo. Agradeço especialmente às diretoras dos agrupamentos escolares pela sua valiosa autorização e apoio para este processo de pesquisa.

Gostaria de dedicar um agradecimento especial à minha família. Obrigada a vocês, meus pais e irmã, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por sempre acreditarem em mim. Sem o vosso amor e suporte, não era possível a realização deste trabalho.

Agradeço também ao meu namorado, Samuel, pela sua paciência, compreensão e apoio contínuo neste percurso académico. A sua motivação, conselhos e críticas foram fundamentais para encarar os desafios e alcançar os meus objetivos nesta jornada. A sua presença na minha vida é fundamental.

Aos pais do meu namorado, também manifesto o meu agradecimento. Por me terem acolhido da melhor forma, pelo apoio, incentivo e confiança ao longo deste período.

Agradeço ainda aos meus amigos, que me acompanharam nesta fase académica, por todas as palavras, concelhos, apreço e por partilharem o seu tempo comigo.

Por fim, gostaria de dedicar o meu agradecimento a todos os que permitiram, de alguma forma, a concretização desta dissertação. Manifesto o meu profundo agradecimento a todos vocês que desempenharam um papel fundamental nesta conquista.

RESUMO

Nos jardins de infância, proporcionar o bem-estar e o desenvolvimento global das crianças é primordial, sendo que para tal é necessário que o conforto térmico seja assegurado. O facto de as crianças estarem num processo de desenvolvimento faz com que apresentem uma maior sensibilidade às variações de temperatura e tenham maior dificuldade em regular a sua temperatura corporal quando comparadas aos adultos. Assim, promover condições térmicas confortáveis nos jardins de infância é fundamental para que haja um ambiente adequado ao crescimento saudável.

A presente dissertação tem como intuito a avaliação das condições de conforto térmico em cinco jardins de infância localizados na região de Marco de Canaveses. Para essa finalidade, foi realizada uma campanha experimental, entre o período de fevereiro e maio, na qual foram monitorizados, em contínuo, os parâmetros da temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono. De forma a obter uma compreensão mais detalhada do ambiente térmico dos espaços em estudo, foram realizadas duas campanhas, em períodos distintos, para a recolha de informação sobre a sensação e a preferência térmica dos ocupantes por meio de questionários.

Realizadas as campanhas, foi feita uma análise dos dados recolhidos, através da aplicação do modelo adaptativo da norma EN 16798. Os resultados dos inquéritos foram tratados segundo uma abordagem analítica. Os níveis da concentração de dióxido de carbono surgem como um indicador da qualidade do ar, sendo que foram avaliados segundo os limites recomendados pela Portaria nº138-G/2021.

Os resultados obtidos demonstraram uma variação nas condições de conforto térmico nos diferentes jardins de infância. Globalmente, através do modelo adaptativo, verificou-se que os valores da temperatura em três jardins de infância estavam frequentemente dentro das faixas de conforto. Através dos níveis de dióxido de carbono, foi possível verificar que, todos os jardins de infância, estiveram dentro dos limites recomentados, em grande parte do tempo. Por fim, os inquéritos revelaram que, geralmente, as condições desejadas eram garantidas em todos os edifícios.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto Térmico; Jardins de infância; Concentração de dióxido de carbono; Modelo adaptativo de conforto.

ABSTRACT

In kindergartens, providing the well-being and overall development of children is paramount, and to this end it is necessary that thermal comfort is ensured. The fact that children are in a development process makes them more sensitive to temperature variations and have difficulty in regulating their body temperature when compared to adults. Thus, promoting comfortable thermal conditions in kindergartens is essential to provide a suitable environment for healthy growth.

The present dissertation aims to evaluate the thermal comfort conditions in five kindergartens located in the Marco de Canaveses region. For this purpose, an experimental campaign was carried out between February and May, in which temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration parameters were continuously monitored. In order to obtain a more detailed understanding of the thermal environment of the spaces under study, two campaigns were carried out, in different periods, to collect information on the thermal sensation and preference of the occupants by means of questionnaires.

After the campaigns, the data collected was analyzed by applying the adaptive EN 16798 model. The results of the surveys were treated according to an analytical approach. The levels of carbon dioxide concentration appear as an indicator of air quality and were evaluated according to the limits recommended by Portaria nº138-G/2021.

The results obtained showed a variation in thermal comfort conditions in the different kindergartens. Overall, through the adaptive model, it was found that the temperature values in three kindergartens were often within the comfort ranges. Through the carbon dioxide levels, it was possible to verify that all kindergartens were within the recommended limits most of the time. Finally, the surveys revealed that the desired conditions were generally guaranteed in all buildings.

KEYWORDS: Thermal Comfort; kindergartens; Carbon dioxide concentration; Adaptive model of comfort.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS I
RESUMO III
ABSTRACT V
INTRODUÇÃO 1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 1
1.2. INTERESSE E OBJETIVOS DO TRABALHO 1
1.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO 2
CONFORTO TÉRMICO 3
2.1. INTRODUÇÃO 3
2.2. EQUILÍBRIO TÉRMICO 3
2.3. FATORES QUE INFLUENCIAM O CONFORTO TÉRMICO 4
2.3.1. FATORES AMBIENTAIS 4
2.3.2. FATORES INDIVIDUAIS 4
2.3.3. FATORES COMPLEMENTARES 5
2.4. MODELOS ADAPTATIVOS DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO 5
2.4.1. ENQUADRAMENTO 5
2.4.2. MODELO DA ASHRAE 55 6
2.4.3. MODELO DA EN 16798 7
2.4.4. MODELO DO LNEC 8
2.5. EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES 10
2.6. ESTUDOS DE CONFORTO TÉRMICO REALIZADOS EM EDIFÍCIOS ESCOLARES 11
METODOLOGIA 25
3.1. ENQUADRAMENTO 25
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO 25
3.2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 25
3.2.2. JARDIM DE INFÂNCIA I 26
3.2.3. JARDIM DE INFÂNCIA II 27
3.2.4. JARDIM DE INFÂNCIA III 29
3.2.5. JARDIM DE INFÂNCIA IV 31
3.2.6. JARDIM DE INFÂNCIA V 32
3.2.7. SÍNTESE 34

3.3. PROCEDIMENTO DE ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO 35
3.3.1. EQUIPAMENTOS 35
3.3.2. CONDIÇÕES E PLANEAMENTO DOS ENSAIOS 37
3.3.3. ENSAIOS LABORATORIAIS PRÉVIOS 37
3.3.4. INQUÉRITOS 40
RESULTADOS 43
4.1. CARACTERIZAÇÃO HIGROTÉRMICA 43
4.1.1. CLIMA EXTERIOR 43
4.1.2. TEMPERATURA INTERIOR 44
4.1.2.1. JARDIM DE INFÂNCIA I 44
4.1.2.2. JARDIM DE INFÂNCIA II 45
4.1.2.3. JARDIM DE INFÂNCIA III 46
4.1.2.4. JARDIM DE INFÂNCIA IV 47
4.1.2.5. JARDIM DE INFÂNCIA V 48
4.1.3. HUMIDADE RELATIVA INTERIOR 49
4.2. AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO 51
4.2.1. INQUÉRITOS 51
4.2.1.1. 1ª CAMPANHA 51
4.2.1.2. 2ª CAMPANHA 55
4.2.2. MODELOS DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO 59
4.2.2.1. MODELO EN 16798 59
4.3. ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO 62
4.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 67
CONCLUSÕES 69
5.1. CONCLUSÕES PRINCIPAIS 69
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS 70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71
ANEXOS 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo adaptativo da ASHRAE 55, adaptado de [1]..... 7

Figura 2 – Modelo adaptativo da EN 16798, adaptado de [9] 8

Figura 3 – Modelo adaptativo Luís Matias, adaptado de [10] 9

Figura 4 - Resultados obtidos por Yun et al. [12]: (a)Variação da temperatura interna ao longo do período em estudo; (b) Variação da temperatura externa ao longo do período em estudo; (c) Aplicação do modelo de conforto ASHRAE 55; (d) Aplicação da norma 15251; (e) Síntese dos resultados das condições ambientais interiores nos jardins de infância 12

Figura 5 - Resultados obtidos por Kalimeri et al. [13]: Valores médios da temperatura interior e da humidade relativa 13

Figura 6 - Resultados obtidos por Telejkoa et al. [14]: Valores médios da temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono numa sala..... 14

Figura 7 - Resultados obtidos por Mijakowski et al. [15]: (a) Valores médios, mensais, da temperatura; (b) Valores médios, mensais, da humidade relativa; (c) Valores médios, mensais, da concentração de dióxido de carbono 15

Figura 8 - Resultados obtidos por Rahman et al. [27]: (a) Valores médios da temperatura; (b) Valores médios da humidade relativa; (c) Valores médios da concentração de dióxido de carbono..... 16

Figura 9 - Resultados obtidos por Zaeh et al. [24]: (a) Resultados dos parâmetros avaliados nas sete escolas com dados pré e pós renovação; (b) Valores da concentração de dióxido de carbono pré e pós renovação; (c) Valores da temperatura diária interior nas diferentes estações e nas fases pré e pós renovação..... 17

Figura 10 - Resultados obtidos por Lovec et al. [21]: Valores médios da temperatura interior, concentração de dióxido de carbono e humidade relativa em fase de ocupação 18

Figura 11 - Resultados obtidos por Borgese et al. [25]: Valores médios da temperatura, humidade relativa e concentração99 de dióxido de carbono para os diferentes edifícios 19

Figura 12 – Resultados obtidos por Muhič et al. [11]: (a) Valores da concentração média de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior, em fase de ocupação nos edifícios escolares; (b) Valores da concentração média de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior, em fase de ocupação dos jardins de infância; (c) Temperatura média e humidade relativa média, em fase de ocupação, e desvio padrão dos dois parâmetros; (d) Valor máximo de concentração de dióxido de carbono (CO2,max) e respetivo desvio padrão e valor médio da concentração de dióxido de carbono (CO2, ave) e respetivo desvio padrão, durante ocupação. 20

Figura 13 - Resultados obtidos por Santos, [16]: (a) Valores médios da humidade relativa; (b) Valores médios da temperatura interior; (c) Valores médios da concentração de dióxido de carbono..... 21

Figura 14 - Resultados obtidos por Almeida et al. [23]: (a) Aplicação do modelo de conforto ASHRAE 55 na primeira campanha; (b) Aplicação do modelo ASHRAE 55 na segunda campanha; (c) Aplicação da norma 15251 na primeira campanha; (d) Aplicação da norma 15251 na segunda campanha..... 22

Figura 15 - Resultados obtidos por Pinto et al. [22]: (a) Aplicação do modelo de conforto LNEC na 1ªcampanha; (b) Valores da concentração de dióxido de carbono em função do tempo na 1º campanha; (c) Valores da temperatura em função do tempo na 1ª campanha; (d) Valores da concentração de dióxido de carbono na 2ª campanha 23

Figura 16 - Localização geográfica dos jardins de infância em estudo e do sensor de clima exterior [20] 26

Figura 17 – Vista exterior do Jardim de Infância I e respetiva sala de aula 27

Figura 18 - Planta do Jardim de Infância I e localização do sensor 27

Figura 19 – Vista exterior do Jardim de Infância II e respetiva sala de aula 28

Figura 20 - Planta do Jardim de Infância II e localização do sensor 29

Figura 21 – Vista exterior do Jardim de Infância III e respetiva sala de aula 30

Figura 22 - Planta do jardim de infância III e localização dos sensores 30

Figura 23 – Vista exterior do Jardim de Infância IV e respetiva sala de aula 31

Figura 24 - Planta do Jardim de Infância IV e localização dos sensores 32

Figura 25 – Vista exterior do Jardim de Infância V e respetiva sala de aula 33

Figura 26 - Planta jardim de infância V e localização dos sensores 33

Figura 27 - Equipamentos utilizados: (a) Sensor de temperatura e humidade relativa; (b) Sensor de temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono 37

Figura 28 - Painel de controlo da câmara climática e sensores no seu interior 38

Figura 29 - Resultados obtidos do ensaio experimental: (a) variação de temperatura ao longo do tempo; (b) variação da humidade relativa ao longo do tempo 39

Figura 30 - Sensores no interior da caixa de acrílico e extintor de dióxido de carbono 39

Figura 31 - Resultados obtidos do ensaio laboratorial: variação da concentração de dióxido de carbono 40

Figura 32 – Estrutura dos inquéritos distribuídos nos jardins de infância 41

Figura 33- Clima exterior: (a) Variação da temperatura ao longo do tempo; (b) Variação da humidade relativa ao longo do tempo 44

Figura 34 - Jardim de infância I: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 45

Figura 35 – Jardim de infância II: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 46

Figura 36 – Jardim de infância III: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 47

Figura 37 – Jardim de infância IV: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 48

Figura 38 - Jardim de infância V: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 48

Figura 39 - Jardim de infância I: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 50

Figura 40 - Jardim de infância II: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 50

Figura 41 - Jardim de infância III: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 50

Figura 42 - Jardim de infância IV: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 51

Figura 43 - Jardim de infância V: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 51

Figura 44 – Resultados da 1ª campanha no jardim de infância I: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 52

Figura 45 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância II: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 53

Figura 46 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância III: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 53

Figura 47 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância IV: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 54

Figura 48 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância V: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 54

Figura 49 - Resultados dos inquéritos da 1ª campanha nos jardins de infância: Valor médio por jardim de infância da sensação térmica versus preferência térmica 55

Figura 50 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância I: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 56

Figura 51 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância II: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 56

Figura 52 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância III: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 57

Figura 53 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância IV: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 57

Figura 54 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância V: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica 58

Figura 55 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha nos jardins de infância: (a) Valor médio por jardim infância da sensação térmica versus preferência térmica 59

Figura 56 – Aplicação do modelo adaptativo EN 16798: (a) Registos totais no jardim de infância I; (b) Registos totais no jardim de infância II; (c) Registos totais no jardim de infância III; (d) Registos totais no jardim de infância IV 61

Figura 57 -Indicadores da EN 16798: (a) Indicador 1 nos jardins de infância no período total e ocupado; (b) Indicador 2 nos jardins de infância no período total e ocupado 62

Figura 58 – Jardim de infância III: (a) Variação da concentração de dióxido de carbono ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 63

Figura 59 - Jardim de infância IV: (a) Variação da concentração de dióxido de carbono ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 63

Figura 60 - Jardim de infância V: (a) Variação da concentração de dióxido de carbono ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00) 64

Figura 61 - Representação horária em Boxplot da semana de 23 de março a 30 de março 64

Figura 62 – Registos totais: (a) Probabilidade acumulada da concentração de dióxido de carbono no jardim de infância III; (b) Probabilidade acumulada da concentração de dióxido de carbono no jardim de infância IV; (c) Probabilidade acumulada da concentração de dióxido de carbono no jardim de infância V 65

Figura 63 – Registos totais: (a) Variação da concentração máxima diária de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior no jardim de infância III; (b) Variação da concentração máxima diária de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior no jardim de infância IV; (c) Variação da concentração máxima diária de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior no jardim de infância V 66

Figura 64 – Indicador 1 versus indicador 2: (a) Valor do mês de fevereiro; (b) Valor do mês de março; (c) Valor do mês de abril; (d) Valor do mês de maio 68

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre o parâmetro A e a velocidade do ar [1] 6

Quadro 2 – Limites para a concentração de dióxido de carbono, CO2, em salas de aula..... 10

Quadro 3 - Quadro resumo da caracterização construtiva dos casos de estudo 34

Quadro 4 - Quadro resumo da caracterização geométrica dos casos de estudo 35

Quadro 5 - Características técnicas do sensor de temperatura e humidade relativa..... 36

Quadro 6 - Características técnicas do sensor de temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono (CO2) 36

Quadro 7 – Caracterização quantitativa, por género e idade da amostra 42

Quadro 8 – Valores médios, máximos e mínimos da temperatura exterior e interior na 1ª campanha de inquéritos 52

Quadro 9 – Valores médios, máximos e mínimos da temperatura exterior e interior na 2ª campanha de inquéritos 55

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

SÍMBOLOS

C – Trocas de calor por convecção (W/m^2)

E – Trocas de calor por evaporação (W/m^2)

HR – Humidade relativa (%)

I_{cl} – Resistência térmica de vestuário (clo)

K – Trocas de calor por condução (W/m^2)

M – Taxa de metabolismo (W/m^2)

R – Trocas de calor por radiação (W/m^2)

S – Acumulação de calor (W/m^2)

t_a – Temperatura do ar (ºC)

t_c – Temperatura central (ºC)

T_{conf} – Temperatura central de conforto (ºC)

T_{mp} – Temperatura exterior exponencialmente ponderada (ºC)

t_{mr} – Temperatura média radiante (ºC)

t_{oc} – Temperatura operativa de conforto (ºC)

$tpma_{out}$ – Temperatura média mensal exterior (ºC)

v_a – Velocidade do ar (m/s)

W – Trabalho mecânico exterior (W/m^2)

ACRÓNIMOS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

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

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ISO – International Organization for Standardization

ABREVIATURAS

CO_2 – Dióxido de carbono

DIN - *Deutsches Institut für Normung*

EN – European Standard

GB - *Guo Biao*

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estudo do conforto térmico em jardins de infância é fundamental para que seja possível compreender as respetivas condições e eventualmente propor medidas de melhoria. Nesse sentido, a monitorização dos parâmetros ambientais, particularmente da temperatura, da humidade relativa e da concentração de dióxido de carbono, pode contribuir decisivamente para esse objetivo.

É indispensável assegurar as condições de conforto adequadas em ambientais educacionais de forma a proporcionar um espaço favorável à aprendizagem e ao bem-estar dos seus ocupantes. É de notar que este fator é particularmente relevante em jardins de infância, dado que as crianças em idade pré-escolar, sendo mais sensíveis, possuem uma menor capacidade de adaptação ao meio ambiente, quando comparadas com outras idades.

Assim, a medição dos parâmetros mencionados neste tipo de espaços permite uma avaliação das condições ambientais, de forma objetiva e, inclusive, permite a implementação de medidas de melhoria do conforto apropriadas a cada espaço. De forma a garantir o bem-estar e o desempenho das crianças é importante considerar a influência da temperatura e da humidade relativa na sensação de conforto. Também a concentração de dióxido de carbono surge como um fator influente na saúde e no desempenho cognitivo das crianças, dado que é um indicador muito objetivo da eficiência da ventilação e, consequentemente, da qualidade do ar interior.

São diversas as normas e regulamentos existentes que especificam os padrões e os modelos de avaliação do conforto térmico em edifícios, incluindo jardins de infância. Dentro das diversas alternativas, os modelos de conforto adaptativos, pela sua maior flexibilidade e capacidade de generalização relativa ao comportamento dos utilizadores dos espaços, têm, nos últimos anos, assumido uma maior preponderância.

O conhecimento mais rigoroso do conforto térmico nos edifícios escolares contribui de forma decisiva para a otimização do desempenho destes espaços, nomeadamente através da otimização da sua relação com os parâmetros arquitetónicos, geométricos e construtivos que caracterizam os edifícios.

1.2. INTERESSE E OBJETIVOS DO TRABALHO

A presente dissertação tem como principal objetivo a análise das condições de conforto térmico em jardins de infância, utilizando a monitorização em contínuo dos parâmetros de temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono como metodologia de análise. Para tal propósito, estabeleceram-se um conjunto de tarefas e objetivos parciais a serem realizados, nomeadamente:

- Monitorizar os parâmetros ambientais, no exterior e interior, segundo medições em contínuo;
- Elaborar inquéritos de modo a avaliar os parâmetros subjetivos do conforto térmico, nomeadamente a sensação e a perceção térmica dos ocupantes dos ambientes em estudo;
- Identificar normas e regulamentos que impõem limites de proteção de concentração de poluentes do ar interior;
- Reconhecer os parâmetros que impactam o conforto térmico assim como os modelos adequados à sua avaliação;
- Analisar as perceções térmicas dos ocupantes dos espaços e avaliar os resultados obtidos;
- Realizar a avaliação do conforto térmico fundamentado nas normas existentes e aferir os resultados obtidos de forma apropriada;
- Procurar relacionar as características dos edifícios com o seu desempenho em termos de conforto térmico e eficiência da ventilação.

1.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO

Este trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos, englobando os seguintes assuntos:

- Capítulo 1 – Este primeiro capítulo diz respeito à introdução, no qual é explicado o objetivo geral do estudo tal como os objetivos específicos que se pretendem alcançar. Além disso, é apresentada a organização geral deste trabalho onde são descritos, de forma resumida, os diversos capítulos;
- Capítulo 2 – Condensa os conhecimentos existentes e os conceitos fundamentais do conforto térmico. De início, são apresentadas as definições básicas do conforto térmico e dos parâmetros influentes. Posteriormente, são descritas duas normas de avaliação do conforto térmico tal como as diretrizes recomendadas. De seguida, destacam-se as limitações impostas por diversas normas e regulamentos de vários países relativamente à concentração de dióxido de carbono. Por fim, são apresentados diversos estudos, de anos anteriores, acerca do conforto térmico em jardins de infância;
- Capítulo 3 – O capítulo em questão diz respeito à metodologia do trabalho, onde são recapitulados os objetivos parciais. Consiste na descrição da localização geográfica dos edifícios, na explicação dos jardins de infância selecionados tal como das respetivas salas de aula. Além disso, são descritos os equipamentos de medição tal como o procedimento utilizado para a recolha dos dados. Expõe ainda, a caracterização da amostra inquirida e o tipo de questionário realizado;
- Capítulo 4 – Demonstra os resultados obtidos durante as medições dos parâmetros ambientais tais como os resultados referentes aos inquéritos realizados. Apresenta ainda uma discussão das variações dos parâmetros ao longo do tempo e entre os diversos jardins de infância. Ademais, os valores obtidos são avaliados mediante as normas de conforto estabelecidas e é discutido o impacto desses resultados para o conforto das crianças;
- Capítulo 5 – Neste último capítulo, são sintetizadas as principais conclusões deste trabalho e sugere-se eventuais desenvolvimentos futuros a concretizar nesta área de estudo.

2

CONFORTO TÉRMICO

2.1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico define-se como sendo a condição da mente que expressa a satisfação com o seu ambiente térmico [1], segundo a ASHRAE 55. A sensação térmica do corpo humano está principalmente relacionada com o equilíbrio térmico geral do mesmo, sendo que depende de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos.

Segundo os estudos realizados por Fanger [2] em câmaras climáticas, o indivíduo atinge o conforto térmico a partir do momento em que se encontra em neutralidade térmica, aleado ao limite admissível entre a temperatura da sua pele e a taxa de secreção de suor da mesma, não possuindo qualquer tipo de desconforto localizado. As pesquisas em conforto térmico têm como intuito determinar as condições necessárias à ocupação e atividade humana num determinado meio.

2.2. EQUILÍBRIO TÉRMICO

Um determinado ambiente é encarado como confortável quando o sistema termorregulador executa o trabalho mínimo para garantir o equilíbrio entre o metabolismo e as trocas de calor existentes entre o indivíduo e esse mesmo meio.

A termorregulação tem como papel assegurar que a temperatura corporal se mantém dentro de limites adequados, sendo que em circunstâncias normais, 37 ºC é o valor da temperatura central (t_c) [8].

A transferência de calor entre o corpo humano e o ambiente que o rodeia pode ocorrer por condução (C), convecção (K), radiação (R) e evaporação (E), sendo que o conjunto destas trocas associado ao metabolismo e ao trabalho realizado pelo indivíduo corresponde ao calor armazenado no corpo (S). A relação entre os ganhos, perdas e produção de calor pode ser obtida pela equação (1), sendo que quando o calor acumulado é igual a zero (S=0), o corpo humano encontra-se em equilíbrio térmico [5].

$$S = M - W - E \pm R \pm C \pm K \quad (1)$$

Em que:

S = Acumulação de calor no corpo, [W/m^2];

M = Taxa de metabolismo, [W/m^2];

W = Trabalho mecânico exterior, [W/m^2];

E = Perdas de calor por evaporação, [W/m^2];

R = Trocas de calor por radiação, [W/m^2];

C = Trocas de calor por convecção, [W/m^2];

K = Trocas de calor por condução, [W/m^2].

As perdas por evaporação decorrem por meio de difusão de vapor de água e de evaporação do suor da pele. Relativamente às trocas por radiação, estas são realizadas através da superfície corporal, incluindo o vestuário, e a envolvente. A transmissão de calor entre o corpo humano e o ar, ao seu redor, corresponde às trocas por convecção. E, por fim, as trocas de calor por condução dão-se entre o corpo humano e uma superfície sólida presente na envolvência [7].

2.3. FATORES QUE INFLUENCIAM O CONFORTO TÉRMICO

2.3.1. FATORES AMBIENTAIS

Segundo Fanger [2], os quatro parâmetros ambientais que caracterizam o ambiente térmico são a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a humidade e a velocidade do ar.

A temperatura do ar (t_a), expressa em graus Celcius,ºC, corresponde à temperatura do ar circundante do corpo humano [4].

Quanto à temperatura média radiante (t_{mr}), a ISO 7726 [4], define-a como sendo a temperatura do ar de um espaço fictício, inalterável, onde as transferências de calor do corpo humano e de um espaço real, não uniforme, são equivalentes. Geralmente pode ser medida com instrumentos que permitem radiância não uniforme, sendo que o termómetro de globo negro é o dispositivo comummente usado para leituras médias aproximadas, expressas em graus Celcius, ºC. A temperatura média radiante, pode ainda ser determinada a partir das seis temperaturas radiantes das superfícies ou através de medições, em várias direções, do fluxo radiante.

A humidade do ar, expressa em termos de pressão parcial de vapor (pa), avalia a porção de vapor de água existente no ar, podendo também ser quantificada pela humidade relativa ou absoluta. A humidade relativa corresponde ao rácio entre a pressão parcial do vapor de água (pa) e a pressão de saturação (pas), sendo a sua unidade de medida a percentagem, % [5].

Por último, a velocidade do ar (v_a) expressa-se em metros por segundo, m/s, e pode ser considerada como a porção de ar que flui, em volta do corpo humano, por unidade de tempo. É importante salientar que estudos realizados de resposta humana face ao desconforto devido ao fluxo do ar demostram que a mudança na velocidade do ar é um fator relevante [5].

2.3.2. FATORES INDIVIDUAIS

O conforto térmico está também relacionado com fatores individuais, mais precisamente a taxa metabólica e a resistência térmica de vestuário.

A taxa metabólica (M) corresponde à energia que o corpo necessita para realizar uma determinada atividade [8].

Segundo a ISO 8996 [6], a taxa metabólica estima a importância da energia da carga muscular e atribui um índice numérico por atividade, sendo um fator relevante para o conforto térmico. A sua unidade é o "met", sendo que 1 met equivale a 58,2 W/m^2.

Relativamente à resistência térmica do vestuário (I_{cl}), expressa-se em clo, no qual 1 clo corresponde a 0,155 m^2.K/W. Este parâmetro quantifica a resistência à transmissão de calor devido ao efeito de um conjunto de vestuário.

As normas ISO 7730 [3] e ASHRAE 55 [1] disponibilizam um conjunto de tabelas com valores de referência para a taxa de metabolismo e para a resistência térmica do vestuário.

2.3.3. FATORES COMPLEMENTARES

Embora os fatores ambientais e pessoais sejam fundamentais para o conforto térmico, existem outros fatores que podem condicionar, nomeadamente, de uma forma genérica, a capacidade de adaptação. Segundo Nikolopoulou e Steemers [7], a capacidade de adaptação subdivide-se em três classes, mais precisamente adaptação física, fisiológica e psicológica, sendo que se define como sendo a atenuação progressiva da reação do organismo à exposição a um estímulo, de forma repetitiva.

A adaptação física inclui qualquer tipo de mudança, face ao meio ou pessoal, de forma a assegurar o conforto térmico. Por exemplo, a mudança de meio envolve a abertura de janelas e a mudança a nível pessoal está relacionada com a alteração de vestuário e a ingestão de bebidas quentes ou frias, conforme o desejado.

Relativamente à adaptação fisiológica, trata-se de uma adaptação funcional, sendo a capacidade de resposta do organismo perante alterações térmicas.

Por fim, a adaptação psicológica está relacionada com as perceções distintas, por parte das entidades, de um determinado meio tal como as alterações que nele se verificarem. Essas alterações surgem devido à naturalidade, expectativa, experiência, tempo de exposição, controlo percebido e estimulação ambiental.

2.4. MODELOS ADAPTATIVOS DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

2.4.1. ENQUADRAMENTO

Existem diversos modelos para avaliar o conforto térmico, ora analíticos ora adaptativos. Os primeiros resultam de pesquisas em câmaras climatizadas e os segundos em estudos de campo.

Os modelos analíticos fundamentam-se sobretudo nos parâmetros ambientais e físicos e o objetivo passa tipicamente por obter uma temperatura ponderada admissível para um determinado meio ambiente. No entanto, como estes modelos resultam de trabalhos realizados em ambiente laboratorial, muitas vezes são-lhes apontadas falhas quando aplicados em condições reais, devido à possível interação entre o indivíduo e o meio [17].

Nesse sentido, de forma a se criarem métodos alternativos que minimizem as falhas nos modelos analíticos, têm surgido várias pesquisas e abordagens neste campo.

Segundo Humphreys [18], os ocupantes revelam uma maior tolerância a determinadas temperaturas que os métodos analíticos não evidenciavam.

Os modelos adaptativos vêm então confirmar que o conforto térmico não se trata somente daquilo que o ambiente transmite ao indivíduo, mas, sobretudo, da forma como o mesmo se adapta a esse meio.

Desta forma, a teoria de que o conforto térmico é fundamentado pelos fatores físicos e fisiológicos fica aquém das novas perspetivas, dado que existem diversos outros parâmetros que intervêm na perceção térmica dos ocupantes de um determinado espaço. Parâmetros esses que dizem respeito aos traços populacionais (género, idade, estatuto social), ao enquadramento e à interação com o meio ambiente (clima, estação do ano, qualidade do ar) e, inclusive, os aspetos cognitivos (atitudes, interesses, expectações).

Em suma, independentemente de o modelo adaptativo ser definido como um modelo mais atual para avaliar o conforto térmico, ambos os modelos têm como grande propósito assegurar as condições admissíveis do indivíduo face às suas perceções térmicas.

2.4.2. MODELO DA ASHRAE 55

A ASHRAE 55 [1] propõe um modelo adaptativo que consiste na associação de dois fatores através dos quais é possível definir as condições térmicas aceitáveis. Os fatores mencionados são a temperatura média mensal exterior ($tpma_{out}$) e a temperatura operativa de conforto (t_{oc}), ambas definidas em graus Celsius, ºC.

A temperatura operativa define-se como sendo uma temperatura uniforme no qual as transferências por convenção e radiação de um indivíduo, num meio negro ilusório, seriam as mesmas ocorridas num ambiente, não uniforme, existente. Este parâmetro pode ser obtido segundo a equação seguinte:

$$t_{oc} = At_a + (1 + A)t_{mr} \quad (2)$$

Onde:

t_{oc} = Temperatura operativa de conforto, ºC

t_a = Temperatura do ar, ºC

t_{mr} = Temperatura média radiante, ºC

A= Parâmetro, definido segundo o Quadro 1, conforme a velocidade do ar.

Quadro 1 – Relação entre o parâmetro A e a velocidade do ar [1]

Va (m/s)	**<0,2**	**[0,2;0,6]**	**[0,6;1]**
A	0,5	0,6	0,7

O modelo apresenta dois intervalos de temperatura operativa de conforto correspondendo a uma aceitabilidade de 80 e 90%, como representado na Figura 1.

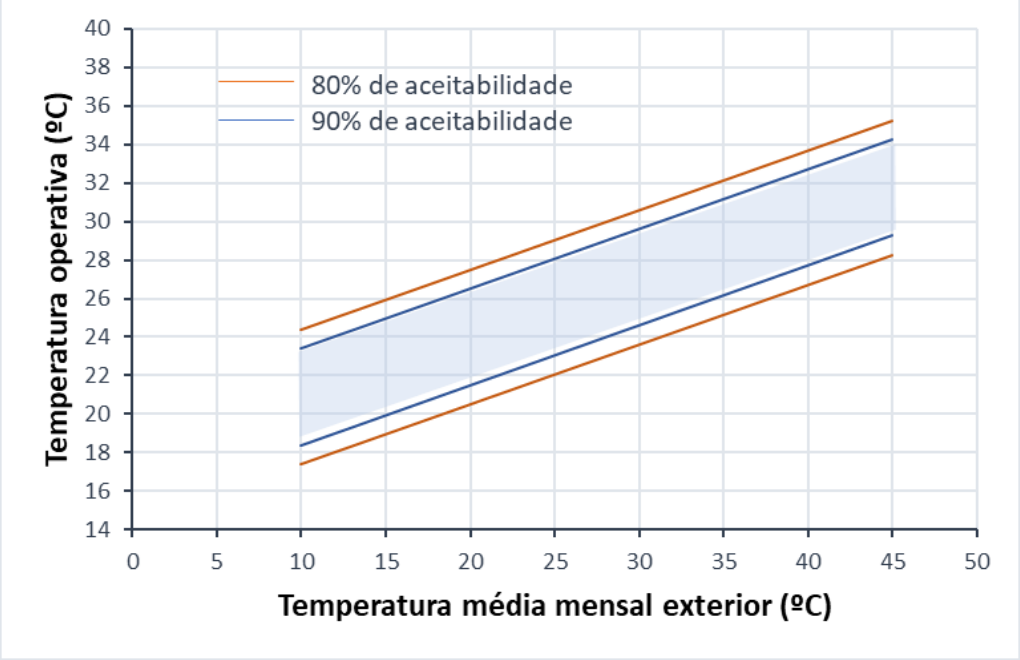


Figura 1 – Modelo adaptativo da ASHRAE 55, adaptado de [1]

A aplicação deste modelo só é válida quando se verificam as seguintes condições:

- Ausência de sistemas mecânicos de arrefecimento;
- Taxa de metabolismo compreendida entre 1,0 e 3,0 met;
- Resistência térmica de vestuário dentro do intervalo [0,5;1,0] clo;
- Valores de temperatura média mensal exterior entre 10 e 33,5 ºC.

Relativamente à temperatura média mensal exterior ($tpma_{out}$), esta corresponde à temperatura média dos últimos trinta dias.

2.4.3. MODELO DA EN 16798

Outro modelo adaptativo é o modelo sugerido pela norma EN 16798 [9]. Neste caso, as variáveis são a temperatura operativa, tal como no modelo anterior, e a temperatura exterior exponencialmente ponderada (Tmp). A equação que determina a linha central das condições de conforto térmico é a seguinte:

$$t_{oc} = 0{,}33T_{mp} + 18{,}8 \quad (3)$$

Em que:

t_{oc} = Temperatura operativa de conforto, ºC

T_{mp}= Temperatura exterior exponencialmente ponderada, ºC

A temperatura exterior exponencialmente ponderada é determinada a partir da seguinte equação:

$$T_{mp} = \frac{T_{n-1} + 0{,}8 \cdot T_{n-2} + 0{,}6 \cdot T_{n-3} + 0{,}5 \cdot T_{n-4} + 0{,}4 \cdot T_{n-5} + 0{,}3 \cdot T_{n-6} + 0{,}2 \cdot T_{n-7}}{3{,}8} \quad (4)$$

Em que:

T_{n-i} = Temperatura média exterior do dia "i" anterior, ºC

À semelhança do modelo da AHSRAE 55, o modelo da EN 16798 só se aplica em determinadas condições, nomeadamente em edificações sem sistemas mecânicos de arrefecimento e quando a temperatura exterior exponencialmente ponderada está compreendida entre 10 e 30 ºC.

Este modelo propõe limites de aceitabilidade, mostrados na Figura 2, que correspondem a intervalos em torno da linha central de conforto, mais precisamente:

- Categoria l – variação de + 2 e -3 ºC
- Categoria ll – variação de + 3 e -4 ºC
- Categoria lll- variação de + 4 e -5 ºC

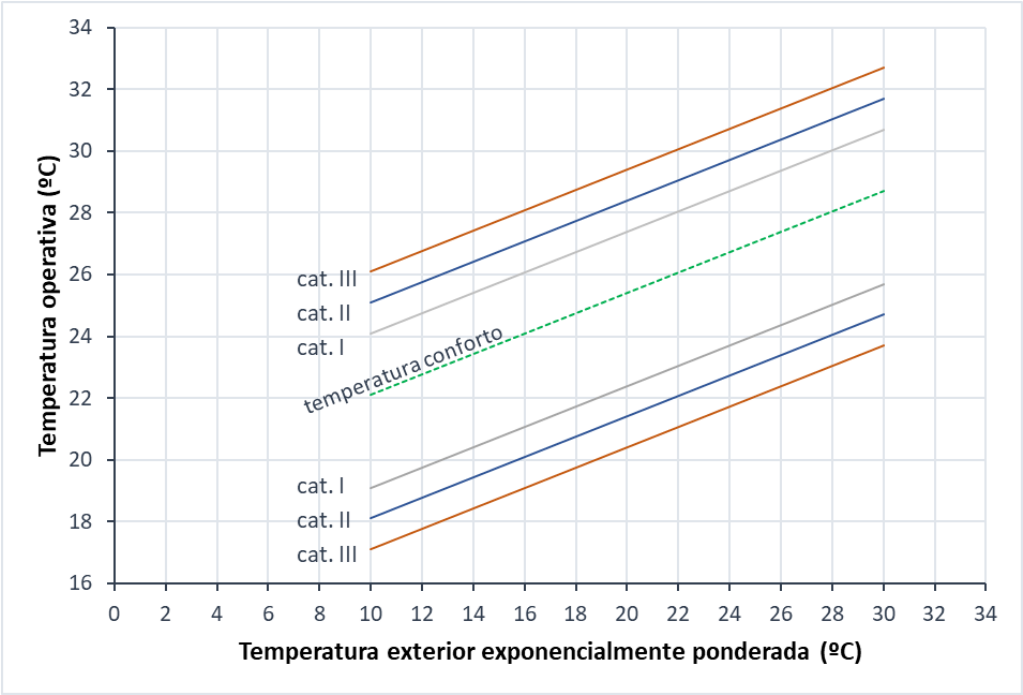


Figura 2 – Modelo adaptativo da EN 16798, adaptado de [9]

2.4.4. MODELO DO LNEC

Além dos modelos anteriores, há ainda um modelo proposto por Luís Matias [10], no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), no domínio da sua dissertação de doutoramento, sendo que este modelo foi baseado em medições das condições de conforto térmico aceitáveis em edifícios em Portugal. Assim, foram realizadas medições dos parâmetros ambientais em diversos edifícios, num período de dois anos, sendo que além das medições foram realizados inquéritos aos indivíduos que frequentavam as edificações avaliadas.

O modelo estabelece uma relação entre a temperatura exterior e a temperatura de conforto segundo regressões lineares, como se pode verificar na Figura 3. Além disso, estabelece uma região de aceitabilidade ao nível do conforto consoante os espaços sejam climatizados ou não. O limite de variação face à temperatura central de conforto é de ± 3 ºC.

Assim, a temperatura central de conforto é definida pelas seguintes equações:

- Sistema de climatização ativo:

$$T_{conf} = 0{,}30 \cdot T_{mp} + 17{,}9 \quad (5)$$

- Sistema de climatização desligado:

$$T_{conf} = 0{,}43 \cdot T_{mp} + 15{,}6 \quad (6)$$

Em que:

T_{conf} = Temperatura central de conforto, ºC

T_{mp} = Temperatura exterior média, ºC

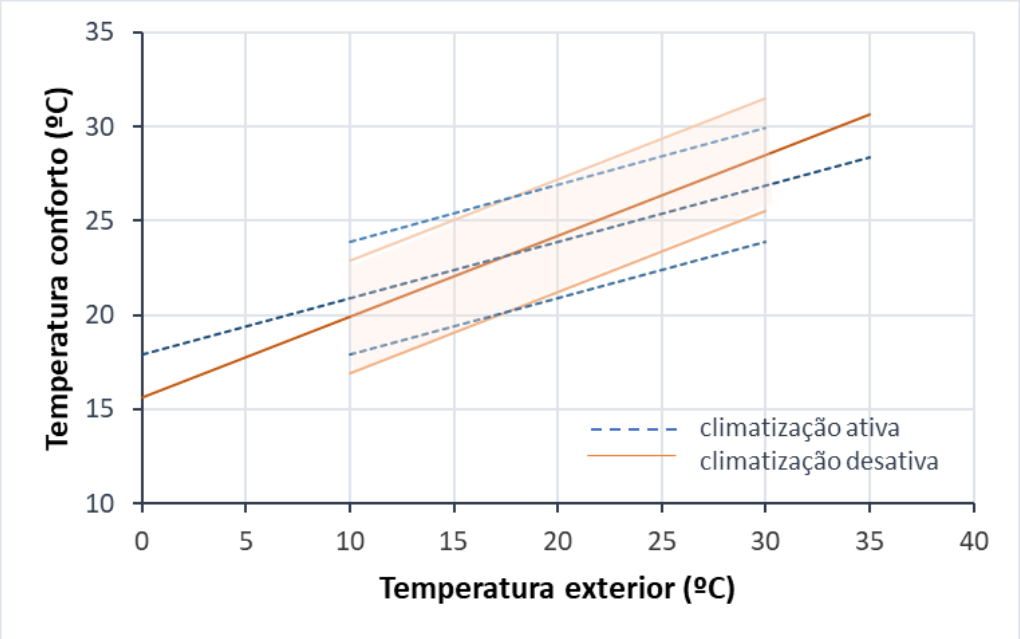


Figura 3 – Modelo adaptativo Luís Matias, adaptado de [10]

Relativamente às condições de aplicação do modelo, este somente é apropriado quando:

- Taxa de metabolismo está compreendida entre 1,0 e 1,3 met;
- Resistência térmica de vestuário entre 0,4 clo, no Verão, e 1,4 clo no Inverno;
- Velocidade do ar dentro do intervalo [0;0,6] m/s;
- Valores da temperatura exterior exponencialmente ponderada entre 10 e 30 ºC.

2.5. EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

O dióxido de carbono, CO2, é um dos gases poluentes mais comuns no interior dos edifícios, sendo a respiração dos indivíduos a sua principal fonte. Nos edifícios escolares, onde a taxa de ocupação é elevada, a concentração de dióxido de carbono é um bom indicador da qualidade do ar interior, condição fundamental para um ambiente de aprendizagem mais saudável. Assim, a concentração de dióxido de carbono permite avaliar a eficiência da ventilação do edifício.

Em muitos países, a qualidade do ar interior, encontra-se regulamentada sendo que vai variando conforme as leis e normas de cada um, sempre com o intuito de promover a saúde e o conforto dos ocupantes. A estratégia regulamentar mais habitual passa por impor limites de proteção de concentração dos poluentes do ar interior a ser cumpridos de forma que a qualidade do ar não seja comprometida. No Quadro 2, estão sintetizados esses limites referentes à concentração de dióxido de carbono impostos por diversos países e normas.

Quadro 2 – Limites para a concentração de dióxido de carbono, CO2, em salas de aula

Localidade	Norma/Regulamento	Concentração de CO2 (ppm)
Alemanha	DIN 1946-6:2019-04	1000
Brasil	RDC 222/2018	1000
China	GB/T17226-2017	1000
Europa	EN 16798-1:2019	550 (1) (2) ~ 950
Estados Unidos	ASHRAE 62.1: 2019	770 (2) ~ 1100
Portugal	Portaria nº138-G/2021	1250 (3)
Reino Unido	Building Bulletin 101 (2018)	1500 (4)

(1) Valor correspondente à categoria II (edifícios novos e reabilitados).

(2) Valor correspondente à concentração máxima permitida acima do valor exterior.

(3) Valor médio de oito horas, durante o período de ocupação, cuja margem de tolerância corresponde a 30%.

(4) Valor médio diário.

A DIN 1946-6:2019-04 é uma norma alemã que apresenta condições de ventilação e qualidade do ar interior em edifícios escolares. Nesse sentido, para salas de aula e outros espaços escolares, a norma refere que o limite máximo de concentração de dióxido de carbono não deve exceder 1000 partes por milhão (ppm) em contexto de ocupação.

A RDC 222/2018 é uma norma pertencente à ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) do Brasil sendo que estabelece exigências para a qualidade interior em edifícios. A norma RDC 222/2018 indica que a concentração máxima recomendada é de 1000 partes por milhão (ppm), durante os períodos com ocupação.

A norma GB/ T17226-2017 é uma norma na China e propõe os limites máximos aceitáveis para a concentração de dióxido de carbono, entre outros poluentes, existentes em ambientes interiores. Conforme a norma, a concentração de dióxido de carbono máxima recomendada é de 1000 partes por milhão (ppm).

A EN 16798-1:2019 é uma norma europeia que engloba diversos pontos relativos ao desempenho energético dos edifícios tal como a qualidade do ar interior. Embora a norma não imponha um limite máximo para a concentração de dióxido de carbono, impõe limites para o excesso de concentração face ao

ambiente exterior. Para edifícios escolares, a EN 16798-1:2019 refere que o valor de concentração máxima permitido acima do valor exterior é de 550 ppm para a categoria II, o que equivale a uma concentração total de 950 ppm (aproximadamente).

A norma ASHRAE 62.1:2019 foi elaborada pela sociedade americana e aborda assuntos relacionados com a ventilação e a qualidade do ar interior em edifícios. À semelhança da norma EN 16798-1:2019, a ASHRAE 62.1:2019 não impõe limites para a concentração total de dióxido de carbono, mas especifica que a concentração máxima acima do valor exterior é de 770 ppm, o que corresponde a uma concentração total, aproximada, de 1100 ppm. A norma em si reforça que a concentração de dióxido de carbono é um fator relevante na qualidade do ar interior dado que permite indicar se a ventilação é ou não suficiente.

Em Portugal, a Portaria nº138-G/2021 estabelece os requisitos técnicos para a qualidade do ar interior em edifícios, apresentando limites de proteção para os poluentes existentes no interior dos edifícios. Relativamente à concentração de dióxido de carbono, a Portaria impõe um limiar de proteção igual a 1250 ppm, correspondente ao valor médio em oito horas durante a ocupação. Além disso, estabelece uma margem de tolerância de cerca de 30% para edifícios novos e existentes.

A publicação Building Bulletin 101 é uma diretriz implementada no Reino Unido referente à qualidade do ar interior em edifícios escolares. De acordo com este documento, os edifícios escolares devem ter uma concentração máxima de dióxido de carbono de 1500 partes por milhão (ppm).

2.6. ESTUDOS DE CONFORTO TÉRMICO REALIZADOS EM EDIFÍCIOS ESCOLARES

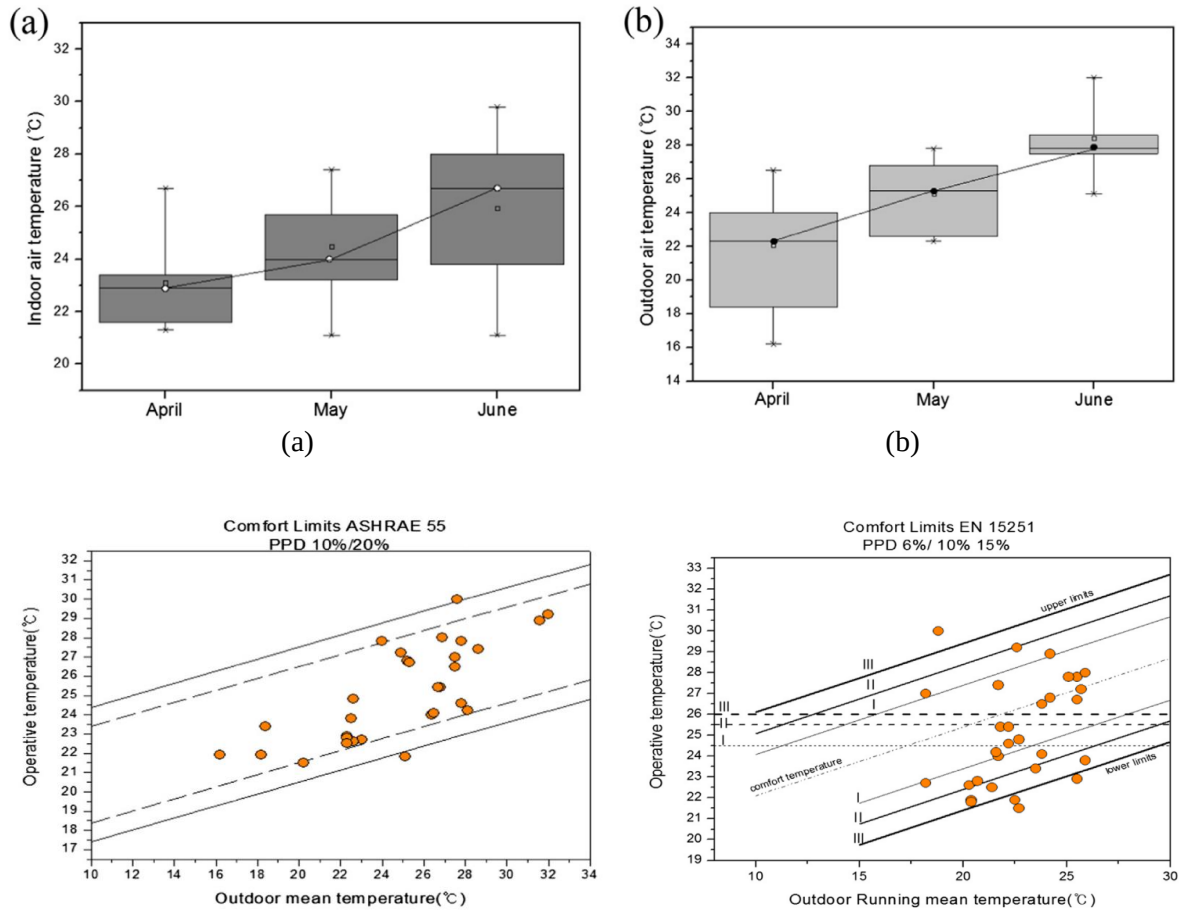
Segundo Piaget (1970) [26] a formação das primeiras estruturas cognitivas é influenciada pelas experiências de vida de uma pessoa, incluindo a escola. As salas de aula possuem então um papel fundamental nesse desenvolvimento, sendo que o conforto térmico, associado à qualidade do ar interior interfere com o bem-estar dos alunos e o seu próprio rendimento escolar.

Desta forma, têm vindo a ser realizados diversos estudos em ambiente escolar de forma a avaliar o conforto térmico e propor eventuais medidas de melhoria. De forma a compreender-se melhor a relação entre o conforto térmico e o desempenho escolar foram selecionados alguns estudos, realizados nos últimos dez anos, encontrados na base de dados “Scopus”.

A pesquisa foi baseada em artigos selecionados em função da data de publicação e palavras-chave tais como “kindergarten”, “thermal comfort”, “indoor air quality” e “classroom”. Assim, selecionaram-se os seguintes artigos internacionais, de forma cronológica:

Yun et al. (2014) [12] realizaram um estudo do conforto térmico em jardins de infância localizados na Coreia do Sul. O estudo foi realizado em dez jardins de infância, num período de três meses. Foram feitas recolhas de informação três vezes ao dia através de inquéritos a um total de 119 crianças, cujas idades estão compreendidas entre os 4 e 6 anos. Para além disso, foram medidos a temperatura do ar interior, a temperatura do ar exterior, Figura 4 (b), a humidade relativa, a velocidade do ar interior e a temperatura do globo.

Mediante os resultados obtidos, Figura 4 (d), observou-se que as crianças revelaram resultados mais sensíveis às alterações no seu metabolismo quando comparadas com os adultos. Relativamente às medições de temperatura interior, como se pode verificar na Figura 4 (a) e (c), são satisfeitas as condições de conforto térmico impostas pelo modelo ASHRAE [1] durante os meses de verão. Segundo a Figura 4 (c), conclui-se que a maioria dos resultados se encontram dentro do limite de aceitabilidade de 90%.



Site	Indoor temp. (°C)	RH (%)	Globe temp. (°C)	Indoor velocity (m/s)	Outdoor temp. (°C)
A	22.9 ± 0.8	58.2 ± 1.8	23.8 ± 0.7	0.10 ± 0.06	25.3 ± 2.0
B	26.5 ± 0.6	49.3 ± 2.7	27.1 ± 0.4	0.10 ± 0.04	27.9 ± 0.6
C	28.7 ± 1.0	46.3 ± 2.1	29.6 ± 0.4	0.09 ± 0.02	30.4 ± 2.4
D	26.1 ± 1.9	34.6 ± 2.5	27.1 ± 1.8	0.08 ± 0.01	25.8 ± 2.8
E	22.4 ± 1.1	75.7 ± 1.4	22.9 ± 1.2	0.06 ± 0.01	21.7 ± 1.3
F	22.0 ± 0.8	70.1 ± 2.8	22.5 ± 0.9	0.13 ± 0.04	17.6 ± 1.2
G	22.7 ± 1.4	58.2 ± 2.3	23.8 ± 1.5	0.09 ± 0.02	27.0 ± 1.7
H	22.7 ± 1.4	40.1 ± 1.7	25.0 ± 1.7	0.08 ± 0.02	25.4 ± 2.4
I	24.6 ± 1.9	50.8 ± 1.5	25.8 ± 2.4	0.06 ± 0.01	24.3 ± 1.7
J	25.1 ± 2.0	54.4 ± 4.3	26.1 ± 3.3	0.06 ± 0.01	23.7 ± 1.3

(e)

Figura 4 - Resultados obtidos por Yun et al. [12]: (a)Variação da temperatura interna ao longo do período em estudo; (b) Variação da temperatura externa ao longo do período em estudo; (c) Aplicação do modelo de conforto ASHRAE 55; (d) Aplicação da norma 15251; (e) Síntese dos resultados das condições ambientais interiores nos jardins de infância

Kalimeri et al. (2016) [13] realizaram um estudo na Grécia em duas escolas primárias e num jardim de infância de forma a avaliar a qualidade do ambiente interior ao qual as crianças estão expostas. O estudo foi realizado em dois períodos, no de arrefecimento e de aquecimento, entre setembro e outubro e de

janeiro a fevereiro, respetivamente. Nos períodos mencionados foram monitorizadas três salas em cada edifício.

Em termos de resultados (Figura 5) foram registadas temperaturas mais reduzidas quando o aquecimento não estaria em funcionamento e a temperatura externa revelava valores mais baixos. Tendo em conta as temperaturas de conforto definidas pelo modelo ASHRAE 55 [1] os valores da temperatura interior ficaram, no geral, dentro dos limites recomendados nos períodos com aquecimento. Em contrapartida, nos períodos sem aquecimento, a temperatura interior esteve fora dos limites admissíveis, na generalidade das medições. Quanto à humidade relativa, os valores ficaram dentro dos limites aceitáveis, em ambos os períodos. Por fim, relativamente à concentração do dióxido de carbono, foi óbvia a influência da ocupação, dado que durante as aulas a concentração aumentava e nos intervalos diminuía.

School	Classroom	Period	T (°C) ScH	RH (%) ScH	T (°C) 24 h	RH (%) 24 h
S1	R1	NHP	24 ± 1	45.2 ± 4.4	24 ± 1	43 ± 6
		HP	18 ± 0	43 ± 1	17 ± 1	35 ± 8
	R2	NHP	26 ± 0	40.9 ± 3.9	25 ± 1	40 ± 5
		HP	19 ± 1	39.2 ± 3.2	17 ± 1	34 ± 7
	R3	NHP	23.3 ± 0.4	46.1 ± 6.4	23 ± 1	46 ± 6
		HP	15 ± 2	50.7 ± 3.3	12 ± 1	43 ± 9
	OUT	NHP	28 ± 1	34.4 ± 4.2	21 ± 5	45 ± 11
		HP	6 ± 4	34.2 ± 12.7	3 ± 3	43 ± 11
S2	R1	NHP	22 ± 0.2	52.2 ± 2.6	22 ± 1	48 ± 3
		HP	21 ± 2	42.1 ± 3.4	21 ± 1	40 ± 3
	R2	NHP	25 ± 1	40.1 ± 2.1	25 ± 1	37 ± 3
		HP	18 ± 1	49 ± 5.2	17 ± 1	45 ± 6
	R3	NHP	25 ± 0	40.2 ± 1.6	25 ± 1	42 ± 3
		HP	19 ± 0	45.5 ± 2.3	18 ± 1	45 ± 3
	OUT	NHP	24.5 ± 0.3	39.5 ± 1.2	20 ± 5	48 ± 11
		HP	6 ± 6	61.3 ± 15.2	4 ± 5	67 ± 13
S3	R1	NHP	21 ± 0	50 ± 4	20 ± 1	45 ± 5
		HP	24 ± 1	31.4 ± 6.3	22 ± 3	28 ± 4
	R2	NHP	21 ± 0	49.1 ± 4.1	20 ± 1	45 ± 4
		HP	20 ± 1	36.9 ± 6.3	20 ± 1	34 ± 4
	R3	NHP	20 ± 0	51.3 ± 2.5	19 ± 1	48 ± 4
		HP	18 ± 2	41.7 ± 7	18 ± 1	38 ± 4
	OUT	NHP	13 ± 2	62.3 ± 3.9	13 ± 4	58 ± 9
		HP	1 ± 1	64.9 ± 9.7	1 ± 3	65 ± 6

Figura 5 - Resultados obtidos por Kalimeri et al. [13]: Valores médios da temperatura interior e da humidade relativa

Telejkoa et al. (2016) [14] efetuaram um estudo em quatro jardins de infância na Polónia construídos entre as décadas de 80 e 90. Foram medidos parâmetros microclimáticos internos, tal como a temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono nas salas de aula no período de janeiro a março, bissemanalmente e em medições de 5 em 5 minutos. Na Figura 6, pode-se observar os resultados obtidos numa semana de medição, sendo que no início das horas letivas se revelava um aumento imediato de todos os parâmetros. Relativamente à concentração de dióxido de carbono, os valores mais reduzidos registados foram sempre ao fim do dia ou no início da manhã. Ao longo do dia, os valores chegaram a ultrapassar os 4200 ppm. Quanto à temperatura, os valores medidos excediam os limites recomendados do conforto térmico, sendo que a temperatura variou entre os 26,2 e 29,7 ºC. Por fim, a humidade relativa demonstrava uma subida notável em período de ocupação, no entanto, esteve sempre dentro dos limites admissíveis.

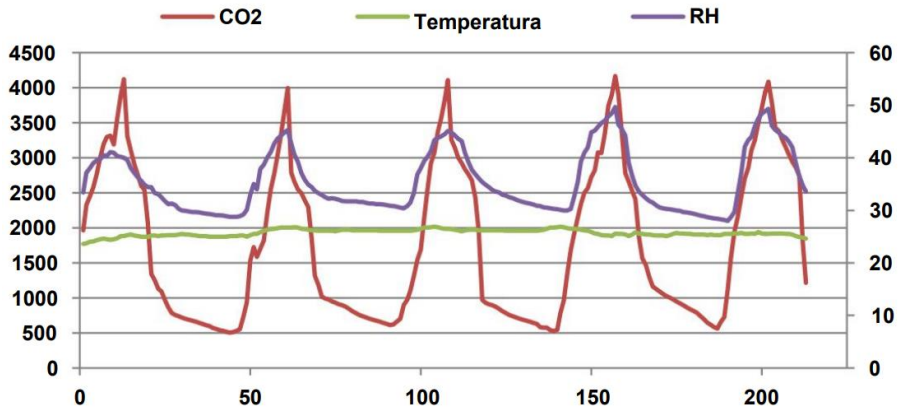
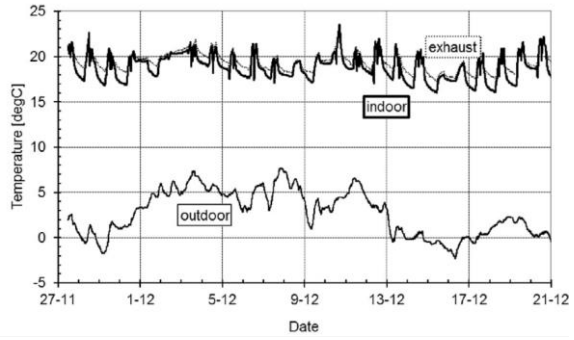


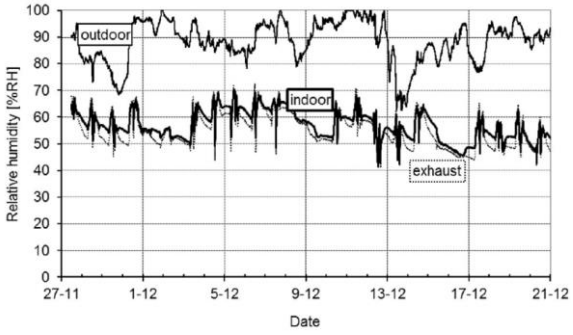
Figura 6 - Resultados obtidos por Telejkoa et al. [14]: Valores médios da temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono numa sala

Mijakowski et al. (2016) [15] desenvolveram um estudo num jardim de infância localizado na Polónia onde foram realizadas medições de temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono num período de um mês, de 5 em 5 minutos. Para o estudo foi selecionada uma sala do edifício, com uma área de 35,4 m^2 e um pé-direito de 3,92 m, sendo frequentada por cerca de vinte crianças e duas professoras. Nos gráficos da Figura 7 mostram-se os valores medidos. Relativamente à concentração de dióxido de carbono conclui-se que a qualidade do ar interior ficava aquém dos padrões mínimos, dado que se registaram frequentemente valores entre 4000 e 5000 ppm. Quanto à humidade relativa, os valores medidos também se revelaram bastante elevados.

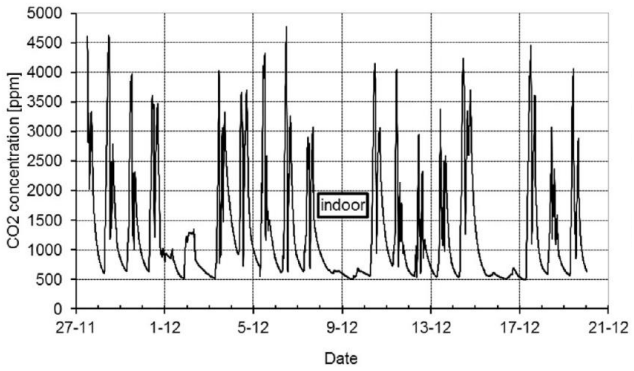
Comparando com o trabalho anterior, também realizado na Polónia, no que respeita à humidade relativa, os valores nos dois casos revelaram-se elevados, embora se encontrem dentro dos limites admissíveis. Relativamente à concentração de dióxido de carbono, também nos dois casos, se atingem valores elevados, entre os 4000 e 5000 ppm.



(a)



(b)



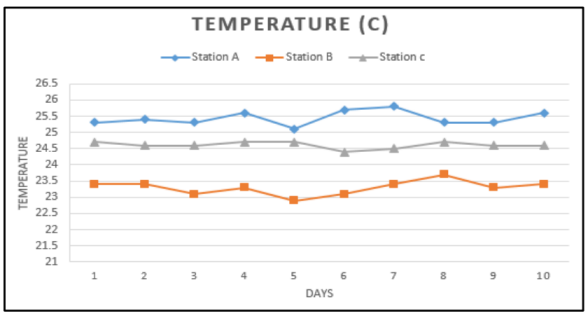
(c)

Figura 7 - Resultados obtidos por Mijakowski et al. [15]: (a) Valores médios, mensais, da temperatura; (b) Valores médios, mensais, da humidade relativa; (c) Valores médios, mensais, da concentração de dióxido de carbono

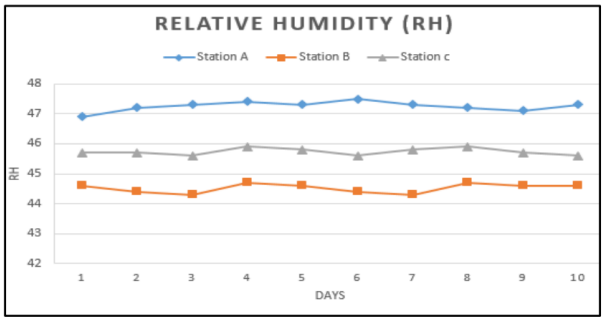
Rahman et al. (2019) [27] desenvolveram um estudo na Malásia de forma a avaliar o conforto térmico em salas de aula. A pesquisa foi efetuada em três edifícios pré-escolares, todos eles bastante próximos, entre 1 a 2 km de distância.

Foram realizadas medições da temperatura interior, humidade relativa e de seis poluentes do ar interior, nomeadamente, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrogénio, formaldeído, composto orgânico volátil e partículas em suspensão. As medições foram efetuadas num período de dez dias, ao longo de 8 horas e intervalos de 30 minutos.

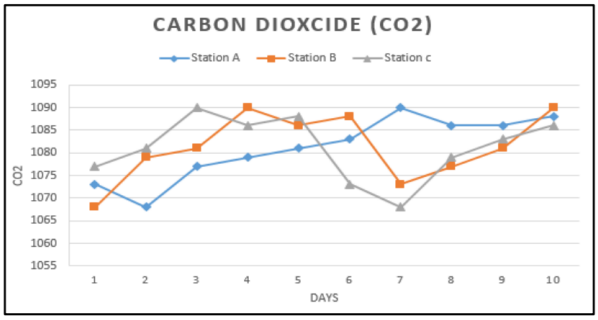
Em suma, no que respeita aos parâmetros físicos, todos se encontravam dentro dos limites de aceitabilidade, como se pode verificar nas Figura 8 (a) e (b). Em oposição, a concentração de dióxido de carbono, Figura 8 (c), partículas em suspensão e composto orgânico volátil mostraram valores acima dos limites aceitáveis.



(a)



(b)



(c)

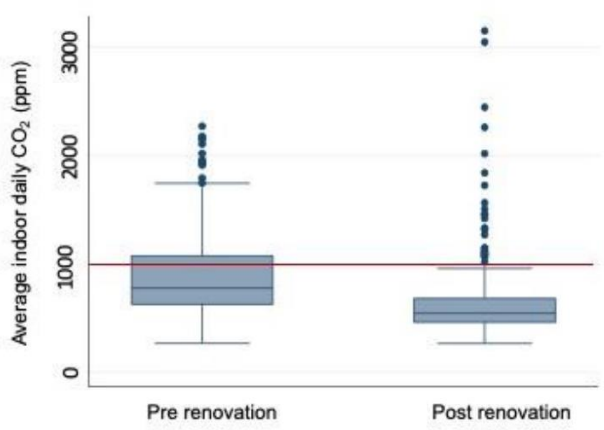
Figura 8 - Resultados obtidos por Rahman et al. [27]: (a) Valores médios da temperatura; (b) Valores médios da humidade relativa; (c) Valores médios da concentração de dióxido de carbono

Zaeh et al. (2021) [24] desenvolveram um estudo, nos Estados Unidos, sobre a qualidade do ar interior em vinte e nove escolas, incluídas num programa de renovação, entre dezembro de 2015 e março de 2020. Foram realizadas campanhas de duas semanas durante as estações de Outono, Inverno e Primavera. Os parâmetros medidos foram a concentração de monóxido e dióxido de carbono em intervalos de 1 minuto, temperatura do ar interior, em intervalos de 10 minutos e partículas em suspensão no ar interior de 5 em 5 minutos. Das vinte e nove escolas estudadas, sete delas foram renovadas, sendo o estudo também focado na avaliação da qualidade do ambiente interior em função do impacto da renovação e, eventual, substituição dos edifícios escolares. A renovação foi adaptada às necessidades de cada edifício, sendo que se baseou na implementação de um novo tipo de aquecimento, ventilação e ar condicionado (sistemas AVAC) e, em algumas escolas, na substituição das janelas.

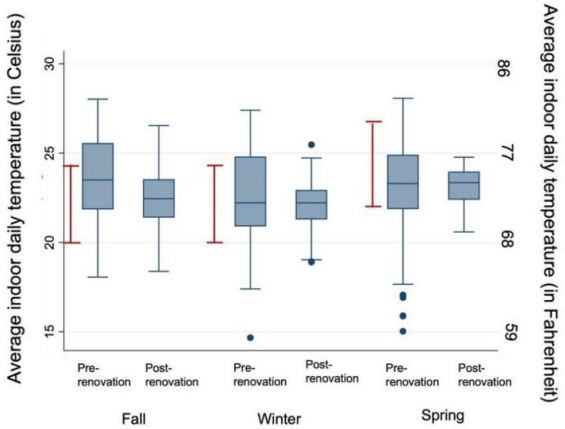
Concluiu-se que no conjunto das sete escolas com dados antes e após a renovação, as medições de temperatura interior e concentração de dióxido de carbono, antes da renovação, ultrapassavam os limites da regulamentação americana na ordem dos 50 e 30%, respetivamente. Em contrapartida, após a renovação, os resultados foram benéficos, sendo que somente 10% das medições de concentração de dióxido de carbono ultrapassavam o referido limite, como se pode verificar na Figura 9 (b). O mesmo se verificou para a temperatura interior, cerca de 28%, Figura 9 (a) e (c).

		Pre-Renovation					Post-Renovation			
Indoor Exposures	**Season**	**N1**	**N2**	**Median (IQR)**	**Min, Max**	**Season**	**N1**	**N2**	**Median (IQR)**	**Min, Max**
School daily CO_2 (ppm)		7	230	774.0 (626.3–1073.2)	354.1, 2157.1		7	232	542.4 (460.3–679.4)	332.2, 2444
School daily $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)		7	204	5.9 (3.8–9.5)	1.0, 25.5		7	252	2.7 (1.4–5.2)	0.7, 17.9
School daily CO (ppm)		7	209	0.4 (0.3–0.6)	0, 1.4		7	179	0.3 (0.1–0.6)	0, 3.1
School daily temperature (°C)	Fall	4	41	23.5 (21.9–25.5)	18.1, 28.0	Fall	6	95	22.5 (21.4–23.5)	18.4, 26.5
	Winter	6	67	22.2 (20.9–24.8)	14.7, 27.4	Winter	6	78	22.2 (21.3–22.9)	18.9, 25.5
	Spring	7	94	23.3 (21.9–24.9)	15.0, 28.0	Spring	6	54	23.4 (22.4–23.9)	20.6, 24.8
Outdoor Exposures										
Two week average $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)		7	18	8.0 (7.3–14.3)	6.7, 56.1		3	8	6.7 (5.2–7.5)	4.0, 8.5
School daily temperature (°C)	Fall	4	37	20.9 (18.4–23.2)	7.3, 33.6	Fall	4	44	20.2 (14.9–26.7)	1, 37.4
	Winter	5	58	8.5 (4.2–14.2)	−6.1, 23.6	Winter	3	29	4.9 (2.8–8.1)	−4.0, 17.0
	Spring	6	67	16.3 (11.6–23.3)	4.4, 30.7	Spring	4	30	20.1 (12.5–25.3)	8.5, 38.3

(a)



(b)



(c)

Figura 9 - Resultados obtidos por Zaeh et al. [24]: (a) Resultados dos parâmetros avaliados nas sete escolas com dados pré e pós renovação; (b) Valores da concentração de dióxido de carbono pré e pós renovação; (c) Valores da temperatura diária interior nas diferentes estações e nas fases pré e pós renovação

Lovec et al. (2021) [21] desenvolveram um estudo em oito jardins de infância na Eslovénia, no período de Inverno, antes e durante a pandemia COVID-19. Este estudo consistiu na avaliação da qualidade do ambiente interior, sendo monitorizada, num intervalo de 15 minutos, a temperatura do ar interior, a humidade relativa e a concentração de dióxido de carbono. Para tal, foram realizadas duas campanhas, uma antes da pandemia, entre 2019 e 2020, e outra, no decorrer da mesma, entre 2020 e 2021. Foram selecionados jardins de infância diversificados, construídos entre 1950 e 2010, sendo que na Figura 10 mostram-se os resultados obtidos.

No que diz respeito à concentração de dióxido de carbono, conclui-se que mediante os limites impostos pela legislação do país em estudo, a concentração média estava dentro dos limites admissíveis (≤ 1667

ppm), embora tenha ultrapassado o valor recomendado (≤ 1000 ppm). Quanto à temperatura, obtiveram-se valores ligeiramente elevados, contudo, dentro dos limites de aceitabilidade. O mesmo se verifica para a humidade relativa.

A diferença que se verificou entre as medições antes e após a pandemia foi uma melhoria de cerca de 30% na concentração de dióxido de carbono o que é explicada pelos protocolos de ventilação exigidos na fase pandémica.

No. of Measurements		T (°C)			CO_2 (ppm)			H (%)		
		MIN	MAX	AVG	MIN	MAX	AVG	MIN	MAX	AVG
Before COVID-19 pandemic measurements	1A	18.22	24.83	23.11	410	2452	1067.38	16.9	39.3	28.63
	2A	18.97	23.44	21.57	441.50	2936.5	1468.44	24.45	49.35	39.37
	3A	18.72	23.17	21.13	372	2673	1612.02	26.9	44.4	36.82
	4A	19.91	23.66	22.50	373	1581.5	739.69	15.6	40.95	28.46
standard deviation of all measuring parameters			1.65 T (°C)			535.30 CO_2 (ppm)			6.62 H (%)	
2019/2020		18.22	24.83	22.0775	372	2936.5	1221.88	15.6	49.35	33.32
During the COVID-19 pandemic measurements	1B	21.56	27.22	24.25	405	2213	891.81	18.5	43.1	28.44
	2B	19.165	23.305	21.95	427	1843.5	1132.84	25.85	55.35	42.99
	3B	16.89	26.72	21.96	388	1947	739.018	17.9	48.6	28.06
	4B	17.47	25.47	22.65	403.5	1151.5	624.8	16.4	35.6	25.01
standard deviation of all measuring parameters			2.10 T (°C)			377.30 CO_2 (ppm)			11.62 (%)	
2020–2021		16.89	27.22	21.955	388	2213	847.12	16.4	55.35	31.125

Figura 10 - Resultados obtidos por Lovec et al. [21]: Valores médios da temperatura interior, concentração de dióxido de carbono e humidade relativa em fase de ocupação

Borgese et al. (2022) [25] efetuaram um estudo da qualidade do ambiente interior na cidade de Milão, na Itália. Foram estudados dois jardins de infância compostos, na totalidade, por 290 crianças, 47 professoras e 19 salas de aula. Vários aspetos foram tidos em conta, nomeadamente, o tipo de edifício, o nível e tempo de ocupação, as atividades realizadas em cada sala, as características de ventilação natural e mecânica, e as concentrações de dióxido de carbono, temperatura do ar e humidade relativa. A campanha de medições foi realizada na estação de Primavera, entre 7 de abril e 13 de maio de 2021.

Em conclusão (Figura 11) as concentrações de dióxido de carbono revelaram variações ao longo do tempo explicadas pelas condições de ocupação e ventilação das salas de aula. Tendo em conta o valor de referência, as medições demonstraram uma tendência crescente em salas ocupadas e ventilação insuficiente. O oposto verificava-se quando as salas eram desocupadas ou em períodos em que as janelas estavam abertas. Quanto à temperatura do ar interior, os valores variaram entre os 15,1 ºC e os 24,6 ºC e a humidade relativa entre os 13,0% e 64,34%.

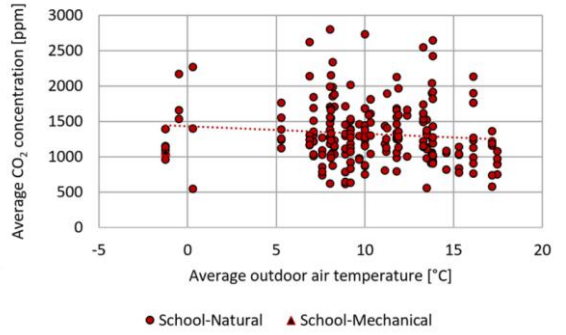
Building	Point	Volume (m^3)	Occupation	Sample Result	T (°C)	RH (%)	CO_2 (ppm)
Immacolata	C01—Atrium	2452	Variable	Negative	n.a.	n.a.	n.a.
	C02—Green Classroom	213	2 adults + 13 kids	Negative	19.4	31.0	577
	C03—White Classroom	197	3 adults + 14 kids	Negative	21.9	23.8	899
	C04—Red Classroom	183	2 adults + 17 kids	Negative	19.3	25.9	840
	C05—Yellow Classroom	252	2 adults + 15 kids	Negative	19.4	19.0	598
	C06—Orange Classroom	240	3 adults + 15 kids	Negative	22.7	13.0	598
	C07—Mini Classroom	241	2 adults + 9 kids	Negative	20.6	25.6	780
	C08—Spring Classroom	178	2 adults + 6 kids	Negative	n.a.	n.a.	n.a.
	C09—Dining room	353	2 adults + 29 kids	Negative	18.7	25.8	747
	C10—Dining room	353	2 adults + 30 kids	Negative	17.8	15.2	548
Marx	I01—Atrium	n.a.	Variable	Negative	15.1	64.3	444
	I02—Green Classroom	210	2 adults + 16 kids	Negative	18.8	55.8	642
	I03—Yellow Classroom	207	2 adults + 14 kids	Negative	19.4	54.5	518
	I04—Blue Classroom	210	2 adults + 17 kids	Negative	20.5	53.8	604
	I05—Orange Classroom	202	2 adults + 9 kids	Negative	20.8	53.0	586
	I06—Red Classroom	206	3 adults + 12 kids	Negative	20.4	52.4	536
Lamennais	I08—N.1 Classroom	208	2 adults + 17 kids	Negative	24.6	45.8	888
	I09—N.2 Classroom	207	2 adults + 17 kids	Negative	22.2	48.8	601
Airaghi	I11—Blue Classroom	209	2 adults + 12 kids	Negative	22.0	44.4	453
	I12—Yellow Classroom	209	2 adults + 17 kids	Negative	21.7	46.2	632
	I13—Green Classroom	209	1 adults + 16 kids	Negative	22.3	45.2	565
	I15—Atrium	n.a.	Variable	Negative	22.5	42.2	448

Figura 11 - Resultados obtidos por Borgese et al. [25]: Valores médios da temperatura, humidade relativa e concentração99 de dióxido de carbono para os diferentes edifícios

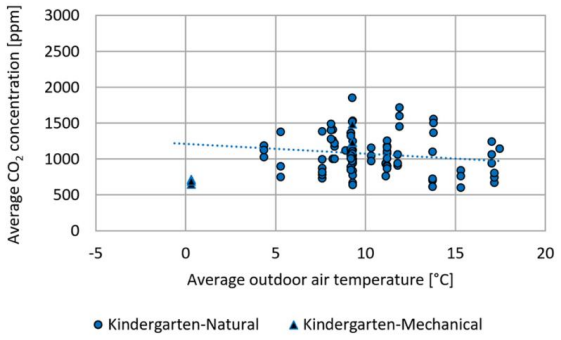
Muhič et al. (2022) [11] realizaram um estudo na Eslovénia em 311 edifícios escolares, em que 93 eram jardins de infância. Foram realizadas quatro campanhas, entre março e abril de 2017, março e maio de 2018, dezembro de 2018 e junho de 2019 e entre fevereiro e março de 2020. Foram efetuadas medições de 60 em 60 segundos dos parâmetros interiores de temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono. Nos jardins de infância os parâmetros foram medidos durante a ocupação dos espaços, entre as 08h e 14h. Dos 93 jardins de infância, somente seis possuem ventilação mecânica, os restantes edifícios são ventilados naturalmente.

Em termos de resultados, a temperatura média do ar é superior nos jardins de infância, quando comparada com os edifícios escolares, enquanto no caso da humidade relativa, verifica-se o oposto, Figura 12 (d). No entanto, os parâmetros mencionados encontram-se dentro dos limites aceitáveis. Relativamente à concentração de dióxido de carbono, na Figura 12 (c), os valores dos edifícios ventilados mecanicamente revelaram-se mais reduzidos face aos que possuem ventilação natural. Por fim, observando os gráficos das Figuras 12 (a) e (b), conclui-se que as condições climáticas exteriores não possuem um grande impacto na qualidade do ar interior.

Comparando este estudo com o de Lovec et al. (2021) [21], realizado na Eslovénia antes e durante a pandemia COVID-19, relativamente à concentração de dióxido de carbono, em média, os valores estavam dentro dos limites admissíveis, embora, esporadicamente, ultrapassem os valores recomendados. O mesmo se verificou para os parâmetros de temperatura e humidade relativa.



(a)



(b)

	Schools	Kindergartens
t [°C]	22.4	22.6
STDEV t [°C]	1.29	1.02
FI [%]	42.0	37.1
STDEV FI [%]	8.94	7.43

(c)

	$CO_{2,max}$	STDEV $CO_{2,max}$	$CO_{2,ave}$	STDEV $CO_{2,ave}$
School Natural	2277	829	1310	442
School Mechanical	1789	843	1072	450
Kindergarten Natural	1979	843	1068	450
Kindergarten Mechanical	1732	838	1001	449

(d)

Figura 12 – Resultados obtidos por Muhič et al. [11]: (a) Valores da concentração média de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior, em fase de ocupação nos edifícios escolares; (b) Valores da concentração média de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior, em fase de ocupação dos jardins de infância; (c) Temperatura média e humidade relativa média, em fase de ocupação, e desvio padrão dos dois parâmetros; (d) Valor máximo de concentração de dióxido de carbono (CO2,max) e respetivo desvio padrão e valor médio da concentração de dióxido de carbono (CO2, ave) e respetivo desvio padrão, durante ocupação.

Foram ainda selecionados alguns trabalhos realizados em Portugal:

Santos (2010) [16] desenvolveu um estudo no âmbito da sua dissertação de mestrado, acerca da qualidade do ambiente interior em jardins de infância localizados na Maia, Portugal. Foram estudados quatro jardins de infância de construção centenária e moderna, onde a ocupação máxima é de 25 crianças (em cada). Foram avaliados os parâmetros ambientais tais como dióxido de carbono, temperatura do ar e humidade relativa, como se pode verificar na Figura 13.

Em termos de humidade relativa, Figura 13 (a), os resultados obtidos encontram-se abaixo dos limites recomendados, 50-70%. As temperaturas interiores, Figura 13 (c), demonstraram-se dentro do limite recomendado. Em contrapartida, a concentração de dióxido de carbono, Figura 13 (c) revelou valores acima do limite aceitável, incluindo em períodos sem ocupação, apontando que a ventilação dos espaços estudados se revela insuficiente.

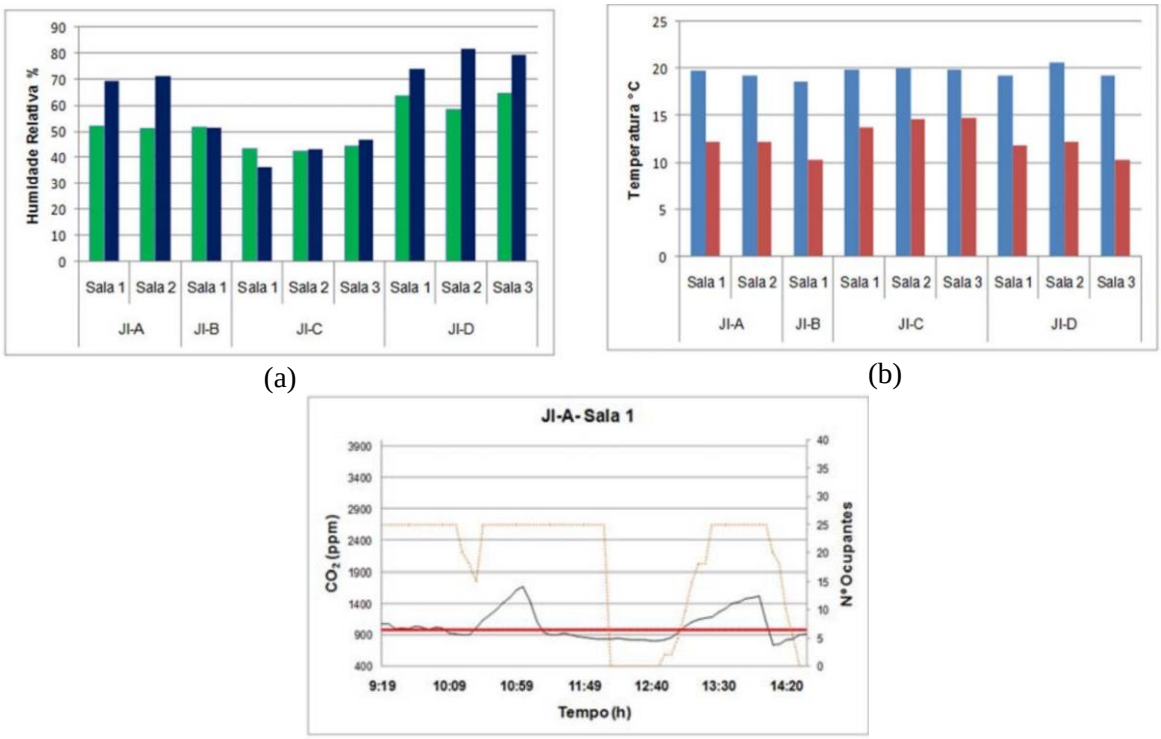
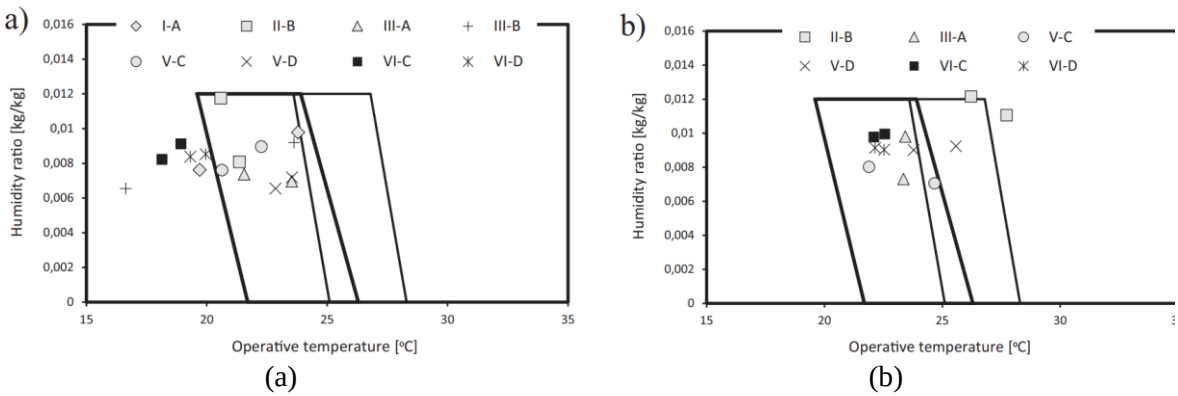
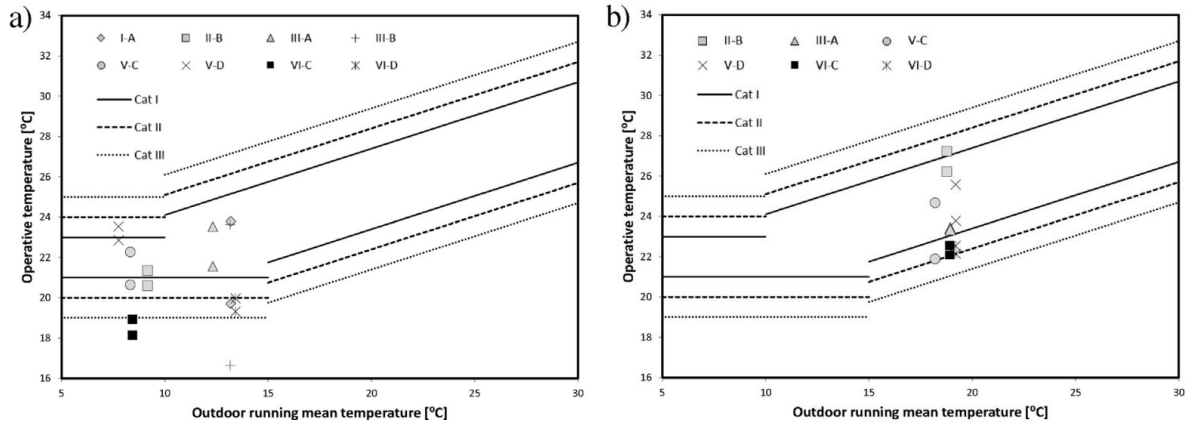


Figura 13 - Resultados obtidos por Santos, [16]: (a) Valores médios da humidade relativa; (b) Valores médios da temperatura interior; (c) Valores médios da concentração de dióxido de carbono

Almeida et al. (2015) [23] realizaram um estudo das condições de conforto térmico em dez espaços educativos portugueses incluindo jardins de infância e até mesmo faculdades. Nesses espaços foram efetuadas 32 medições e cerca de 490 questionários. Os parâmetros físicos avaliados foram a temperatura do ar, temperatura média radiante, temperatura do pavimento, temperatura de assimetria radiante, velocidade do ar e humidade relativa, sendo que os registos foram realizados em intervalos de 1 minuto, ao longo de duas campanhas. Os questionários foram realizados de forma a avaliar as sensações térmicas dos indivíduos. Segundo o modelo de conforto adaptativo aplicado conclui-se que, na generalidade, os edifícios eram considerados aceitáveis, isto é, dentro dos limites de conforto (Figura 14).



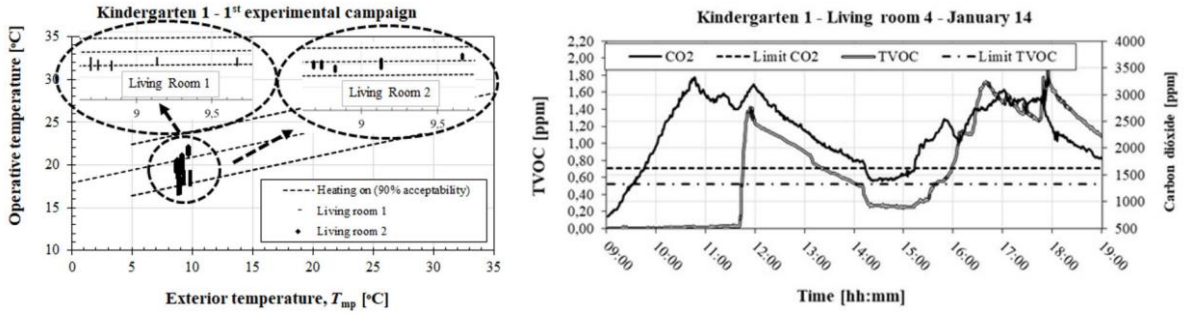


(c) (d)

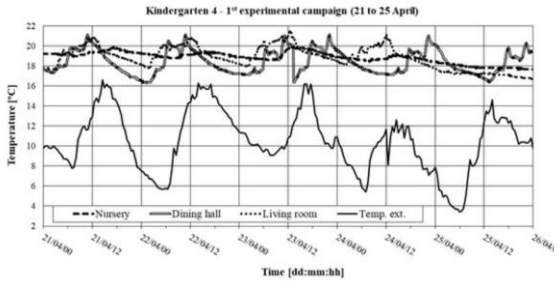
Figura 14 - Resultados obtidos por Almeida et al. [23]: (a) Aplicação do modelo de conforto ASHRAE 55 na primeira campanha; (b) Aplicação do modelo ASHRAE 55 na segunda campanha; (c) Aplicação da norma 15251 na primeira campanha; (d) Aplicação da norma 15251 na segunda campanha

Pinto et al. (2021) [22] efetuaram um estudo em duas cidades de Portugal, Viseu e Covilhã, em quatro edifícios, desde creches a jardins de infância. Para avaliação dos parâmetros físicos, foram realizadas medições em contínuo, de 5 em 5 minutos, ao longo de duas campanhas, uma em janeiro e outra entre abril e maio, somente durante os períodos de ocupação.

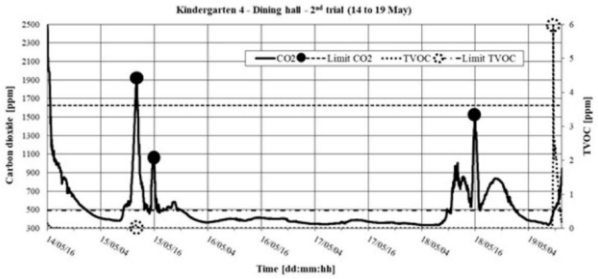
Concluiu-se que na generalidade dos compartimentos a temperatura do ambiente interior revelou valores reduzidos e, algumas vezes, abaixo das condições de conforto térmico, como se pode verificar na Figura 15 (a) e (c). Já a humidade relativa, demonstrou valores aceitáveis. Os poluentes medidos, incluindo a concentração de dióxido de carbono, apresentam valores acima do limite de proteção, Figura 15 (b) e (d). Posto isto, algumas das eventuais causas possíveis que explicam estes resultados são o facto de os compartimentos estudados serem aquecidos de forma insuficiente e as taxas de ventilação serem reduzidas, havendo pouca renovação de ar.



(a) (b)



(c)



(d)

Figura 15 - Resultados obtidos por Pinto et al. [22]: (a) Aplicação do modelo de conforto LNEC na 1ªcampanha; (b) Valores da concentração de dióxido de carbono em função do tempo na 1º campanha; (c) Valores da temperatura em função do tempo na 1ª campanha; (d) Valores da concentração de dióxido de carbono na 2ª campanha

3

METODOLOGIA

3.1. ENQUADRAMENTO

O objetivo desta dissertação consiste na monitorização e avaliação do conforto térmico em jardins de infância em condições de ocupação.

Assim, o procedimento adotado baseou-se na medição de parâmetros ambientais interiores e exteriores, em contínuo. A monitorização decorreu nos períodos de Inverno e Primavera, mais precisamente entre fevereiro e maio de 2023. Ao longo da realização dos ensaios, em dois momentos específicos, foram distribuídos inquéritos às crianças de forma a ser avaliada a perceção dos ocupantes relativamente às condições de conforto térmico.

Os resultados da monitorização foram utilizados para avaliar o conforto térmico através dos modelos adaptativos propostos na ASHRAE 55 [1] e na norma EN 16798 [9].

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

3.2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De forma a avaliar as condições térmicas no interior dos edifícios, foram selecionados cinco jardins de infância, sendo que se optou por analisar somente as salas de aula. Nos edifícios onde existem várias salas de aula, elegeram-se as salas dos meninos de 5 anos de idade.

Na Figura 16 encontram-se representadas as localizações dos cinco jardins de infância em estudo, tal como a localização do sensor utilizado para recolher os dados de temperatura e humidade relativa do ar exterior, no concelho de Marco de Canaveses, no distrito do Porto. É de notar que todos se encontram dispostos num raio de 20 km.

Relativamente ao clima exterior desta região, a temperatura exterior varia entre os 3 ºC e 29 ºC, sendo que dificilmente se atingem temperaturas inferiores e superiores a -1 ºC e 35 ºC, respetivamente. É de realçar que o Verão é característico de um clima seco, sendo que o Inverno é frio e marcado pela precipitação [19].

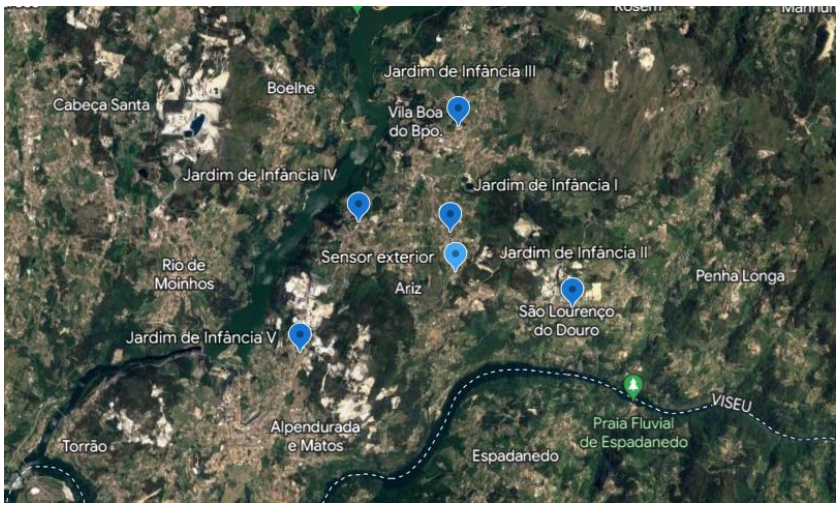


Figura 16 - Localização geográfica dos jardins de infância em estudo e do sensor de clima exterior [20]

3.2.2. JARDIM DE INFÂNCIA I

Este jardim de infância foi construído na década de 90 e apresenta um piso acima da cota da soleira, composto por duas salas de aula e uma de prolongamento. A sala de interesse para o estudo é a sala onde frequentam as crianças de 5 anos (Figura 17), sendo que o espaço também é partilhado pelos alunos de 3 anos. A ocupação da sala é de cerca de 20 alunos na totalidade, sendo 10 com idade igual a 5 anos. A sala de aula em estudo (Figura 18) possui uma área de pavimento de 57 m^2 e um pé-direito de 3,0 m.

A cobertura deste edifício é inclinada, revestida a telha de barro vermelho com desvão ventilado. As paredes exteriores são em alvenaria de tijolo de 33 cm de espessura total, sendo que, tendo em conta o ano de construção, deve existir isolamento térmico. As paredes interiores são em tijolo de menor espessura quando comparadas com as paredes exteriores, mais precisamente 17 cm, aproximadamente. Possuem um revestimento a areado de cor branca. Quanto aos tetos interiores, estes também são areados e pintados à cor das paredes. O pavimento do piso é do tipo térreo, revestido com mosaico cerâmico, de cor clara.

O edifício possui quatro janelas simples de correr, de igual dimensão, 1,90x1,30 cm, orientadas duas delas a Sudeste e as restantes a Sudoeste. Na totalidade, possui 10 m^2 de área envidraçada, que corresponde a cerca de 18% da área de pavimento. Os envidraçados são duplos, de vidro incolor, e, como sistema de proteção solar, possuem uma cortina opaca, interior, de cor clara. Toda a caixilharia é em alumínio à cor natural, sem corte térmico.

O edifício não dispõe de ventilação mecânica, sendo que a caixilharia não possui dispositivos de admissão de ar na fachada. As portas e janelas não estando bem vedadas permitem, consequentemente, infiltrações de ar. Assim, a ventilação ocorre sobretudo através da abertura dos vãos e da infiltração de ar não controlada. Por fim, não havendo nenhum tipo de sistema de aquecimento centralizado, os utilizadores recorrem a dispositivos individuais de aquecimento pontual, alimentados a energia elétrica.



Figura 17 – Vista exterior do Jardim de Infância I e respetiva sala de aula

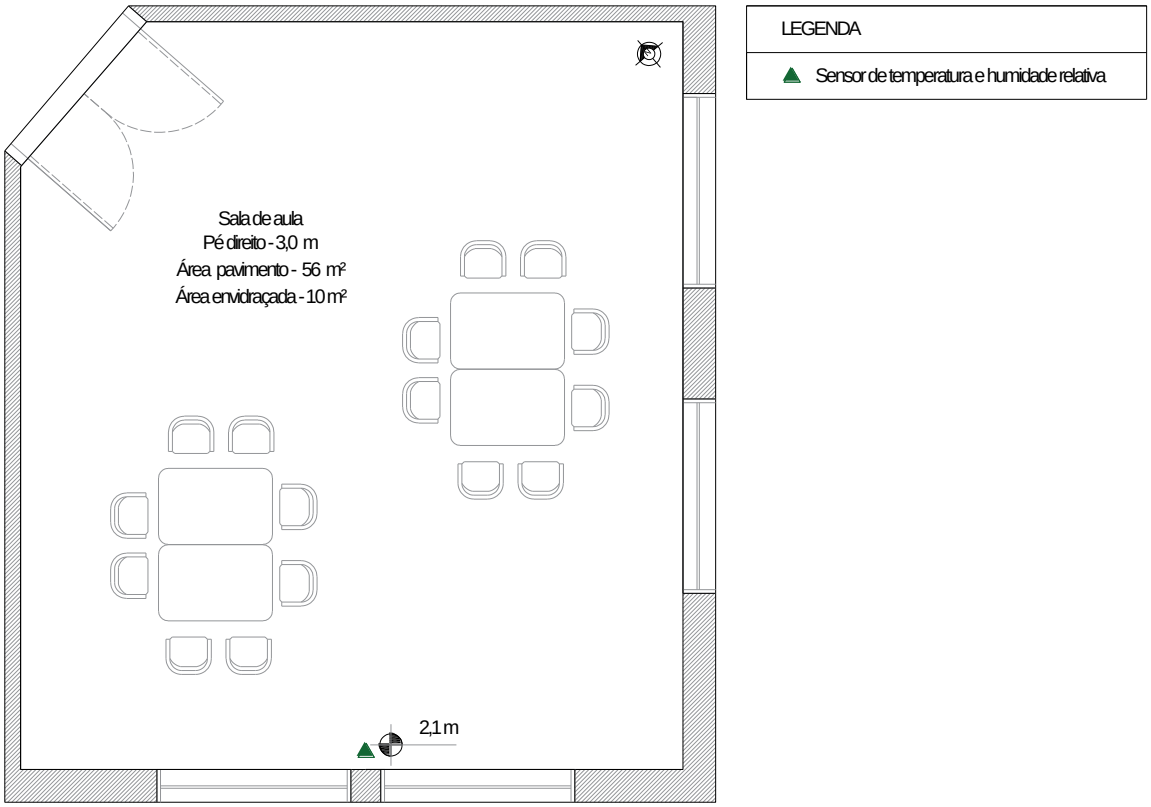


Figura 18 - Planta do Jardim de Infância I e localização do sensor

3.2.3. JARDIM DE INFÂNCIA II

O jardim de infância II foi construído na década de 80, sendo que se trata de um edifício com dois pisos. O rés-do-chão é constituído por uma sala de aula, uma de prolongamento e uma de atividades. A sala de aula em estudo (Figura 19) é utilizada por 7 alunos, de idades dos 3 aos 5 anos.

A cobertura deste edifício é do tipo plana, com revestimento em chapa isotérmica de poliuretano. As paredes exteriores e interiores são em alvenaria de tijolo com uma espessura total de 32 e 17 cm, respetivamente. A sua composição, provavelmente, não inclui isolamento térmico atendendo ao ano de construção. A fachada é revestida a reboco, de cor amarelo, e as paredes interiores a tinta de areia à cor branca, com um pé-direito igual a 2,7 m. Os tetos interiores, à semelhança das paredes, possuem um acabamento final à base de tinta de areia, branca. O pavimento é do tipo térreo, contínuo, de material sintético. A área de pavimento da sala de aula é de 47 m^2 (Figura 20).

O edifício contém envidraçados a Sudeste e a Sul, com sombreamentos internos de cortina opaca clara. A predominância dos envidraçados é a Sul, com uma área envidraçada de 9 m^2, sendo que a Sudeste possui apenas 1 m^2. Os envidraçados aplicados nas portas e janelas exteriores são do tipo duplo, transparente, e as caixilharias são em alumínio, sem corte térmico.

A ventilação deste edifício não recorre a qualquer tipo de equipamento mecânico, nem dispõe de dispositivos específicos de ventilação. A renovação de ar é feita através das aberturas na fachada, nomeadamente janelas ou portas, e pelas infiltrações de ar que surgem de forma não controlada. O aquecimento é realizado de forma pontual através de dispositivos elétricos de aquecimento.



Figura 19 – Vista exterior do Jardim de Infância II e respetiva sala de aula

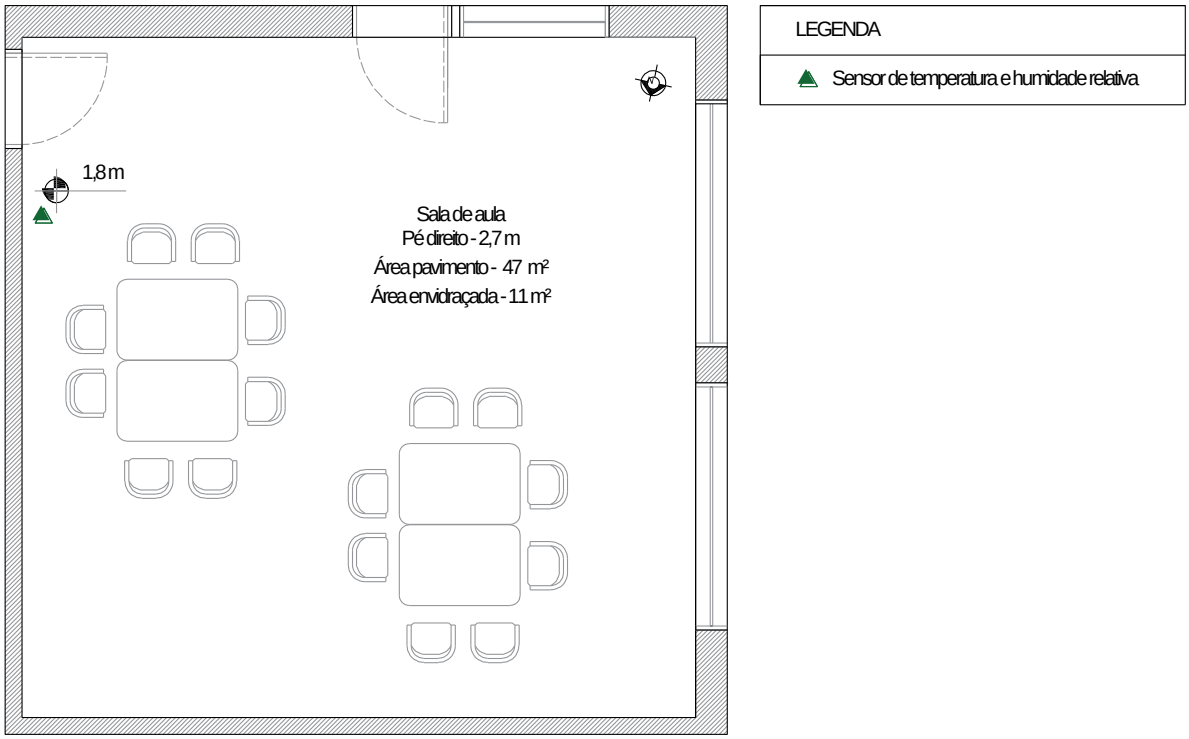


Figura 20 - Planta do Jardim de Infância II e localização do sensor

3.2.4. JARDIM DE INFÂNCIA III

O terceiro jardim de infância, Figura 21, foi construído no ano de 2012 e possui três salas de aula, sendo que cada uma corresponde às idades de 3, 4 e 5 anos, e a sua ocupação é de 14, 20 e 20 alunos, respetivamente. A sala dos 5 anos, Figura 22, compreende uma área de 50 m^2 e 3,2 m de pé-direito.

A cobertura deste edifício é do tipo plana. As paredes exteriores são em alvenaria de tijolo, tal como as interiores, tendo as primeiras uma espessura total de 30 cm e as segundas de 13 cm. As paredes interiores são revestidas a gesso cartonado e as exteriores possuem isolamento térmico na sua composição. Os tetos interiores, tal como as paredes, receberam um acabamento em gesso cartonado. A estrutura e a cobertura estão separadas por um teto falso, onde se encontram embutidas as grelhas modeladoras de luz e as grelhas de extração de ar. O pavimento é do tipo térreo e dispõe de um sistema de aquecimento do tipo pavimento radiante inserido sob o revestimento sintético contínuo.

A sala de aula tem duas janelas fixas e duas portas envidraçadas, ambas voltadas a Sul, de dimensões 2,10x1,81cm e 0,70x1,81cm, respetivamente. No seu conjunto possuem uma área envidraçada de 10 m^2, que corresponde a uma percentagem de pavimento de 20%. Os vãos envidraçados são compostos por vidro duplo incolor e caixilharia de alumínio, com corte térmico. Os sistemas envidraçados contemplam proteção solar, tanto interior, como exterior. A proteção exterior é sob a forma de uma pala, desde o exterior prolongada de igual área para o interior (6 m^2) e a proteção interior é em cortina opaca de cor clara.

O edifício contém um sistema solar térmico para produção de AQS. A renovação de ar é garantida por ventiladores mecânicos que, em oposição aos restantes casos de estudo, assegura um sistema de ventilação com trocas de ar controladas. O sistema de ventilação é centralizado, com entrada de ar através de

aberturas exteriores específicas, de admissão de ar, e com aberturas associadas a condutas, para a extração. O sistema de aquecimento é centralizado, com equipamentos do tipo radiadores nas salas de aula.



Figura 21 – Vista exterior do Jardim de Infância III e respetiva sala de aula

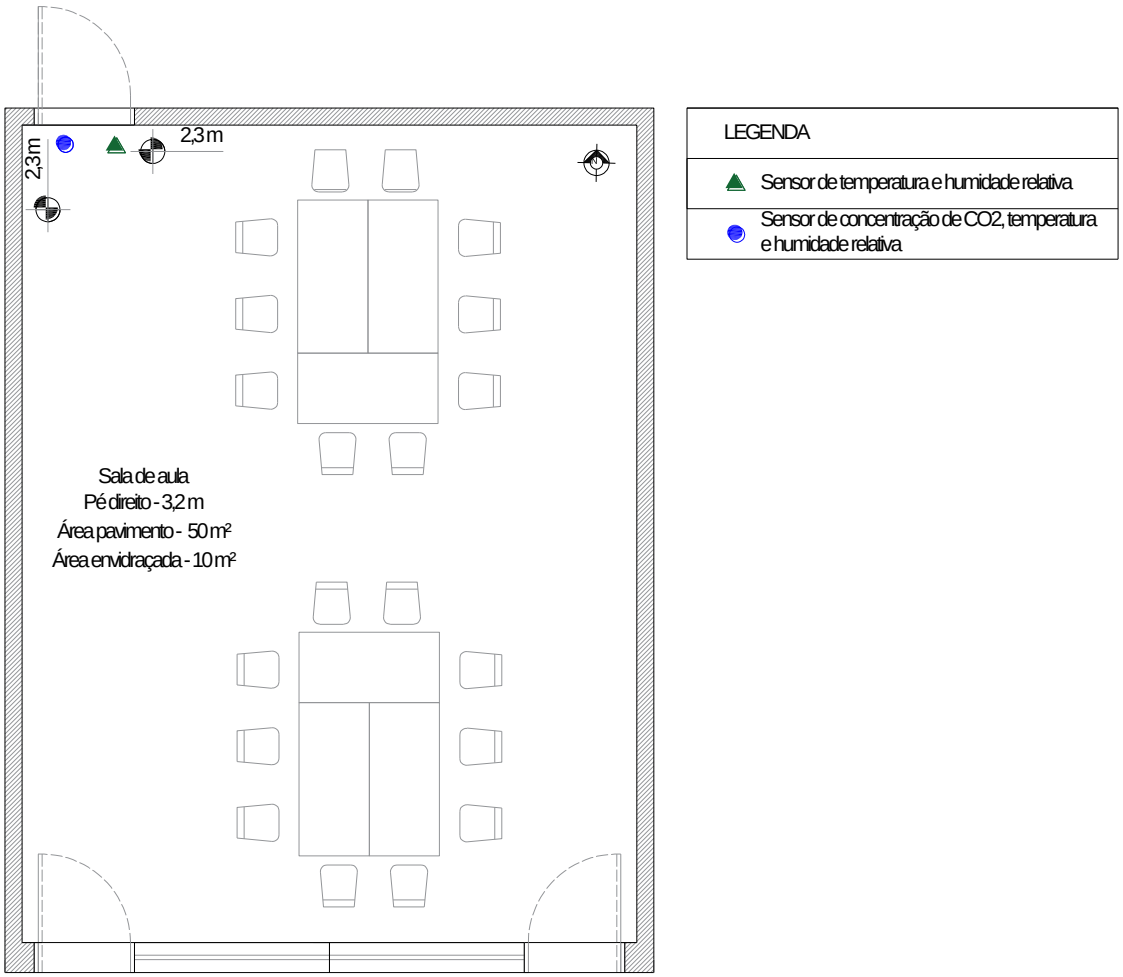


Figura 22 - Planta do jardim de infância III e localização dos sensores

3.2.5. JARDIM DE INFÂNCIA IV

O penúltimo jardim de infância foi inaugurado no ano de 1977, sendo composto por dois pisos elevados. A sala de aula selecionada encontra-se no piso do R/C (Figura 23) e tem uma ocupação de 19 alunos dos 3 aos 5 anos. A sala tem uma área de pavimento de 64 m^2 e 3,1 m de pé-direito (Figura 24).

A cobertura do edifício é inclinada, com desvão ventilado, composta por telha de barro vermelho. As paredes exteriores e interiores são em alvenaria de tijolo, com espessuras totais de 39 e 37 cm, respetivamente. Não possui isolamento térmico, em teoria, na sua constituição face à data de construção. As paredes e os tetos interiores possuem como acabamento final uma pintura areada. O pavimento possui um revestimento sintético, sendo contínuo e do tipo térreo.

Os vãos envidraçados são compostos por uma caixilharia, com quadrícula, em madeira e vidro duplo incolor. Possui cinco janelas de abrir, sendo três delas voltadas a Noroeste e as restantes a Sudeste. A área de envidraçado é de cerca de 1,3 m^2 por cada abertura, resultando numa percentagem envidraçada igual a 11% da área de pavimento. Como dispositivo de sombreamento, os vãos envidraçados possuem uma proteção solar interior descontínua em rolo do tipo "bambu".

A entrada e saída de ar ocorre apenas pela abertura de portas e janelas, somada às infiltrações de ar que decorrem de forma não regulada. É de notar que o edifício não possui grelhas de admissão de ar ou qualquer outro dispositivo de ventilação. Por fim, este edifício não contém nenhum sistema aquecimento centralizado e, portanto, para aquecer o ambiente interior, são utilizados dispositivos portáteis de aquecimento pontual, alimentados por uma fonte de energia elétrica.



Figura 23 – Vista exterior do Jardim de Infância IV e respetiva sala de aula

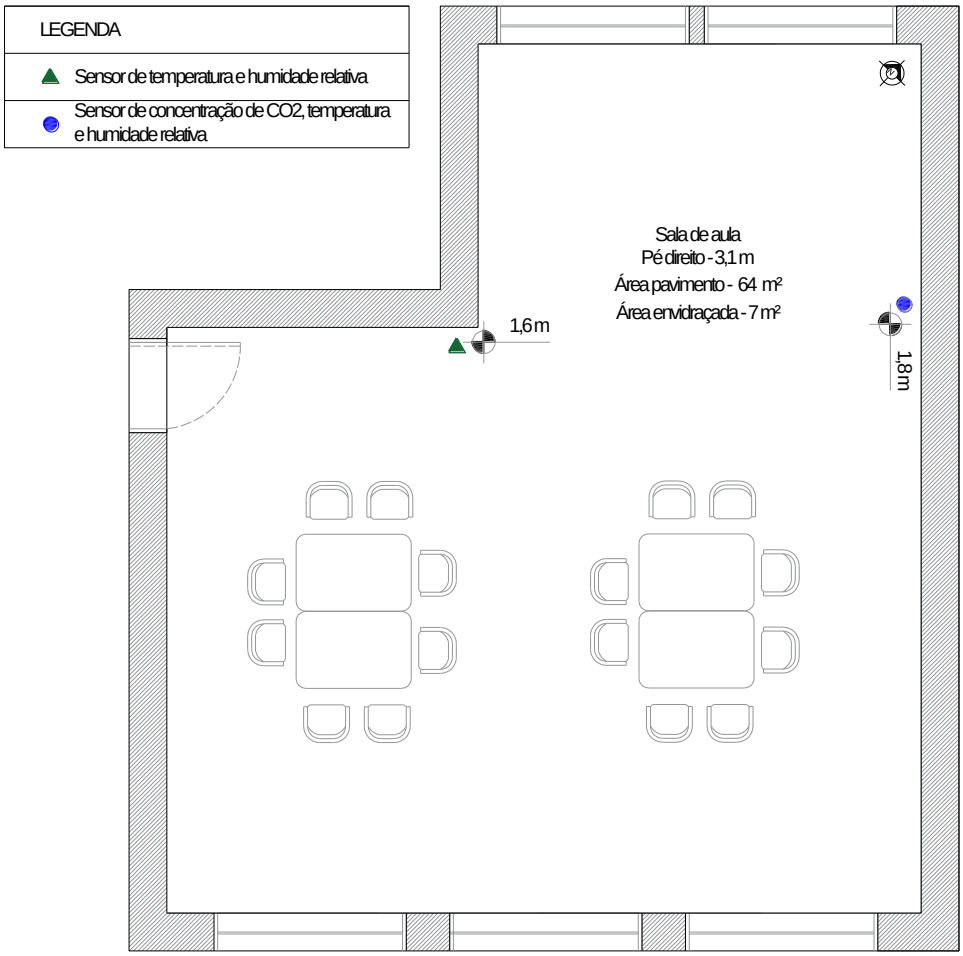


Figura 24 - Planta do Jardim de Infância IV e localização dos sensores

3.2.6. JARDIM DE INFÂNCIA V

Por último, este edifício foi inaugurado no ano de 1996 e reabilitado em 2001. É constituído por somente uma sala de aula (Figura 25), frequentada por 20 alunos dos 3 aos 5 anos.

Possui um piso de construção, as paredes exteriores são em alvenaria de tijolo com 35 cm de espessura e as paredes interiores são, igualmente, em alvenaria de tijolo, 17 cm de espessura. As paredes e tetos interiores são revestidas com pintura areada. As paredes exteriores, à partida, apresentam isolamento térmico devido à data de conceção. A cobertura deste edifício é inclinada, revestida a telha de barro vermelho, com desvão ventilado. O pavimento é constituído por um revestimento contínuo em material sintético. A área de pavimento é de 59 m^2 e o pé-direito é de 3,2 m.

A sala de aula (Figura 26) possui apenas uma janela de correr e uma porta envidraçada, ambas voltadas a Sul, cuja área envidraçada, de cada abertura, é de 4 m^2. O vão envidraçado é de vidro duplo, de correr, com caixilharia em alumínio sem corte térmico. Possui uma cortina opaca de cor clara como dispositivo de proteção solar interior.

A ventilação deste edifício é realizada de forma natural através da abertura de portas e janelas que não estando bem vedadas permitem a infiltração de ar para o interior, de forma não regulável. Além disso, o edificado não dispõe de grelhas de admissão de ar ou qualquer tipo de dispositivo típico de ventilação.

O aquecimento é realizado mediante dispositivos individuais de aquecimento pontual, elétricos, não havendo qualquer tipo de sistema centralizado.



Figura 25 – Vista exterior do Jardim de Infância V e respetiva sala de aula

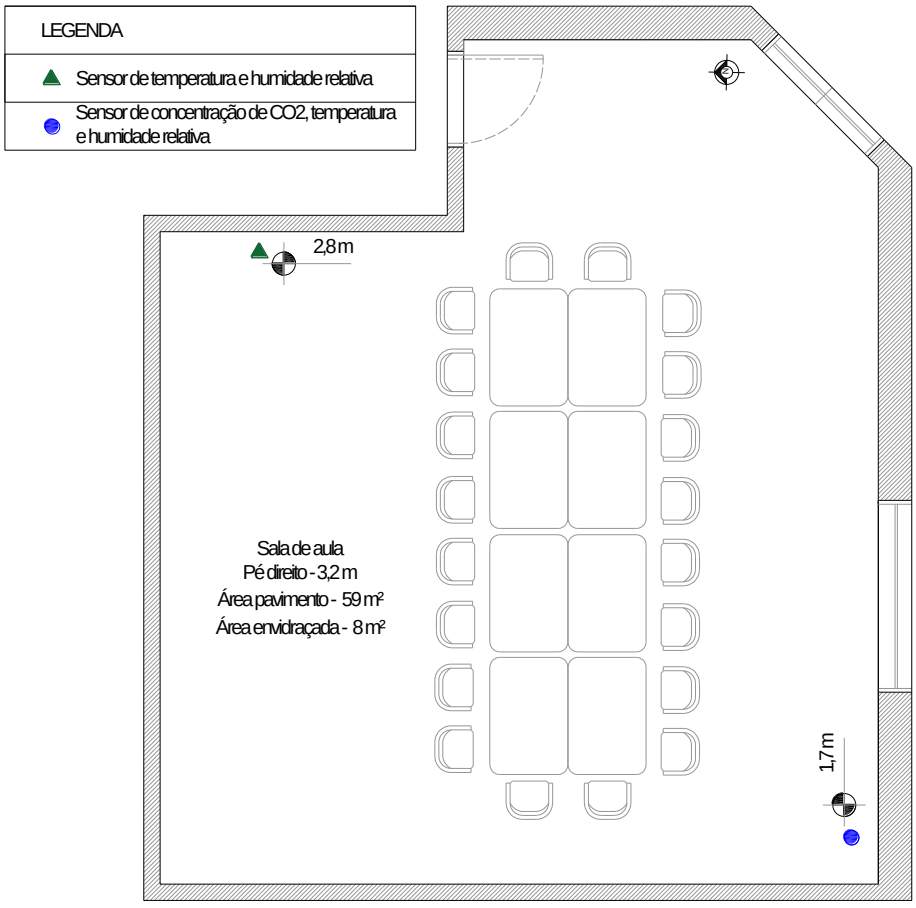


Figura 26 - Planta jardim de infância V e localização dos sensores

3.2.7. SÍNTESE

No Quadro 3 está sintetizada a informação obtida na caracterização dos casos de estudo, de forma a compreender-se melhor as semelhanças e diferenças existentes.

Verifica-se que todos os casos de estudo foram construídos nas décadas de 80 e 90, à exceção do jardim de infância III, que é o mais recente. Desta forma, sendo praticamente todos os jardins de infância da mesma época, a caracterização construtiva apresenta bastantes semelhanças entre eles.

Todos os edifícios possuem alvenaria de tijolo, sendo que todas as paredes exteriores e interiores possuem uma espessura semelhante, exceto a do jardim IV. A cobertura é geralmente inclinada com desvão ou não existe envolvente horizontal exterior, exceto a do edifício III. À exceção dos edifícios II e IV, em teoria, todos os restantes possuem isolamento térmico na sua constituição, atendendo ao ano de construção.

Relativamente aos revestimentos, tanto nas paredes interiores como nos tetos, o mais comum é a tinta areada, sendo que o jardim III possui gesso cartonado. A generalidade dos casos de estudo tem um revestimento do pavimento contínuo de material sintético, exceto o edifício I.

Quanto aos vãos envidraçados, as janelas são simples e os vidros duplos, no geral, diferindo no tipo de caixilharia. A proteção solar interior é em cortina opaca em todos os edifícios, excetuando o jardim de infância IV. Apenas o jardim de infância III dispõe de dispositivos de sombreamento exterior.

O jardim de infância III é também o único edifício cuja ventilação é feita através de um sistema mecânico centralizado. Os restantes não possuem grelhas de admissão de ar nem dispositivos específicos de ventilação, pelo que a renovação de ar é condicionada pela abertura de portas e janelas e pela infiltração de ar não controlada. Por fim, o aquecimento no conjunto dos edifícios é, em regra, por meio de aquecedores individuais de aquecimento pontual, exceto no jardim de infância III, que tem um sistema centralizado.

Quadro 3 - Quadro resumo da caracterização construtiva dos casos de estudo

Caraterização construtiva		**Jardins de infância**				
		I	II	III	IV	V
Ano de construção		Década de 90	Década de 80	2012	1977	1996
Reabilitação		-	-	-	-	2001
Elementos construtivos	Alvenaria	Tijolo	Tijolo	Tijolo	Tijolo	Tijolo
	Parede Exterior	33 cm	32 cm	30 cm	39 cm	35 cm
	Parede Interior	17 cm	17 cm	17 cm	37 cm	17 cm
	Cobertura	Inclinada com desvão	-	Plana	-	Inclinada com desvão
	Isolamento térmico	√	-	√	-	√
Revestimentos	Parede Interior	Areado	Tinta de areia	Gesso cartonado	Areado	Areado
	Teto	Areado	Tinta de areia	Gesso cartonado	Areado	Areado
	Pavimento	Mosaico cerâmico	Sintético contínuo	Sintético contínuo	Sintético contínuo	Sintético contínuo
	Cobertura	Telha cerâmica	Chapa isotérmica de poliuretano	Betão	Telha cerâmica	Telha cerâmica
Vãos envidraçados	Janela	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
	Vidro	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo

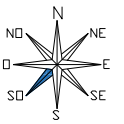
	Caixilharia		Alumínio, sem corte térmico	Alumínio, sem corte térmico	Alumínio, com corte térmico	Madeira, sem corte térmico	Alumínio, sem corte térmico
	Proteção solar	Interior	Cortina opaca	Cortina opaca	Cortina opaca e pala	Estore de lâminas de madeira	Cortina opaca
		Exterior	-	-	Pala	-	-
Ventilação			Infiltração	Infiltração	Mecânica centralizada	Infiltração	Infiltração
Aquecimento			Dispositivos individuais de aquecimento pontual	Dispositivos individuais de aquecimento pontual	Sistema centralizado	Dispositivos individuais de aquecimento pontual	Dispositivos individuais de aquecimento pontual

O Quadro 4 apresenta um resumo da geometria dos casos de estudo, verifica-se que na maioria dos casos a orientação dos vãos envidraçados corresponde ao segundo quadrante, exceto os jardins de infância III e V. Os jardins de infância que possuem maior e menor percentagem de envidraçados são os jardins II e IV, respetivamente.

Todos os edifícios possuem uma área de pavimento bastante semelhante, sendo o jardim de infância IV aquele que mais se afasta, por excesso. À semelhança da área de pavimento, todos os edifícios têm um pé-direito equivalente.

Por fim, relativamente ao número de alunos presentes nas salas de aula em estudo, o jardim de infância II é aquele que menos alunos integra, sendo que todos os restantes apresentam um número similar.

Quadro 4 - Quadro resumo da caracterização geométrica dos casos de estudo

Jardim de infância	**Nº de alunos**	**Área de pavimento (m^2)**	**Pé-direito (m)**	**Área por orientação dos vãos envidraçados (m^2)**				$\frac{A_{envidraçados}}{A_{pavimento}}$ **(%)**
								
I	20	56	3,0	5	-	5	-	18
II	7	47	2,7	1	-	9	-	21
III	20	50	3,2	-	10	-	-	20
IV	19	64	3,1	3	-	-	4	11
V	20	59	3,2	-	8	-	-	14

3.3. PROCEDIMENTO DE ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

3.3.1. EQUIPAMENTOS

De forma a avaliar o conforto térmico é crucial a medição a medição da temperatura e humidade relativa do ar nos compartimentos em estudo. Para tal, foram utilizados sensores digitais, análogos aos da Figura 27 (a), sendo que o seu posicionamento se encontra identificado por um triângulo verde na Figura 18. Todos os sensores encontram-se posicionados a uma cota superior a 1 metro, num local protegido de eventuais perturbações pontuais.

Os sensores apresentam as características técnicas indicadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Características técnicas do sensor de temperatura e humidade relativa

Modelo	Hobo UX100-011	
Parâmetros	Temperatura	Humidade Relativa
Intervalo de medição	-20ºC a 70ºC	1% a 95%
Precisão	± 0,21ºC (0 a 50ºC)	± 2,5% (10 a 90%); ± 5% (<10% ou >90%)
Resolução	0,024 ºC a 25 ºC	0,01 %
Memória	63 488 leituras	
Taxa de medição	1 segundo a 18 horas	
Tipo de bateria	Lítio CR2032 3V	
Peso	30 g	
Dimensões	3.66 cm x 8.48 cm x 2.29 cm	
Software	HOBOware	

Além da temperatura e da humidade relativa, também a concentração de dióxido de carbono (CO2) é fundamental para o estudo em causa, sendo que para a sua monitorização foram utilizados dispositivos do modelo Chauvin&Arnoux C.A1510 (Figura 27 (b)), que também permitem a medição da temperatura e humidade relativa do ar. As características técnicas deste equipamento estão apresentadas no Quadro 6. À semelhança dos sensores de temperatura e humidade relativa, estes equipamentos foram posicionados nas salas de aula a uma cota superior a 1 metro e a sua localização está esquematicamente representada na Figura 22 sob a forma de um círculo azul.

Quadro 6 - Características técnicas do sensor de temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono (CO2)

Modelo	Chauvin&Arnoux C. A1510		
Parâmetros	Temperatura	Humidade Relativa	Concentração de CO2
Intervalo de medição	-10ºC a 50ºC	5% a 95%	0 a 5000 ppm
Precisão	±0,5 °C a 50 %HR	± 2 %HR ± R de 10 a 90 %HR e ± 3 %HR ± R fora do intervalo mencionado	± 3% (± 50 ppm a 25ºC)
Resolução	0,1 ºC	0,1%	1 ppm
Memória	1 000 000 de leituras		
Taxa de medição	195 segundos para 63%		
Tipo de bateria	Alcalina 2 x LR6 AA 1.5V		
Peso	190 g		
Dimensões	25 x 65,5 x 32 mm		
Software	Data Logger Transfer		



(a) (b)

Figura 27 - Equipamentos utilizados: (a) Sensor de temperatura e humidade relativa; (b) Sensor de temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono

3.3.2. CONDIÇÕES E PLANEAMENTO DOS ENSAIOS

A avaliação do conforto térmico realizou-se a partir dos dados da caracterização do clima interior e exterior, sendo que teve início na penúltima semana de fevereiro. Para o clima exterior foram também utilizados dados fornecidos pelo IPMA, para complementar as medições efetuadas, nomeadamente os dados da temperatura na semana anterior ao início do registo, necessários para a aplicação do modelo adaptativo da EN 16798.

Nas duas situações, foram realizadas medições em contínuo dos parâmetros de temperatura e humidade relativa, sendo que para o clima interior se acresce a medição da concentração de dióxido de carbono (CO2) em algumas salas de aula. A recolha e reprogramação dos dados foi realizada semanalmente, de forma a precaver imprevistos que comprometessem o estudo.

O sensor instalado no exterior foi posicionado numa zona protegida, de forma a minimizar o efeito da radiação solar direta e da chuva.

Os sensores Hobo UX100-011 e Chauvin&Arnoux C. A1510 foram programados a partir dos softwares HOBOware e Data Logger Transfer, respetivamente, tendo-se definido um intervalo de aquisição de dados de 10 minutos.

3.3.3. ENSAIOS LABORATORIAIS PRÉVIOS

Para aferir a calibração dos sensores, realizou-se um ensaio preliminar laboratorial numa câmara climática, para os sensores de temperatura e humidade relativa, e numa caixa de acrílico, para os equipamentos que medem a concentração de dióxido de carbono.

De forma a avaliar a precisão dos diversos sensores, foram colocados os equipamentos no interior de uma câmara climática (Figura 28), sendo sujeitos a um ciclo de variação de temperatura e humidade relativa ao longo de 28 horas. Desse ensaio resultaram os registos mostrados na Figura 29.

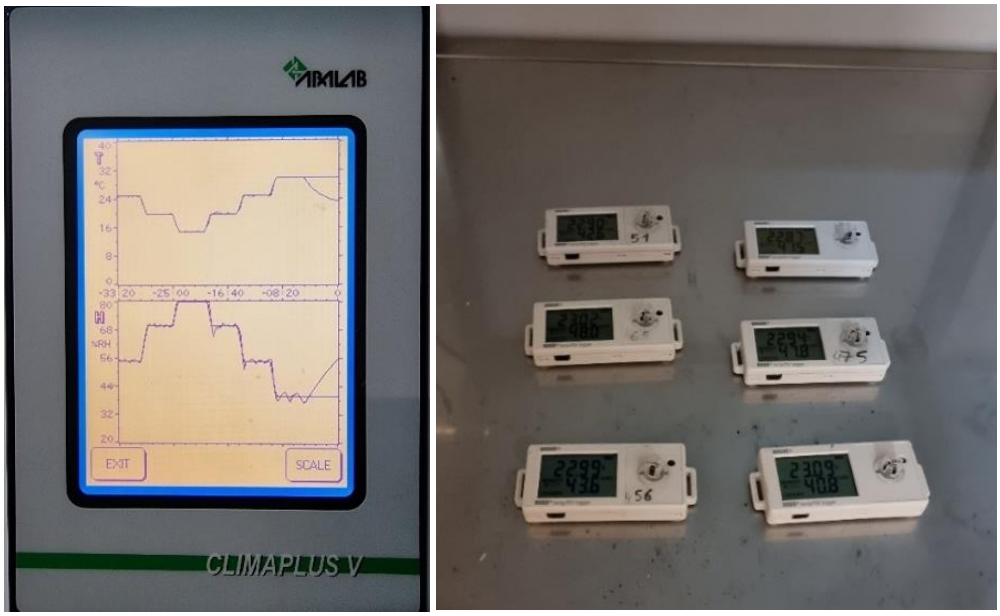
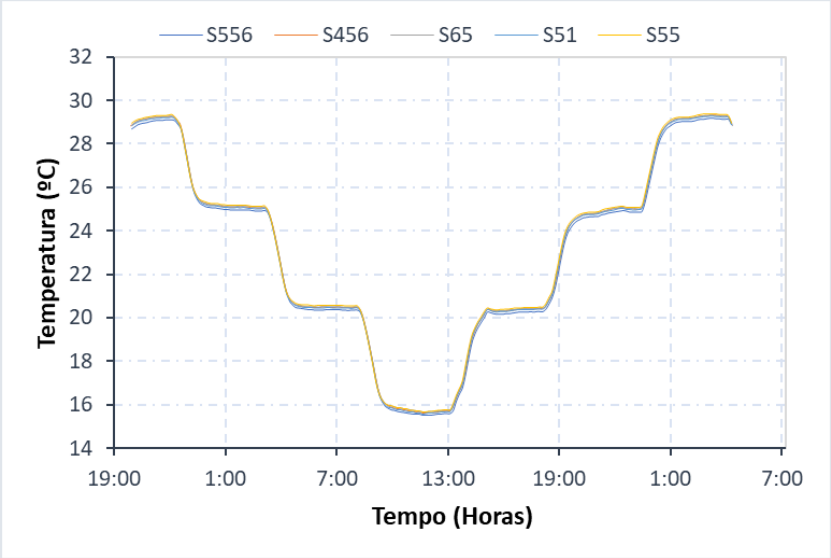
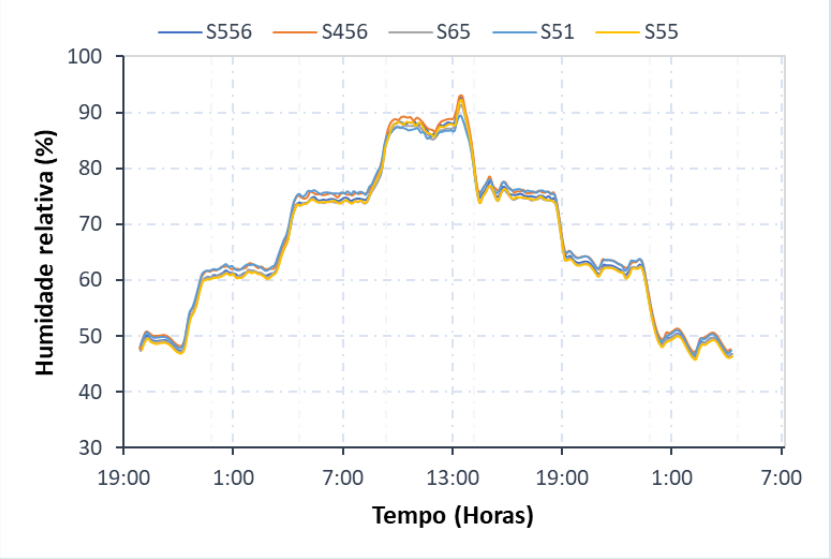


Figura 28 - Painel de controlo da câmara climática e sensores no seu interior



(a)



(b)

Figura 29 - Resultados obtidos do ensaio experimental: (a) variação de temperatura ao longo do tempo; (b) variação da humidade relativa ao longo do tempo

Mediante os resultados obtidos verifica-se que as diferenças de medição de temperatura e humidade relativa não ultrapassam as incertezas dos equipamentos.

Para aferir os sensores de concentração de dióxido de carbono, colocaram-se os equipamentos no interior de uma caixa de acrílico (Figura 30), injetando-se uma pequena quantidade desse gás.

Os sensores de dióxido de carbono registaram os valores apresentados na Figura 31, onde se observa a evolução da concentração do gás ao longo do tempo de medição.



Figura 30 - Sensores no interior da caixa de acrílico e extintor de dióxido de carbono

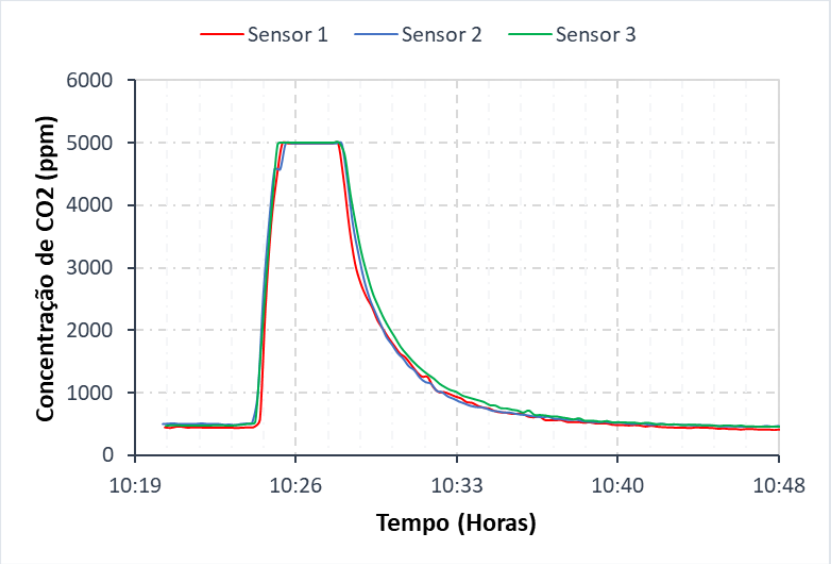


Figura 31 - Resultados obtidos do ensaio laboratorial: variação da concentração de dióxido de carbono

Através da análise do gráfico, observa-se uma coerência entre os três equipamentos, sendo que todos estabilizam próximo do valor de referência, ou seja, 400 ppm (valor da concentração de dióxido de carbono no ar exterior).

3.3.4. INQUÉRITOS

De forma a avaliar a perceção térmica dos utilizadores no interior das salas de aula, foram elaborados questionários específicos para recolher essa informação. Os indivíduos inquiridos foram as crianças dos 3 aos 5 anos nos casos em que as salas são de grupos mistos. Nos jardins de infância em que as crianças são separadas por idade, somente foram questionados os alunos da sala dos 5 anos.

Os inquéritos permitem avaliar a sensação do conforto térmico. A estrutura dos questionários subdividiu-se em 4 grupos. No primeiro grupo avaliou-se as características pessoais da amostra, nomeadamente o sexo e a idade. O segundo e o terceiro grupo permitiram a avaliação da sensação térmica e preferência térmica, respetivamente. Por fim, no quarto grupo, optou-se por inserir uma questão mais aberta, pedindo-se às crianças que fizessem um desenho relacionado com a sua sensação térmica no momento. É de notar que todas as questões foram explicadas pelas educadoras de infância antes de qualquer resposta ao questionário.

Todas as opções de resposta foram acompanhadas com ilustrações (Figura 32) de forma que os alunos tivessem a capacidade de melhor interpretar aquilo que lhes estava a ser questionado.

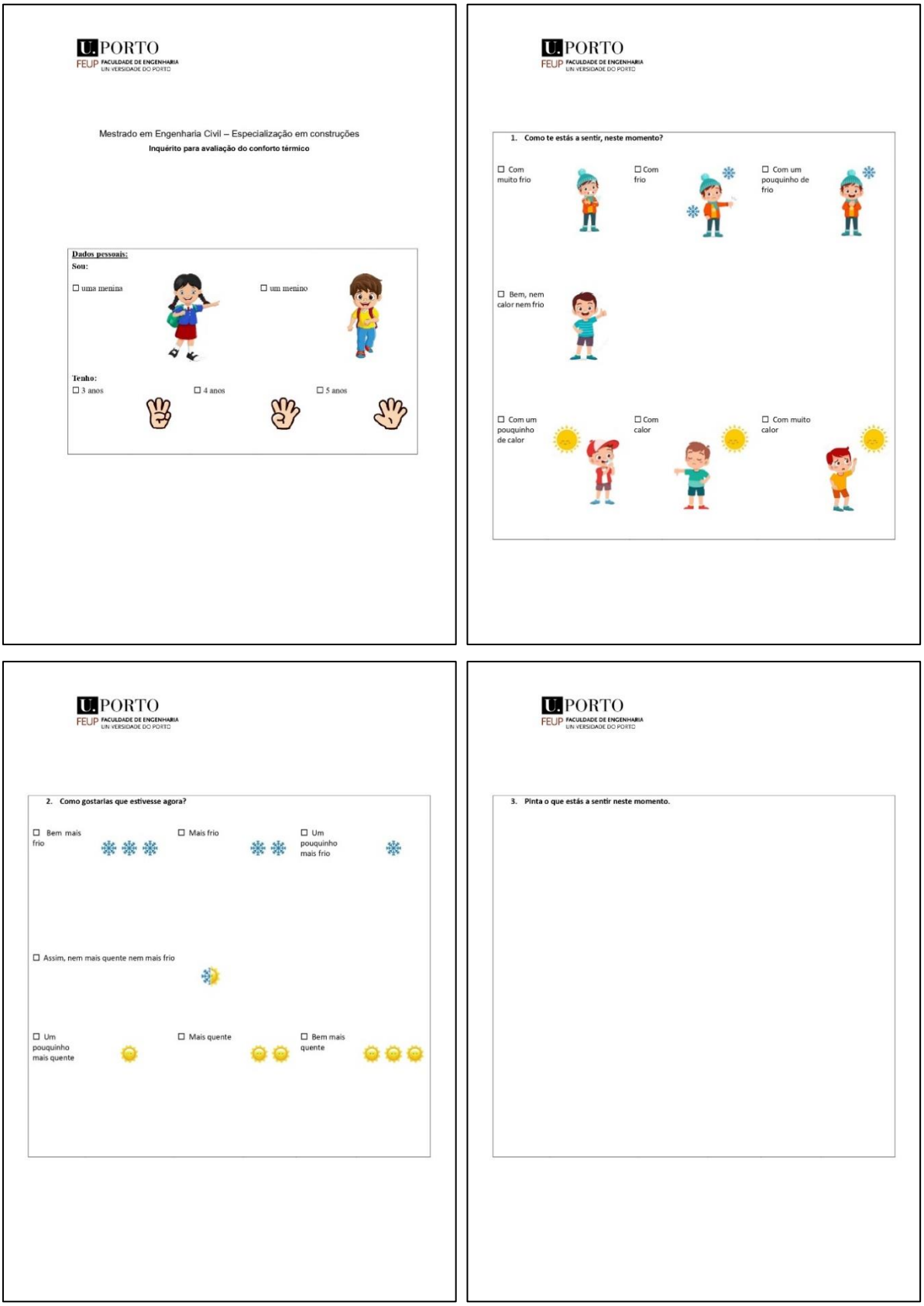


Figura 32 – Estrutura dos inquéritos distribuídos nos jardins de infância

Realizaram-se, na totalidade, 130 inquéritos ao longo de duas campanhas, sendo que a primeira decorreu entre o dia 20 de abril a 27 de abril e a segunda campanha no dia 25 de maio. O Quadro 7 apresenta uma caracterização da amostra.

Quadro 7 – Caracterização quantitativa, por género e idade da amostra

Jardim de infância	**Campanha**		**Total**	**Sexo**		**Idade**			
	1ª	2ª		M	F	3 anos	4 anos	5 anos	6 anos
I	20	16	36	12	24	8	9	18	1
II	7	7	14	6	8	4	4	6	-
III	18	12	30	12	18	-	-	30	-
IV	16	13	29	13	16	7	11	11	-
V	11	10	21	12	9	-	-	10	11
Total	72	58	130	55	75	19	24	75	12

4

RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO HIGROTÉRMICA

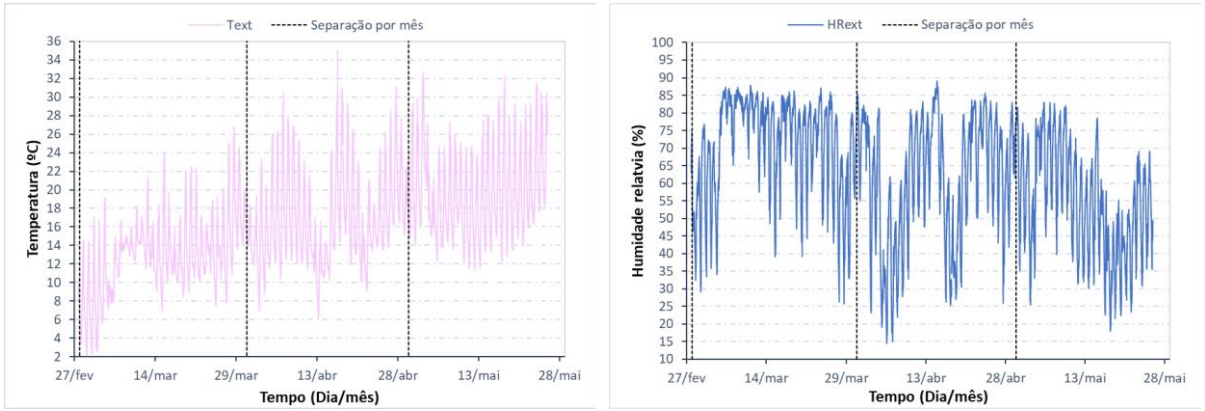
O conhecimento das condições higrotérmicas é primordial na análise do conforto térmico em determinados ambientes, sobretudo em jardins de infância. Assim, tanto a temperatura exterior como a interior desempenham um papel fundamental nessa avaliação, dado que representam uns dos principais parâmetros que influenciam o conforto térmico.

Mediante a análise das condições higrotérmicas, procura-se perceber o impacto da temperatura exterior na temperatura interior tal como o efeito de outros parâmetros como a humidade relativa e a concentração de dióxido de carbono, que são uma influência no conforto térmico.

Dessa forma, neste subcapítulo, desenvolve-se uma caracterização higrotérmica dos espaços, analisando os parâmetros de temperatura e humidade relativa, e avalia-se a concentração de dióxido de carbono com base nos dados recolhidos na campanha realizada entre 23 de fevereiro e 25 de maio.

4.1.1. CLIMA EXTERIOR

De forma a avaliar o conforto térmico segundo o modelo adaptativo da EN 16798 é necessária a recolha dos dados da temperatura exterior, monitorizados em contínuo, tal como foi descrito no subcapítulo 3.3.2., a fim de se calcular a temperatura média exterior exponencialmente ponderada. A Figura 33 ilustra a evolução da temperatura e da humidade relativa exterior durante o período de monitorização.



(a) (b)

Figura 33- Clima exterior: (a) Variação da temperatura ao longo do tempo; (b) Variação da humidade relativa ao longo do tempo

Observando a Figura 33 (a) é observável uma tendência ascendente na variação da temperatura exterior ao longo do tempo. Inicialmente, registaram-se temperaturas bastantes baixas, típicas da estação de Inverno, atingindo-se o valor mínimo de 2,2 ºC. A partir do dia 13 de abril verificou-se um aumento da temperatura, que se manteve relativamente estável a partir dessa data.

No que diz respeito à humidade relativa, Figura 33 (b), o valor máximo registado foi de 89%, sendo que a maioria dos registos estão dentro do intervalo compreendido entre os 40 os 80%. Pontualmente registaram-me valores inferiores a 40%.

4.1.2. TEMPERATURA INTERIOR

4.1.2.1. JARDIM DE INFÂNCIA I

Na Figura 34 (a) encontra-se representada a variação diária da temperatura exterior e interior, ao longo de todo o período, segundo as 24 horas diárias, incluindo dias úteis e não úteis. Além disso, apresentam-se os limites de temperatura superior e inferior estabelecidos no modelo de conforto adaptativo proposto pela norma EN 16798.

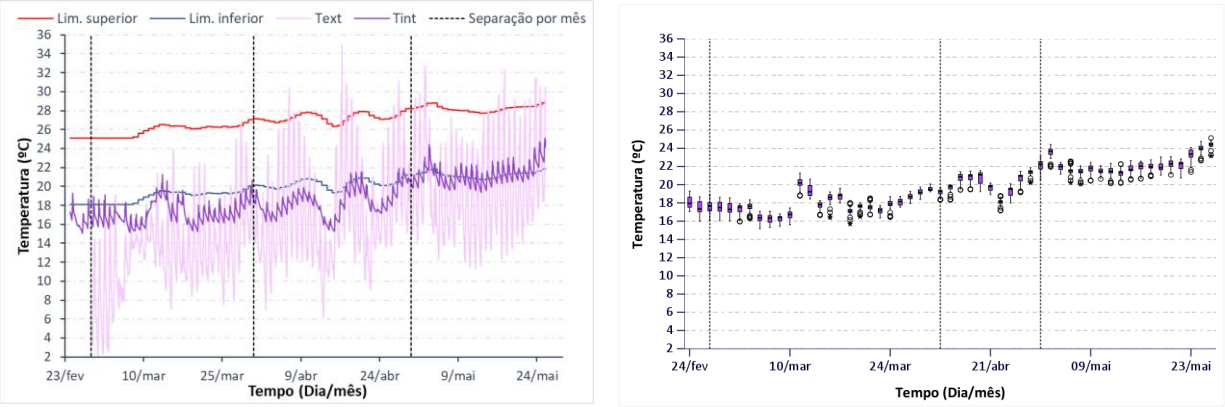
Segundo os registos efetuados no jardim de infância I (Figura 34 (a)), a temperatura interior variou entre os 15 ºC e os 24 ºC, o que significa que o edifício se encontrou durante grande parte do período de medição abaixo da faixa de conforto.

Por outro lado, este jardim de infância dispõe de vãos voltados para Sudeste e Sudoeste, que permitem a entrada de radiação solar ao longo da manhã e da tarde, respetivamente. Estas aberturas são um fator fundamental para os ganhos solares, possibilitando o aquecimento do espaço. Embora este fator seja crucial nos ganhos solares, é de notar que o edificado apresentou temperaturas geralmente abaixo dos limites de conforto, sendo que o sombreamento pelos edifícios vizinhos pode ter contribuído para tal.

O facto de existirem bastantes árvores junto ao edifício faz com que as superfícies externas recebam uma menor radiação solar devido à sombra provocada pela vegetação. Além da sombra, também o facto de as árvores realizarem o processo de evapotranspiração pode levar a um arrefecimento do ar envolvente.

As temperaturas reduzidas registadas neste edifício, além das causas anteriores, também podem ser influenciadas pelas perdas de calor que possam ocorrer pela cobertura, nomeadamente através da laje de esteira que faz a separação com um desvão ventilado e que pode não estar devidamente isolada.

Na Figura 34 (b) apresenta-se a variação diária da temperatura, considerando apenas o período teórico de ocupação (9:00 às 16:00) e apenas os dias em que o jardim de infância funcionou (excluíram-se os fins-de-semana, as interrupções de férias e os feriados). Como esperado, os resultados mostram que no período ocupado a temperatura é mais elevada, sendo que apenas ocasionalmente foi inferior a 16 ºC. Observa-se ainda um aumento consistente da temperatura a partir do dia 2 de maio.



(a) (b)

Figura 34 - Jardim de infância I: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

4.1.2.2. JARDIM DE INFÂNCIA II

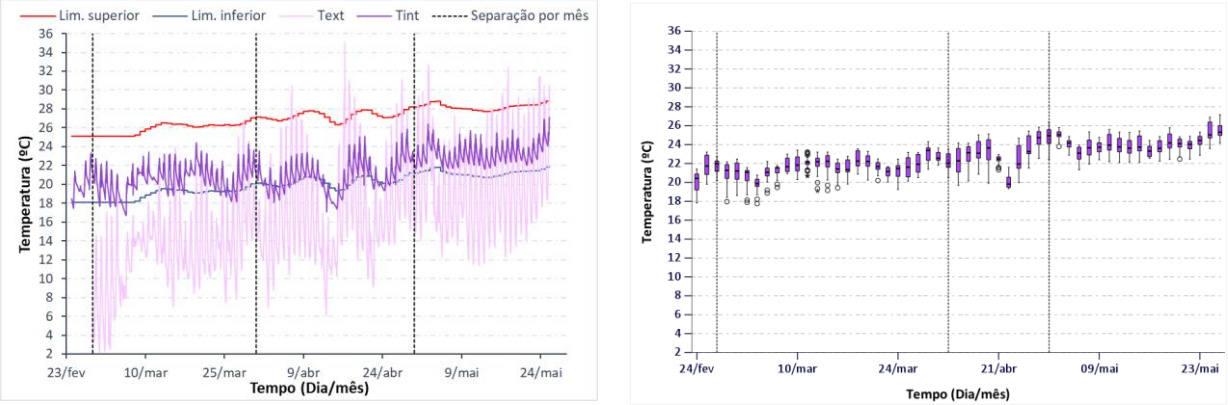
No jardim de infância II, ao contrário do jardim anterior, a temperatura interior manteve-se geralmente dentro dos limites admissíveis de conforto térmico, tendo variado entre os 17 ºC e os 26 ºC (Figura 35 (a)).

Tendo em conta que o edifício possui uma área significativa de vãos envidraçados orientados a Sudoeste, os ganhos solares provenientes podem compensar as perdas de calor causadas pela ausência de isolamento térmico.

Sabendo que o edifício dispõe de uma cobertura plana e a sala se encontra localizada no piso térreo, certamente o impacto das perdas de calor pela cobertura não seja tão significativo quando comparado com alguns dos jardins de infância estudados. No entanto, se a cobertura não estiver devidamente isolada, no período de Inverno, podem ocorrer perdas de calor pela cobertura e consequentemente levar à diminuição da temperatura interna da sala.

Por fim, tendo em conta que o jardim de infância possui uma ocupação de somente sete alunos, a sua influência na temperatura interior é menor.

Tal como foi verificado no caso anterior, analisando somente o período ocupado, Figura 35 (b), observa-se que a temperatura é, geralmente, superior a 18 ºC, revelando valores médios mais elevados em comparação ao período total.



(a) (b)

Figura 35 – Jardim de infância II: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

4.1.2.3. JARDIM DE INFÂNCIA III

Analisando a Figura 36 (a), observa-se que a temperatura interior do jardim de infância III variou entre os 17 ºC e os 27 ºC, acompanhando o aumento da temperatura exterior.

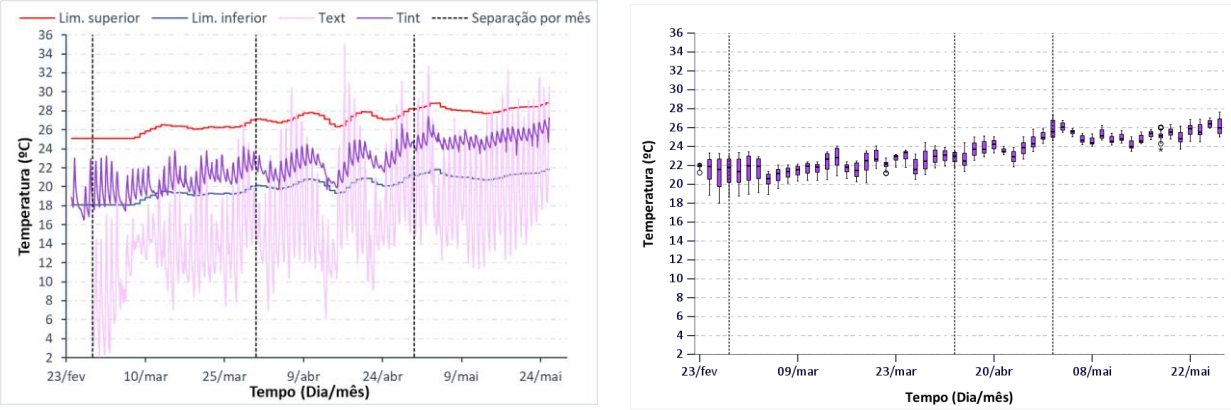
O facto de o edifício possuir isolamento térmico e paredes exteriores espessas permite que a transferência de calor entre o interior e o exterior do jardim de infância seja minimizada, garantindo uma temperatura mais estável no interior da sala de aula.

Estando os vãos envidraçados deste edifício voltados a Sul, além de proporcionarem a entrada de radiação solar direta, são favoráveis na estação de Inverno dado que permitem o aquecimento interno da sala no decorrer do dia, contribuindo assim para a situação verificada, na qual não foram registadas temperaturas demasiado baixas mesmo nas primeiras semanas de medição.

Além dos fatores mencionados anteriormente, o facto da sala de aula possuir cerca de 20 alunos resulta num ganho interno significativo proveniente do metabolismo e das atividades realizadas pelas crianças. Assim, a temperatura interior do edifício está obviamente influenciada pela taxa de ocupação e a sua relação com o volume do espaço.

À semelhança do jardim de infância II, este edifício revela um bom desempenho, sendo que a temperatura interior se manteve na faixa de conforto durante a maior parte do período de medição. O edifício tem ventilação mecânica e aquecimento central, o que certamente contribuiu para o controlo da temperatura interna.

A influência do aquecimento no jardim de infância é evidente nas primeiras semanas de medição, dado que há uma maior amplitude interquartil (Figura 36 (b)) nos valores da temperatura diária quando comparada com o período não aquecido, sendo que a temperatura interior nunca é inferior a 18 ºC.



(a) (b)

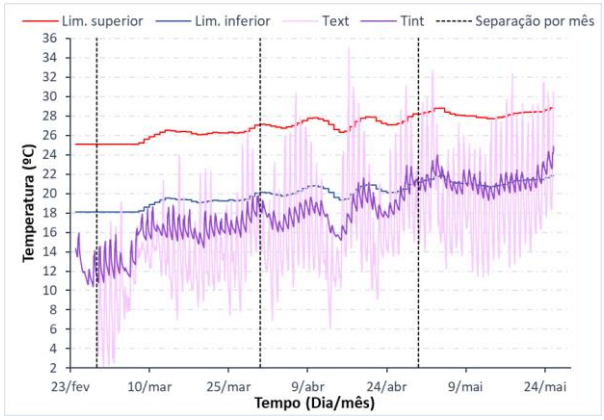
Figura 36 – Jardim de infância III: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

4.1.2.4. JARDIM DE INFÂNCIA IV

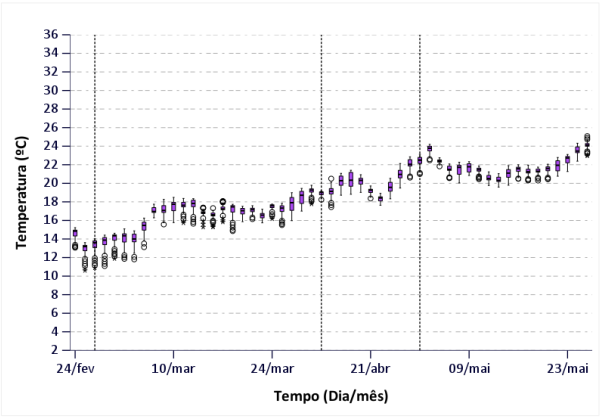
Segundo a Figura 37 (a), verifica-se que no jardim de infância IV a temperatura interior variou entre os 10 ºC e os 24 ºC. É notório que ocorreram variações consideráveis na temperatura ao longo do período de medição. O facto deste edifício não possuir isolamento na fachada facilita as perdas de calor do interior para o exterior, contribuindo para esta situação.

Tendo em conta que os vãos envidraçados se encontram voltados a Noroeste e Sudeste, é possível captar alguma radiação solar em distintos instantes do dia, podendo influenciar a temperatura interna. A caixilharia deste edifício é em madeira, já algo antiga, o que pode resultar numa infiltração de ar mais significativa do que nos outros casos de estudo, contribuindo assim para que se verifiquem temperaturas mínimas bastante reduzidas.

Da análise da Figura 37 (b), verifica-se que a amplitude interquartil é equivalente entre o período de aquecimento e o período não aquecido o que aponta para que o sistema de aquecimento não tenha estado em funcionamento. Sendo o aquecimento um fator fundamental para manter as temperaturas num intervalo considerado confortável, a sua ausência pode levar a que se verifiquem temperaturas baixas no interior do edifício.



(a)



(b)

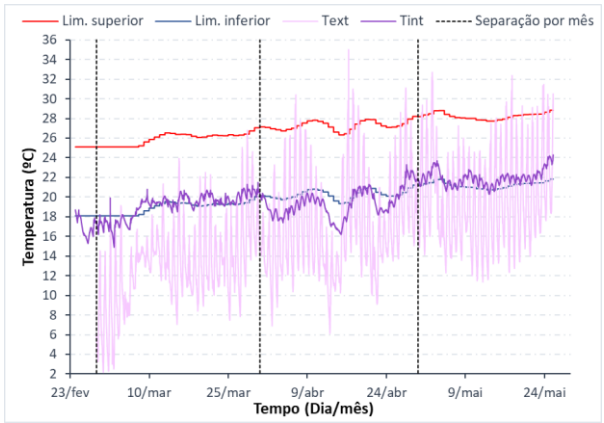
Figura 37 – Jardim de infância IV: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

4.1.2.5. JARDIM DE INFÂNCIA V

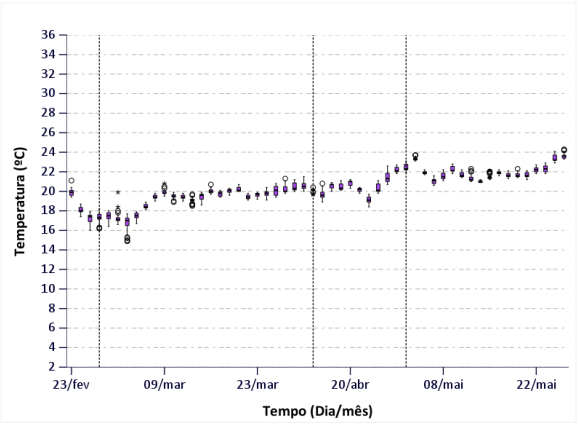
Analisando os resultados obtidos na variação da temperatura interior do jardim de infância V, Figura 38 (a), verifica-se que esta se manteve de uma forma regular, entre 15 ºC e 24 ºC, registando algumas oscilações, no entanto, insignificantes quando comparadas com as alterações na temperatura exterior.

Tal como o jardim de infância III, este jardim possui um envidraçado e uma porta envidraçada, ambos voltados a Sul, o que significa que em períodos ensolarados, permitem que o ambiente interno seja aquecido. O facto de a caixilharia ser em alumínio sem corte térmico possibilita que haja transferências de calor por meio dos vãos envidraçados, dado que dispõem de uma menor resistência térmica pela falta de isolamento.

Através da Figura 38 (b), é possível verificar uma certa semelhança entre o período ocupado e o período total, dado que a temperatura mínima registada é, igualmente, de 24 ºC.



(a)



(b)

Figura 38 - Jardim de infância V: (a) Variação da temperatura interior e limites de conforto ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

4.1.3. HUMIDADE RELATIVA INTERIOR

Na Figura 39 (a) apresenta-se a variação diária da humidade relativa exterior e interior no jardim de infância I, considerando todo o período de medição, ao longo das 24 horas diárias, incluindo dias úteis e não úteis. Analisando os valores registados, verifica-se que a humidade relativa variou entre os 39% e os 89%, sendo que acompanhou as variações registadas no exterior. Na Figura 39 (b) encontram-se representados somente os registos para o período ocupado (9:00 às 16:00), não incluindo feriados nem fins-de-semana, observando-se que a humidade relativa apresenta um intervalo de variação com valores equivalentes aos encontrados no período total.

De acordo com a Figura 40 (a), verifica-se que a humidade relativa no jardim de infância II variou entre os 27% e os 70%, sendo este o edifício em que se registou o valor mínimo mais reduzido de humidade relativa. No período ocupado, Figura 40 (b), a humidade relativa nunca é inferior a 28%, sendo que geralmente se encontra no intervalo compreendido entre 40 e 70%.

Observando os valores registados no jardim de infância III (Figura 41 (a)), verifica-se que a humidade relativa variou entre os 26% e os 78%. Na Figura 41 (b), os valores da humidade relativa, no período ocupado, não ultrapassam os 73% e nunca registam valores inferiores a 27%.

Analisando os registos efetuados no jardim de infância IV (Figura 42 (a)), verificou-se que a humidade relativa interior variou entre os 35% e 80%. Para o período ocupado, Figura 42 (b) os valores da humidade relativa registados são relativamente próximos, sendo que o valor máximo registado foi, igualmente, 80%, e não se observam valores abaixo dos 36%.

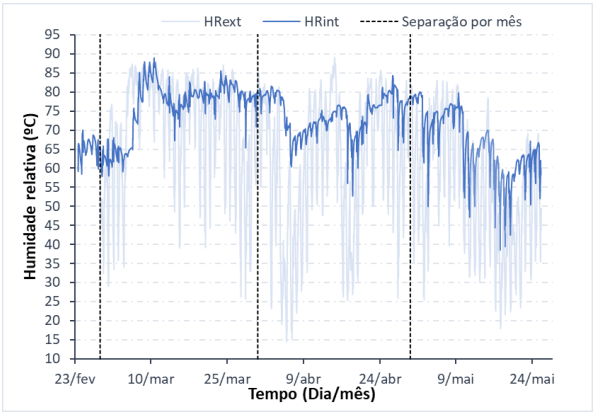
No jardim de infância V, a humidade relativa, à semelhança dos casos de estudo anteriores, altera consoante as variações existentes na humidade exterior, sendo que no período total (Figura 43 (a)) se registaram os valores máximo e mínimo de 75% e 42%, respetivamente. A Figura 43 (b) mostra que, no período ocupado, se atingiu uma humidade relativa máxima de 74% no dia 08 de março e uma mínima de 42% no dia 28 do mesmo mês.

Assim, para o conjunto de edifícios estudados, observa-se que a humidade relativa interior não excede os 89% e que nunca foi inferior a 27%. A partir do dia 02 de maio, observa-se uma diminuição do valor da humidade relativa, resultante do aumento verificado nos valores da temperatura do ar.

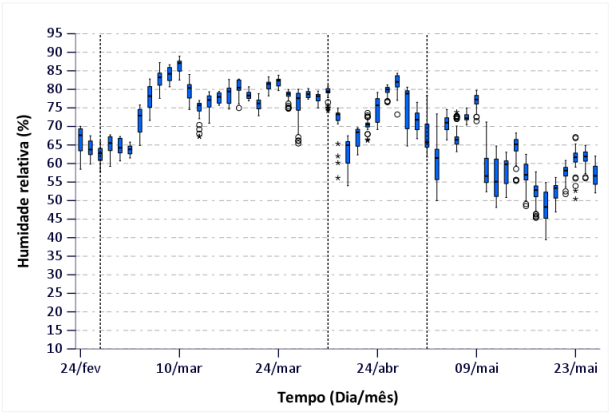
É evidente a relação entre a humidade relativa do ar e a temperatura interior nos jardins de infância, sendo que, à medida que a temperatura aumenta, a humidade relativa diminui e vice-versa.

Em todos os jardins de infância, verificam-se valores reduzidos de humidade relativa interior na primeira semana de medição, característicos de um período seco. Em contrapartida, entre 2 e 9 de março, é observável um pico nos valores da humidade relativa, resultante de um período de precipitação acentuada, combinada com temperaturas reduzidas.

Na generalidade, o edifício que apresenta valores de humidade relativa mais elevados é o jardim de infância I, no qual também se verificou, anteriormente, que as temperaturas se encontravam geralmente abaixo dos limites de conforto. Por outro lado, o jardim de infância que apresenta valores mais reduzidos de humidade relativa do ar é o II, que, em concordância com o que foi realçado anteriormente, registou valores de temperatura, na maior parte do tempo, dentro da faixa de conforto.

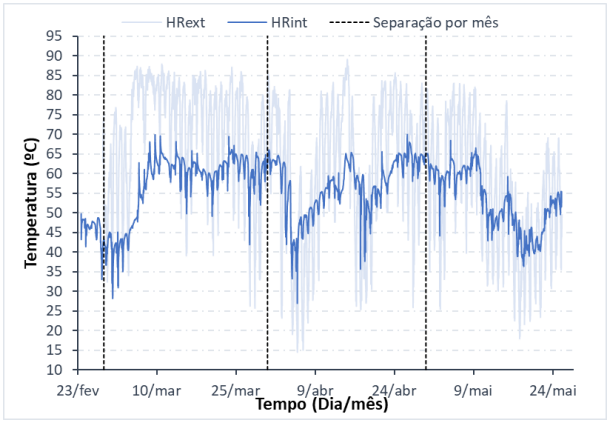


(a)

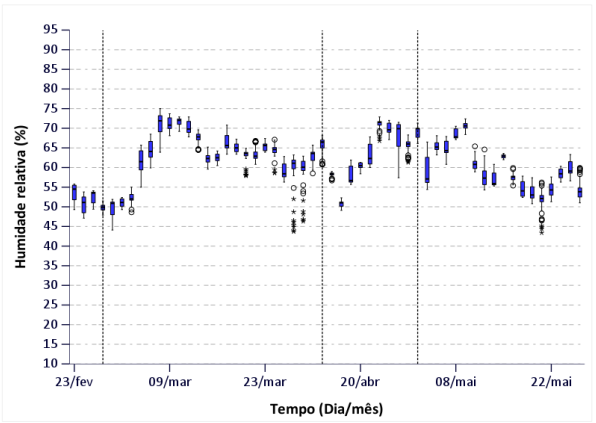


(b)

Figura 39 - Jardim de infância I: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

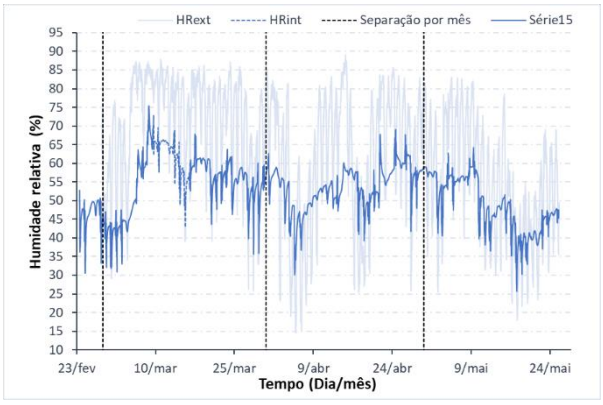


(a)

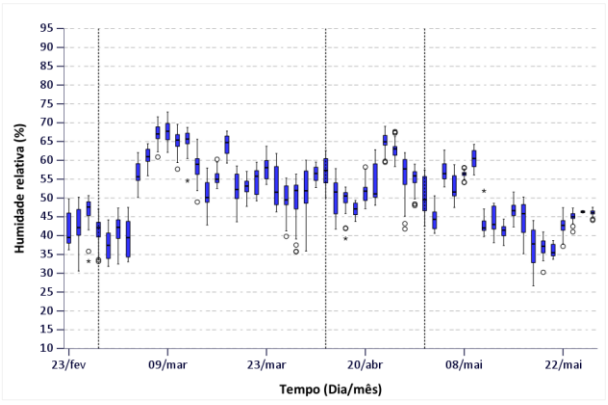


(b)

Figura 40 - Jardim de infância II: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

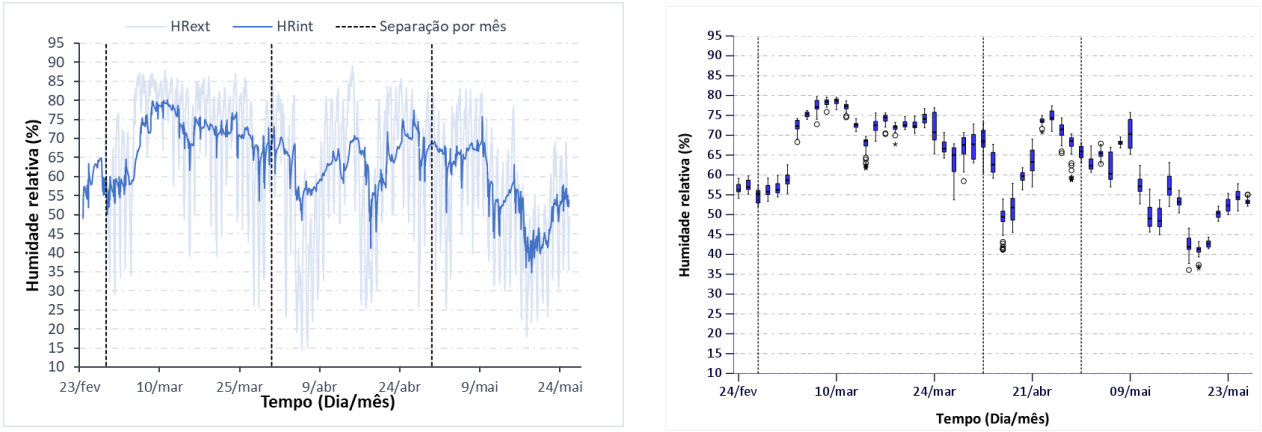


(a)



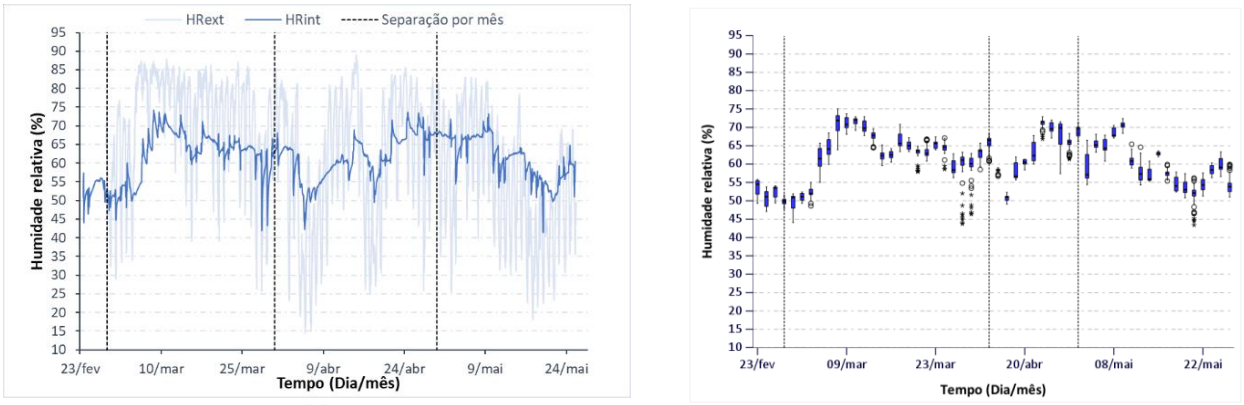
(b)

Figura 41 - Jardim de infância III: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)



(a) (b)

Figura 42 - Jardim de infância IV: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)



(a) (b)

Figura 43 - Jardim de infância V: (a) Variação da humidade relativa interior ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)

4.2. AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

4.2.1. INQUÉRITOS

4.2.1.1. 1ª CAMPANHA

Foram realizados inquéritos devidamente estruturados baseados numa escala de avaliação equivalente para a sensação e preferência térmica adequada à idade dos inquiridos. Além dessas perguntas, foi também colocada uma questão aberta de forma que as crianças expressassem o seu desejo em relação ao ambiente térmico no jardim de infância. Após a recolha completa de todos os questionários, foi feita uma abordagem quantitativa dos resultados, sendo que se calculou a média para cada questão que serão apresentadas de seguida.

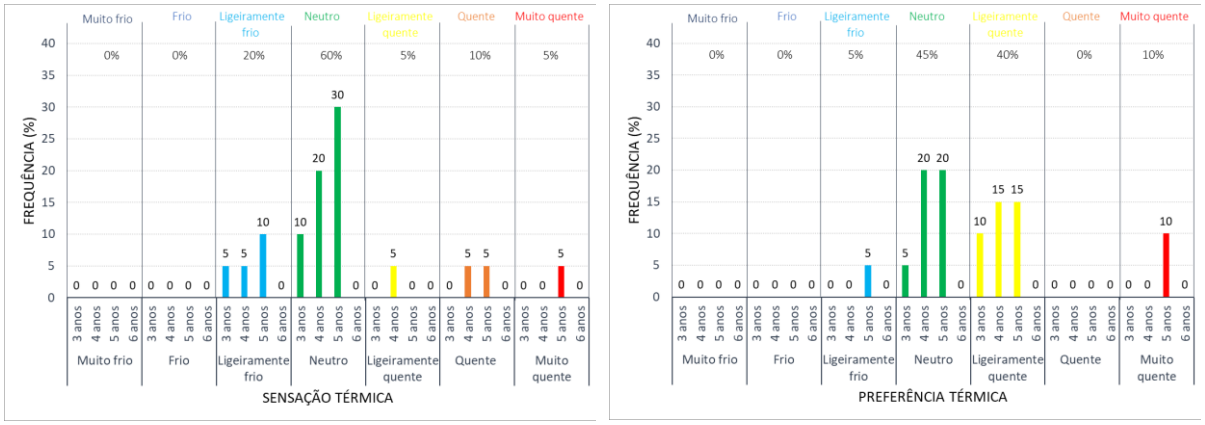
A primeira campanha de inquéritos foi realizada na semana de 20 de abril a 27 de abril. Os valores médios, máximos e mínimos de temperatura, exterior e interior, medidos durante essa semana, encontram-se sintetizados no Quadro 8. Através dos inquéritos realizados procurou-se compreender as sensações das crianças tal como as suas perceções relativamente ao ambiente térmico.

Quadro 8 – Valores médios, máximos e mínimos da temperatura exterior e interior na 1ª campanha de inquéritos

Jardim de Infância	**Total - 24 H**			**Ocupado – 09h00-16h00**		
	Temperatura exterior			Temperatura interior		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
JI I	17,1	31,1	9,1	18,5	21,5	17,2
JI II				21,0	25,1	19,3
JI III				23,2	25,8	21,8
JI IV				18,7	22,0	17,0
JI V				19,7	22,4	18,5

A Figura 44 mostra os resultados dos inquéritos no jardim de infância I em termos de sensação térmica e preferência térmica. Os resultados são apresentados separadamente por idade.

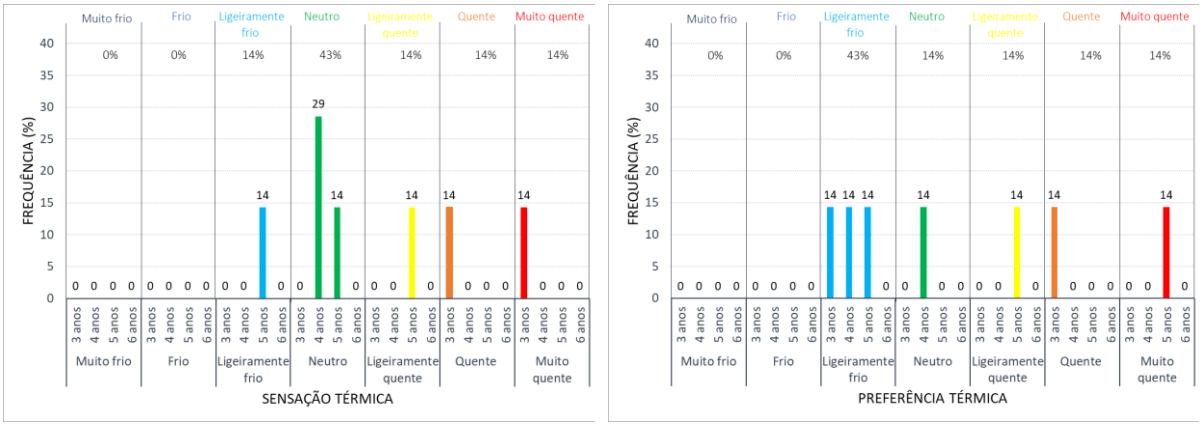
Analisando as respostas à primeira questão, acerca da sensação térmica (Figura 44 (a)), verifica-se que a maioria das respostas se concentra na categoria "Neutro" e há uma distribuição uniforme em volta dessa classe. Sensivelmente 60% das crianças manifestaram uma sensação de neutralidade, não sentindo frio nem calor no ambiente em estudo. Os restantes inquiridos subdividiram-se entre a sensação de calor e frio em partes iguais, mais precisamente 20% em cada. Na categoria de calor, os 5% na sensação "Ligeiramente quente" e na sensação de "Muito quente" podem representar casos atípicos dado que os inquiridos revelaram uma sensação que se afasta de forma clara da maioria. Na segunda questão, preferência térmica (Figura 44 (b)), novamente as respostas apontam para a categoria "Neutro", sendo que 45% dos inquiridos desejavam que o ambiente se mantivesse de igual forma. Os demais resultados apresentam opiniões distintas sobre a temperatura ideal, com uma maior tendência para o ambiente estar mais quente.



(a) (b)

Figura 44 – Resultados da 1ª campanha no jardim de infância I: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

À semelhança do caso anterior, no jardim de infância II, os resultados (Figura 45 (a)) à questão "Como te estás a sentir, neste momento?" revelam uma tendência para a sensação de neutralidade, 43%, e as restantes respostas divergem entre a sensação de calor e frio, sendo que a sensação de calor prevalece. As respostas à preferência térmica (Figura 45 (b)) convergem para a categoria "Ligeiramente frio", 43%, o que possivelmente diz respeito aos inquiridos que revelaram uma sensação de calor, dado que totalizados perfazem os 43%. As restantes percentagens manifestam uma preferência para um ambiente térmico mais quente, embora 14% desejassem manter o ambiente de igual forma.

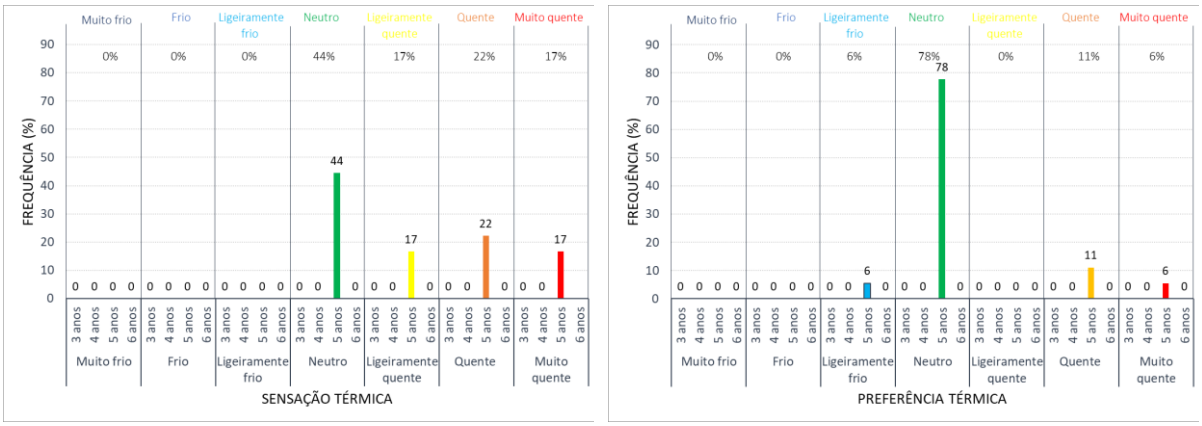


(a) (b)

Figura 45 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância II: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

Relativamente ao jardim de infância III, os resultados evidenciam que em ambas as questões, de sensação (Figura 46 (a)) e preferência térmica (Figura 46 (b)), há uma tendência de respostas para a categoria "Neutro", sendo que 44% dos inquiridos nem sentia calor nem frio e 78% desejavam que o ambiente não se alterasse.

Relativamente à sensação térmica, os restantes resultados manifestarem uma sensação de calor e quanto à preferência térmica, as respostas restantes variam entre a escolha por mais calor ou mais frio, sendo que a maioria prefere que o ambiente esteja mais quente.

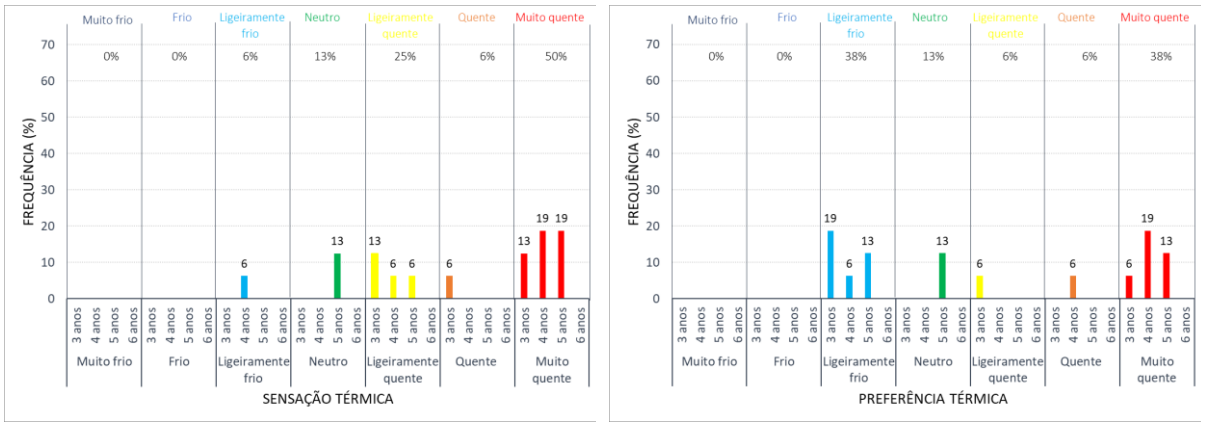


(a) (b)

Figura 46 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância III: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

Analisando os resultados obtidos no jardim de infância IV, a sensação dos inquiridos (Figura 47 (a)) tende para a categoria "Muito quente", 50%, embora também se distribua em grande parte pelas restantes duas sensações de calor "Ligeiramente quente" e "Quente". As demais percentagens variam entre a sensação de neutralidade e "Ligeiramente frio", no entanto com uma tendência maior para a categoria "Neutro". Quanto à preferência térmica (Figura 47 (b)), não há um padrão de respostas para uma categoria, mais sim, para duas, sendo que 38% dos inquiridos preferiam que o ambiente estivesse

ligeiramente mais frio e, igualmente, 38% desejam que a sala de aula esteja bem mais quente. À categoria "Neutro" responderam 13% dos inquiridos e 6% escolheram a categoria "Ligeiramente quente" e "Quente".

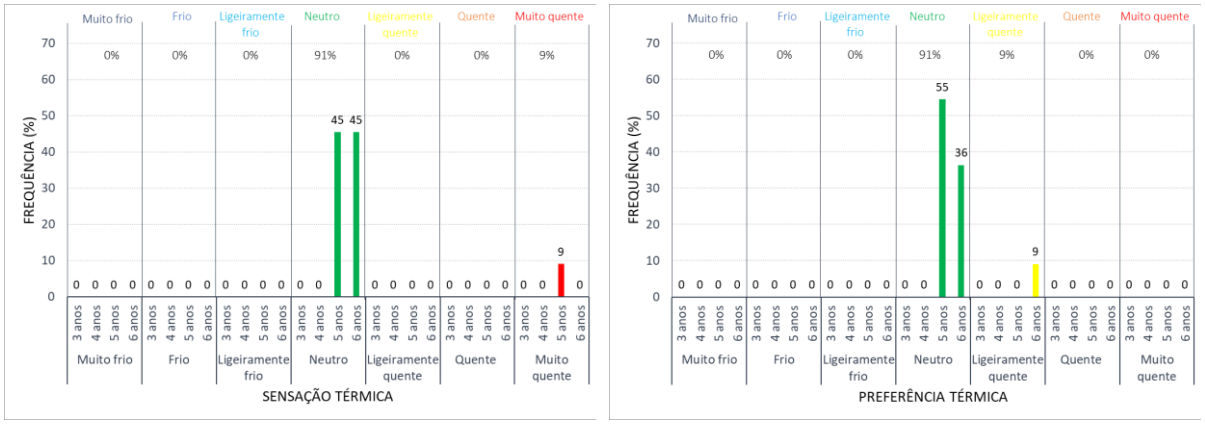


(a) (b)

Figura 47 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância IV: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

De acordo com os resultados obtidos no jardim de infância V, Figura 48 (a), 90% dos inquiridos apontaram para a sensação de neutralidade, sendo que os restantes 9%, referiram uma sensação de muito calor.

Quanto à preferência térmica, a maioria das respostas (Figura 48 (b)), 91%, incidiu em manter o ambiente térmico de igual forma e cerca de 9% preferiam que o ambiente estivesse ligeiramente mais quente.



(a) (b)

Figura 48 – Resultados dos inquéritos da 1ª campanha no jardim de infância V: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

A relação entre o valor médio da sensação térmica e da preferência térmica, é mostrado na Figura 49, por jardim de infância. O resultado revela uma concentração da totalidade das respostas no 1º quadrante, o que traduz uma sensação e uma preferência térmica, positivas. Assim, os inquiridos, manifestaram,

em média, uma sensação de calor e, ao mesmo tempo, uma preferência por temperaturas ainda mais altas.

Este resultado evidencia uma certa incoerência, provavelmente devido às questões não terem sido bem compreendidas e interpretadas por parte das crianças.

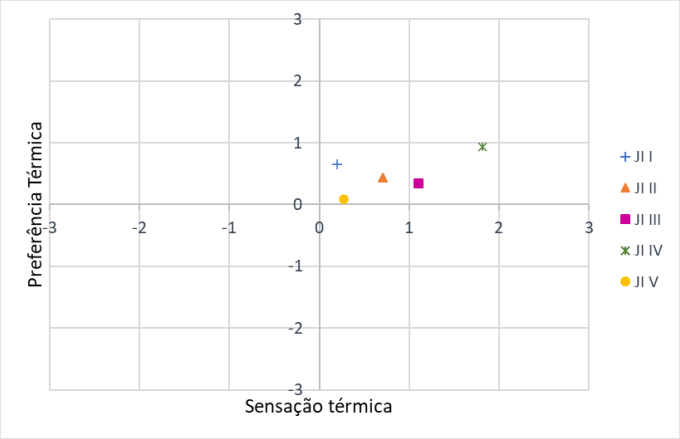


Figura 49 - Resultados dos inquéritos da 1ª campanha nos jardins de infância: Valor médio por jardim de infância da sensação térmica versus preferência térmica

4.2.1.2. 2ª CAMPANHA

A segunda campanha, realizada no dia 25 de maio, permitiu a obtenção dos dados necessários de forma a avaliar a sensação e preferência térmica. Durante esse dia registaram-se os valores de temperatura exterior e interior (médios, máximos e mínimos) mostrados no Quadro 9.

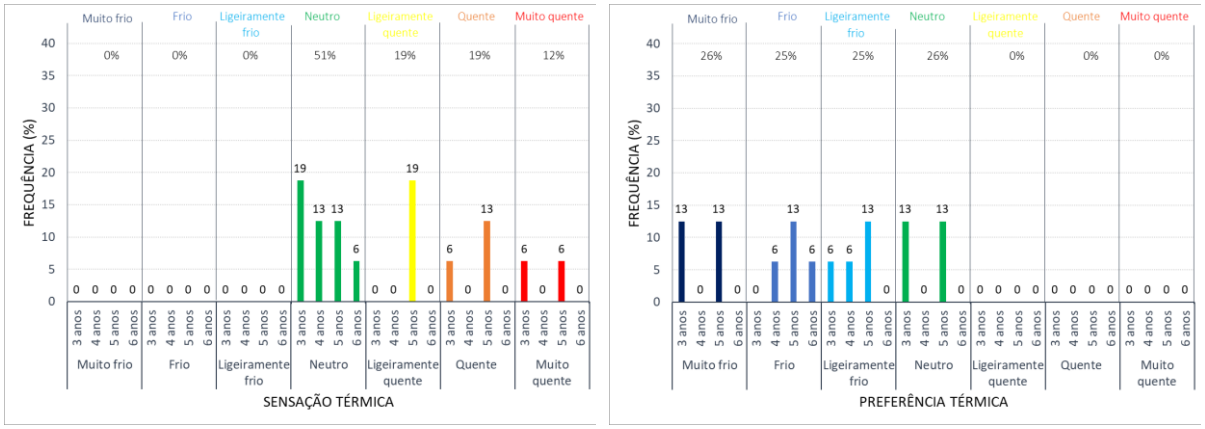
Relativamente à 1ª campanha, embora a temperatura máxima registada no exterior tenha sido menor, em valores médios e mínimos, é percetível o aumento da temperatura na segunda campanha, tanto no exterior como no interior dos jardins de infância. Assim, será de esperar que os resultados obtidos nesta campanha sejam distintos daqueles que foram obtidos na campanha anterior.

Quadro 9 – Valores médios, máximos e mínimos da temperatura exterior e interior na 2ª campanha de inquéritos

Jardim de Infância	**Total - 24 H**			**Ocupado – 09h00-16h00**		
	Temperatura exterior			Temperatura interior		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
JI I	22,9	30,5	18,3	23,6	25,1	22,6
JI II				25,0	27,3	24,1
JI III				26,1	27,4	24,7
JI IV				23,4	25,2	22,6
JI V				23,6	24,3	23,3

Segundo os valores obtidos no jardim de infância I, verifica-se que a maioria das respostas de sensação térmica (Figura 50 (a)) incidiu na categoria “Neutro”. No entanto, verifica-se também uma tendência para a sensação de calor. Quanto à preferência térmica (Figura 50 (b)), as respostas distribuem-se de forma semelhante entre as categorias “Neutro”, “Ligeiramente frio”, “Frio” e “Muito frio”. Conclui-se

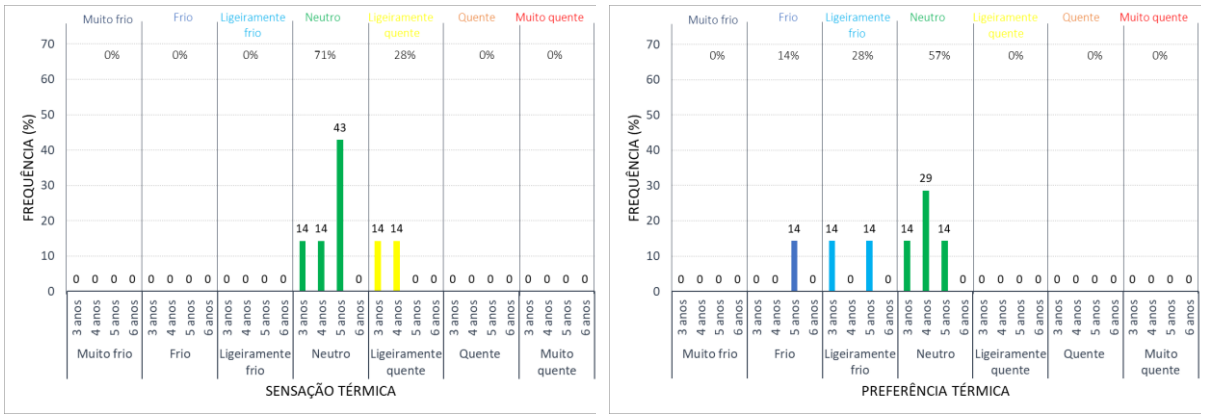
que os inquiridos manifestaram uma sensação de neutralidade e calor, sendo que preferiam que o ambiente se mantivesse de igual forma ou mais frio.



(a) (b)

Figura 50 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância I: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

De acordo com os resultados obtidos para a sensação térmica no jardim de infância II (Figura 51 (a)), verifica-se que a maioria dos inquiridos manifestou uma sensação de neutralidade, 71%, e os restantes 28% incidiram sob a categoria "Ligeiramente quente". Relativamente à questão da preferência térmica (Figura 51 (b)), as respostas concentraram-se na categoria "Neutro", com 57%, sendo que as demais percentagens tenderam para um ambiente mais frio, no qual 28% desejavam um espaço ligeiramente mais frio, e 14%, mais frio.

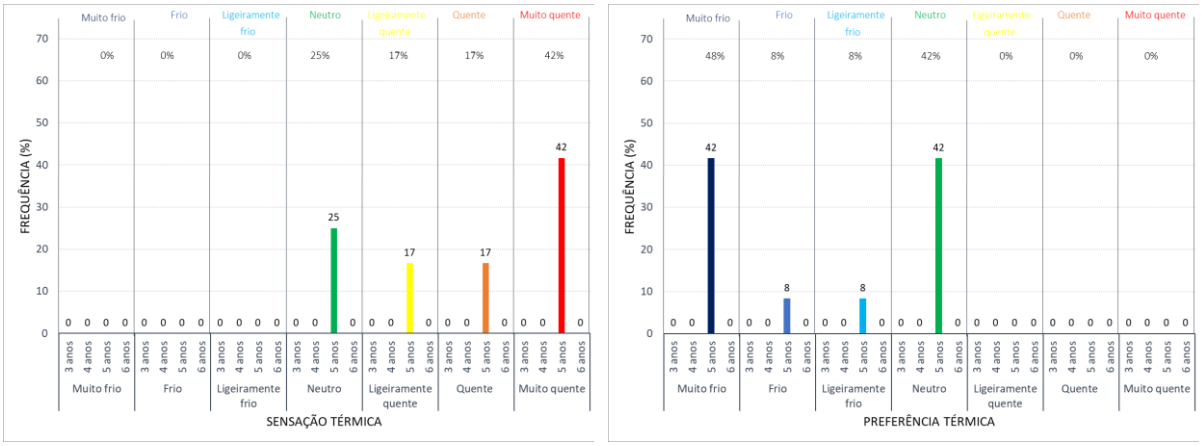


(a) (b)

Figura 51 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância II: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

Da análise da Figura 52 (a) relativa ao jardim de infância III, a generalidade dos inquiridos manifesta uma sensação de calor, 75%, sendo que 42% correspondem à categoria "Muito quente", 17% à categoria "Quente" e 17% à categoria "Ligeiramente quente". As restantes crianças expressaram uma sensação de neutralidade. Dos resultados obtidos acerca da preferência térmica, Figura 52 (b), a maioria das respostas

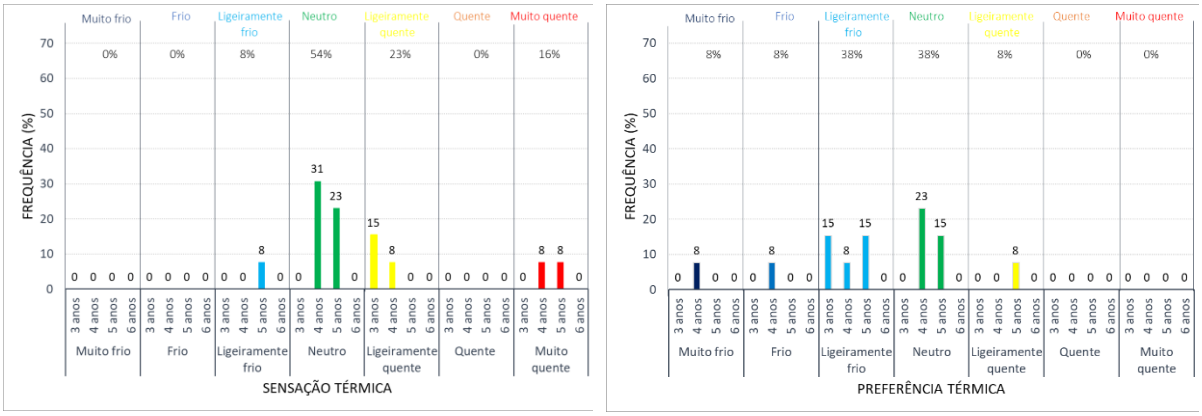
concentrou-se em duas categorias, mais precisamente, 42% preferiam que o ambiente mantivesse inalterado e 42%, desejavam um ambiente muito mais frio. As restantes respostas incidiram nas categorias "Frio" e "Ligeiramente Frio", com uma percentagem de 8% para cada uma das categorias.



(a) (b)

Figura 52 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância III: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

Analisando as respostas de sensação térmica (Figura 53 (a)), no jardim de infância IV, verifica-se que mais de metade dos inquiridos (54%) manifestaram uma sensação de neutralidade, enquanto as restantes percentagens dividiram-se entre a sensação de calor e frio. Relativamente às respostas da preferência térmica (Figura 53 (b)), verifica-se uma incidência de respostas igualitária (38%) entre as categorias "Neutro" e "Ligeiramente frio". As demais respostas distribuem-se sobretudo na preferência de um ambiente mais frio, embora se manifeste uma preferência por um ambiente mais quente, numa percentagem de 8%.

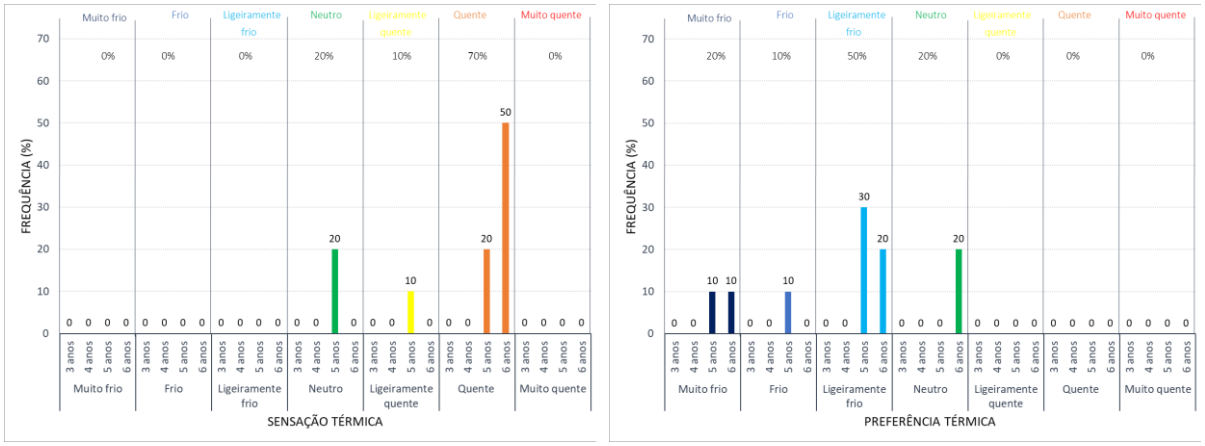


(a) (b)

Figura 53 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância IV: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

Da análise da Figura 54, relativa aos resultados obtidos no jardim de infância V, é notória a relação de proporcionalidade inversa entre a sensação (Figura 54 (a)) e preferência térmica (Figura 54 (b)).

Cerca de 80% dos inquiridos manifestaram uma sensação de calor, em que 70% corresponde à categoria "Quente" e 10% à categoria "Ligeiramente Quente". A restante percentagem revelou uma sensação de bem-estar, correspondente à categoria "Neutro". Do conjunto de respostas de perceção térmica, é percetível o desejo por um ambiente mais fresco, sendo que 50% dos inquiridos preferia que a sala estivesse ligeiramente mais fria, 10% que estivesse mais fria e 20% muito mais fria. Os 20% restantes correspondem a crianças que desejavam manter o ambiente inalterado.



(a) (b)

Figura 54 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha no jardim de infância V: (a) Sensação térmica; (b) Preferência térmica

Analisando os valores médios da sensação térmica versus preferência térmica (Figura 55), separadamente por jardim de infância, verifica-se que os pontos se encontram distribuídos ao longo do 4º quadrante, o que significa que a preferência térmica é negativa e a sensação térmica positiva. Trata-se de um resultado coerente, em que a uma sensação térmica de calor corresponde uma preferência por um ambiente mais frio. De realçar que, tendo em conta a assertividade das respostas na 2ª campanha, confirma-se que os questionários na 1ª campanha foram mal interpretados.

No período em que se realizou esta campanha de inquéritos, na generalidade, as temperaturas medidas estão dentro do intervalo de conforto adaptativo em todos os jardins de infância. No entanto, as respostas indicam um cenário de algum desconforto, com alguns jardins a terem uma sensação térmica média superior a +1 (ligeiramente quente). A sensibilidade e a preferência térmica são individuais e únicas para cada um dos inquiridos e, embora, as temperaturas estejam dentro dos limites de conforto, alguns ocupantes revelam uma maior sensibilidade ao calor quando comparados com outros. Além das questões individuais, o facto de o ambiente exterior estar mais quente, pode levar a que os ocupantes prefiram temperaturas mais reduzidas no interior dos jardins de infância de forma a compensar essas condições exteriores.

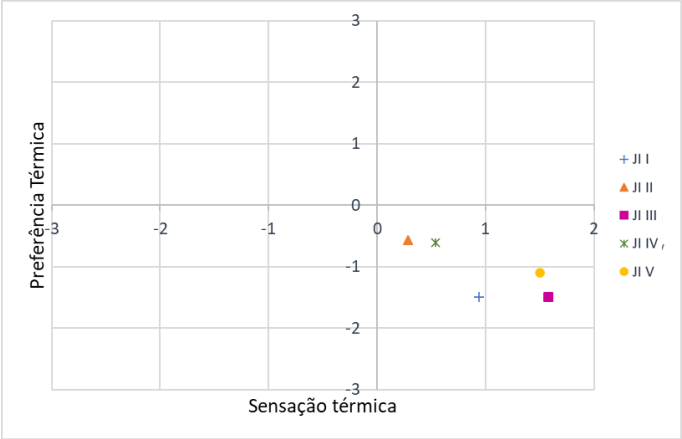


Figura 55 - Resultados dos inquéritos da 2ª campanha nos jardins de infância: (a) Valor médio por jardim infância da sensação térmica versus preferência térmica

4.2.2. MODELOS DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

4.2.2.1. MODELO EN 16798

A verificação do cumprimento das exigências de conforto térmico por parte dos jardins de infância é fundamental para que se promova um ambiente apropriado para as crianças.

Assim, a avaliação do conforto térmico através da aplicação do modelo adaptativo da EN 16798 possibilita averiguar se os edifícios em estudo se encontravam dentro dos limites admissíveis no que respeita ao conforto térmico. Este modelo, segundo a relação entre a temperatura operativa (neste trabalho considera-se que a temperatura do ar fornece uma boa aproximação) e a temperatura exterior exponencialmente ponderada, estabelece as condições de conforto térmico, tal como foi mencionado no subcapítulo 2.4.3. Para o período de medição, os resultados deste método permitem averiguar se os registos da temperatura estão dentro dos limites admissíveis.

Deste modo, procurou-se fazer a distinção entre: o período de ocupação das salas de aula, considerado entre as 09h00 e as 16h00, somente em dias úteis, não incluindo feriados; e o período total, considerando as 24 horas diárias, incluindo fins-de-semana e feriados. Assim, na Figura 56, apresenta-se a variação da temperatura operativa em função da temperatura exterior exponencialmente ponderada e os limites superior e inferior do modelo adaptativo da norma EN 16798. Para facilitar a interpretação dos resultados, foram calculados dois indicadores, I1 e I2. O indicador 1, expresso em graus Celsius (ºC), representa a severidade do desconforto, correspondendo à média das diferenças de temperatura em relação aos limites, considerando os momentos com desconforto. Já o indicador 2, expresso em percentagem (%), exprime a percentagem de tempo em desconforto.

Analisando os registos totais obtidos nos diversos jardins de infância (Figura 56), verifica-se que três dos edifícios revelam um desempenho melhor, nomeadamente os jardins de infância II, III e V. Dentre eles, destaca-se o jardim de infância III, em que, considerando apenas o período ocupado, a percentagem de desconforto (I2) foi de 0%, ou seja, todos os registos de temperatura estão dentro dos limites de conforto. Apesar do jardim de infância II e V apresentarem períodos de desconforto, verifica-se que muitos deles são fora do período de ocupação. Em contrapartida, os jardins de infância I e IV encontram-se praticamente sempre em desconforto térmico, em ambos os períodos, embora os indicadores demonstrem uma ligeira melhoria no período de ocupação.

Em todos os edifícios é observável uma tendência ascendente no gráfico, o que significa que a temperatura operativa está naturalmente correlacionada com a temperatura exterior exponencialmente ponderada.

Analisando a Figura 56 (a), verifica-se que a temperatura operativa esteve praticamente em todo o período abaixo dos 26 ºC, sendo que obteve uma percentagem de desconforto igual a 84% para o período total e 57% para o período ocupado.

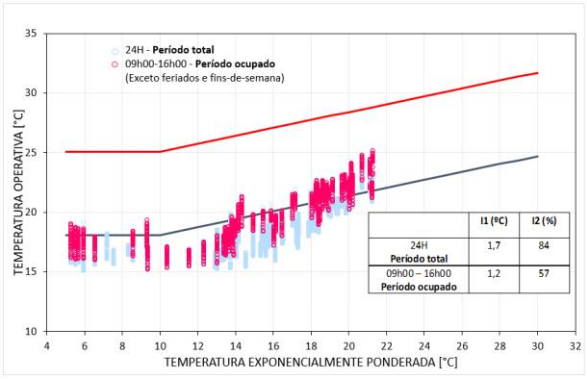
Da análise da Figura 56 (b), observa-se que geralmente a temperatura interior está dentro do intervalo de conforto, sendo que somente 2% dos valores do período ocupado se encontram em desconforto, subindo para 17% no período total. É de notar que nos dias mais quentes se verificam temperaturas bastante próximas dos 28 ºC, que, embora ainda dentro dos limites de conforto, podem apontar para propensão a fenómenos de sobreaquecimento durante a estação de arrefecimento. Assim, na estação de Verão, tendo em conta as características construtivas do edifício é importante que seja adotada uma ventilação e uma proteção solar adequadas.

Para o jardim de infância III, Figura 56 (c), os resultados são semelhantes ao jardim II, embora revele um melhor desempenho, no qual nenhum registo, no período ocupado, se encontra fora dos limites de conforto.

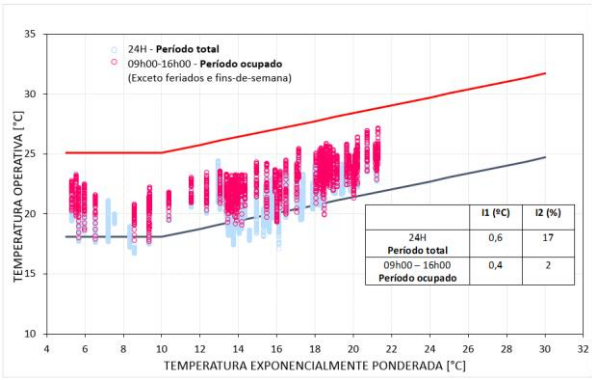
De acordo com a Figura 56 (d), verifica-se uma semelhança no comportamento do jardim de infância IV e do jardim I. Em ambos, as temperaturas, em grande parte do tempo, encontram-se fora da zona de conforto. Este é o caso onde se verificam temperaturas mais reduzidas na primeira semana de medição e nas restantes nunca ultrapassa os 26 ºC.

Da análise da Figura 56 (e), o jardim de infância V revela, em geral, um bom desempenho.

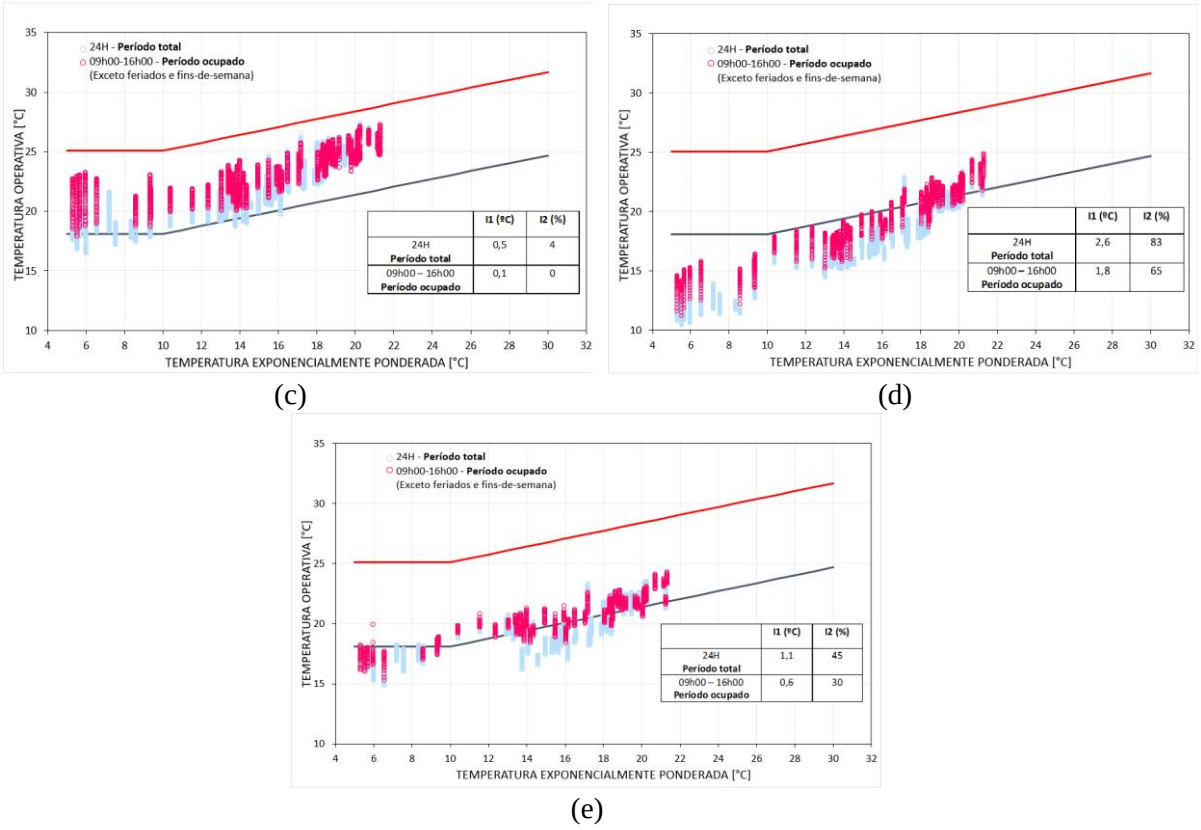
Nas primeiras semanas de medição é percetível a influência dos sistemas de aquecimento nos valores registados, dado que existe uma tendência de estabilização da temperatura operativa. Contrariamente às primeiras medições, nas últimas semanas, os valores são amplamente variáveis relativamente à temperatura exponencialmente ponderada, o que indica que não existe sistema de arrefecimento.



(a)



(b)



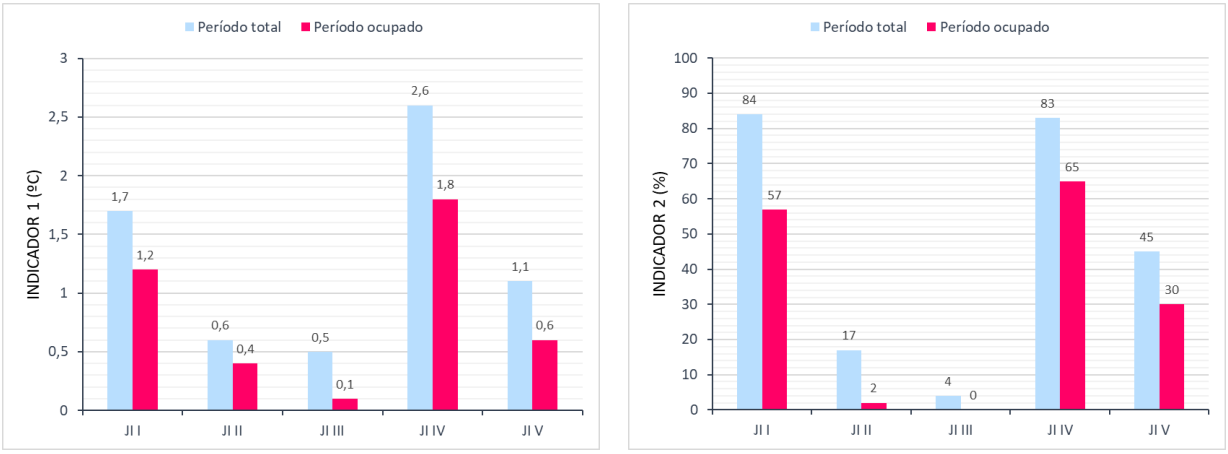
(c) (d)

(e)

Figura 56 – Aplicação do modelo adaptativo EN 16798: (a) Registos totais no jardim de infância I; (b) Registos totais no jardim de infância II; (c) Registos totais no jardim de infância III; (d) Registos totais no jardim de infância IV

Na Figura 57 (a) encontra-se representado o valor do indicador 1 da norma EN 16798, por jardim de infância e nos dois períodos (total e ocupado). Para o período total, observa-se que o jardim IV, é o que regista o valor mais elevado (2,6 ºC) e, também, para o período ocupado (1,8 ºC). Em contrapartida, o jardim com melhor desempenho, é o jardim III, em ambos os períodos, com indicadores iguais a 0,5 ºC e 0,1 ºC, para o período total e período ocupado, respetivamente.

A Figura 57 (b) mostra o valor do indicador 2 para cada jardim de infância, separado em período total e período ocupado. Observando o período total, o jardim de infância I apresenta o pior desempenho, com 84% do tempo em desconforto, e o jardim de infância III é o que revela melhor desempenho, com uma percentagem de apenas 4%. Os jardins apresentam um cenário substancialmente melhor quando se considera apenas o período ocupado, sendo que o jardim IV é o edifício com pior desempenho (65%) e o jardim III é o que apresenta melhor desempenho, com uma percentagem nula de desconforto.



(a) (b)

Figura 57 -Indicadores da EN 16798: (a) Indicador 1 nos jardins de infância no período total e ocupado; (b) Indicador 2 nos jardins de infância no período total e ocupado

4.3. ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Na Figura 58 (a) apresenta-se a variação da concentração de dióxido de carbono, no jardim de infância III, ao longo do período total de monitorização, considerando as 24 horas diárias e incluindo os dias úteis e não úteis. Analisando os registos obtidos, verificou-se uma concentração máxima de 2866 ppm no dia 24 de abril e uma concentração mínima próxima dos 400 ppm. A Figura 58 (b) representa somente os registos efetuados durante o período de ocupação, mais precisamente, entre as 09h00 e as 16h00 dos dias úteis, excluindo interrupções escolares. Como esperado, os registos evidenciam que a concentração de dióxido de carbono, no período ocupado, é superior. Observa-se ainda que a concentração de dióxido de carbono nas primeiras semanas é mais elevada, correspondendo ao período mais frio. Confirma-se assim a preocupação dos utilizadores em minimizar as trocas de ar com exterior nestes períodos, com consequências na qualidade do ar interior.

Analisando a Figura 59 (a), referente ao jardim de infância IV, a concentração máxima de dióxido de carbono registada foi de 2307 ppm no dia 6 de março e a concentração mínima de 384 ppm no dia 21 de maio. Durante o período ocupado (Figura 59 (b)), as concentrações são geralmente superiores.

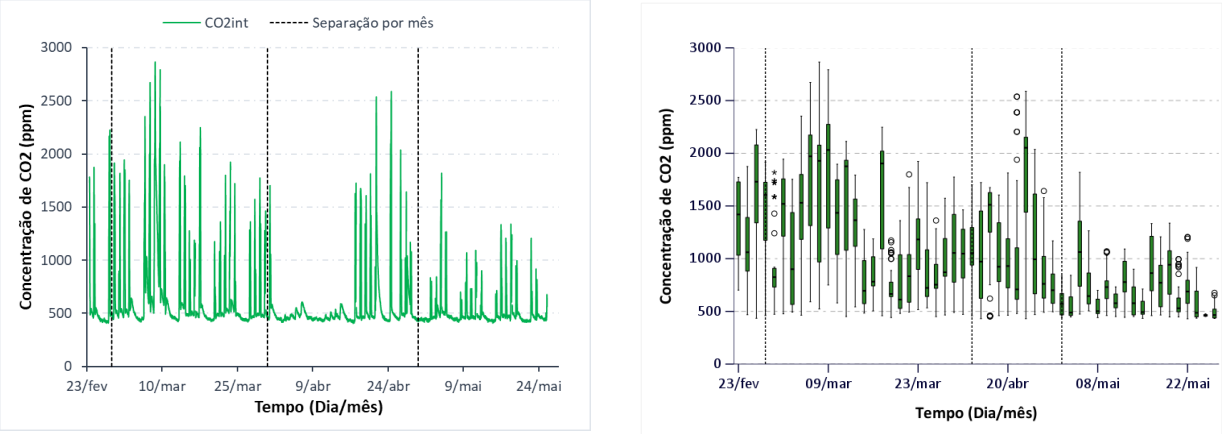
De acordo com as Figuras 60 (a) e (b), as concentrações máximas e mínimas de dióxido de carbono verificadas no jardim de infância V foram de 2588 ppm e 374 ppm, nos dias 21 de abril e 13 de abril, respetivamente.

Em todos os jardins de infância, verifica-se uma queda acentuada da concentração de dióxido de carbono no período de 30 de março a 17 de abril, uma vez que corresponde ao período de interrupção de aulas e, portanto, as salas estão sem ocupação.

Observando a representação em *Boxplot*, verifica-se que, em alguns dias, o intervalo interquartil se manifesta mais amplo, o que significa que existe uma maior dispersão dos dados. Além disso, existem valores atípicos, sob a forma de pontos singulares, que podem representar valores máximos e mínimos da concentração de dióxido de carbono. Esta variação mais alargada pode ser justificada por alterações no número de ocupantes do espaço, alteração da atividade desenvolvida (com consequências no metabolismo e na produção de dióxido de carbono) ou variação das condições de ventilação.

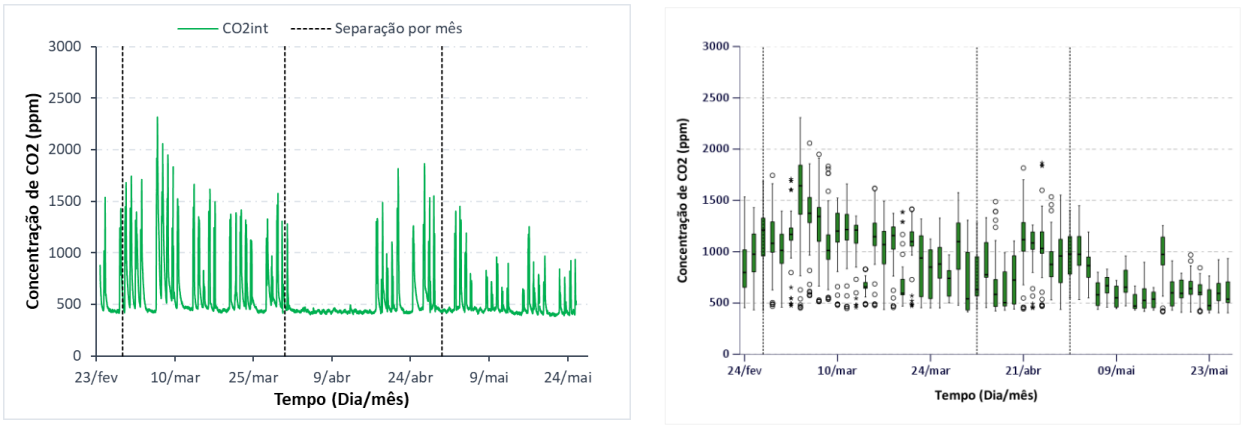
Comparando os três jardins de infância, o edifício que apresenta concentrações mais elevadas de dióxido de carbono é o V, sendo o IV o que tem valores mais reduzidos. A ocupação influencia de forma

significativa a concentração de dióxido de carbono, dado que a respiração e as atividades das crianças levam à sua produção, no entanto a ocupação nos jardins III, IV e V é semelhante. Desta forma, a maior concentração de dióxido de carbono no jardim de infância V deve ser consequência de uma ventilação menos eficiente face aos restantes edifícios.



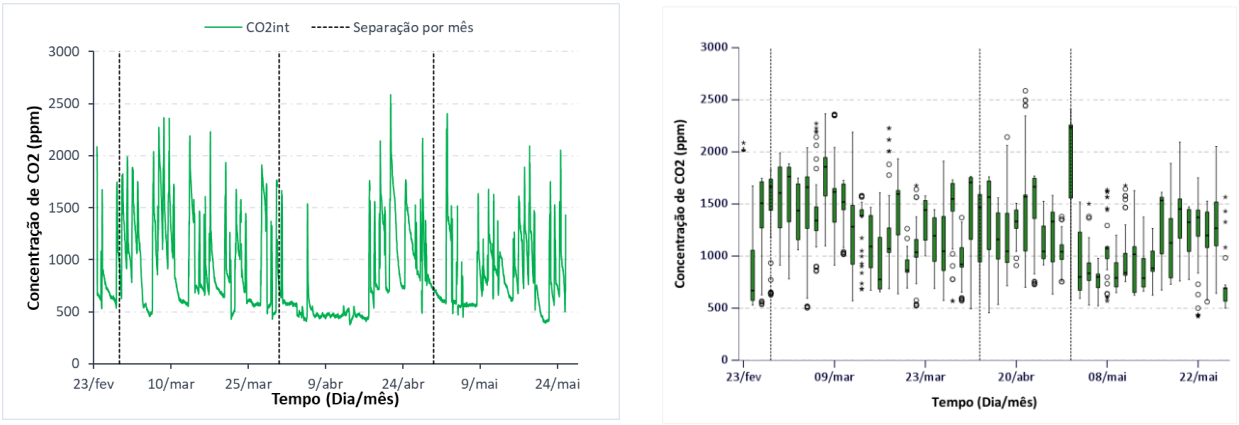
(a) (b)

Figura 58 – Jardim de infância III: (a) Variação da concentração de dióxido de carbono ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)



(a) (b)

Figura 59 - Jardim de infância IV: (a) Variação da concentração de dióxido de carbono ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00)



(a) (b)

Figura 60 - Jardim de infância V: (a) Variação da concentração de dióxido de carbono ao longo do tempo; (b) Representação em *Boxplot* (período ocupado – dias úteis, 09:00 às 16:00**)**

É evidente a flutuação diária na concentração de dióxido de carbono, sendo que os picos dizem respeito às horas de maior ocupação e as quedas aos períodos de maior ventilação, ou quando não há ninguém presente na sala, ou uma combinação das duas situações. A título de exemplo, a Figura 61 apresenta a variação horária da concentração de dióxido de carbono ao longo da semana entre 23 de março e 30 de março, na qual é visível a relação entre a ocupação e a concentração de dióxido de carbono, dado que no período ocupado, das 09h00 às 16h00, se verifica um aumento significativo da concentração de dióxido de carbono e, fora desse período, os valores estabilizam próximo do valor de referência (400 ppm).

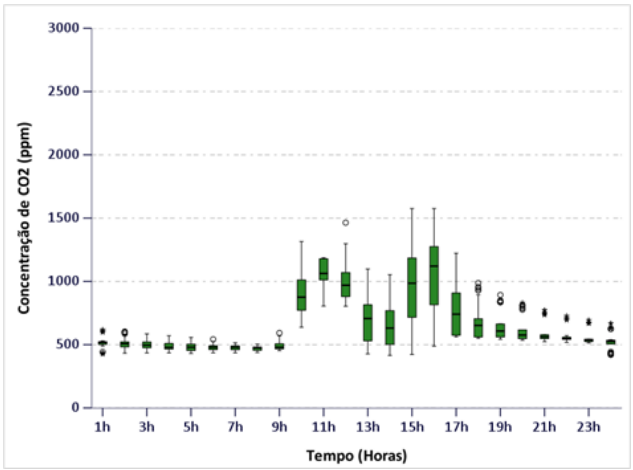


Figura 61 - Representação horária em Boxplot da semana de 23 de março a 30 de março

Na Figura 62 apresenta-se a probabilidade acumulada da concentração de dióxido de carbono nos três jardins de infância, distinguindo-se os resultados considerando o período total e apenas o período ocupado. Além disso, na representação está ainda indicado o limite máximo de concentração de dióxido de carbono imposto pela Portaria nº 138-G/2021, bem como a sua margem de tolerância.

Analisando a Figura 62 (a), verifica-se que a concentração de dióxido de carbono no jardim de infância III, para 90% do tempo, não ultrapassa os 894 ppm se considerarmos o período total, subindo este valor

para os 1706 ppm no período ocupado. O jardim IV apresenta uma concentração máxima de 895 ppm no período total e de 1331 ppm no período ocupado para 90% do tempo, tal como está mostrado na Figura 62 (b). De acordo com a Figura 62 (c), para a percentagem de tempo anteriormente referida, os valores para o jardim V são de 1470 ppm (período total) e de 1754 ppm (período ocupado).

Em geral, os jardins de infância III e V são os que revelam valores mais elevados para 90% do tempo ocupado, no entanto o jardim de infância V, no período total, possui uma maior concentração de dióxido de carbono quando comparado com os restantes edifícios.

De acordo com a legislação portuguesa, Portaria nº138-G/2021 descrita no subcapítulo 2.5, para garantir que o ambiente seja adequado, os níveis de dióxido de carbono devem estar abaixo dos 1250 ppm, com uma margem de tolerância até aos 1625 ppm.

Considerando apenas o período ocupado, o jardim de infância III, excede o limite recomendado num período pouco significativo, uma vez que para 80% do tempo, a concentração de dióxido de carbono é igual ou inferior a 1343 ppm e para 90% do tempo, corresponde uma concentração igual ou inferior a 1706 ppm. O mesmo se verifica no jardim IV, sendo que para 80 e 90% do tempo, o limite recomendado não é ultrapassado, correspondendo a uma concentração de 1187 ppm e 1331 ppm, respetivamente. Por fim, o limite recomendado, no jardim de infância V, é excedido num período mais amplo, relativamente aos restantes edifícios, sendo que para 60% do tempo, os valores da concentração de dióxido de carbono são iguais ou inferiores a 1359 ppm.

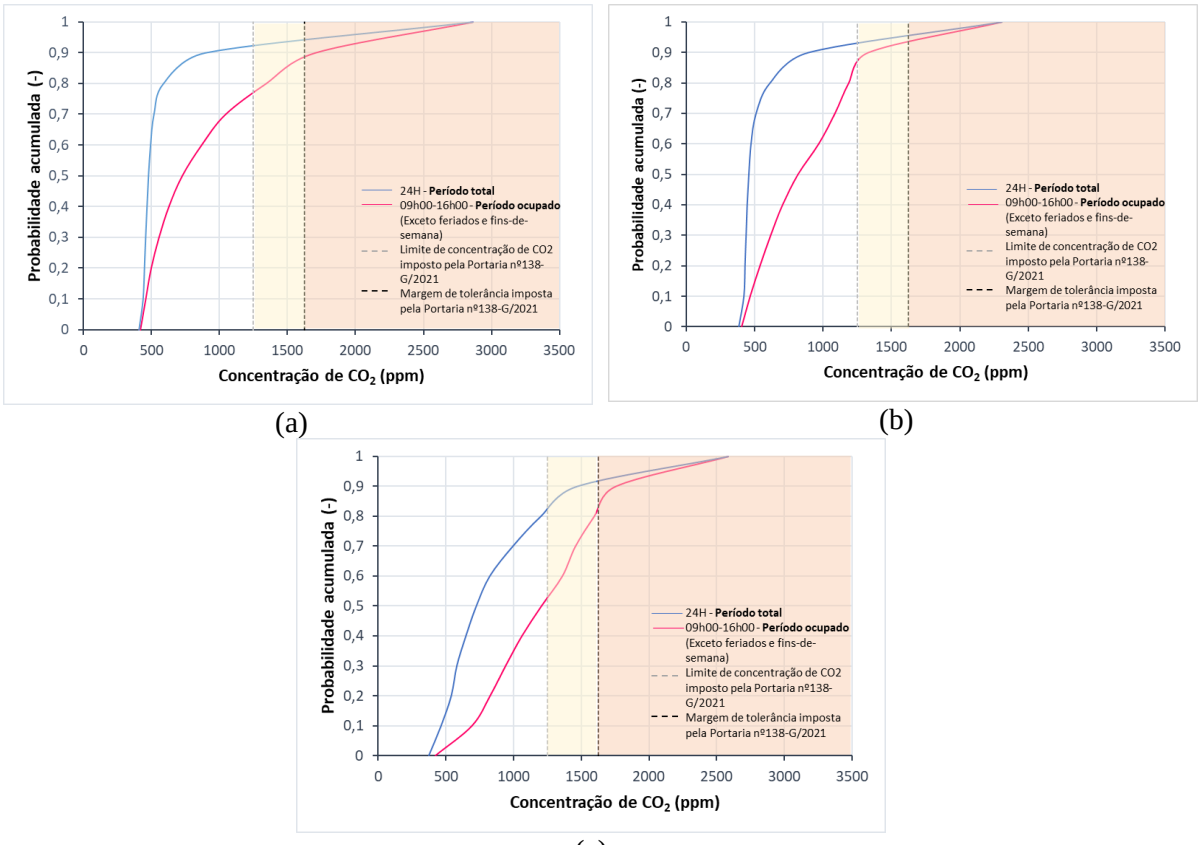
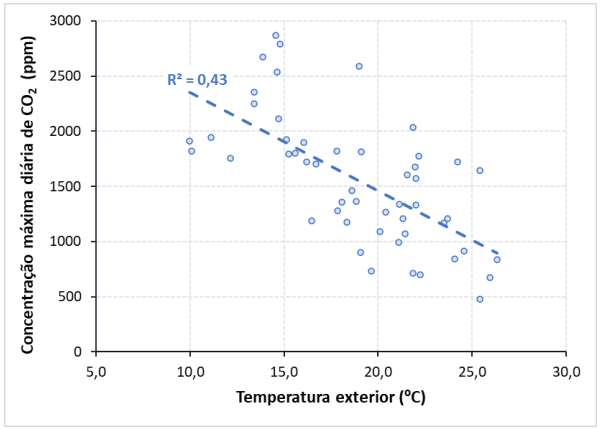
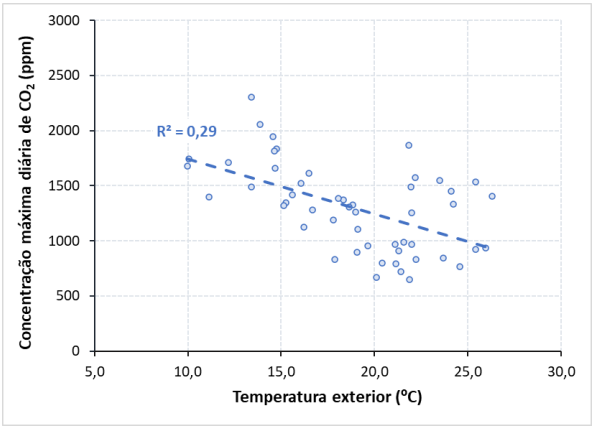


Figura 62 – Registos totais: (a) Probabilidade acumulada da concentração de dióxido de carbono no jardim de infância III; (b) Probabilidade acumulada da concentração de dióxido de carbono no jardim de infância IV; (c) Probabilidade acumulada da concentração de dióxido de carbono no jardim de infância V

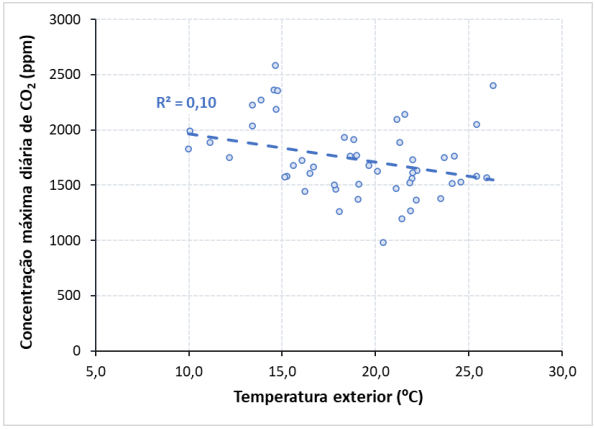
De forma a avaliar o impacto da temperatura exterior nos valores máximos de concentração de dióxido de carbono, mostram-se os gráficos da Figura 63, que representam a variação da concentração máxima diária de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior, considerando somente o período ocupado, das 09h00 às 16h00, excluindo feriados e fins-de-semana. Os gráficos apresentados confirmam que a temperatura exterior influencia os níveis máximos da concentração de dióxido de carbono, uma vez que para temperaturas mais reduzidas, se obtêm valores mais elevados de concentração de dióxido de carbono, o que evidencia que os utilizadores dos edifícios têm tendência a minimizar as infiltrações de ar não controladas, através da menor abertura de portas e janelas, resultando em menores trocas de ar entre o exterior e o interior e, consequentemente, em valores de concentração de dióxido de carbono mais elevados. Em contrapartida, quando as temperaturas são mais elevadas, há uma maior ventilação do espaço através da abertura de portas e janelas e, de forma consequente, valores mais reduzidos na concentração de dióxido de carbono. Em todos os edifícios se verifica este fenómeno, com mais evidência no jardim de infância III (Figura 63 (a)), seguido dos jardins de infância IV (Figura 63 (b)) e V (Figura 63 (c)). Conclui-se assim, que os utilizadores dos espaços estudados, controlam as infiltrações de ar através da abertura ou fecho de portas e janelas, consoante a temperatura exterior de forma a regular a temperatura interior com impacto na qualidade do ar.



(a)



(b)



(c)

Figura 63 – Registos totais: (a) Variação da concentração máxima diária de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior no jardim de infância III; (b) Variação da concentração máxima diária de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior no jardim de infância IV; (c) Variação da concentração máxima diária de dióxido de carbono em função da temperatura média exterior no jardim de infância V

4.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Comparando as caracterizações construtivas dos cinco jardins de infância, verifica-se que os três jardins de infância com melhor desempenho em termos de conforto térmico, nomeadamente o II, o III e o V, possuem vãos envidraçados voltados a Sul e Sudoeste, o que lhes proporciona uma mais-valia quanto à exposição solar. Em contrapartida, os restantes jardins de infância, I e IV, que revelam um pior desempenho, possuem em comum uma orientação de vãos voltados a Sudeste e Noroeste que resulta numa menor exposição solar direta e, de modo consequente, em temperaturas mais reduzidas no interior dos espaços.

Analisando as variações de temperatura, o jardim de infância I registou valores entre os 15 ºC e os 25 ºC, o que indica que a dado momento o edifício se manteve na faixa de conforto, no entanto, parte do período esteve em desconforto. Tanto o jardim de infância II como o III, apresentam uma variação de 17 ºC e 27 ºC na temperatura, estando, geralmente, dentro dos intervalos de conforto térmico ao longo do período de medição.

O edifício IV apresenta uma variação da temperatura com valores mínimo e máximo de 10 ºC e 25 ºC, respetivamente. Comparado aos edifícios anteriores, é visível uma variação mais ampla da temperatura. Quanto ao jardim de infância V, à semelhança dos jardins II e III, revela um bom desempenho, com a temperatura a variar entre os 15 ºC e os 24 ºC, o que indica que o edifício se manteve dentro da faixa confortável, em grande parte do tempo.

A Figura 64 mostra o valor do indicador 1 e do indicador 2, calculados nos jardins de infância para cada mês de medição.

Os jardins que revelam melhor e pior desempenho, na generalidade, são os jardins III e IV, respetivamente. Ao longo do período de medição, os indicadores, revelaram melhorias o que significa que as condições de desconforto sentidas pelas crianças sofreram uma redução ao longo do tempo. As melhorias podem ser explicadas pelas alterações climáticas exteriores, com uma subida da temperatura exterior, reduzindo assim o desconforto causado por temperaturas mais baixas.

Nos meses de fevereiro (Figura 64 (a)) e março (Figura 64 (b)), alguns dos indicadores revelaram valores elevados de desconforto, uma vez que na estação de Inverno as temperaturas pendem para valores extremos e os edifícios não tendo um bom isolamento térmico ou sistemas de aquecimento adequados, acabam por sofrer o impacto do clima exterior de forma direta.

Ao longo do mês de abril (Figura 64 (c)), os indicadores relativos aos jardins de infância I e IV demonstram uma melhoria considerável, sendo que apresentam valores abaixo dos 1,5 ºC e 70%, para os indicadores 1 e 2, respetivamente.

Durante o mês de maio, Figura 64 (d), os jardins de infância apresentaram um bom desempenho, com destaque para o edifício III, que obteve 100% dos pontos dentro da faixa de conforto. Já o jardim IV teve o pior desempenho nesse período, com 15% dos pontos fora dos limites de conforto.

Da avaliação dos jardins de infância, através da aplicação do modelo adaptativo da EN 16798, verifica-se que, na generalidade, todos os edifícios apresentam um desempenho satisfatório, sobretudo no período ocupado e de temperaturas exteriores mais amenas.

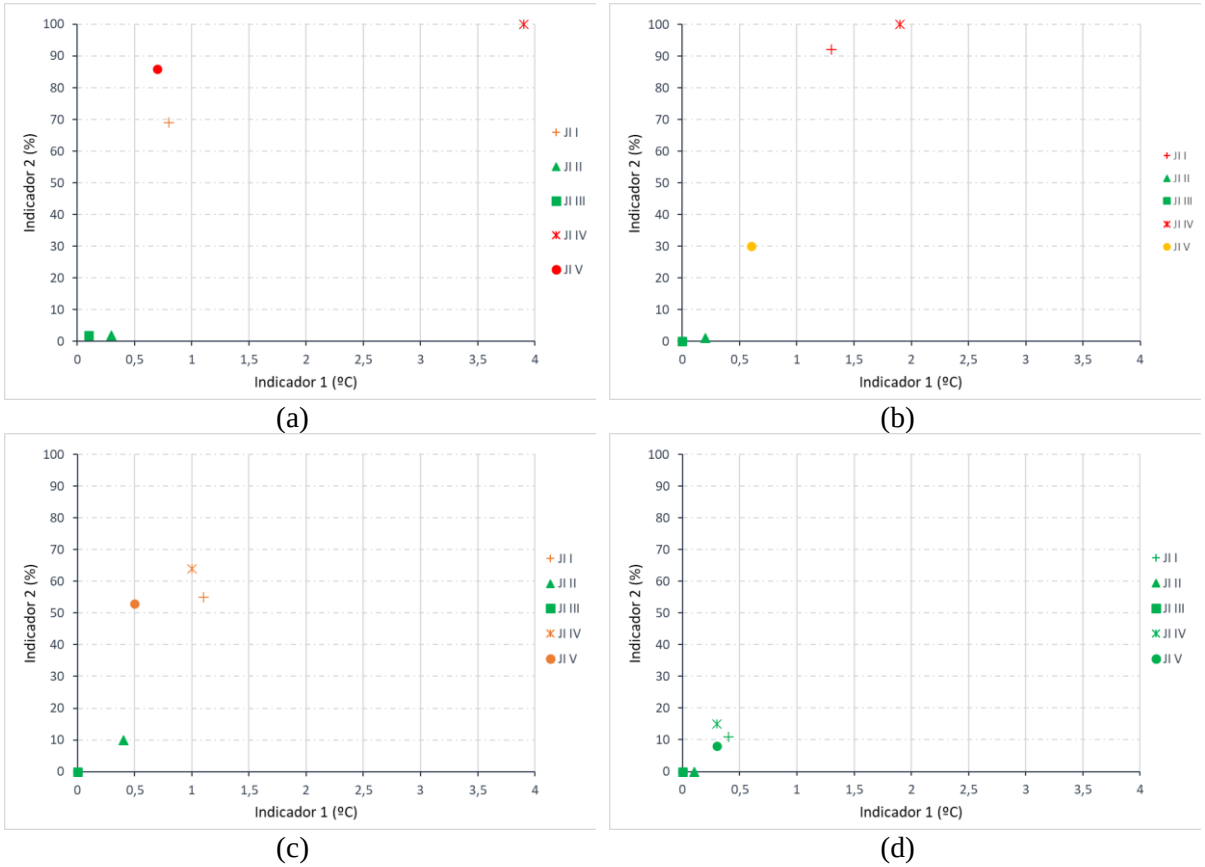


Figura 64 – Indicador 1 versus indicador 2: (a) Valor do mês de fevereiro; (b) Valor do mês de março; (c) Valor do mês de abril; (d) Valor do mês de maio

5

CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES PRINCIPAIS

O ambiente térmico é um fator importante para o conforto das crianças, uma vez que está diretamente relacionado com o seu bem-estar e desempenho cognitivo. Os jardins de infância são locais onde as crianças passam a maior parte do seu tempo durante o dia, portanto, é imprescindível garantir que esses espaços proporcionem condições adequadas.

Assim, este estudo teve como foco principal, a avaliação das condições de conforto térmico em salas de aula, de cinco jardins de infância, localizados na região de Marco de Canaveses.

Os dados recolhidos e as análises realizadas, permitiram retirar as seguintes conclusões:

- Ao longo do período de medição, as temperaturas tiveram uma variação significativa, sendo que as mais altas foram registas nas últimas semanas de medição;
- De acordo com os registos obtidos, foi possível verificar uma relação inversa entre a temperatura e a humidade relativa, uma vez que à medida que a temperatura aumentava, a humidade diminuía e vice-versa;
- A aplicação do modelo adaptativo de conforto permitiu verificar que, na generalidade, os jardins de infância apresentaram condições térmicas dentro da faixa de conforto, conforme os indicadores determinados. No entanto, nas primeiras semanas de medição (mais frias), foram apresentados períodos de desconforto, sobretudo nos jardins de infância I e IV;
- A temperatura registada no período de medição variou entre os 10 ºC e os 27 ºC. No entanto, os valores concentraram-se, sobretudo, entre os 15 ºC e os 25 ºC;
- As perceções térmicas das crianças indicaram uma incoerência na 1ª campanha realizada, devido à falta de clareza nas questões e na interpretação subjetiva das escalas de sensação e preferência térmica. Na 2ª campanha as respostas foram coerentes e consistentes, observando-se uma sensação térmica média superior a +1 (ligeiramente quente) e uma preferência térmica média inferior a -1 (ligeiramente frio);
- A aplicação do modelo adaptativo revelou que os limites recomendados pela norma, nem sempre refletem as preferências individuais das crianças, dado que na 2ª campanha, as avaliações sugeriram algum desconforto;
- Os níveis de dióxido de carbono encontraram-se, geralmente, dentro dos limites recomendados pela Portaria nº138-G/2021, embora, durante o período de ocupação, se verificassem valores elevados em períodos reduzidos.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Diante da ampla área de pesquisa que abrange o conforto térmico em ambientes interiores, é possível indicar alguns avanços futuros para aprofundar este estudo e os resultados alcançados, como por exemplo:

- Expandir a amostra de jardins de infância, incluindo novas zonas geográficas e edifícios distintos de forma que se obtenha uma visão mais abrangente e significativa, na influência do conforto térmico, por parte dos fatores externos tais como o clima exterior e a arquitetura do edifício;
- Prolongar a campanha de monitorização dos parâmetros ambientais que permitirá uma análise mais crítica das flutuações nas condições de conforto térmico ao longo dos diferentes períodos do ano, especialmente no período de verão que não foi abrangido neste trabalho;
- Avaliar outros parâmetros ambientais, tais como eventuais efeitos radiativos e a concentração de outros poluentes do ar interior, uma vez que o estudo desses parâmetros possibilitará uma perceção mais ampla da sua relação com o conforto térmico e o bem-estar das crianças;
- Realizar o estudo do impacto da ventilação no conforto térmico, através de uma avaliação aprofundada das estratégias de ventilação nos edifícios, tendo em conta os dois tipos de ventilação, natural e mecânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, ASHRAE 55, 2013.

[2] Fanger, P. O., *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. New York: McGraw Hill, 1970.

[3] *Ergonomics of the Thermal Environment – Analytical Determination and Interpretation of the Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*, ISO 7730, 2005.

[4] *Ergonomics of the Thermal Environment, Instruments for measuring physical quantities*, ISO 7726, 1998.

[5] Parsons, K. (2014). *Human thermal environments: The effects of hot, moderate, andcold environments on human health,comfort, and performance, third edition* [Book]. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b16750

[6] *Ergonomics of the Thermal Environment – Determination of Metabolic Rate*, ISO 8996, 2004

[7] Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces [Conference Paper]. *Energy and Buildings*, *35*(1), 95-101. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00084-1

[8] H. B. Awbi, *Ventilation of Buildings* (second edition), London and New York: Spon Press, 2003.

[9] *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings – addressing indoor air quality, thermal environment lighting and acoustics*, CEN – EN 16798, 2019.

[10] L. Matias, *Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal, Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa*. Lisboa, 2010.

[11] Muhič, S., & Muhič, T. (2022). Measurements of Air Quality in Kindergartens and Schools in the Republic of Slovenia before the COVID-19 Epidemic [Article]. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, *68*(4), 290-299. https://doi.org/10.5545/sv-jme.2022.13

[12] Yun, H., Nam, I., Kim, J., Yang, J., Lee, K., & Sohn, J. (2014). A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children. *Building and Environment*, *75*, 182-189. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.02.003

[13] Kalimeri, K. K., Saraga, D. E., Lazaridis, V. D., Legkas, N. A., Missia, D. A., Tolis, E. I., & Bartzis, J. G. (2016). Indoor air quality investigation of the school environment and estimated health risks: Two-season measurements in primary schools in Kozani, Greece. *Atmospheric Pollution Research*, *7*(6), 1128-1142. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.07.002

[14] Telejko, M., & Zender-Świercz, E. (2016). Attempt to Improve Indoor Air Quality in Kindergartens. *Procedia Engineering*, *161*, 1704-1709. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.649

[15] Mijakowski, M., & Sowa, J. (2017). An attempt to improve indoor environment by installing humidity-sensitive air inlets in a naturally ventilated kindergarten building [Article]. *Building and Environment*, *111*, 180-191. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.013

[16] Santos, J. C. d. (2010). *Avaliação da qualidade do ar interior em jardins de infância*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. http://hdl.handle.net/10216/58949

[17] Brager, G. S., & De Dear, R. J. (1998). Thermal adaptation in the built environment: A literature review [Article]. *Energy and Buildings*, *27*(1), 83-96. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0031999635&partnerID=40&md5=73d36e51961173f516d325da2a5f0b76

[18] Humphreys, M. A., Rijal, H. B., & Nicol, J. F. (2013). Updating the adaptive relation between climate and comfort indoors; new insights and an extended database [Review]. *Building and Environment*, *63*, 40-55. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.024

[19] https://weatherspark.com/y/32424/Average-Weather-in-Marco-de-Canavezes-Portugal-Year-Round. Acedido a 15 de Março de 2023.

[20] https://www.google.com/maps. Acedido a 5 de Março de 2023.

[21] Lovec, V., Premrov, M., & Leskovar, V. Ž. (2021). Practical impact of the covid-19 pandemic on indoor air quality and thermal comfort in kindergartens. A case study of slovenia [Article]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(18), Article 9712. https://doi.org/10.3390/ijerph18189712

[22] Manuel, P., João, L., João, V., Ana, I., & Tiago, F. (2021). Kindergartens and nurseries in central portugal. Assessments of indoor environment quality [Article]. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, *12*(1), 27-43. https://doi.org/10.22712/susb.20210004

[23] Almeida, R. M. S. F., Ramos, N. M. M., & De Freitas, V. P. (2016). Thermal comfort models and pupils' perception in free-running school buildings of a mild climate country [Article]. *Energy and Buildings*, *111*, 64-75. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.066

[24] Zaeh, S. E., Koehler, K., Eakin, M. N., Wohn, C., Diibor, I., Eckmann, T., Wu, T. D., Clemons-Erby, D., Gummerson, C. E., Green, T., Wood, M., Majd, E., Stein, M. L., Rule, A., Davis, M. F., & McCormack, M. C. (2021). Indoor air quality prior to and following school building renovation in a mid-atlantic school district [Article]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(22), Article 12149. https://doi.org/10.3390/ijerph182212149

[25] Borgese, L., Tomasoni, G., Marciano, F., Zacco, A., Bilo, F., Stefana, E., Cocca, P., Rossi, D., Cirelli, P., Ciribini, A. L. C., Comai, S., Ventura, S. M., Boles, M. S., Micheletti, D., Cattivelli, D., Galletti, S., Dubacq, S., Perrone, M. G., & Depero, L. E. (2022). Definition of an Indoor Air Sampling Strategy for SARS-CoV-2 Detection and Risk Management: Case Study in Kindergartens [Article]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(12), Article 7406. https://doi.org/10.3390/ijerph19127406

[26] Richmond, G. P. (1970). *Piaget: teoria e prática*.

[27] Rahman, M. A. A., Awang, M., Syafiq Syazwan Mustafa, M., Yusop, F., Aini Mohd Sari, K., Musa, M. K., Arif Rosli, M., Ahmad, F., & Hamidon, N. (2019). Evaluation and measurement of indoor air quality in the preschool building. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

ANEXOS

Anexo A – Inquérito Jardim de infância I



Mestrado Em Engenharia Civil

Especialização Em Construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico interior

2022/2023

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

3. Pinta o que estás a sentir neste momento.



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☒ uma menina ☐ um menino





Tenho:

☐ 3 anos ☐ 4 anos ☒ 5 anos







U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio

☐ Com frio

☐ Com um pouquinho de frio

☐ Bem, nem calor nem frio

☐ Com um pouquinho de calor

☒ Com calor

☐ Com muito calor

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio

☐ Mais frio

☒ Um pouquinho mais frio

☐ Assim, nem mais quente nem mais frio

☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☐ uma menina ☐ um menino

Tenho:

☐ 3 anos ☐ 4 anos ☐ 5 anos

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio

☐ Com frio

☐ Com um pouquinho de frio

☒ Bem, nem calor nem frio

☐ Com um pouquinho de calor

☐ Com calor

☐ Com muito calor

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio

☐ Mais frio

☐ Um pouquinho mais frio

☒ Assim, nem mais quente nem mais frio

☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

3. Pinta o que estás a sentir neste momento.

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☒ uma menina ☐ um menino

Tenho:

☐ 3 anos ☐ 4 anos ☒ 5 anos

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio

☐ Com frio

☐ Com um pouquinho de frio

☒ Bem, nem calor nem frio

☐ Com um pouquinho de calor

☐ Com calor

☐ Com muito calor

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio

☐ Mais frio

☐ Um pouquinho mais frio

☒ Assim, nem mais quente nem mais frio

☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente

Anexo B – Inquérito Jardim de infância II



Mestrado Em Engenharia Civil

Especialização Em Construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico interior

2022/2023

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☐ uma menina



☒ um menino



Tenho:

☐ 3 anos

☐ 4 anos

☒ 5 anos



AFAEL

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☒ Com um pouquinho de frio



☒ Bem, nem calor nem frio



☐ Com um pouquinho de calor



☒ Com calor



☐ Com muito calor



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio



☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio



☐ Assim, nem mais quente nem mais frio



☒ Um pouquinho mais quente

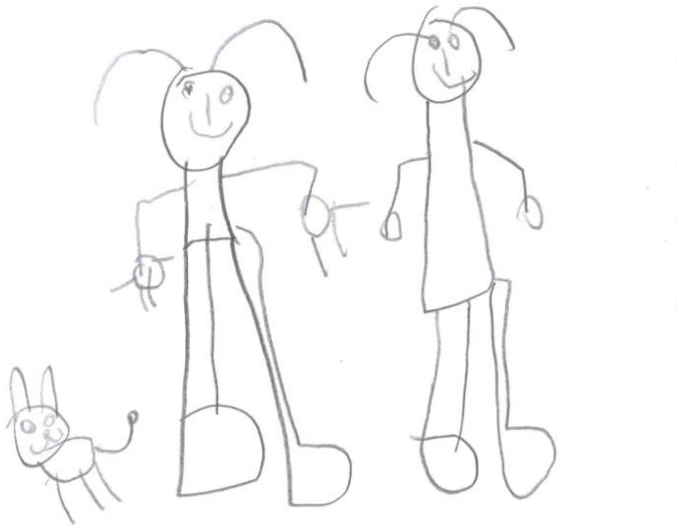
☐ Mais quente

☐ Bem mais quente



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☒ uma menina  ☐ um menino 

Tenho:

☐ 3 anos  ☐ 4 anos  ☒ 5 anos 

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☐ Com um pouquinho de frio



☐ Bem, nem calor nem frio



☐ Com um pouquinho de calor



☐ Com calor



☐ Com muito calor



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio



☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio



☐ Assim, nem mais quente nem mais frio



☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou: CATALINA

☒ uma menina ☐ um menino





Tenho:

☐ 3 anos ☐ 4 anos ☒ 5 anos







U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio

☐ Com frio

☐ Com um pouquinho de frio

Bem, nem calor nem frio

☐ Com um pouquinho de calor

☐ Com calor

☐ Com muito calor

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio

☐ Mais frio

☐ Um pouquinho mais frio

Assim, nem mais quente nem mais frio

☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente

Anexo C – Inquérito Jardim de infância III



Mestrado Em Engenharia Civil

Especialização Em Construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico interior

2022/2023

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais: LEONOR

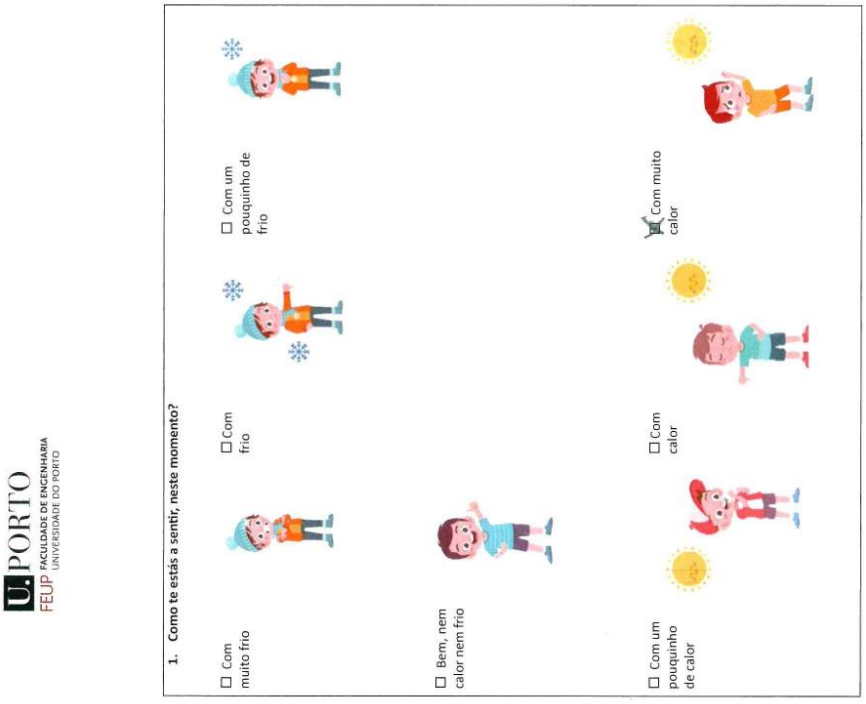
Sou:

☒ uma menina ☐ um menino

Tenho:

☐ 3 anos ☐ 4 anos ☒ 5 anos


U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
2. Como gostarias que estivesse agora?
☐ Bem mais frio
☐ Mais frio
☐ Um pouquinho mais frio
☒ Assim, nem mais quente nem mais frio
☐ Um pouquinho mais quente
☐ Mais quente
☐ Bem mais quente


U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
1. Como te estás a sentir, neste momento?
☐ Com muito frio
☐ Com frio
☐ Com um pouquinho de frio
☐ Bem, nem calor nem frio
☐ Com um pouquinho de calor
☐ Com calor
☒ Com muito calor

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

3. Pinta o que estás a sentir neste momento.



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☒ uma menina



☐ um menino



Tenho:

☐ 3 anos



☐ 4 anos



☒ 5 anos



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☐ Com um pouquinho de frio



☐ Bem, nem calor nem frio



☐ Com um pouquinho de calor



☐ Com calor



☒ Com muito calor



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio



☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio



☐ Assim, nem mais quente nem mais frio



☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

3. Pinta o que estás a sentir neste momento.

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:
Sou: ☐ uma menina ☐ um menino

Tenho:
☐ 3 anos ☐ 4 anos ☐ 5 anos

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. **Como te estás a sentir, neste momento?**

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☐ Com um pouquinho de frio



☐ Bem, nem calor nem frio



☐ Com um pouquinho de calor



☐ Com calor



☐ Com muito calor



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. **Como gostarias que estivesse agora?**

☐ Bem mais frio



☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio



☐ Assim, nem mais quente nem mais frio



☐ Um pouquinho mais quente



☐ Mais quente



☐ Bem mais quente



Anexo D – Inquérito Jardim de infância IV



Mestrado Em Engenharia Civil

Especialização Em Construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico interior

2022/2023

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☒ uma menina ☐ um menino





Tenho:

☐ 3 anos ☒ 4 anos ☐ 5 anos



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. **Como te estás a sentir, neste momento?**

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☐ Com um pouquinho de frio



☐ Bem, nem calor nem frio



☑ Com um pouquinho de calor



☐ Com calor



☐ Com muito calor

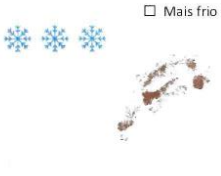


U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. **Como gostarias que estivesse agora?**

☐ Bem mais frio

☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio

☑ Assim, nem mais quente nem mais frio



☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☒ uma menina ☐ um menino





Tenho:

☐ 3 anos ☐ 4 anos ☒ 5 anos







U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. **Como te estás a sentir, neste momento?**

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☐ Com um pouquinho de frio



☒ Bem, nem calor nem frio



☐ Com um pouquinho de calor



☐ Com calor



☐ Com muito calor



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. **Como gostarias que estivesse agora?**

☐ Bem mais frio



☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio



☑ Assim, nem mais quente nem mais frio

☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☒ uma menina ☐ um menino

Tenho:

☐ 3 anos ☐ 4 anos ☒ 5 anos

3. Pinta o que estás a sentir neste momento.

Muito calor

Adama

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. **Como te estás a sentir, neste momento?**

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☐ Com um pouquinho de frio



☒ Bem, nem calor nem frio



☐ Com um pouquinho de calor



☐ Com calor



☐ Com muito calor



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. **Como gostarias que estivesse agora?**

☐ Bem mais frio



☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio



☒ Assim, nem mais quente nem mais frio



☐ Um pouquinho mais quente



☐ Mais quente



☐ Bem mais quente



Anexo E – Inquérito Jardim de infância V



Mestrado Em Engenharia Civil

Especialização Em Construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico interior

2022/2023

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
3. Pinta o que estás a sentir neste momento.

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções
Inquérito para avaliação do conforto térmico
Dados pessoais:
Sou:
X uma menina
um menino
Tenho:
3 anos
4 anos
5 anos
6

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
2. Como gostarias que estivesse agora?
☐ Bem mais frio
☐ Mais frio
☐ Um pouquinho mais frio
☐ Assim, nem mais quente nem mais frio
☐ Um pouquinho mais quente
☐ Mais quente
☐ Bem mais quente

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
1. Como te estás a sentir, neste momento?
☐ Com muito frio
☐ Com frio
☐ Com um pouquinho de frio
☐ Bem, nem calor nem frio
☐ Com um pouquinho de calor
☐ Com calor
☐ Com muito calor

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
3. Pinta o que estás a sentir neste momento.

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções
Inquérito para avaliação do conforto térmico
Dados pessoais:
Sou:
☐ uma menina
☐ um menino
Tenho:
☐ 3 anos
☐ 4 anos
☐ 5 anos
5

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
2. Como gostarias que estivesse agora?
☐ Bem mais frio
☐ Mais frio
☐ Um pouquinho mais frio
☐ Assim, nem mais quente nem mais frio
☐ Um pouquinho mais quente
☐ Mais quente
☐ Bem mais quente

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
1. Como te estás a sentir, neste momento?
☐ Com muito frio
☐ Com frio
☐ Com um pouquinho de frio
☐ Bem, nem calor nem frio
☐ Com um pouquinho de calor
☐ Com calor
☐ Com muito calor

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

3. **Pinta o que estás a sentir neste momento.**

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções

Inquérito para avaliação do conforto térmico

Dados pessoais:

Sou:

☐ uma menina

☐ um menino

Tenho:

☐ 3 anos

☐ 4 anos

☐ 5 anos

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Como te estás a sentir, neste momento?

☐ Com muito frio



☐ Com frio



☐ Com um pouquinho de frio



☐ Bem, nem calor nem frio



☐ Com um pouquinho de calor



☐ Com calor



☐ Com muito calor



U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

2. Como gostarias que estivesse agora?

☐ Bem mais frio



☐ Mais frio



☐ Um pouquinho mais frio



☐ Assim, nem mais quente nem mais frio



☐ Um pouquinho mais quente

☐ Mais quente

☐ Bem mais quente

