

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu



Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu





## RESUMO

A temática da Qualidade do Ambiente Interior tem, ao longo dos tempos, assumido na sociedade um papel preponderante uma vez que se tem verificado o aumento da permanência da população em espaços interiores.

Ao assumir-se a importância da obtenção de uma adequada qualidade de vida no interior dos edifícios, o estudo da qualidade do ambiente interior assume um desafio bastante significativo quando analisado, principalmente, em edifícios que englobam um tipo de população mais sensível e suscetível, como é o caso das crianças e dos idosos. A consideração destes grupos etários como um tipo de população sensível e suscetível deve-se essencialmente ao facto das crianças apresentarem um sistema imunitário em desenvolvimento e a população idosa apresentar sistemas imunitários enfraquecidos e múltiplos problemas de saúde associados à idade.

Para a manutenção de um ambiente interior adequado à permanência dos ocupantes, com níveis de qualidade do ar e de conforto higrotérmico aceitáveis, verifica-se necessário o cumprimento de um conjunto de exigências, nomeadamente a limitação das concentrações de poluentes para valores dentro dos limites regulamentares e a limitação dos parâmetros que influenciam as condições de conforto higrotérmico para intervalos de valores de referência regulamentados e recomendados. Os cumprimentos de níveis de referência e de valores limite conduzem a que seja necessária uma análise cuidada das condições de ventilação do ar interior.

Nesta dissertação estuda-se a Qualidade do Ambiente Interior em compartimentos de edifícios da cidade de Viseu que albergam infantários e lares de idosos.

O estudo desenvolvido tem como intuito a caracterização de diferentes compartimentos selecionados e a análise de alguns parâmetros ambientais, através dos seus registos contínuos, durante duas campanhas experimentais. Os registos contínuos incidiram nos seguintes parâmetros ambientais: temperatura do ar, humidade relativa, concentração de dióxido de carbono e de compostos orgânicos voláteis totais. A análise dos resultados obtidos é por sua vez realizada tendo em conta os limites recomendados e regulamentares existentes, permitindo deste modo avaliar as condições de Qualidade do Ar Interior e de conforto higrotérmico presentes nos diversos espaços interiores selecionados para estudo.

Para os diversos casos de estudo, foi ainda avaliado o conforto térmico dos ocupantes, através da aplicação do modelo de conforto térmico proposto pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil e foram realizados inquéritos sobre o conforto térmico por forma a avaliar as percepções térmicas de alguns dos ocupantes dos lares de idosos, nos espaços interiores com maior ocupação, durante o decorrer da segunda campanha experimental de medições.

Por último, foram determinadas as taxas de ventilação de alguns compartimentos estudados, com a finalidade de avaliar, tendo presente os valores regulamentares estabelecidos, se as renovações de ar se encontram aceitáveis para a obtenção de uma adequada Qualidade do Ar Interior e conforto higrotérmico dos espaços interiores.

Com base nas conclusões das campanhas experimentais desenvolvidas e face aos problemas de conforto higrotérmico e de poluentes interiores identificados nos espaços interiores, foram ainda propostas algumas recomendações, nomeadamente ao nível da climatização, da ventilação e da manutenção, de forma a obter-se uma melhoria geral da Qualidade do Ambiente Interior.

## ABSTRACT

The theme of the Indoor Environmental Quality has, over time, taken in society a lead role, for the reason that has been increasingly the population that stays indoors.

By assuming the importance of obtaining an appropriate quality of life inside buildings, the study of the indoor environmental quality plays a very significant challenge when analysed, especially in buildings that include a type of more sensitive and susceptible population, as is the case children and the elderly. The consideration of these age groups as a kind sensitive and susceptible population is mainly due to the fact that children's immune system is in development, and the elder population presents weakened immune systems and multiple health problems associated with age.

In order to maintain an adequate indoor environment for the occupants, with acceptable quality air levels and hygrothermal comfort, it is necessary to accomplish several requirements, for instance the limitation of the polluted values within the regulatory limits and the limitation of those parameters that influence the hygrothermal comfort conditions to ranges of regulated and recommends reference values. The implementation of the reference levels and the limit values lead to a very wary study of the indoor air ventilation conditions.

This dissertation studies the indoor environment in compartments of buildings that includes child care centers and elderly care centers in the city of Viseu.

The study developed has the intention to characterize different selected rooms and the analysis of some environmental parameters, through its continuous records during two experimental campaigns. The continuous record focused on the following environmental parameters: air temperature, relative humidity, carbon dioxide concentration and in total volatile organic compounds. The results obtained are performed taking, also, into account the existing resolutions and recommended limits, thereby enabling to evaluate the conditions Indoor Air Quality and hygrothermal comfort present in many indoor selected for study.

For the several case studies were even evaluated the thermal comfort of the occupants, through the application of the thermal comfort model proposed by the National Laboratory of Civil Engineering and surveys have been carrying out on the thermal comfort in order to assess the thermal perceptions of some occupants of nursing homes, the interior spaces with higher occupancy, during the course of the second experimental measurement campaign.

Lastly, it was determined ventilation rates of some compartments that have been studied, in order to evaluate, having in mind the values established regulations if the air changes are acceptable for obtain a proper Indoor Air Quality.

Based on the conclusions of he experimental campaigns that were already developed, facing the hygrothermal comfort problems and the pollutants identified in the indoor spaces, were, also, proposed some recommendations, namely in the terms of air conditioning, ventilation

and maintenance, in order to obtain a general best improvement of the Indoor Environmental Quality.

## **PALAVRAS CHAVE**

Qualidade do Ambiente Interior

Qualidade do Ar Interior

Conforto higrotérmico

Taxa de ventilação

Infantários

Lares de Idosos



## **KEY WORDS**

Indoor Environmental Quality

Indoor Air Quality

Hygrothermal comfort

Ventilation rate

Child Care Centers

Elderly Care Centers



## AGRADECIMENTOS

O trabalho exposto nesta dissertação resultou de um longo percurso de empenho, dedicação, descoberta, e, principalmente, de construção, não só profissional, mas também pessoal. No decorrer de todo o processo que me permitiu alcançar esta etapa final, contei com o inestimável contributo de um grupo de pessoas, ao qual manifesto aqui os meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Pinto, por toda a orientação competente e eficaz, pelos conhecimentos transmitidos e pela disponibilidade demonstrada ao longo destes meses de trabalho.

À minha família, pelos momentos de apoio e incentivo proporcionados. Em especial, à minha mãe e ao meu irmão, pelo encorajamento e carinho absoluto.

Ao meu pai (in memoriam), que contribuiu de forma espiritual para a minha força interior.

Aos meus avós, que demonstraram sempre uma cuidada preocupação por mim.

Ao César, um agradecimento muito especial por ser um pilar essencial na minha vida. Obrigada pela amizade, carinho, paciência, confiança e ainda por todos os conselhos que me levaram a nunca desistir.

Por fim, agradeço à Santa Casa da Misericórdia de Viseu, que me permitiu o acesso aos espaços interiores dos infantários e dos lares de idosos, cedendo a oportunidade de realização dos estudos desenvolvidos.



# ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE QUADROS .....	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xxi
ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xxxiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento geral do tema .....	1
1.2 Objetivos e metodologia .....	2
1.3 Organização da dissertação.....	3
2. Qualidade do ambiente interior dos edifícios .....	5
2.1 Introdução .....	5
2.2 Enquadramento regulamentar e normativo.....	6
2.3 Qualidade do ar interior .....	7
2.3.1 Principais poluentes e respetivas fontes de poluição.....	8
2.3.2 Concentrações máximas dos poluentes interiores .....	12
2.3.3 Impacte da qualidade do ar interior na saúde dos ocupantes.....	14
2.3.4 Estratégias para a melhoria da qualidade do ar interior.....	16
2.4 Conforto térmico.....	18
2.4.1 Conceito de equilíbrio térmico .....	18
2.4.2 Fatores que influenciam o conforto térmico.....	19
2.4.3 Níveis de conforto recomendados/regulamentados.....	20
2.4.4 Modelos de avaliação do conforto térmico.....	21
2.4.5 Impacte da ausência de conforto térmico na saúde dos ocupantes.....	24
2.4.6 Estratégias para a melhoria do conforto higrotérmico.....	25
2.5 Ventilação .....	26
2.6 Estudos realizados em Portugal .....	30
2.7 Síntese crítica.....	34
3. Casos de estudo: qualidade do ambiente interior em infantários e lares de idosos da cidade de Viseu.....	37

3.1	Introdução.....	37
3.2	Regulamentação técnica aplicada a infantários e lares de idosos .....	38
3.3	Apresentação dos casos de estudo.....	39
3.3.1	Descrição geral dos edifícios .....	39
3.3.2	Apresentação e caracterização dos compartimentos selecionados para estudo .	41
3.4	Descrição da metodologia do estudo.....	50
3.5	Equipamentos de medição utilizados .....	53
4.	Apresentação e análise crítica dos resultados .....	57
4.1	Introdução.....	57
4.2	Análise dos resultados da primeira campanha experimental.....	58
4.2.1	Infantário 1 .....	59
4.2.1.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	59
4.2.1.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC .....	65
4.2.1.3	Taxas de ventilação .....	66
4.2.2	Infantário 2 .....	67
4.2.2.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	67
4.2.2.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC .....	73
4.2.2.3	Taxa de ventilação.....	74
4.2.3	Lar de Idosos 1 .....	75
4.2.3.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	75
4.2.3.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC .....	79
4.2.3.3	Taxa de ventilação.....	79
4.2.4	Lar de Idosos 2 .....	80
4.2.4.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	80
4.2.4.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC .....	86
4.2.4.3	Taxa de ventilação.....	87
4.3	Análise dos resultados da segunda campanha experimental .....	87
4.3.1	Infantário 1 .....	88
4.3.1.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	88
4.3.1.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC .....	91
4.3.1.3	Taxa de ventilação.....	92
4.3.2	Infantário 2 .....	93

4.3.2.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	93
4.3.2.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC.....	96
4.3.2.3	Taxa de ventilação .....	97
4.3.3	Lar de Idosos 1 .....	98
4.3.3.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	98
4.3.3.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC.....	100
4.3.3.3	Inquéritos sobre a perceção do conforto térmico.....	101
4.3.3.4	Taxa de ventilação .....	103
4.3.4	Lar de Idosos 2 .....	104
4.3.4.1	Parâmetros ambientais de registo contínuo .....	104
4.3.4.2	Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC.....	108
4.3.4.3	Inquéritos sobre a perceção do conforto térmico.....	109
4.3.4.4	Taxa de ventilação .....	115
5.	Conclusões.....	117
5.1	Conclusões gerais .....	117
5.2	Recomendações .....	122
5.3	Desenvolvimentos futuros .....	124
	Referências .....	125
	Anexo I – Ficha de levantamento das características dos compartimentos estudados.....	129
	Anexo II – Características gerais e físicas dos compartimentos estudados.....	135
	Anexo III - Figuras dos compartimentos estudados com a respetiva localização dos equipamentos de medição.....	141
	Anexo IV – Modelo do inquérito realizado aos ocupantes das salas de convívio dos lares de idosos.....	153
	Anexo V – Representação gráfica dos parâmetros ambientais de registo contínuo de alguns compartimentos – 1ª campanha experimental .....	155
	Anexo VI – Representação gráfica do modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC aplicado a alguns compartimentos – 1ª campanha experimental .....	169
	Anexo VII – Representação gráfica da técnica do decaimento aplicada na determinação da taxa de ventilação de alguns compartimentos – 1ª campanha experimental .....	175
	Anexo VIII – Representação gráfica dos parâmetros ambientais de registo contínuo de alguns compartimentos – 2ª campanha experimental .....	197

Anexo IX – Representação gráfica do modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC aplicado a alguns compartimentos – 2ª campanha experimental.....	215
Anexo X – Representação gráfica da técnica do decaimento aplicada na determinação da taxa de ventilação de alguns compartimentos – 2ª campanha experimental .....	221

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Esquema do mecanismo adaptativo [21] .....	22
Figura 2-2: Modelo adaptativo de conforto térmico (adaptado de [21]) .....	23
Figura 2-3: Técnica do decaimento: A) decaimento da concentração do gás traçador; B) gráfico do logaritmo da concentração em função do tempo (adaptado de [30]) .....	28
Figura 3-1: Localização dos edifícios selecionados para os casos de estudo .....	40
Figura 3-2: Imagens dos compartimentos do infantário 1 selecionados para estudo .....	42
Figura 3-3: Imagens dos compartimentos do infantário 2 selecionados para estudo .....	43
Figura 3-4: Imagens dos compartimentos do infantário 2 selecionados para estudo (continuação) .....	44
Figura 3-5: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 1 selecionados para estudo .....	45
Figura 3-6: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 1 selecionados para estudo (continuação) .....	46
Figura 3-7: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 2 selecionados para estudo .....	47
Figura 3-8: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 2 selecionados para estudo (continuação) .....	48
Figura 3-9: Ensaio <i>in situ</i> realizado com os equipamentos Telaire e Fluke, junto a um vão envidraçado.....	54
Figura III-1: Compartimentos do infantário 1, com as respectivas localizações dos equipamentos de medição.....	143
Figura III-2: Compartimentos do infantário 2, com as respectivas localizações dos equipamentos de medição.....	147
Figura III-3: Compartimentos do lar de idosos 1, com as respectivas localizações dos equipamentos de medição.....	150
Figura III-4: Compartimentos do lar de idosos 2, com as respectivas localizações dos equipamentos de medição.....	152



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2-1: Produção de vapor de água provocada pelos ocupantes de espaços interiores (adaptado de [11]).....	9
Quadro 2-2: Produção de CO <sub>2</sub> provocada pelos ocupantes de espaços interiores (adaptado de [11]).....	10
Quadro 2-3: COVs mais comuns e as principais fontes que os originam (adaptado de [12])..	10
Quadro 2-4: COVs mais comuns e as principais fontes que os originam (adaptado de [12]) - continuação.....	11
Quadro 2-5: Limiar de proteção e margem de tolerância para alguns dos poluentes existentes no ar interior (adaptado de [7]).....	13
Quadro 2-6: Limiares de proteção para edifícios existentes, edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação ou edifícios sujeitos a grandes intervenções (adaptado de [7]) .....	14
Quadro 2-7: Principais efeitos na saúde provocados pela exposição a diferentes substâncias poluentes (adaptado de [12, 14, 16 e 17]).....	15
Quadro 2-8: Diferentes tipos de odores como indicadores de problemas nos edifícios (adaptado de [12]).....	16
Quadro 2-9: Limites admissíveis dos parâmetros utilizados no modelo adaptativo por Matias (adaptado de [21]).....	24
Quadro 2-10: Valores mínimos de caudais de ar novo requeridos em função da carga poluente devida à ocupação (Método prescritivo, adaptado de [7]).....	29
Quadro 3-1: Parâmetros registados nos diversos compartimentos.....	50
Quadro 3-2: Períodos de registo dos diferentes parâmetros ambientais em estudo .....	51
Quadro 3-3: Equipamentos de medição utilizados nos casos de estudo.....	53
Quadro 4-1: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (11 a 15 de janeiro).....	59
Quadro 4-2: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (11 a 15 de janeiro) .....	61
Quadro 4-3: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (11 a 15 de janeiro).....	63
Quadro 4-4: Taxas de ventilação da sala 3 e 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental)...	66
Quadro 4-5: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (18 a 22 de janeiro).....	67

Quadro 4-6: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (18 a 22 de janeiro) .....	70
Quadro 4-7: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (18 a 22 de janeiro) .....	71
Quadro 4-8: Taxas de ventilação da sala 3 e 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) ..	75
Quadro 4-9: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (7 a 12 de dezembro) .....	76
Quadro 4-10: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (7 a 12 de dezembro) .....	77
Quadro 4-11: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (7 a 12 de dezembro) .....	77
Quadro 4-12: Taxas de ventilação do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) .....	80
Quadro 4-13: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (4 a 8 de janeiro).....	81
Quadro 4-14: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (4 a 8 de janeiro) .....	83
Quadro 4-15: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (4 a 8 de janeiro).....	84
Quadro 4-16: Taxas de ventilação das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) .....	87
Quadro 4-17: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (26 a 29 de abril) .....	88
Quadro 4-18: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (26 a 29 de abril) .....	89
Quadro 4-19: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (26 a 29 de abril) .....	90
Quadro 4-20: Taxas de ventilação das salas 3 e 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) .....	92
Quadro 4-21: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (2 a 6 de maio).....	93
Quadro 4-22: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (2 a 6 de maio).....	95
Quadro 4-23: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (2 a 6 de maio).....	96

Quadro 4-24: Taxas de ventilação da sala 1 e 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental).	98
Quadro 4-25: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (21 a 25 de março) .....	98
Quadro 4-26: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (21 a 25 de março).....	99
Quadro 4-27: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (21 a 25 de março) .....	100
Quadro 4-28: Taxas de ventilação do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental).....	103
Quadro 4-29: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (28 de março a 1 de abril) .....	104
Quadro 4-30: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (28 de março a 1 de abril).....	105
Quadro 4-31: Análise estatística dos poluentes (CO <sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (28 de março a 1 de abril) .....	106
Quadro 4-32: Taxas de ventilação das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental).....	115
Quadro II-1: Características gerais dos compartimentos selecionados do infantário 1.....	135
Quadro II-2: Características físicas dos compartimentos selecionados do infantário 1 .....	135
Quadro II-3: Características gerais dos compartimentos selecionados do infantário 2.....	136
Quadro II-4: Características físicas dos compartimentos do infantário 2 .....	137
Quadro II-5: Características gerais dos compartimentos selecionados do lar de idosos 1 .....	138
Quadro II-6: Características físicas dos compartimentos selecionados do lar de idosos 1 ....	138
Quadro II-7: Características gerais dos compartimentos selecionados do lar de idosos 2.....	139
Quadro II-8: Características físicas dos compartimentos selecionados do lar de idosos 2 ....	139



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1: Comparação dos resultados de CO <sub>2</sub> obtidos com o ensaio <i>in situ</i> , realizado com os equipamentos Telaire e Fluke, junto a um vão envidraçado.....	55
Gráfico 4-1: Registo da $T_{ar}$ nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental.....	61
Gráfico 4-2: Registo de CO <sub>2</sub> nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	63
Gráfico 4-3: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 4 do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .	64
Gráfico 4-4: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 1 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) .....	66
Gráfico 4-5: Registo da $T_{ar}$ nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental.....	68
Gráfico 4-6: Registo de CO <sub>2</sub> nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	72
Gráfico 4-7: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 4 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .	72
Gráfico 4-8: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) .....	74
Gráfico 4-9: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 3 e sala de convívio do lar de idosos 1 (1 <sup>a</sup> campanha experimental).....	79
Gráfico 4-10: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	81
Gráfico 4-11: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs no quarto 1 do lar de idosos 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	85
Gráfico 4-12: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala de convívio 2 do lar de idosos 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	85
Gráfico 4-13: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 e salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) .....	86
Gráfico 4-14: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 2 do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental	91
Gráfico 4-15: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 1 (2 <sup>a</sup> campanha experimental) .....	92
Gráfico 4-16: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 2 (2 <sup>a</sup> campanha experimental) .....	97
Gráfico 4-17: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quarto 3 e sala de convívio do lar de idosos 1 (2 <sup>a</sup> campanha experimental) .....	101
Gráfico 4-18: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1 .....	102

Gráfico 4-19: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1 .....	102
Gráfico 4-20: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1 .....	103
Gráfico 4-21: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs no quarto 1 do lar de idosos 2 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental.....	107
Gráfico 4-22: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala de convívio 2 do lar de idosos 2 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental.....	107
Gráfico 4-23: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 e salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (2 <sup>a</sup> campanha experimental).....	109
Gráfico 4-24: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2 .....	110
Gráfico 4-25: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2 .....	110
Gráfico 4-26: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2 .....	110
Gráfico 4-27: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2 .....	112
Gráfico 4-28: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2 .....	112
Gráfico 4-29: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2 .....	112
Gráfico 4-30: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2 .....	114
Gráfico 4-31: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2 .....	114
Gráfico 4-32: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2 .....	114
Gráfico V-1: Registo da $T_{ar}$ na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental.....	155
Gráfico V-2: Registo da $HR$ nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental ....	155
Gráfico V-3: Registo da $HR$ na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental.....	156

Gráfico V-4: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 1 do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	156
Gráfico V-5: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 2 do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	157
Gráfico V-6: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 3 do infantário 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	157
Gráfico V-7: Registo da $T_{ar}$ nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental.....	158
Gráfico V-8: Registo da $HR$ nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental.....	158
Gráfico V-9: Registo da $HR$ nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental.....	159
Gráfico V-10: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 1 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	159
Gráfico V-11: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 2 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	160
Gráfico V-12: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 3 do infantário 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	160
Gráfico V-13: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	161
Gráfico V-14: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	161
Gráfico V-15: Registo da $HR$ nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	162
Gráfico V-16: Registo da $HR$ nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	162
Gráfico V-17: Registo de CO <sub>2</sub> nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	163
Gráfico V-18: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs no quarto 1 do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	163
Gráfico V-19: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs no quarto 2 do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	164
Gráfico V-20: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs no quarto 3 do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	164
Gráfico V-21: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	165
Gráfico V-22: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	165

Gráfico V-23: Registo da <i>HR</i> nos quartos 1 e 2 e na sala de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental .....	166
Gráfico V-24: Registo da <i>HR</i> nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental.....	166
Gráfico V-25: Registo de CO <sub>2</sub> nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental .....	167
Gráfico V-26: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs no quarto 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental.....	167
Gráfico V-27: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala de convívio 1 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental.....	168
Gráfico VI-1: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) .....	169
Gráfico VI-2: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) .....	169
Gráfico VI-3: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 5 e refeitório do infantário 1 (1ª campanha experimental) .....	170
Gráfico VI-4: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 3 do infantário 2 (1ª campanha experimental) .....	170
Gráfico VI-5: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 4 do infantário 2 (1ª campanha experimental) .....	171
Gráfico VI-6: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 5 e 6 do infantário 2 (1ª campanha experimental).....	171
Gráfico VI-7: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 7 do infantário 2 (1ª campanha experimental) .....	171
Gráfico VI-8: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 8 do infantário 2 (1ª campanha experimental) .....	172
Gráfico VI-9: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) .....	172
Gráfico VI-10: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 4 e 7 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) .....	173
Gráfico VI-11: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 3 a 5 e sala de convívio 3 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) .....	173
Gráfico VII-1: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala 3 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental .....	175
Gráfico VII-2: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	175

Gráfico VII-3: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 2.....	176
Gráfico VII-4: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 3.....	176
Gráfico VII-5: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4.....	176
Gráfico VII-6: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 5.....	177
Gráfico VII-7: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala 4 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental .....	177
Gráfico VII-8: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 1.....	178
Gráfico VII-9: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 2.....	178
Gráfico VII-10: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 3.....	178
Gráfico VII-11: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4.....	179
Gráfico VII-12: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 5.....	179
Gráfico VII-13: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 6.....	179
Gráfico VII-14: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 7.....	180
Gráfico VII-15: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 8.....	180
Gráfico VII-16: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala 1 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental .....	181
Gráfico VII-17: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 1.....	181
Gráfico VII-18: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 2.....	182
Gráfico VII-19: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 3.....	182
Gráfico VII-20: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 4.....	182

Gráfico VII-21: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 5 .....	183
Gráfico VII-22: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 6 .....	183
Gráfico VII-23: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala 2 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental .....	184
Gráfico VII-24: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	184
Gráfico VII-25: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	185
Gráfico VII-26: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	185
Gráfico VII-27: Evolução de CO <sub>2</sub> registado no quarto 3 do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental .....	186
Gráfico VII-28: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	186
Gráfico VII-29: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	187
Gráfico VII-30: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	187
Gráfico VII-31: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	187
Gráfico VII-32: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 5 .....	188
Gráfico VII-33: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 6 .....	188
Gráfico VII-34: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala de convívio do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental.....	189
Gráfico VII-35: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	189
Gráfico VII-36: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	190
Gráfico VII-37: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	190
Gráfico VII-38: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	190

Gráfico VII-39: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala de convívio 1 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	191
Gráfico VII-40: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 1 .....	191
Gráfico VII-41: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 2 .....	192
Gráfico VII-42: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 3 .....	192
Gráfico VII-43: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 4 .....	192
Gráfico VII-44: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 5 .....	193
Gráfico VII-45: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala de convívio 2 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1 <sup>a</sup> campanha experimental .....	193
Gráfico VII-46: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 1 .....	194
Gráfico VII-47: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 2 .....	194
Gráfico VII-48: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 3 .....	194
Gráfico VII-49: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1 <sup>a</sup> campanha experimental) – gráfico 4 .....	195
Gráfico VIII-1: Registo da $T_{ar}$ nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental..	197
Gráfico VIII-2: Registo da $T_{ar}$ na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental .....	197
Gráfico VIII-3: Registo da $HR$ nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental.	198
Gráfico VIII-4: Registo da $HR$ na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental .....	198
Gráfico VIII-5: Registo de CO <sub>2</sub> nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental	199
Gráfico VIII-6: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 1 do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental .....	199
Gráfico VIII-7: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 3 do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental .....	200
Gráfico VIII-8: Registo de CO <sub>2</sub> e COVs na sala 4 do infantário 1 – 2 <sup>a</sup> campanha experimental .....	200

Gráfico VIII-9: Registo da $T_{ar}$ nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 2ª campanha experimental .	201
Gráfico VIII-10: Registo da $T_{ar}$ nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 2ª campanha experimental	201
Gráfico VIII-11: Registo da $HR$ nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 2ª campanha experimental .....	202
Gráfico VIII-12: Registo da $HR$ nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 2ª campanha experimental .....	202
Gráfico VIII-13: Registo de $CO_2$ nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 2ª campanha experimental .....	203
Gráfico VIII-14: Registo de $CO_2$ e $COVs$ na sala 1 do infantário 2 – 2ª campanha experimental.....	203
Gráfico VIII-15: Registo de $CO_2$ e $COVs$ na sala 2 do infantário 2 – 2ª campanha experimental.....	204
Gráfico VIII-16: Registo de $CO_2$ e $COVs$ na sala 3 do infantário 2 – 2ª campanha experimental.....	204
Gráfico VIII-17: Registo de $CO_2$ e $COVs$ na sala 4 do infantário 2 – 2ª campanha experimental.....	205
Gráfico VIII-18: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	205
Gráfico VIII-19: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	206
Gráfico VIII-20: Registo da $HR$ nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	206
Gráfico VIII-21: Registo da $HR$ nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	207
Gráfico VIII-22: Registo de $CO_2$ nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental .....	207
Gráfico VIII-23: Registo de $CO_2$ e $COVs$ no quarto 1 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	208
Gráfico VIII-24: Registo de $CO_2$ e $COVs$ no quarto 2 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	208
Gráfico VIII-25: Registo de $CO_2$ e $COVs$ no quarto 3 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	209
Gráfico VIII-26: Registo de $CO_2$ e $COVs$ na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental.....	209
Gráfico VIII-27: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental .....	210

Gráfico VIII-28: Registo da $T_{ar}$ nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental .....	210
Gráfico VIII-29: Registo da $HR$ nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental.....	211
Gráfico VIII-30: Registo da $HR$ nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental .....	211
Gráfico VIII-31: Registo de $CO_2$ nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental.....	212
Gráfico VIII-32: Registo de $CO_2$ e COVs no quarto 2 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental .....	212
Gráfico VIII-33: Registo de $CO_2$ e COVs na sala de convívio 1 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental .....	213
Gráfico IX-1: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 3 e 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) .....	215
Gráfico IX-2: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 5 do infantário 1 (2ª campanha experimental).....	215
Gráfico IX-3: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – refeitório do infantário 1 (2ª campanha experimental) .....	216
Gráfico IX-4: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 3 do infantário 2 (2ª campanha experimental).....	216
Gráfico IX-5: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 4 do infantário 2 (2ª campanha experimental).....	217
Gráfico IX-6: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 5 e 6 do infantário 2 (2ª campanha experimental) .....	217
Gráfico IX-7: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 7 e 8 do infantário 2 (2ª campanha experimental) .....	217
Gráfico IX-8: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental).....	218
Gráfico IX-9: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental).....	218
Gráfico IX-10: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 3 a 5 e sala de convívio 3 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental).....	219
Gráfico X-1: Evolução de $CO_2$ registado na sala 3 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental .....	221
Gráfico X-2: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1.....	221

Gráfico X-3: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	222
Gráfico X-4: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	222
Gráfico X-5: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	222
Gráfico X-6: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala 4 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental .....	223
Gráfico X-7: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	223
Gráfico X-8: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	224
Gráfico X-9: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	224
Gráfico X-10: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	224
Gráfico X-11: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 5 .....	225
Gráfico X-12: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala 1 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental .....	225
Gráfico X-13: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	226
Gráfico X-14: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	226
Gráfico X-15: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	226
Gráfico X-16: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	227
Gráfico X-17: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 5 .....	227
Gráfico X-18: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala 2 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental .....	228
Gráfico X-19: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	228
Gráfico X-20: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	229

Gráfico X-21: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 3.....	229
Gráfico X-22: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 4.....	229
Gráfico X-23: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 5.....	230
Gráfico X-24: Evolução de CO <sub>2</sub> registado no quarto 3 do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental.....	230
Gráfico X-25: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1.....	231
Gráfico X-26: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 2.....	231
Gráfico X-27: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 3.....	231
Gráfico X-28: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 4.....	232
Gráfico X-29: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 5.....	232
Gráfico X-30: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala de convívio do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental .....	233
Gráfico X-31: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	233
Gráfico X-32: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	234
Gráfico X-33: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	234
Gráfico X-34: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	234
Gráfico X-35: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala de convívio 1 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental .....	235
Gráfico X-36: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	235
Gráfico X-37: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	236
Gráfico X-38: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	236

Gráfico X-39: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	236
Gráfico X-40: Evolução de CO <sub>2</sub> registado na sala de convívio 2 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental.....	237
Gráfico X-41: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1 .....	237
Gráfico X-42: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 2 .....	238
Gráfico X-43: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 3 .....	238
Gráfico X-44: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 4 .....	238

## ABREVIATURAS E SIGLAS

AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis totais
E	este
ERPI	Estruturas Residenciais para Pessoas Idosas
ETICS	External Thermal Insulation Composite System
<i>HR</i>	Humidade Relativa
<i>HR<sub>ext.</sub></i>	Humidade Relativa exterior
IPSS	Instituições Privadas de Solidariedade Social
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
<i>MT</i>	Margem de Tolerância
N	norte
NE	nordeste
NO	noroeste
O	oeste
QAmbI	Qualidade do Ambiente Interior
QAI	Qualidade do Ar Interior
<i>R<sub>ph</sub></i>	Número de renovações horárias
RTES	Recomendações Técnicas para Equipamentos Sociais
S	sul
SE	sudeste
SO	sudoeste
<i>T<sub>ar</sub></i>	Temperatura do ar
<i>T<sub>ext.</sub></i>	Temperatura do ar exterior
<i>T<sub>mp</sub></i>	Temperatura média ponderada
<i>T<sub>op</sub></i>	Temperatura operativa
$\mu$	Média
$\sigma$	Desvio padrão
$\tau_n$	Constante de tempo nominal



# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento geral do tema

A elevada permanência da população em ambientes interiores tem conduzido a que a temática da Qualidade do Ambiente Interior (QAmbI) assuma cada vez mais um papel com especial importância.

A Qualidade do Ar Interior (QAI), o conforto higrotérmico e a ventilação apresentam-se como fatores chave para a obtenção de uma adequada qualidade do ambiente interior dos edifícios. Tratam-se de fatores que interferem fortemente na saúde, no conforto e na produtividade dos ocupantes, devendo o estudo dos mesmos ser encarado como prioritário para a adequada permanência das pessoas em espaços interiores por tempo prolongado.

A presença de pessoas por tempo prolongado em ambientes interiores origina a que as mesmas se encontrem mais expostas a poluentes e a condições desajustadas de conforto higrotérmico, pelo que o estudo da qualidade do ambiente interior assume um desafio bastante interessante e importante quando analisado, principalmente, em edifícios que englobam um tipo de população mais sensível e suscetível, como é o caso das crianças e dos idosos.

Na presente dissertação, a atenção direcionada para os edifícios dos infantários e dos lares de idosos justifica-se então pela presença de grupos etários considerados como grupos de risco, uma vez que apresentam sistemas imunitários mais débeis.

Focando a necessidade de garantir uma adequada QAmbI nos edifícios, surge associado um conjunto de exigências, nomeadamente a limitação das concentrações de poluentes para valores dentro dos limites regulamentares e a limitação dos parâmetros que influenciam as

condições de conforto higrotérmico para intervalos de valores de referência regulamentados e recomendados.

A ventilação intervém, por último, na garantia das condições exigenciais de conforto e de QAI dos edifícios, sendo necessário igualmente o cumprimento de valores mínimos regulamentares para a existência de renovações de ar aceitáveis nos espaços interiores considerados.

## 1.2 Objetivos e metodologia

A presente dissertação tem como objetivo a análise da QAmbI de diversos espaços interiores pertencentes a edifícios que albergam infantários e lares de idosos localizados na zona urbana da cidade de Viseu.

A referida análise da QAmbI é realizada com base no estudo da QAI, do conforto higrotérmico e da ventilação (através da determinação da taxa de renovação horária de alguns compartimentos).

Selecionados os compartimentos interiores para estudo, pertencentes a dois infantários e dois lares de idosos, a metodologia a aplicar passa pela programação de duas campanhas experimentais de medições contínuas para cada espaço interior. As duas campanhas a realizar têm como finalidade abranger diferentes estações do ano, nomeadamente final de outono / início de inverno e primavera, por forma a observar as principais diferenças registadas, quer ao nível dos parâmetros ambientais registados, como também na atitude e perceção dos utilizadores face a ambientes térmicos distintos.

Com a conclusão de cada período de medições e com o tratamento dos resultados obtidos para cada compartimento alvo de estudo, pretende-se:

- Analisar se os parâmetros ambientais registados se encontram ou não dentro dos valores limites de referência regulamentares / recomendados, permitindo deste modo perceber quais as condições de QAI e de conforto higrotérmico presentes nos espaços interiores;
- Avaliar o conforto térmico dos ocupantes através da aplicação do modelo de conforto adaptativo proposto pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC);
- Determinar as taxas de ventilação de alguns compartimentos estudados para comparação com os valores mínimos regulamentares que estabelecem os valores mínimos de renovações de ar aceitáveis para uma adequada QAI e conforto higrotérmico dos espaços interiores.

As taxas de renovação horária são determinadas através do método do gás traçador, recorrendo à técnica do decaimento. Uma vez que nos casos de estudo da dissertação existe uma prolongada permanência dos ocupantes nos espaços interiores, e dado que

não se pretende interferir com as rotinas diárias dos mesmos, as taxas de renovação horária serão determinadas utilizando como gás traçador o Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) produzido pelo metabolismo dos ocupantes.

Por último, por forma a avaliar as perceções térmicas de alguns dos ocupantes dos lares de idosos, proceder-se-á ainda à realização de inquéritos sobre conforto térmico, nos espaços interiores com maior ocupação, durante o decorrer da segunda campanha experimental de medições.

### **1.3 Organização da dissertação**

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos, sendo que:

- Dois dos capítulos (capítulo 1 e 2) apresentam-se com carácter mais teórico, em que é explorada grande parte da bibliografia pesquisada e são apresentados os aspetos mais relevantes da temática da QAmbI nos edifícios, com posterior interesse para o desenvolvimento dos restantes capítulos;
- Os restantes três capítulos (capítulo 3, 4 e 5) apresentam-se dedicados à apresentação e análise dos casos de estudo desenvolvidos.

Relativamente à organização estrutural individual dos capítulos que constituem a dissertação, refere-se que:

- No capítulo 1 pretende-se fazer o enquadramento geral do tema, expondo igualmente os principais objetivos e a metodologia adotada para o alcance do desenvolvimento do estudo;
- No capítulo 2 apresentam-se sintetizados os conceitos teóricos acerca da temática da QAmbI, abrangendo os temas que suportam o trabalho desenvolvido, nomeadamente: QAI, conforto higrotérmico e ventilação. Neste capítulo, encontram-se ainda mencionados alguns estudos realizados em Portugal, considerados como relevantes na avaliação da QAmbI de espaços interiores de edifícios que albergam infantários e lares de idosos;
- No capítulo 3 encontra-se exposta a apresentação e a caracterização dos casos de estudo. Encontra-se identificada alguma regulamentação técnica existente e aplicável aos casos de estudo e encontram-se ainda apresentadas as características dos diferentes casos de estudo selecionados. Por último, apresenta-se a metodologia e os equipamentos utilizados na realização do estudo proposto;
- No capítulo 4 é realizada a apresentação e a conseqüente análise crítica dos resultados dos parâmetros ambientais registados, com base na regulamentação e nas recomendações existentes. No presente capítulo, é igualmente realizado o estudo do conforto térmico dos ocupantes dos espaços interiores, através do modelo adaptativo

proposto pelo LNEC e ainda determinadas e avaliadas as taxas de ventilação de alguns espaços interiores dos casos de estudo selecionados;

- No capítulo 5 apresentam-se as conclusões gerais do trabalho desenvolvido e a apresentação de um conjunto de recomendações para a melhoria da QAmbI nos espaços estudados, terminando com sugestões para desenvolvimentos de trabalhos futuros nesta área de investigação.

## **2. Qualidade do ambiente interior dos edifícios**

### **2.1 Introdução**

Nos países desenvolvidos as pessoas passam mais de 90% do seu tempo em ambientes fechados. As condições do ambiente interior encontram-se fortemente relacionadas com a saúde, o bem-estar e o desempenho geral da população [1].

Com a elevada permanência da população no interior dos edifícios, a temática da QAmbI assume assim um papel com especial importância, existindo atualmente um conjunto de exigências funcionais que permitem o aumento do conforto dos ocupantes.

O conforto ambiental que um edifício pode proporcionar aos seus ocupantes depende de alguns fatores, sendo os mesmos, nomeadamente, os seguintes:

- QAI;
- Conforto térmico;
- Conforto acústico;
- Conforto visual.

Para além da necessidade de satisfação das exigências relativas ao conforto dos ocupantes, é necessário ainda ter especial atenção à saúde dos mesmos, uma vez que a inadequada QAI pode influenciar negativamente a qualidade de vida dos ocupantes dos edifícios, afetando o seu estado de saúde [2].

Apesar da QAmbI apresentar um papel importante em todo o tipo de edifícios, refere-se uma especial atenção para os edifícios dos infantários e lares de idosos, ambos abordados ao longo da dissertação. Os dois tipos de edifícios referidos apresentam-se como de especial relevância, uma vez que englobam um tipo de população mais sensível à ação da QAmbI.

A consideração dos grupos etários referidos como grupos de risco no que diz respeito à inadequação dos ambientes interiores, principalmente pela presença de poluentes no ar interior, deve-se essencialmente ao facto das crianças apresentarem um sistema imunitário em desenvolvimento e da população idosa apresentar reduzidas defesas imunológicas e múltiplas doenças crónicas subjacentes [3, 4].

Todos os edifícios devem ser portanto projetados, construídos e mantidos em funcionamento de modo a proporcionarem condições de conforto ambiental adequadas [5].

Para que seja possível a manutenção de um ambiente interior adequado à permanência dos ocupantes, com níveis de qualidade do ar e de conforto térmico aceitáveis, verifica-se necessário o cumprimento de níveis de referência de temperatura e de humidade relativa do ar ( $T_{ar}$  e  $HR$ ), o cumprimento de valores mínimos de renovações horárias e o cumprimento de valores máximos das concentrações de poluentes do ar interior, parâmetros presentes na regulamentação portuguesa, na área da térmica de edifícios e QAI, com exceção da  $HR$  que se encontra recomendada em normalização europeia. Os cumprimentos de níveis de referência e de valores limite conduzem ainda a que seja necessária uma cuidada análise das condições de ventilação do ar interior.

A ventilação do ar interior possui então um papel bastante importante, não só na QAI interior, uma vez que controla os níveis de poluentes através das renovações horárias, como também na conservação do edifício, impedindo muitas vezes o desenvolvimento de patologias relacionadas com a humidade, patologias estas que provocam degradações dos elementos construtivos dos edifícios e que propiciam a diminuição da QAmbI para os ocupantes. Nos edifícios, a utilização da ventilação deve ainda ser adequada para que não se verifique o desconforto térmico dos ocupantes e também para que não se registem consumos energéticos desadequados.

No âmbito da QAmbI, no presente capítulo serão apenas abordadas as áreas relativas à QAI, ao conforto térmico e à ventilação, dado que são as adotadas para os casos de estudo da dissertação.

## **2.2 Enquadramento regulamentar e normativo**

A legislação portuguesa em vigor para a QAmbI, compreende os seguintes documentos:

- O Decreto-Lei n.º 118/2013 [6], de 20 de agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e enquadra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). O referido Decreto-Lei [6] permitiu a junção num só diploma, de uma matéria anteriormente regulada por três diplomas distintos, facilitando deste modo a interpretação das especificidades regulamentares dos diferentes tipos de edifícios;
- A Portaria n.º 353-A/2013 [7] que define os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção, bem como os existentes e a respetiva metodologia de avaliação;
- A Portaria n.º 349-D/2013 [8] que define os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e da eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção, bem como os existentes. Da referida Portaria, é possível obter as condições interiores limites de referência para o ambiente interior.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 [6], de 20 de agosto, considera com relevância a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e ainda os limiares de proteção para as concentrações dos poluentes do ar interior, por forma a salvaguardar os mesmos níveis de proteção de saúde e bem-estar dos ocupantes dos edifícios. De acordo com o mesmo Decreto-Lei, é ainda mencionada a eliminação das auditorias de QAI, mantendo-se no entanto, a necessidade de se proceder ao controlo das fontes de poluição e à adoção de medidas preventivas, quer ao nível da conceção dos edifícios, como do seu funcionamento, de forma a cumprir então os requisitos legais para a redução de possíveis riscos para a saúde pública.

No enquadramento normativo, verifica-se, por último, necessário a referência ao relatório técnico europeu CEN/TR 14788 [9], onde constam definidos os valores limites de referência recomendados para a humidade relativa em espaços interiores.

### **2.3 Qualidade do ar interior**

A QAI apresenta um papel fundamental na QAmbI dos edifícios, interferindo na saúde, conforto e produtividade dos ocupantes.

Os requisitos quanto à QAI estão relacionados com o facto de que deve ser baixo o risco para a saúde dos ocupantes respirarem o ar do compartimento e de que o ar deve ser sentido fresco e agradável [10].

O ambiente interior dos edifícios é contaminado por substâncias que resultam da utilização corrente desses espaços ou que são emanadas pelos materiais que integram os edifícios. As substâncias produzidas, dependendo das suas características e da sua concentração, podem ter efeitos sobre o bem-estar dos ocupantes, que podem ir desde a sensação ligeira de mal-estar até, no limite, serem causadores de doenças graves [11].

Por forma a garantir uma qualidade do ar aceitável no interior dos edifícios, surge a necessidade de limitação dos valores dos poluentes, evitando deste modo que os mesmos possam atingir concentrações que coloquem em risco a saúde dos ocupantes (critério de saúde) e que originem por consequência ambientes desagradáveis (critério sensorial). Para que seja possível a manutenção de um ambiente interior apropriado, verifica-se fundamental a adoção de processos de ventilação nos compartimentos dos edifícios, para que deste modo se proceda a uma adequada evacuação das substâncias poluentes.

Por último, é importante ainda referir que o tempo que as populações passam no interior dos edifícios é muito significativo, nomeadamente em ambientes interiores especiais como as habitações, infantários e lares de idosos. Deste modo, para além dos efeitos na população em geral, a poluição do ar interior, afeta grupos que são particularmente vulneráveis, devido ao estado de saúde e/ou idade [12].

### **2.3.1 Principais poluentes e respetivas fontes de poluição**

No ambiente interior dos edifícios existem diversos tipos de substâncias poluentes com diferentes fontes de poluição associadas. As substâncias poluentes podem ter origem no interior ou no exterior dos edifícios, e podem ainda ser produzidas e libertadas pelos ocupantes, pelos materiais de construção, pelos equipamentos dos edifícios ou ainda por outras fontes.

Abordando primeiramente os poluentes cuja origem incide na atividade humana, as substâncias mais importantes, no âmbito da presente dissertação, encontram-se seguidamente apresentadas:

#### **Vapor de Água (H<sub>2</sub>O) / Humidade relativa (HR):**

O vapor de água é um constituinte do ar cuja proporção é variável. No que respeita ao ar interior, a concentração de vapor de água existente no ar depende sobretudo do metabolismo das pessoas, bem como das atividades distintas realizadas no respetivo espaço.

Embora se trate de um poluente inofensivo para os ocupantes, em valores elevados o mesmo pode originar desconforto e pode originar ainda condensações que permitam o desenvolvimento de fungos ou de bolores nos espaços interiores. Quando são elevados os valores de vapor de água em espaços interiores, existe uma acrescida probabilidade de uma redução acentuada da qualidade de vida dos ocupantes [11].

No Quadro 2-1 encontra-se indicada a produção de vapor de água provocada pelos ocupantes de espaços interiores, em função do nível de atividade.

Quadro 2-1: Produção de vapor de água provocada pelos ocupantes de espaços interiores (adaptado de [11])

<b>Atividade</b>	<b>Vapor de água [g/h.ocupante]</b>
Repouso	40
Trabalho leve	50
Trabalho moderado	50
Infantário (crianças dos 3 aos 6 anos)	90

A *HR* do ar interior, definida como a relação existente entre a pressão parcial do vapor de água e a pressão de saturação, a uma dada temperatura e pressão, pode interferir então, direta ou indiretamente, com a atividade dos ocupantes. Valores extremos de *HR* (muito elevados ou muito reduzidos) originam diferentes tipos de desconforto nos ocupantes dos espaços interiores, contribuindo ainda para o aparecimento e desenvolvimento de diversos problemas de saúde. Deste modo, é importante estabelecer limites de referência da *HR*, para os quais é admitida uma qualidade do ar interior aceitável para os ocupantes.

### **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>):**

O CO<sub>2</sub> caracteriza-se como um gás incolor, inodoro e não tóxico que é produzido essencialmente, no interior dos edifícios, através do metabolismo humano. Encontram-se ainda associadas outras fontes comuns, como é o caso dos processos de combustão (fogões, esquentadores, caldeiras e lareiras) e ainda o fumo do tabaco.

Ao longo do dia, os níveis de CO<sub>2</sub> nos espaços interiores não são constantes, variando com a taxa de ocupação [12]. Existe deste modo, uma necessidade de atenção para os espaços interiores onde se verifiquem taxas de ocupação elevadas, uma vez que nestes espaços os níveis de CO<sub>2</sub> podem acarretar consequências negativas para a qualidade de vida dos ocupantes.

No Quadro 2-2 encontra-se indicada a produção de CO<sub>2</sub> provocada pelos ocupantes de espaços interiores, em função do nível de atividade.

Quadro 2-2: Produção de CO<sub>2</sub> provocada pelos ocupantes de espaços interiores (adaptado de [11])

<b>Atividade</b>	<b>Dióxido de carbono [l/h.ocupante]</b>
Repouso	14,4
Trabalho leve	23,0 a 46,1
Trabalho moderado	46,1 a 69,1
Infantário (crianças dos 3 aos 6 anos)	18

### **Odores:**

Os odores resultam sobretudo de bio efluentes humanos (por exemplo CO<sub>2</sub>) e das atividades associadas à ocupação dos espaços interiores (ex.: preparação de alimentos e utilização de instalações sanitárias) [12]. O odor corporal é emitido pelo suor e por secreções sebáceas através da pele e do sistema digestivo. Apesar da sensibilidade aos odores ser desagradável, os mesmos não afetam por norma, diretamente, a saúde dos ocupantes dos espaços interiores.

Para além dos poluentes de origem na atividade humana, seguem-se os poluentes cuja origem incide nos materiais de construção. Dos referidos poluentes, o que possui interesse, no âmbito da presente dissertação, encontra-se de seguida apresentado.

### **Compostos Orgânicos Voláteis (COVs):**

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são compostos químicos de carbono, com um ponto de ebulição, à pressão normal, suficientemente baixo para que a sua vaporização à temperatura ambiente ocorra rapidamente. Este tipo de poluente, quando presente na atmosfera, pode contribuir para a formação de ozono troposférico (ozono prejudicial) e para a destruição da camada de ozono estratosférico (ozono benéfico).

Existem provavelmente vários milhares de químicos que podem ser designados de COVs [12]. No Quadro 2-3 e no Quadro 2-4 encontram-se apresentados alguns dos COVs mais comuns, bem como as principais fontes que os originam.

Quadro 2-3: COVs mais comuns e as principais fontes que os originam (adaptado de [12])

<b>Substâncias</b>	<b>Fontes</b>
Acetona	Tintas, revestimentos, acabamentos, solvente de tintas, diluidor, calafetagem

Quadro 2-4: COVs mais comuns e as principais fontes que os originam (adaptado de [12]) - continuação

<b>Substâncias</b>	<b>Fontes</b>
Hidrocarbonetos alifáticos (octano, decano, hexano, i-decano, misturas, etc.)	Tintas, adesivos, gasolina, fontes de combustão, fotocopiadoras, carpetes, linóleo, componentes de calafetagem
Hidrocarbonetos aromáticos (tolueno, xileno, etilbenzeno, benzeno)	Fontes de combustão, tintas, adesivos, gasolina, linóleo, revestimento da parede
Solventes clorados	Artigos de limpeza ou de proteção de tapeçarias e carpetes, tintas, solvente de tintas, solventes, roupas limpas a seco
Acetato de n-butil	Telha acústica do teto, linóleo, compostos de calafetagem
Diclorobenzeno	Carpetes, cristais de naftalina
4-fenil ciclohexano (4-PC)	Carpetes, tintas
Terpenos (limoneno, $\alpha$ -pineno)	Desodorizantes, agentes de limpeza, polidores, tecido/decoração, cigarros

A medição e a identificação individual dos COVs traduz-se, no entanto, em ações dispendiosas e morosas, uma vez que em concentrações muito baixas são difíceis de identificar ou de medir. Para lidar com esta dificuldade, surgiu então o conceito de COVs totais para lidar com a situação descrita. As medições de COVs totais registam o total de COVs presentes no ambiente, sem distinguir os diferentes compostos químicos [12]. O número total de compostos químicos é variável em função do aparelho (segundo o site do fabricante do aparelho usado, neste caso podem ser cerca de 400).

Devido à volatilidade destes compostos, as moléculas de COVs, que fazem parte da composição de inúmeros materiais presentes no interior dos edifícios, vão sendo libertadas para o ar interior ao longo do tempo, contribuindo deste modo para uma má QAI.

Por último, é importante mencionar que genericamente nos materiais de construção recentes, a quantidade de COVs presentes nos mesmos é maior, o que origina uma emissão de poluente mais intensa no período inicial, após colocação do material, diminuindo ao longo do tempo. No entanto, existe uma tendência comercial e técnica para diminuir os teores de COVs libertados pelos materiais mais inovadores, com destaque para as tintas. Por outro lado, no caso de materiais, como o mobiliário, os têxteis e os revestimentos dos pisos, a emissão de COVs é inicialmente menos intensa, mantendo-se no entanto durante um maior período de tempo [13].

Finalizando, apresenta-se o poluente cuja origem incide noutras fontes de poluição diferentes das abordadas anteriormente.

### **Microrganismos:**

Os microrganismos existentes no ar interior possuem como principais fontes de poluição os fungos, os ácaros, os microrganismos provenientes de animais de estimação e as bactérias.

A maior parte dos fungos desenvolve-se a temperaturas entre 10 e 35°C, sendo o teor de água dos materiais onde se depositam de essencial importância. A maior parte dos fungos que se verificam responsáveis pelos problemas originados no interior dos edifícios pertence a um grupo que se designa por bolor. A água que favorece o seu desenvolvimento, por norma, provém da condensação superficial ou intersticial [14].

As bactérias apresentam, por sua vez, uma maior simplicidade relativamente aos fungos, requerendo mais água para crescer. O crescimento de populações de bactérias ocorre frequentemente em líquidos ou ainda periodicamente em superfícies húmidas. Em elevadas concentrações, o crescimento de populações de bactérias encontra-se associado a medidas inadequadas de manutenção de locais onde a água é retida (ex.: sistemas fechados de água quente ou fria e reservatórios de água) [14].

Uma das bactérias existentes com maior grau de perigosidade num ambiente interior é a que se designa de Legionella. Constituindo um elevado fator de risco para a QAI, a presença da bactéria Legionella, uma vez que é dispersada no ar através de aerossóis, pode ser agravada em zonas específicas, como é o caso das torres de arrefecimento e dos sistemas de água quente.

O favorecimento da proliferação de microrganismos no ar interior pode ocorrer pela existência de diversos fatores, nomeadamente pelos níveis de humidade elevados, pelas ventilações reduzidas, pela disponibilidade de nutrientes, pelas temperaturas adequadas ao seu desenvolvimento e ainda pela existência de fontes de contaminação interiores (sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado - AVAC, que incluam condensação de água ou que possuam água no seu processo de funcionamento, materiais de construção e de decoração, infiltrações de água, ocupantes do espaço interior) e exteriores (tomadas de ar) [12].

### **2.3.2 Concentrações máximas dos poluentes interiores**

Para Portugal, os valores das concentrações máximas e de referência dos poluentes interiores encontram-se definidos na Portaria n.º 353-A/2013 [7].

A referida Portaria não apresenta, no entanto, valores relativos aos limites de referência da HR. De acordo com o especificado no relatório técnico europeu CEN/TR 14788 [9], os

valores limites de referência recomendados para a humidade relativa em espaços interiores, são 30 e 70%.

Os valores do limiar de proteção de alguns poluentes, regulamentados pela Portaria n.º 353-A/2013 [7], são os apresentados no Quadro 2-5. Encontram-se ainda apresentadas as margens de tolerância, quando as mesmas existem.

Quadro 2-5: Limiar de proteção e margem de tolerância para alguns dos poluentes existentes no ar interior (adaptado de [7])

Poluentes	Unidades	Limiar de proteção	Margem de tolerância (MT) [%]
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs)	µg/m <sup>3</sup>	600	100
	ppmv	0,26 <sup>a</sup>	
	ppmv	0,08	
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	2250	30
	ppmv	1250	
a - Valor obtido para a massa do isobutileno, consultado na nota técnica NT-SCE-02, 2009 [15].			

Os limiares de proteção para os diversos poluentes apresentados no Quadro 2-5, são conjugados com os seguintes princípios [7]:

- Os limiares de proteção indicados dizem respeito a uma média de 8 horas;
- As margens de tolerância previstas são aplicáveis a edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação;
- A conformidade legal dos resultados das medições dos poluentes que se encontram presentes no Quadro 2-5, deve ainda ser verificada de acordo com os seguintes critérios gerais:

$$[Poluente]_{Max} \leq [Poluente]_{LP} \quad (2-1)$$

Em que:

$[Poluente]_{LP}$  – corresponde ao limiar de proteção do poluente;

$[Poluente]_{Max}$  – corresponde ao valor máximo das concentrações médias  $[Poluente]_{Med}$  obtidas em todos os pontos de amostragem;

$[Poluente]_{Med}$  – corresponde à concentração média do poluente em cada ponto de amostragem correspondendo à média temporal dos valores de concentração medidos no ponto de amostragem.

No caso de se tratar de edifícios existentes, de edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação ou ainda de edifícios sujeitos a grandes intervenções, pode ser

considerada uma margem de tolerância (*MT*), sendo o critério de conformidade verificado quando:

$$[Poluente]_{Max} \leq [Poluente]_{LP} \times (1 + MT) \quad (2-2)$$

Em que *MT* é expressa como a percentagem estabelecida para cada poluente, conforme o apresentado no Quadro 2-5.

Para edifícios existentes, edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação ou ainda edifícios sujeitos a grandes intervenções, os limiares de proteção são os apresentados no Quadro 2-6.

Quadro 2-6: Limiares de proteção para edifícios existentes, edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação ou edifícios sujeitos a grandes intervenções (adaptado de [7])

Poluentes	Unidades	Limiar de proteção	Margem de tolerância ( <i>MT</i> ) [%]	Limiar de proteção final <sup>b</sup>
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs)	µg/m <sup>3</sup>	600	100	1200
	ppmv	0,26 <sup>a</sup>		0,52
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	2250	30	2925
	ppmv	1250		1625

a – Valor obtido para a massa do isobutileno, consultado na nota técnica NT-SCE-02, 2009 [15].  
 b – Limiar de proteção para edifícios existentes, edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação e edifícios sujeitos a grandes intervenções. Para os diversos poluentes:  
 - No caso de existir *MT*: Limiar de proteção final = Limiar de proteção × (1 + (*MT* / 100));  
 - No caso de não existir *MT*: Limiar de proteção final = Limiar de proteção.

### 2.3.3 Impacte da qualidade do ar interior na saúde dos ocupantes

Na sociedade atual, existem inúmeros problemas de saúde identificados e associados a uma inadequada QAI.

O risco para a saúde dos ocupantes dos espaços interiores encontra-se relacionado com os efeitos nocivos da inalação ou do contacto com substâncias poluentes, cujas concentrações se encontram desajustadas dos limites recomendados / regulamentares. Os principais efeitos na saúde encontram-se apresentados no Quadro 2-7.

Quadro 2-7: Principais efeitos na saúde provocados pela exposição a diferentes substâncias poluentes (adaptado de [12, 14, 16 e 17])

Substâncias poluentes	Principais efeitos na saúde
Vapor de água (H <sub>2</sub> O) / Humidade relativa (HR)	<p>Para baixos valores de <i>HR</i> (inferiores ao limite recomendado): sensações de secura; irritação na pele; infeções das vias respiratórias; desconforto por eletricidade estática.</p> <p>Para elevados valores de <i>HR</i> (superiores ao limite recomendado): inibição da transpiração através da pele; desenvolvimento de bolores e ácaros causadores de alergias, irritações e em casos mais graves asma.</p>
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Distúrbios nas vias respiratória; dores de cabeça; cansaço; náuseas; dificuldade de concentração.
Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)	Irritações nos olhos, no nariz e na garganta; dores de cabeça; fadiga; redução da função pulmonar; asma; arritmias cardíacas; afetações ao nível do fígado; aumento do risco de desenvolvimento de cancros, como por exemplo leucemia.
Microrganismos	Irritações nos olhos; no nariz e na pele; reações alérgicas, como a asma e a rinite (inflamação da mucosa do nariz); infeções, como pneumonias, tuberculose, doença do legionário ( <i>legionella</i> ); reações tóxicas (microtoxinas).

No ambiente interior dos edifícios existem indicadores gerais que permitem a chamada de atenção para a existência de possíveis problemas relacionados com a qualidade do ar. Os indicadores existentes dizem respeito a [12]:

- Odores;
- Sobrelotação;
- Falta de condições sanitárias;
- Existência de pó ou partículas;
- Problemas de humidade e crescimento visível de fungos;
- Presença de substâncias químicas.

No Quadro 2-8 apresentam-se diferentes tipos de odores, indicadores de diversos problemas nos edifícios, com as respetivas queixas de saúde relacionadas.

Quadro 2-8: Diferentes tipos de odores como indicadores de problemas nos edifícios (adaptado de [12])

Descrição	Problema	Queixas relacionadas
Odores corporais	Sobrelotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de CO <sub>2</sub> )	Dores de cabeça; cansaço e abafamento
Cheiro a mofo	Material microbiano	Sintomas de alergia
Cheiro a químicos	Formaldeído, pesticidas e outros químicos	Irritação dos olhos, do nariz e da garganta
Cheiro a solventes, perfumes e outros odores	Compostos orgânicos voláteis (COVs)	Odores; sintomas de alergia; vertigens e dores de cabeça

Os poluentes que originam uma má qualidade do ar interior e que provocam inúmeros efeitos na saúde, afetam, de uma forma geral, toda a população. Contudo, os poluentes afetam com maior gravidade os seguintes grupos de pessoas, considerados como grupos de risco (adaptado de [12]):

- Pessoas com alergias e/ou asma;
- Pessoas com doenças respiratórias;
- Pessoas com sistema imunitário debilitado, em consequência de doença ou tratamento médico;
- Crianças e pessoas idosas.

### 2.3.4 Estratégias para a melhoria da qualidade do ar interior

Para que seja possível manter um ambiente adequado à permanência dos ocupantes, é necessário proceder à evacuação das substâncias poluentes, intensificando, quando necessário, o arrefecimento dos espaços [11].

Com intuito de melhorar a QAmbI dos edifícios, reduzindo as concentrações interiores dos poluentes, existem três estratégias possíveis de adotar, sendo as mesmas:

- O controlo na fonte;
- O controlo por diluição;
- O controlo por remoção.

O controlo na fonte consiste na estratégia de atuação sobre a fonte emissora de poluição interior, reduzindo-a ou até mesmo eliminando-a. A fonte emissora de poluição pode ser, por exemplo, um material de construção com elevadas emissões; um sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) em más condições; a existência de atividades poluidoras, como por exemplo, fumar e utilizar fotocopiadoras em espaços mal ventilados [18].

A estratégia de controlo na fonte permite então evitar a emissão de poluentes ou ainda confinar a fonte de poluição do ar interior antes que a mesma atinja todo o espaço. Para tal, existem diversos procedimentos que permitem um adequado controlo na fonte, salientando-se:

- Na fase de projeto, a seleção de materiais de construção e de decoração apropriados (com reduzidas emissões de poluentes);
- Na fase de projeto, a aprovação de sistemas de ventilação, com respetivas manutenções, adequados ao uso do edifício;
- A substituição de equipamentos que se encontrem em más condições e que por conseguinte sejam grandes emissores de poluentes interiores;
- A especialização de espaços para a realização de determinadas atividades, como por exemplo fumar ou fotocopiar;
- A escolha de produtos de limpeza adequados, evitando a utilização de produtos que contribuam para a poluição do ar interior.

O controlo por diluição consiste, por sua vez, na introdução de ar novo do exterior ou no aumento da eficiência da ventilação do edifício ou andar/espaço onde se verifiquem problemas associados. Com esta estratégia de controlo, é possibilitada a diminuição dos valores de concentração dos poluentes interiores, com o inconveniente de serem aumentados os gastos energéticos dos edifícios, o que nos dias de hoje se traduz numa problemática bastante relevante [18].

Por último, o controlo por remoção consiste na utilização de adsorventes que fixem os poluentes, retirando-os do ar, como é o caso dos desumidificadores. É ainda também o caso dos filtros dos próprios sistemas de ventilação que podem purificar o ar interior, caso o mesmo provenha de ar exterior poluído [18].

Para as estratégias de controlo dos poluentes interiores por diluição e por remoção, a utilização intensa de sistemas de ventilação pode, em muitos casos, significar um elevado aumento do consumo de energia. Por outro lado, a estratégia de controlo na fonte não envolve na maior parte das vezes, gastos energéticos tão significativos.

As medidas respeitantes ao controlo na fonte, quando tomadas de forma atempada e integrada, apresentam-se como as que são economicamente mais favoráveis [18].

## 2.4 Conforto térmico

Para além da QAI, o conforto térmico também é um fator chave que pode afetar o conforto, a saúde e o desempenho dos ocupantes dos edifícios.

Embora o ambiente térmico de espaços interiores não origine, por norma, graves efeitos na saúde, o mesmo produz um impacto significativo sobre o bem-estar geral e o desempenho diário dos ocupantes dos edifícios. A existência de ambientes térmicos desadequados podem ainda agravar o impacto que os poluentes do ar interior exercem na saúde dos ocupantes [4].

O conforto térmico define-se como “*o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico*” [19]. Pela definição apresentada, é possível perceber que a satisfação relativa ao ambiente térmico depende não só de um conjunto de fatores físicos que determinam as trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente, mas também de fatores subjetivos (ex.: estado mental, hábitos, educação e cultura dos ocupantes).

Uma vez que as condições de conforto térmico variam de pessoa para pessoa consoante os diferentes fatores pessoais individuais associados, torna-se difícil satisfazer todos os ocupantes do mesmo espaço interior quando sujeitos às mesmas condições ambientais. No entanto, dada a necessidade de se assegurar um adequado ambiente interior, todos os edifícios têm de oferecer condições para que os ocupantes se sintam, na sua maioria, confortáveis.

### 2.4.1 Conceito de equilíbrio térmico

Sob o ponto de vista das condições de conforto e de bem-estar dos ocupantes, uma das principais exigências consiste em manter o equilíbrio térmico entre o corpo humano e o meio ambiente, o que implica conservar a temperatura interior do corpo à temperatura aproximada de  $37 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ , independentemente das variações das condições ambientais.

O equilíbrio térmico traduz uma condição necessária, mas não suficiente para se atingir o conforto térmico, uma vez que se pode atingir o equilíbrio térmico sob condições de desconforto, graças aos mecanismos de termorregulação do corpo humano [20 e 21].

Os principais mecanismos de termorregulação do organismo são caracterizados pela regulação cardiovascular; pelo metabolismo e pela transpiração. Todos os mecanismos referidos possuem como principal função a manutenção de uma temperatura interna constante, o que exige um equilíbrio entre o calor gerado no corpo e a sua transmissão ao meio ambiente.

Do ponto de vista fisiológico, pode dizer-se que existe conforto térmico quando “*as condições sob as quais os mecanismos termorreguladores do corpo humano se encontram num estado de atividade mínima*” [20].

Sempre que as condições ambientes e individuais conduzam a um estado de equilíbrio térmico, sem que os processos fisiológicos de termorregulação sejam colocados em

funcionamento, pode dizer-se que existe uma situação de neutralidade térmica, no qual um indivíduo não sente calor nem frio [21].

### **2.4.2 Fatores que influenciam o conforto térmico**

As sensações de conforto térmico que os ocupantes dos edifícios apresentam em relação ao ambiente interior envolvente dependem de diferentes fatores, tais como:

- Fatores ambientais;
- Fatores individuais;
- Fatores subjetivos.

#### **Fatores ambientais**

Os fatores ambientais frequentemente mais utilizados no estudo do conforto térmico dos ocupantes dos edifícios são:

- A temperatura do ar,  $T_{ar}$  [°C];
- A temperatura média radiante,  $T_{mr}$  [°C];
- A velocidade do ar,  $v_{ar}$  [m/s];
- A humidade relativa do ar,  $HR$  [%].

#### **Fatores individuais**

Os fatores individuais que interferem no conforto térmico dos ocupantes dos edifícios são:

- A atividade metabólica,  $M$  [met];
- A resistência térmica do vestuário,  $I_{cl}$  [clo].

#### **Fatores subjetivos**

Para além dos fatores ambientais e individuais (ambos fatores físicos) que determinam o balanço energético do organismo humano, a perceção do conforto térmico por parte dos ocupantes dos edifícios depende também de fatores subjetivos. Exemplo desses fatores subjetivos são os fatores de carácter sociocultural e psicológico, os quais originam, de pessoa para pessoa, diferentes perceções e diferentes respostas a estímulos sensoriais.

As diferentes experiências térmicas, os hábitos, a educação, a cultura, o estado mental, bem como a expectativa que as pessoas têm relativamente ao espaço que ocupam, são exemplos de fatores que influenciam a perceção do conforto térmico por parte dos ocupantes dos edifícios. As diversas perceções de conforto térmico por parte dos ocupantes levam ainda à

consideração de diferentes formas de adaptação às condições ambientais, sendo as mesmas [22 e 23]:

- Adaptação física ou comportamental;
- Adaptação fisiológica;
- Adaptação psicológica.

A adaptação física envolve todas as ações que as pessoas podem realizar por forma a manter o conforto térmico, como por exemplo:

- Alteração do vestuário;
- Consumo de bebidas quentes ou frias;
- Abertura ou fecho de janelas e portas;
- Ativação ou desativação dos dispositivos de sombreamento;
- Ativação ou desativação dos sistemas de climatização.

A adaptação fisiológica envolve por sua vez, as alterações nos mecanismos termorreguladores de uma pessoa, durante um período de tempo, de modo a que o organismo se adapte às condições ambientais.

Por último, a adaptação psicológica envolve qualquer alteração da percepção/expetativa desenvolvida por parte de uma pessoa face ao ambiente térmico. A percepção e a expetativa demonstrada perante um determinado ambiente térmico é condicionada pelas diferentes características que cada pessoa detém, nomeadamente: experiência térmica, hábitos, educação, cultura e estado mental.

A percepção apresenta um papel importante na vida diária do indivíduo, pois é através dela que o indivíduo atribui significados às coisas, às ações e aos feitos [24].

Através de ajustes comportamentais, um indivíduo tem possibilidade de regular o seu balanço térmico com o ambiente envolvente, garantindo, para si um papel mais ativo na obtenção de condições de conforto térmico [21].

### **2.4.3 Níveis de conforto recomendados/regulamentados**

Uma vez que os fatores ambientais que serão abordados no capítulo dos casos de estudo são a temperatura e a humidade relativa, apenas será apresentada a referência dos níveis de conforto recomendados/regulamentados para as mesmas.

Relativamente à temperatura, os níveis de conforto térmico regulamentados para Portugal encontram-se definidos na Portaria n.º 349-D/2013 [8]. Após a análise da referida Portaria, verifica-se que os níveis interiores que devem ser considerados para as estações de verão/inverno, encontram-se compreendidos, respetivamente, entre 20 e 25°C, inclusive.

Na Portaria n.º 349-D/2013 [8] não consta, porém, qualquer referência relativa aos níveis de conforto estabelecidos para a humidade relativa. Como referido no ponto 2.3.2 da presente dissertação, para este fator ambiental, existem definidos valores limites de referência recomendados no relatório técnico CEN/TR 14788 [9], sendo os mesmos 30 e 70%.

### **2.4.4 Modelos de avaliação do conforto térmico**

Conforme referido anteriormente no ponto 2.4.2, o conforto térmico que os ocupantes dos edifícios apresentam face ao ambiente interior envolvente depende de diversos fatores.

A diversidade de fatores que influenciam o conforto térmico tornam-no de complexa análise, pelo que surgiu ao longo dos tempos a necessidade de desenvolvimento de modelos de avaliação. Com os diversos estudos já efetuados, é frequente a aplicação de dois tipos de modelos distintos na avaliação do conforto térmico, sendo os mesmos [21 e 23]:

- Modelos analíticos;
- Modelos adaptativos.

Os modelos analíticos correspondem a uma abordagem baseada em resultados experimentais obtidos através de estudos realizados em câmaras climáticas com condições ambientais controladas, nos quais foram apenas considerados os fatores ambientais (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e humidade relativa do ar) e individuais (atividade metabólica e resistência térmica do vestuário).

A avaliação do conforto térmico pelo método analítico é atualmente realizada através da norma ISO 7730 [19], a qual apresenta métodos de previsão da sensação térmica e do grau de desconforto de pessoas expostas a ambientes térmicos moderados.

Por outro lado, em alternativa ao modelo analítico, existem modelos adaptativos cujo desenvolvimento se baseia em estudos de campo com condições reais não controladas, nos quais são registadas as condições ambientais (obtidas por medições) e as votações de perceção térmica inquiridas aos utentes do espaço em estudo [21].

Na formulação dos modelos adaptativos, é considerado, portanto, que a obtenção das condições de conforto térmico resulta de um processo dinâmico, no qual o utilizador mantém uma interação física e psicológica com o ambiente, sendo imprescindível considerar a sua capacidade e necessidade de se adaptar, quer através da interação com o edifício e os seus sistemas, quer devido aos seus hábitos sociais e culturais [21].

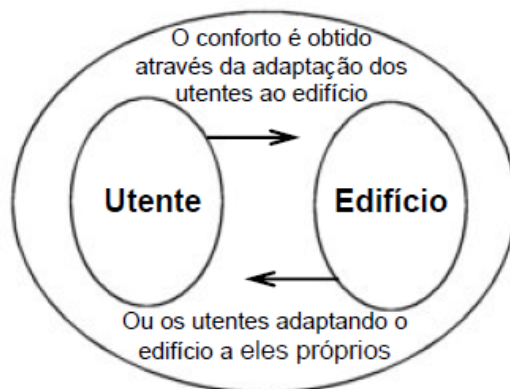


Figura 2-1: Esquema do mecanismo adaptativo [21]

Exemplos de modelos adaptativos existentes para a avaliação das condições de conforto térmico são os que se encontram presentes nas normas ASHRAE 55 [25] e EN 15251 [26]. Existe no entanto ainda um outro modelo adaptativo desenvolvido no âmbito de um projeto de investigação do LNEC, no qual é proposto um modelo de conforto adaptativo a aplicar a edifícios em Portugal [21].

Na presente dissertação apenas se aplicará aos casos de estudo o modelo de conforto adaptativo do LNEC. Deste modo, segue-se uma abordagem teórica do referido modelo de avaliação.

No âmbito do projeto do LNEC, Matias [21] propõe um novo modelo adaptativo a aplicar a edifícios em Portugal, baseado num estudo que englobou 290 levantamentos (estudos de campo) das condições térmicas em diversos edifícios de escritórios, de ensino superior, de habitações e de lares de idosos. No referido estudo [21], encontram-se definidas duas temperaturas operativas de conforto,  $T_{conf}$ , uma a ser aplicada em ambientes climatizados e outra a ser aplicada em ambientes não climatizados, em função da temperatura exterior média exponencialmente ponderada,  $T_{mp}$ , sendo as mesmas:

- Para sistemas de climatização ativos:

$$T_{conf} = 0,30 \times T_{mp} + 17,9 \quad (2-3)$$

- Para sistemas de climatização inativos:

$$T_{conf} = 0,43 \times T_{mp} + 15,6 \quad (2-4)$$

Em que:

$T_{conf}$  – Temperatura operativa de conforto [°C];

$T_{mp}$  – Temperatura exterior média exponencialmente ponderada dos últimos 7 dias [°C].

A temperatura exterior exponencialmente ponderada contabiliza de uma forma exponencial as temperaturas médias diárias dos 7 dias anteriores ao dia de estudo, sendo calculada através da equação (2-5).

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

Em que:

$T_{n-i}$  – Temperatura média exterior do dia (i) anterior [°C].

O desfasamento em relação ao valor de temperatura “ideal” de conforto, das temperaturas que limitam as gamas de conforto, considerado neste modelo foi de  $\pm 3$  °C. Trata-se de um desfasamento que garante uma zona de conforto para uma aceitabilidade térmica de 90% [21].

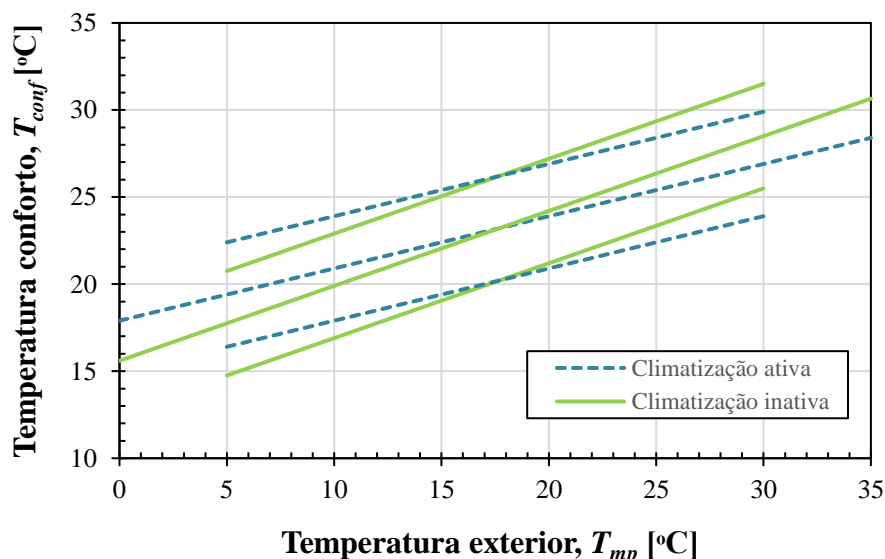


Figura 2-2: Modelo adaptativo de conforto térmico (adaptado de [21])

Perante o modelo apresentado, pode-se dizer que a  $T_{conf}$  corresponde à temperatura operativa,  $T_{op}$ . Deste modo, para locais com reduzidas assimetrias (isolamento térmico homogéneo da envolvente e áreas de envidraçados exteriores não muito grandes), a  $T_{op}$  a considerar é aproximadamente igual à temperatura ambiente [21].

Para o modelo definido, o autor do mesmo salienta ainda que as temperaturas-limite apresentadas só devem ser consideradas em ambientes interiores com elevada capacidade de adaptação, quer pessoal quer ambiental, apenas disponível em edifícios residenciais.

Conforme já referido anteriormente, os estudos de campo desenvolvidos por Matias [21] incidiram-se em edifícios de serviços (escritórios e escolas), de lares de idosos e de habitação. Uma vez que a amostra estudada não incide, no entanto, maioritariamente nos edifícios de habitação, dado que foram analisados apenas quatro edifícios multifamiliares, o modelo

de avaliação do conforto térmico, embora aplicável a este tipo de edifícios, não é considerado como o mais adequado. Visto que os estudos de campo desenvolvidos incidiram maioritariamente em edifícios de serviços (escritórios e escolas) e em lares de idosos, considera-se então que o modelo de avaliação do conforto térmico apresentado é indicado e aplicável sobretudo para este tipo de edifícios.

Por último, é importante referir que o modelo adaptativo de conforto térmico proposto por Matias [21] é aplicável quando os parâmetros utilizados (atividade metabólica ou taxa de metabolismo, resistência térmica do vestuário, velocidade do ar, temperatura operativa interior e temperatura exterior média exponencialmente ponderada) variam dentro da gama de valores especificada no Quadro 2-9.

Quadro 2-9: Limites admissíveis dos parâmetros utilizados no modelo adaptativo por Matias (adaptado de [21])

Parâmetros	Gama de valores
Atividade metabólica / Taxa de metabolismo, $M$ [met]	1,0 a 1,3 met
Resistência térmica do vestuário, $I_{cl}$ [clo]	0,4 a 1,4 clo
Velocidade do ar, $v_{ar}$ [m/s]	0 a 0,6 m/s
Temperatura operativa, $T_{op}$ [°C]	10 a 35 °C
Temperatura exterior média exponencialmente ponderada, $T_{mp}$ [°C]	5 a 30 °C

### 2.4.5 Impacte da ausência de conforto térmico na saúde dos ocupantes

Embora o ambiente térmico de espaços interiores não origine, por norma, graves efeitos na saúde, em caso de ausência de conforto térmico existem associados alguns riscos para a saúde que desencadeiam situações de mal-estar e que afetam o desempenho dos ocupantes.

A ausência de conforto térmico no interior dos edifícios afeta toda a população na generalidade. Verifica-se, no entanto, que em grupos populacionais de risco, como é o caso das crianças e dos idosos, os efeitos na saúde provocados pela ausência de conforto térmico envolvem um acréscimo de gravidade.

Referem-se de seguida alguns exemplos de efeitos na saúde dos ocupantes provocados pela ausência de conforto térmico no interior dos edifícios (adaptado de [24]):

- Transpiração (perda significativa de líquidos);
- Desequilíbrio de sais no organismo;
- Aumento da frequência cardíaca;

- Mal-estar psicológico.

Os efeitos na saúde dos ocupantes podem ainda originar diversos sintomas no organismo humano, como é o caso de fadiga, tonturas, náuseas, irritações na pele, pele fria e húmida, sensações de secura, respiração acelerada, entre outros.

Quando, em casos de transpiração, a eliminação de água do corpo humano é superior ao volume ingerido, surgem associados problemas de desidratação do organismo, que originam por sua vez os seguintes sintomas: queda da pressão arterial; enjoos; sensação ou perda de consciência, principalmente ao colocar-se de pé; lesões nos rins, no fígado e no cérebro.

### **2.4.6 Estratégias para a melhoria do conforto higrotérmico**

A melhoria das condições de conforto higrotérmico pode ser obtida através da implementação de diferentes medidas estratégicas nos edifícios.

Para além das estratégias de ventilação existentes para a melhoria da qualidade do ar interior, abordadas no ponto 2.3.4 da dissertação, existem ainda necessidades de ventilação para a melhoria do conforto higrotérmico dos ocupantes dos edifícios.

As necessidades de ventilação por exigências de conforto higrotérmico podem considerar-se, no caso do nosso país, onde predomina o clima temperado em que são bem distintas as estações fria e quente, de dois tipos [27]:

- As que visam a remoção do vapor de água internamente produzido prevenindo a ocorrência de condensações superficiais;
- As que visam o “varrimento” das cargas térmicas de verão e a melhoria da correspondente sensação de conforto.

Em situações de sobreaquecimento existentes, quando se pretende melhorar as condições de conforto, pode utilizar-se a ventilação de duas formas [27]:

- Através de taxas de renovação de ar elevadas durante a noite ou quando a temperatura exterior se verifique inferior à interior pretendida (forma de arrefecimento passivo);
- Através do aumento da velocidade do ar de forma a permitir uma sensação de frescura.

A ventilação natural apresenta-se como uma estratégia de baixo custo para a melhoria das condições higrotérmicas dos edifícios. No entanto, relativamente às condições ambientes frias, embora a ventilação natural tenha um papel bastante importante na redução do risco de condensações interiores, a sua utilização deve ser limitada de forma a não prejudicar o conforto térmico dos ocupantes, nem aumentar os consumos energéticos dos edifícios (através da utilização de sistemas de aquecimento). Para estes casos, a implementação de aberturas de admissão de ar autorreguláveis junto aos vãos envidraçados traduzem-se, por exemplo, numa boa solução possível de ser implementada nos edifícios.

## 2.5 Ventilação

A ventilação pode definir-se como sendo a técnica que permite substituir o ar ambiente interior de um determinado local considerado não adequado por falta de pureza, de temperatura inadequada ou de humidade excessiva, por outro ar, eventualmente exterior, com melhores características [24].

A ventilação verifica-se essencial para os ocupantes dos edifícios uma vez que apresenta as seguintes funções:

- Fornece oxigénio para a adequada respiração;
- Permite o controlo do calor produzido pelo organismo;
- Proporciona condições ambientais mais confortáveis, regulando a temperatura do ar, a humidade e a eliminação de odores indesejáveis;
- Contribui para a redução das concentrações interiores dos poluentes, melhorando deste modo a qualidade do ar interior e consequentemente a saúde dos ocupantes.

Nos diversos tipos de edifícios, a ventilação assume então um papel bastante importante para garantir as condições adequadas de conforto e de qualidade do ar interior. Para tal, torna-se essencial a quantificação das taxas de ventilação dos espaços interiores.

A taxa de ventilação pode ser determinada através do caudal de ventilação,  $q$  [m<sup>3</sup>/h], ou ainda através do número de renovações horárias,  $R_{ph}$  [h<sup>-1</sup>]. A renovação horária pode ser entendida como o número de vezes que o ar de um espaço é renovado em cada hora, encontrando-se relacionada com o caudal volúmico de ventilação, conforme indica a expressão (2-6) (adaptado de [27]).

$$R_{ph} = \frac{q}{V} \quad (2-6)$$

Em que:

$R_{ph}$  – Número de renovações horárias [h<sup>-1</sup>];

$q$  – Caudal de ventilação [m<sup>3</sup>/h];

$V$  – Volume efetivo do espaço [m<sup>3</sup>].

Um dos principais métodos utilizados na determinação da taxa de ventilação dos espaços interiores dos edifícios é o método do gás traçador. Trata-se de um método que consiste na libertação de uma determinada quantidade de um gás com propriedades específicas no interior de um espaço em estudo e no registo da evolução da sua concentração ao longo do tempo.

Na avaliação da ventilação dos espaços interiores pertencentes a edifícios de escritórios, habitações, hospitais, escolas, infantários e lares de idosos, é comum utilizar-se como gás traçador o CO<sub>2</sub> resultante do metabolismo dos ocupantes, uma vez que existe uma prolongada permanência dos ocupantes nos espaços mencionados. A utilização do CO<sub>2</sub> como gás traçador

é portanto recorrente em situações nas quais não se pretenda interferir nas rotinas diárias dos ocupantes.

A determinação da taxa de ventilação dos espaços interiores pelo método do gás traçador pode ainda ser realizada através de diferentes técnicas que analisam a concentração do gás traçador ao longo do tempo. As referidas técnicas existentes correspondem a diferentes procedimentos normalizados de emissão e controlo.

Nos casos de estudo da dissertação apenas será abordada a avaliação da renovação horária pela técnica do decaimento, utilizando o CO<sub>2</sub> metabólico como gás traçador.

Conforme descrito nas normas ASTM E 741 [28] e ASTM D 6245 [29], quando o gás traçador usado na técnica do decaimento é o CO<sub>2</sub> produzido pelo metabolismo dos ocupantes, as medições da concentração em função do tempo iniciam-se no instante de saída dos ocupantes do espaço em estudo. A partir desse instante, o decaimento da concentração do gás é medido ao longo do tempo e a taxa de renovação horária é determinada com base nos valores registados.

De acordo com a norma ASTM E 741 [28], para a técnica do decaimento, o cálculo da taxa de renovação horária pode ser determinada através de dois métodos. O método mais utilizado é através da equação da reta de regressão linear resultante dos mínimos quadrados, aplicado aos valores experimentais obtidos, o qual será utilizado na determinação das renovações horárias dos casos de estudo da dissertação.

Deste modo, para uma determinada zona em estudo, é necessária a consideração das seguintes hipóteses [30]:

- O regime é permanente (temperatura exterior e vento estacionários – caudais aproximadamente constantes);
- A concentração do gás traçador no exterior é nula (não recorrendo ao CO<sub>2</sub>);
- Não existe emissão nem adsorção de gás.

Com a consideração das hipóteses mencionadas, o balanço de massa do gás traçador pode ser expresso pela seguinte equação diferencial [30]:

$$V \frac{dc(t)}{dt} = -qc(t) \quad (2-7)$$

Em que:

$V$  – Volume efetivo do espaço [m<sup>3</sup>];

$c$  – Concentração volúmica do gás traçador [-];

$q$  – Caudal de ar exterior (caudal de ventilação) [m<sup>3</sup>/h].

A solução da equação (2-7) é dada pela equação (2-8):

$$c(t) = c_0 e^{-\frac{q}{V}t} \quad (2-8)$$

Em que:

$c_0$  – Concentração inicial, em volume, do gás traçador [-].

Pelo rearranjo da equação (2-8), obtém-se:

$$\frac{q}{V} = R_{ph} = \frac{\ln\left(\frac{c_0}{c(t)}\right)}{t} \Leftrightarrow \ln(c(t)) = -R_{ph} t + \ln(c_0) \quad (2-9)$$

Pela análise da equação (2-9), conclui-se que a variação do logaritmo neperiano da concentração, em função do tempo, é linear e o módulo do declive da reta da representação gráfica dessa variação é o número de renovações horárias.

Os gráficos da Figura 2-3 ilustram a descrição das funções que definem a concentração do gás e o logaritmo neperiano da concentração do gás, em função do tempo, no qual o módulo do declive da reta corresponde à taxa média de renovação de ar.

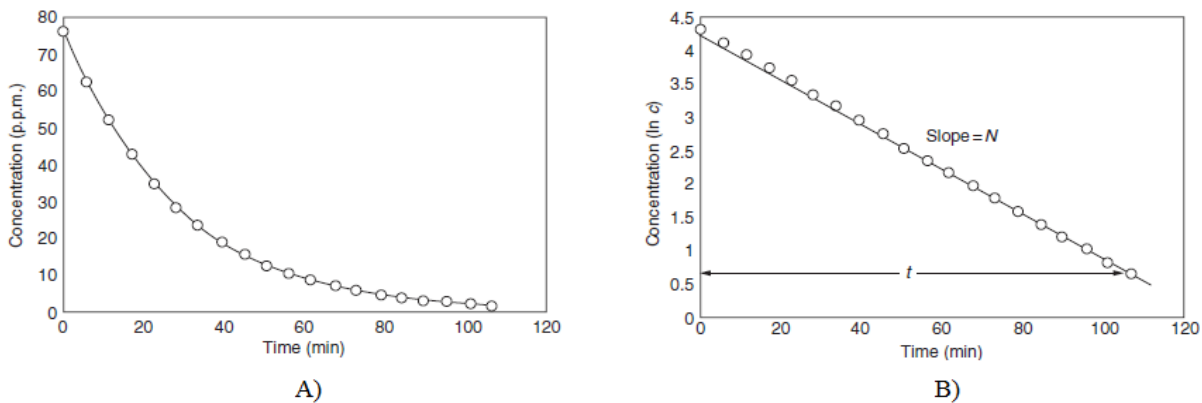


Figura 2-3: Técnica do decaimento: A) decaimento da concentração do gás traçador; B) gráfico do logaritmo da concentração em função do tempo (adaptado de [31])

Para o gráfico apresentado na Figura 2-3 B), caso exista uma zona inicial não linear, a mesma deve ser retirada do cálculo do declive, dado que se considera que não se encontram estabelecidas as condições estacionárias para a realização do ensaio [30].

A técnica do decaimento traduz-se numa técnica bastante utilizada na determinação da renovação horária de uma dada zona em estudo. No entanto, a referida técnica possui como desvantagem a pequena duração do ensaio, pela qual a taxa de renovação de ar obtida é característica somente daquele intervalo de tempo.

Como forma de minimização de possíveis erros, existem alguns procedimentos aconselhados para esta técnica, nomeadamente [28 e 30]:

- O intervalo entre medições deve ser menor que dois minutos;
- Deverão registar-se, no mínimo, cinco valores;
- O tempo de ensaio deverá ser aproximadamente igual à “constante de tempo nominal”,  $\tau_n$  [h], com o valor mínimo de uma hora. A “constante de tempo nominal”,  $\tau_n$  [h], é definida como o inverso da taxa de renovação horária,  $R_{ph}$  [ $h^{-1}$ ]:

$$\tau_n = \frac{1}{R_{ph}} \quad (2-10)$$

Na normalização existente [28] são referidos ainda valores da incerteza no cálculo da renovação horária ou do caudal exterior da ordem de 10%, para um intervalo de confiança de 95%.

O cálculo das renovações horárias dos espaços interiores dos edifícios tem como principal objetivo analisar se os espaços em estudo possuem capacidade para uma renovação de ar aceitável, dentro dos valores mínimos regulamentados. Na legislação aplicável em Portugal, existem regulamentados na Portaria n.º 353-A/2013 [7] os valores mínimos de caudais de ar novo requeridos em função da carga poluente devida à ocupação (Método prescritivo), conforme apresentado no Quadro 2-10.

Quadro 2-10: Valores mínimos de caudais de ar novo requeridos em função da carga poluente devida à ocupação (Método prescritivo, adaptado de [7])

<b>Tipo de atividade</b>	<b>Exemplos de tipo de espaço</b>	<b>Caudal de ar novo [m³/(hora.pessoa)]</b>
Sono	Quartos, Dormitórios e similares	16
Descanso	Salas de repouso, Salas de espera, Salas de conferência, Auditórios e similares, Bibliotecas	20
Sedentária	Escritórios, Gabinetes, Secretarias, Salas de aula, Cinemas, Salas de espetáculo, Salas de refeições, Lojas e similares, Museus e galerias, Salas de convívio, Salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares	24
	Salas de jardins de infância e pré-escolar e Salas de creche	28

Em função do disposto no ponto 2.2.2 da Portaria n.º 353-A/2013 [7], nos quartos dos lares os valores mínimos de caudais de ar novo (obtidos no Cap. IV) foram calculados unicamente em função da ocupação. Relativamente aos outros espaços e uma vez que os edifícios estudados são relativamente antigos, nos cálculos relativos aos valores mínimos dos caudais de ar novo desprezou-se a carga poluente devida aos materiais da envolvente. Tomando como exemplo a

sala 3 do infantário 1, com área de 38,66 m<sup>2</sup> e pé-direito de 2,7 m, o caudal de ar novo terá que ser o maior dos seguintes valores:

- Caudal em função da ocupação:  $21 \text{ (n.º ocupantes)} \times 28 \text{ m}^3/\text{h.pessoa} = 588 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- Caudal em função da carga poluente do edifício:  $126 \text{ m}^2 \text{ (área total)} \times 3 \text{ m}^3/\text{h.m}^2 \text{ (sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos)} = 378 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Pelo exemplo exposto, verifica-se que esta simplificação de cálculo para locais com elevada densidade não é prejudicial na obtenção do caudal máximo. No entanto, a sala de convívio do lar de idosos 1, em face da área total bastante elevada, apresenta-se, como o único compartimento estudado no qual o caudal em função da carga poluente do edifício é superior ao caudal em função da ocupação.

## 2.6 Estudos realizados em Portugal

Com o aumento da preocupação incidente na temática da QAmbI dos edifícios, têm sido realizados nas últimas décadas diversos estudos, muitos deles realizados em Portugal.

No presente subcapítulo, encontram-se apresentados alguns artigos relativos à QAI, ao conforto térmico e à ventilação, realizados em infantários e lares de idosos, uma vez que serão os abordados nos casos de estudo da presente dissertação. Salientam-se, deste modo, os seguintes artigos:

- **Qualidade do ambiente interior em lares e jardins de infância na cidade da Covilhã – estudo exploratório** [5]. Para a realização do estudo, foram selecionados compartimentos pertencentes a dois infantários e um lar de idosos. O referido estudo teve como objetivo a determinação dos teores de alguns poluentes do ar interior (COVs, CO<sub>2</sub> e formaldeído – CH<sub>2</sub>O), de alguns parâmetros que permitem a avaliação das condições higrotérmicas (temperatura e humidade relativa do ar interior), bem como a determinação das renovações horárias de alguns compartimentos interiores.

Relativamente aos períodos de duração do estudo, a primeira campanha experimental decorreu entre fevereiro e junho de 2014, enquanto que a segunda decorreu na primavera de 2015 (entre os meses de abril e maio).

Com o intuito de caracterizar as condições ambientais são destacadas no artigo as seguintes conclusões gerais:

- Os compartimentos dos infantários revelaram, na estação de aquecimento, deficientes condições de climatização, apresentando em alguns casos uma excessiva percentagem de tempo com valores de temperatura abaixo dos regulamentares;
- A generalidade dos compartimentos, à exceção de dois, não apresenta valores preocupantes de humidade relativa;

- O berçário de um dos infantários estudados apresenta valores elevados dos poluentes medidos;
  - A sala de convívio do lar de idosos e o berçário de um dos infantários estudados apresentam valores muito baixos das renovações horárias;
  - Os compartimentos do lar de idosos apresentam uma excessiva percentagem de tempo com valores elevados de COVs.
- **Ventilação, qualidade do ar e saúde em creches e infantários – resultados preliminares do projeto ENVIRH [2].** O projeto ambiente e saúde em creches e infantários (ENVIRH - ENVIRonment and Health in children day care centres) teve como objetivo estabelecer associações entre as condições de ventilação, a QAI e a prevalência de doenças do foro respiratório em creches e infantários.

O artigo teve como finalidade apresentar os resultados da fase preliminar do projeto ENVIRH. A fase preliminar incidiu em 45 Instituições Privadas de Solidariedade Social (IPSS), nomeadamente 25 na cidade de Lisboa e 20 na cidade do Porto, e teve como intuito analisar as condições construtivas, realizar medições pontuais e instantâneas do teor de CO<sub>2</sub> em salas de atividades e realizar inquéritos aos hábitos dos ocupantes relacionados com a ventilação, bem como um questionário médico para identificação de eventuais problemas de sibilância (som agudo produzido pelas vias respiratórias).

Conforme mencionado no artigo, os resultados obtidos para a fase preliminar do projeto de estudo permitiram as seguintes conclusões:

- Os edifícios das creches e infantários apresentam-se cuidados nos seus aspetos construtivos, frequentemente com sistemas de aquecimento e, nalguns casos, com sistemas de climatização;
- Apenas um quarto dos edifícios não apresentam patologias ligadas a condensações e/ou infiltrações;
- A maioria dos edifícios não tem sistemas de ventilação nas salas de atividade, sendo a ventilação assegurada pela abertura de janelas ou pela permeabilidade ao ar da envolvente;
- Em consequência do referido no ponto anterior, foram medidos teores particularmente elevados de CO<sub>2</sub> no ambiente interior (em 90% das medições realizadas, os valores obtidos correspondem a concentrações superiores às regulamentares), indicando claramente deficiências da QAI devido à insuficiente ventilação;
- Através de uma análise estatística univariável, verificou-se que existe uma associação significativa entre o teor de CO<sub>2</sub> nas salas e o tipo de vedante

utilizado nas janelas, a posição das folhas das janelas (abertas ou fechadas) e a posição das portas interiores (abertas ou fechadas). Deste modo, em relação ao tipo de vedante das janelas, verifica-se a tendência das salas com janelas de batente terem um teor de CO<sub>2</sub> superior aos das salas com janelas de correr. Relativamente à posição das folhas das janelas, verifica-se que o teor de CO<sub>2</sub> medido é menor quando as mesmas se encontram abertas. Por último, no que respeita à posição das portas, verifica-se que o teor de CO<sub>2</sub> é menor quando as portas se encontram abertas, quer as janelas se encontrem abertas ou fechadas.

- **Indoor air quality in portuguese children day care centers – ENVIRH Project** [32]. O artigo teve como objetivo apresentar os resultados gerados numa segunda fase do projeto ENVIRH, através da realização de medições das taxas de ventilação, da QAI e do conforto térmico. Para tal, foram monitorizadas um total de 125 salas de atividades de 19 IPSS localizadas nas áreas urbanas de Lisboa e do Porto (10 IPSS em Lisboa e 9 IPSS no Porto), durante a primavera de 2011, por um período de dois meses (março – abril).

Os principais resultados obtidos no estudo são os seguintes:

- Durante o período de ocupação, mais de 50% das salas estudadas apresentaram concentrações médias de CO<sub>2</sub> acima do limite recomendado;
- As concentrações de COVs e de formaldeído detetados no interior das salas estudadas apresentaram valores aceitáveis, sendo que as medianas das concentrações de formaldeído se verificaram ainda abaixo do limite de deteção;
- As condições do ambiente térmico não se consideraram confortáveis em 33 das 125 salas de atividades estudadas.

- **Caracterização experimental das taxas de renovação horária em residências para pessoas idosas – resultados preliminares do projeto GERIA** [33]. O projeto GERIA (Estudo Geriátrico dos Efeitos na Saúde da Qualidade do Ar Interior em Lares da 3ª Idade de Portugal) teve como objetivo principal estudar as possíveis associações entre as condições de ventilação existentes em Estruturas Residenciais para Pessoas Idosas (ERPI), a QAI e a prevalência de doenças do foro respiratório nos residentes.

O artigo teve como intuito apresentar os primeiros resultados de uma campanha experimental realizada durante os meses de fevereiro e março de 2014, com o objetivo de caracterizar as taxas de renovação horária em 15 ERPI (11 em Lisboa e 4 no Porto). Para tal, foram analisados, ao longo de períodos de tempo de duas semanas, compartimentos pertencentes a quartos e a salas de convívio. As principais conclusões retiradas dos resultados do artigo de estudo foram:

- As taxas de ventilação das ERPI em estudo são globalmente satisfatórias (com valores superiores ao mínimo exigido pela regulamentação nacional);
  - Para 5 ERPI verifica-se a existência de taxas de ventilação inferiores às mínimas regulamentares. Para duas das ERPI, apresentam-se as causas possíveis para as taxas de ventilação reduzidas. Para uma delas, o motivo associado é o facto dos compartimentos (quartos de dormir) não possuírem vãos em comunicação com o exterior. Para outra, o motivo associado deve-se à zona urbana na qual o edifício se encontra inserido, no qual se verificam obstruções significativas ao vento causadas pelas fachadas dos edifícios vizinhos, impedindo assim a ventilação natural;
  - Relativamente à comparação dos valores das taxas de ventilação dos diferentes tipos de compartimentos, verifica-se que os quartos apresentam valores inferiores às salas (as janelas dos quartos estão menos tempo abertas para não comprometer o conforto térmico e acústico);
  - De acordo com os tipos de janelas presentes, verifica-se que as taxas de ventilação variam. Às unidades dotadas de janelas de correr ou de janelas batentes, estão associadas taxas de ventilação mais elevadas do que às unidades dotadas de janelas oscilobatentes. As janelas de correr apresentam por norma uma permeabilidade ao ar relativamente elevada uma vez que utilizam pelúcias, enquanto que as janelas oscilobatentes, devido ao seu modo de fecho, possuem normalmente vedantes de borracha que asseguram menores permeabilidades ao ar. Por sua vez, para as janelas de batente, embora as mesmas também possuam a possibilidade de ter vedantes de borracha nas suas juntas móveis, verifica-se que neste grupo existem muitas janelas antigas de madeira que não possuem vedantes, o que se traduz numa permeabilidade ao ar mais elevada.
- **Contribuição para o conhecimento da qualidade do ar interior em lares de idosos: Determinação do teor de CO<sub>2</sub> e de taxas de ventilação [34].** No âmbito do projeto GERIA, foram escolhidos para este estudo 33 lares de Lisboa. No âmbito da análise da ventilação e da qualidade do ar interior, foi feito o levantamento das características do parque edificado e a medição da concentração de CO<sub>2</sub>, da  $T_{ar}$  e da  $HR$ . Em média, no ambiente interior, foram realizadas medições em dois quartos de dormir e uma sala de estar de cada instituição.
- A campanha de medições decorreu entre os meses de setembro de 2012 a fevereiro de 2013, tendo sido obtidos os seguintes resultados:
- Entre 20% a 26% dos compartimentos possuem caixilharia sem vedantes, o que corresponderá a maiores infiltrações do ar e deverá ter reflexos quer no conforto, quer na taxa de ventilação;

- 32% dos quartos possuem caixa de estore interior, o que poderá contribuir muito significativamente para o incremento das infiltrações de ar, tendo em conta o tipo de construção praticada em Portugal;
  - De todos os edifícios estudados, apenas um dispõe de ventilação mecânica centralizada. Não existem outros edifícios com sistemas de ventilação adequadamente organizados envolvendo todos os espaços, embora seja corrente a utilização de exaustão mecânica nas instalações sanitárias e nas cozinhas;
  - Observa-se que em 66% dos quartos estudados o teor de CO<sub>2</sub> estacionário é superior a 1000 ppm;
  - Nas salas de estar, os valores medidos em períodos de curta duração indicam que 63% dos valores da concentração de CO<sub>2</sub> se encontram abaixo de 1000 ppm;
  - Verifica-se que em 38% dos quartos, a taxa média de ventilação é inferior a 0,4  $R_{ph}$ ;
  - Observa-se que, correntemente, os cuidadores abrem as janelas exteriores e/ou as portas interiores dos quartos no início da manhã para “arejar”, conseguindo taxas de ventilação superiores a 2  $R_{ph}$  em 55% dos casos.
- **Elderly exposure to indoor air pollutants** [35]. O artigo teve como finalidade apresentar os resultados de um estudo relacionado com a QAI, realizado em 10 lares de idosos localizados em Lisboa e em Loures (distrito de Lisboa).

A campanha de medições do estudo ocorreu entre outubro e dezembro de 2012, e incidiu nos compartimentos pertencentes aos quartos e salas de estar. Os principais resultados decorrentes do estudo apresentado, foram os seguintes:

- Foram registadas maiores concentrações médias de CO<sub>2</sub> nos quartos do que nas salas de estar;
- Nos quartos, 60% dos valores de CO<sub>2</sub> ultrapassou o valor limite regulamentar;
- O valor limite regulamentar para os COVs foi ultrapassado em 15 dos 20 ambientes interiores analisados.

### 2.7 Síntese crítica

Com a elevada permanência da população no interior dos edifícios, a temática da qualidade do ambiente interior assume um papel com especial importância, existindo atualmente um conjunto de exigências funcionais que permitem o incremento do conforto dos ocupantes.

Com a análise da informação apresentada ao longo do presente capítulo, é permitido enunciar as seguintes conclusões gerais:

- A QAI, o conforto térmico e a ventilação apresentam-se como fatores chave para a obtenção de uma adequada qualidade do ambiente interior dos edifícios. Tratam-se de fatores que interferem na saúde, no conforto e na produtividade dos ocupantes;
- Em níveis desajustados, os poluentes do ar interior constituem um elevado risco para a saúde dos ocupantes, pelo que é fundamental manter as suas concentrações dentro dos limites recomendados / regulamentares;
- O vapor de água revela-se como um dos poluentes mais significativos do ar interior, devendo os níveis de *HR* no interior dos espaços interiores situar-se entre os 30 e os 70%. Deste modo, é importante o cumprimento dos referidos limites para que sejam minimizados problemas na saúde dos ocupantes, bem como o desenvolvimento de patologias nos edifícios;
- A  $T_{ar}$  e a *HR* são dois parâmetros que influenciam as condições de conforto térmico, encontrando-se regulamentada em Portugal as condições de referência para a  $T_{ar}$ . Para a *HR*, apesar de não se encontrar regulamentada em Portugal quaisquer condições de referência, existem recomendações que definem os valores limites de referência a aplicar em países europeus;
- O modelo adaptativo de avaliação do conforto térmico proposto pelo LNEC possui um grande potencial de aplicação nos edifícios de Portugal, uma vez que pode ser aplicado a qualquer edifício, independentemente do seu sistema de climatização (aplicável em ambientes climatizados e não climatizados);
- A ventilação assume um papel bastante importante para garantir condições adequadas de conforto e de QAI dos edifícios;
- As taxas de ventilação de referência têm como principal objetivo dotar os espaços com uma boa QAI, necessitando para isso de cumprir valores mínimos regulamentares presentes na legislação nacional;
- Os edifícios que albergam infantários e lares de idosos apresentam-se com especial relevância, uma vez que englobam um tipo de população mais sensível à QAmbI;
- Nos artigos de estudo apresentados verifica-se que, para os infantários e para os lares de idosos, as conclusões dos mesmos remetem, em grande maioria, para a existência de reduzidos valores de renovações horárias no interior dos compartimentos estudados. As reduzidas renovações horárias contribuem por sua vez para o aumento do número de casos nos quais se verifica o registo de concentrações de poluentes acima do valor de referência regulamentar. A insuficiente ventilação é então justificada pelo número reduzido de tempo de abertura das janelas dos espaços interiores, uma vez que nos sistemas de ventilação existentes predomina, globalmente,

a ventilação natural, e assim os ocupantes evitam comprometer o conforto térmico e/ou acústico.

Relativamente aos ambientes térmicos, os mesmos revelam-se muitas vezes desconfortáveis nos compartimentos dos infantários e dos lares de idosos, o que se deve à elevada permeabilidade ao ar existente ou ainda às condições de climatização insuficientes;

- De acordo com as conclusões dos artigos apresentados, observa-se ainda que o tipo de janelas presentes nos compartimentos e o tipo de vedantes influenciam as taxas de ventilação uma vez que conduzem a diferentes permeabilidades ao ar.

Por último, como conclusão do presente capítulo, refere-se a especial importância do estudo da qualidade do ambiente interior em infantários e lares de idosos situados na zona norte interior do país onde esta, devido às condições climáticas exteriores, pode ser substancialmente diferente da do resto do país.

### **3. Casos de estudo: qualidade do ambiente interior em infantários e lares de idosos da cidade de Viseu**

#### **3.1 Introdução**

Após a apresentação dos fundamentos teóricos necessários ao enquadramento do tema, procede-se no presente capítulo à apresentação dos casos de estudo.

Conforme referido no capítulo anterior, o tempo que as populações passam no interior dos edifícios é bastante significativo. Associado ao facto das crianças e dos idosos se apresentarem como grupos populacionais particularmente vulneráveis às condições do ambiente interior, os edifícios que albergam infantários e lares de idosos carecem portanto de especial atenção.

Os casos de estudo pretendem, deste modo, apresentar resultados de QAI, de conforto higrotérmico e de ventilação, de alguns compartimentos interiores, de dois infantários e de dois lares de idosos situados na zona urbana da cidade de Viseu.

A caracterização do ambiente interior dos compartimentos pertencentes aos edifícios escolhidos para os casos de estudo têm por base a análise dos seguintes parâmetros:

- $T_{ar}$ ;
- $HR$ ;
- Concentração de  $CO_2$ ;
- Concentração de COVs.

### **3.2 Regulamentação técnica aplicada a infantários e lares de idosos**

A regulamentação técnica aplicada a infantários e a lares de idosos, designada de Recomendações Técnicas para Equipamentos Sociais (RTES), surge na necessidade da criação de requisitos que satisfaçam as exigências de qualidade e segurança na construção de novos edifícios e na adaptação dos edifícios existentes.

No âmbito de aplicação das RTES, é referenciado que compete ao Instituto da Segurança Social o cumprimento dos requisitos presentes nas mesmas [36, 37].

As RTES encontram-se divididas em dois documentos, um deles aplicável a lares de idosos [36] e outro aplicável a creches [37]. Em ambos os documentos referidos, existe uma secção, designada por parte IV, na qual se encontra referenciada informação acerca da Segurança, Salubridade e Conforto. Trata-se de uma secção que, para além de outras informações, inclui referências relativas à QAI e ao conforto higrotérmico.

Uma vez que os casos de estudo do presente capítulo se centralizam na QAI, no conforto higrotérmico e na ventilação dos edifícios pertencentes a lares de idosos e a infantários, apresentam-se de seguida algumas referências que se encontram mencionadas nas RTES, que demonstram uma preocupação na qualidade do ambiente interior neste tipo de edifícios [36 e 37]:

- Os edifícios devem ser projetados, construídos e mantidos para que a qualidade do ar no seu interior seja adequada, em permanência, à ocupação humana;
- O sistema de ventilação deve ser concebido tendo em conta a diversidade de espaços e atividades desenvolvidas, de modo a prevenir a migração de odores e poluentes das zonas mais poluídas para as zonas mais limpas;
- A diluição dos poluentes resultantes da respiração e metabolismo humano e das emissões resultantes dos materiais deve ser efetuada com base na renovação do ar interior, realizada por ventilação natural, mecânica ou híbrida;
- O caudal de ventilação mínimo destinado a assegurar a QAI deve ser garantido em permanência independentemente de as janelas e portas se encontrarem fechadas. A abertura das janelas será útil para permitir aos ocupantes intensificar a ventilação em determinados períodos;
- Para os espaços interiores pertencentes a quartos, salas de repouso, salas de atividades, salas de refeições e de convívio, devem ser assegurados caudais de ventilação não inferiores a 35 m<sup>3</sup>/h.ocupante e renovações de ar por hora não inferiores a 1;
- Na seleção dos produtos de limpeza recomenda-se a não utilização de produtos à base de amónia, solventes orgânicos e outras substâncias químicas que afetem a QAI;

- Recomenda-se que seja evitada a acumulação de substâncias perigosas para a saúde no interior dos espaços do edifício onde se verifique a permanência de pessoas;
- Recomenda-se que os materiais de construção, em particular os materiais de revestimento, como tintas, vernizes, estuques, madeiras, contraplacados e materiais fibrosos, sejam selecionados de forma a não libertarem gases poluentes para o ar interior, devendo ser favorecidos os que sejam certificados como ecologicamente limpos;
- É recomendado proceder à ventilação mecânica dos locais interiores sem janelas para o exterior, ou dos locais em que, devido a constrangimentos exteriores ao edifício (privacidade, ruído, segurança, outros), as janelas permaneçam fechadas;
- Os edifícios devem ser concebidos, realizados, equipados e utilizados de forma a permitir que se criem e mantenham no seu interior condições de conforto higrotérmico, tendo em conta o número e as exigências específicas dos ocupantes dos diferentes locais e o normal funcionamento dos equipamentos neles instalados;
- Para tirar partido da inércia térmica interior dos edifícios, recomenda-se que o aproveitamento dos benefícios da inércia térmica seja apoiado pelo recurso à ventilação (natural, de preferência) durante os períodos em que a temperatura exterior é inferior à temperatura interior;
- De modo a maximizar os ganhos solares úteis nos períodos frios e a minimizar os ganhos indesejados nos períodos quentes, recomenda-se que os vãos envidraçados sejam providos de dispositivos de proteção solar colocados pelo exterior e de cores claras;
- Para minimizar os indesejados ganhos térmicos solares nos períodos quentes, recomenda-se que os acabamentos exteriores dos elementos opacos da envolvente dos edifícios (paredes, caixilhos e coberturas) sejam preferencialmente de cores claras.

### **3.3 Apresentação dos casos de estudo**

#### **3.3.1 Descrição geral dos edifícios**

Os edifícios selecionados para os casos de estudo, pertencentes a dois infantários e a dois lares de idosos, encontram-se todos eles situados dentro da zona urbana da cidade de Viseu (Figura 3-1) e são todos pertencentes à Santa Casa da Misericórdia de Viseu.



Figura 3-1: Localização dos edifícios selecionados para os casos de estudo

### **Infantário 1:**

O infantário 1 é atualmente frequentado por cerca de 97 crianças de uma faixa etária entre os 3 e os 5 anos.

A construção inicial do edifício data aproximadamente do século XVIII. Com a finalidade de alteração da utilização inicial, o edifício foi sujeito a obras de reconversão e de requalificação, tendo sido inaugurado no ano 1989 com o atual uso de infantário [38 e 39].

Trata-se de um edifício na qual a sua implantação é de gaveto e cuja altitude é de 475 m.

O período de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 7h30 às 19h30, encerrando ao sábado e ao domingo.

### **Infantário 2:**

O infantário 2 é atualmente frequentado por cerca de 153 crianças de uma faixa etária entre o 1 e os 5 anos.

A construção inicial do edifício data de 1933, fruto do entendimento de várias entidades que sentiram a necessidade de construir algo de apoio à infância. Em 1982, o edifício foi considerado deteriorado e desatualizado para o fim a que se destinava, tendo sido tomada a decisão de execução de diversas obras de melhoramento e renovação [40]. No ano de 1983 foi inaugurado o edifício com as devidas obras de melhoramento concluídas [39].

Trata-se de um edifício na qual a sua implantação é de gaveto e cuja altitude é de 465 m.

O período de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 7h30 às 19h30, encerrando ao sábado e ao domingo.

#### **Lar de Idosos 1:**

O lar de idosos 1 é atualmente frequentado por cerca de 150 utentes.

A construção inicial do edifício data de 1994 [39]. Aproximadamente 10 anos depois, o edifício sofreu uma intervenção de ampliação, tendo sido construída uma nova ala.

Trata-se de um edifício na qual a sua implantação é isolada e cuja altitude é de 486 m.

O período de funcionamento é permanente.

#### **Lar de Idosos 2:**

O lar de idosos 2 é atualmente frequentado por cerca de 180 utentes.

A construção inicial do edifício data de 1869 [39]. Porém, apenas no ano de 1897 foi fundado o atual lar de idosos.

Trata-se de um edifício na qual a sua implantação é isolada e cuja altitude é de 495 m.

O período de funcionamento é permanente.

### **3.3.2 Apresentação e caracterização dos compartimentos selecionados para estudo**

Para os diferentes edifícios descritos no ponto anterior, foram selecionados para estudo, na sua maioria, os compartimentos de maior utilização diária. Apresentam-se de seguida os diversos compartimentos selecionados, bem como a caracterização dos mesmos.

Na caracterização dos diversos compartimentos foi realizado um levantamento prévio das características dos mesmos, através do preenchimento de fichas de levantamento, cujo modelo se encontra apresentado no Anexo I.

#### **Infantário 1:**

Para o infantário 1 foram selecionados para estudo os seguintes compartimentos:

- As cinco salas de atividades existentes. Estas encontram-se ocupadas consoante as idades das crianças;
- O refeitório.



Figura 3-2: Imagens dos compartimentos do infantário 1 selecionados para estudo

No Anexo II da presente dissertação apresentam-se as características gerais dos diferentes compartimentos selecionados, bem como as características físicas relativas aos revestimentos interiores, aos vãos envidraçados e às proteções solares interiores e exteriores.

Relativamente aos sistemas de climatização e de ventilação, os espaços interiores selecionados possuem respetivamente:

- Aquecimento intermitente com radiadores elétricos;
- Ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar).

A sala 4 possui ainda um sistema desumidificador portátil, geralmente utilizado durante a estação de aquecimento, no período de almoço, no qual não se encontram presentes ocupantes no espaço interior.

As cinco salas apresentadas encontram-se ainda equipadas com equipamento eletrónico, nomeadamente rádios e televisões com leitores de DVDs.

A limpeza dos espaços apresentados é realizada, por norma, duas vezes por dia, sendo a primeira a seguir ao almoço e a segunda no final da tarde (em horário no qual não se encontram presentes ocupantes no espaço interior). Os produtos utilizados são:

- Solução aquosa com detergente líquido desinfetante, com biocida, para a limpeza das mesas (LTP Desinfetante). Por vezes, para remoção de riscos que permaneçam mesmo após a limpeza com água, é ainda utilizada lixívia, embora muito esporadicamente e em reduzidas quantidades;
- Solução aquosa para a limpeza dos pavimentos, que na sua mistura contem detergente líquido perfumado, desinfetante, com biocida (LTP Desinfetante).

Durante o período das limpezas, é efetuada a aberturas das janelas por forma a renovar o ar interior, processo este normalizado por indicações da gestão/direção do edifício. Trata-se, no entanto, de um procedimento que não é obrigatoriamente adotado pelas funcionárias (ex.: em situações com condições atmosféricas adversas).

### **Infantário 2:**

Para o infantário 2 foram seleccionados para estudo as oito salas de atividades existentes. Estas encontram-se ocupadas consoante as idades das crianças.



Figura 3-3: Imagens dos compartimentos do infantário 2 seleccionados para estudo



Figura 3-4: Imagens dos compartimentos do infantário 2 selecionados para estudo (continuação)

No Anexo II da presente dissertação apresentam-se as características gerais dos diferentes compartimentos selecionados, bem como as características físicas relativas aos revestimentos interiores, aos vãos envidraçados e às proteções solares interiores e exteriores.

Relativamente aos sistemas de climatização e de ventilação, os espaços interiores selecionados possuem respetivamente:

- Aquecimento intermitente com radiadores elétricos;
- Ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar).

A sala 5 possui ainda um sistema desumidificador portátil, frequentemente utilizado durante a estação de aquecimento, ao longo de todo o dia.

As oito salas apresentadas encontram-se ainda equipadas com equipamento eletrónico, nomeadamente rádios (presentes nas salas 1, 3, 4, 5, 7 e 8), televisões com leitores de DVDs (presentes nas salas 2, 6 e 7) e computador (presente na sala 7).

A limpeza dos espaços apresentados é realizada, por norma, duas vezes por dia, sendo a primeira a seguir ao almoço e a segunda no final da tarde (em horário no qual não se encontram presentes ocupantes no espaço interior). Os produtos utilizados são:

- Solução aquosa com detergente líquido desinfetante para a limpeza das mesas (detergente líquido manual da marca fairy);

- Solução aquosa para a limpeza dos pavimentos, que na sua mistura contem detergente líquido anticalcário perfumado (BEST Detergente anticalcário perfumado).

Durante o período das limpezas, é efetuada a aberturas das janelas por forma a renovar o ar interior, processo este normalizado por indicações da gestão/direção do edifício. Trata-se, no entanto, de um procedimento que não é obrigatoriamente adotado pelas funcionárias (ex.: em situações com condições atmosféricas adversas). Na sala 2, que serve simultaneamente de dormitório, é efetuada igualmente a abertura das janelas após a hora da sesta, durante um período de tempo aproximado de 15 a 30 minutos.

### Lar de Idosos 1:

Para o lar de idosos 1 foram maioritariamente selecionados espaços interiores da ala construída mais recentemente ( $\approx$  10 anos após a construção do edifício). Os compartimentos selecionados foram os seguintes:

- Sete quartos com diferentes ocupações, variando no número de ocupantes e na sua situação de mobilidade (utentes permanentes e não permanentes);
- Uma sala de convívio (único compartimento selecionado da primeira fase construtiva do edifício).



Figura 3-5: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 1 selecionados para estudo



Figura 3-6: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 1 selecionados para estudo (continuação)

No Anexo II da presente dissertação apresentam-se as características gerais dos diferentes compartimentos selecionados para estudo, bem como as características físicas relativas aos revestimentos interiores, aos vãos envidraçados e às proteções solares interiores e exteriores.

Relativamente aos sistemas de climatização e de ventilação, os espaços interiores selecionados para estudo possuem respetivamente:

- Aquecimento central com radiadores a água;
- Ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar).

Na sala de convívio existe ainda um sistema de climatização AVAC, embora sempre desligado aquando da realização do estudo.

Os compartimentos apresentados, com exceção dos quartos 4 e 6, encontram-se ainda equipados com equipamento eletrónico, nomeadamente televisões. Os quartos 1 e 2 dispõem ainda frequentemente de equipamentos de aerossóis para o tratamento médico dos ocupantes.

A limpeza dos espaços apresentados é realizada uma vez por dia. Enquanto que nos quartos o período de limpeza decorre entre as 10h00 e as 12h00, na sala de convívio o período decorre entre as 7h00 e as 7h30 (em horário anterior à ocupação do espaço). Durante o período da tarde são efetuadas ainda, por vezes, limpezas aos pavimentos dos quartos e dos corredores de acesso aos mesmos. Os produtos utilizados são:

- Solução aquosa neutra para a limpeza de todos os pavimentos, que na sua mistura contem pastilhas efervescentes desinfetantes (Ipoclor pastilhas);
- Solução aquosa com produto líquido neutro para a limpeza dos pavimentos das casas de banho privativas dos quartos e do pavimento da sala de convívio (Jontec 300);
- Cera para os pavimentos de madeira dos quartos (Jontec Eternum);
- Produto com agentes antiestáticos para a remoção do pó, aplicado na limpeza de todos os móveis (Pronto Multi-Surface);

Em situações nas quais se verifiquem odores muito concentrados, são aplicados ainda ambientadores nos espaços interiores (aerossol de lavanda de marca variável, por exemplo: Romar e Brise), sendo a aplicação mais frequente no corredor de acesso aos quartos. Nos quartos, a utilização deste tipo de produto é menos frequente, sendo aplicado em situações excecionais.

Durante o período das limpezas, é efetuada a aberturas das janelas por forma a renovar o ar interior, processo este normalizado por indicações da gestão/direção do edifício. Trata-se, no entanto, de um procedimento que não é obrigatoriamente adotado pelas funcionárias (ex.: em situações com condições atmosféricas adversas). Nos quartos com utentes permanentes, a abertura das janelas é ainda realizada em reduzidas proporções, com frestas muito pequenas, durante períodos de tempo igualmente reduzidos. Após a hora da sesta, é efetuada igualmente a abertura das janelas para a renovação do ar interior.

### **Lar de Idosos 2:**

Para o lar de idosos 2 foram selecionados os seguintes compartimentos:

- Cinco quartos com diferentes ocupações, variando no número de ocupantes e na sua situação de mobilidade (utentes permanentes e não permanentes);
- Três salas de convívio.



Figura 3-7: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 2 selecionados para estudo



Figura 3-8: Imagens dos compartimentos do lar de idosos 2 selecionados para estudo (continuação)

No Anexo II da presente dissertação apresentam-se as características gerais dos diferentes compartimentos selecionados para estudo, bem como as características físicas relativas aos revestimentos interiores, aos vãos envidraçados e às proteções solares interiores e exteriores.

Relativamente aos sistemas de climatização e de ventilação, os espaços interiores selecionados para estudo possuem respetivamente:

- Aquecimento central com radiadores a água;
- Ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar).

A sala de convívio 1 possui ainda uma ventoinha portátil, utilizada apenas na estação de arrefecimento.

Alguns dos compartimentos apresentados (quartos 1 e 4; salas de convívio 1, 2 e 3) encontram-se ainda equipados com equipamento eletrónico, nomeadamente televisões. O

quarto 2, embora não possua qualquer equipamento eletrónico, dispõe frequentemente de equipamento de aerossóis para o tratamento médico do ocupante permanente.

A limpeza dos espaços apresentados é realizada uma vez por dia. Para os diferentes compartimentos, o período de limpezas decorre:

- Durante o período da manhã, a partir das 9h00, nos quartos. Durante o período da tarde são efetuadas, por vezes, limpezas aos pavimentos dos quartos;
- Durante o período da tarde, a partir das 14h00, nas salas de convívio 1 e 3 (durante o período de ocupação, embora que reduzido);
- Ao final da tarde, a partir das 19h00, na sala de convívio 2 (período sem a presença de ocupantes). Uma vez que a sala de convívio 2 serve simultaneamente de refeitório, são efetuadas ainda limpezas constantes, de menor extensão, ao longo do dia.

Os diversos produtos de limpeza utilizados são:

- Solução aquosa com produto líquido neutro para a limpeza de todos os pavimentos e para a limpeza das mesas da sala de convívio 2 (Jontec 300). Por vezes, para a limpeza mais profunda é ainda utilizada uma solução aquosa com produto amoniacal nas mesas e nos pavimentos da sala de convívio 2 (Sonasol Verde);
- Cera para os pavimentos, aplicada aproximadamente de 15 em 15 dias (Jontec Eternum);
- Produto com agentes antiestáticos para a remoção do pó, aplicado na limpeza de todos os móveis (Pronto Multi-Surface).

Para controlar situações em que se verificam odores muito concentrados, são aplicados ainda ambientadores nos diversos espaços interiores (aerossol de lavanda de marca variável, por exemplo: Romar e Brise).

Durante o período das limpezas, é efetuada a aberturas das janelas por forma a renovar o ar interior, processo este normalizado por indicações da gestão/direção do edifício. Trata-se, no entanto, de um procedimento que não é obrigatoriamente adotado pelas funcionárias (ex.: em situações com condições atmosféricas adversas). Nos quartos com utentes permanentes, a abertura das janelas é ainda realizada em reduzidas proporções, com frestas muito pequenas, durante períodos de tempo igualmente reduzidos. Nas salas de convívio, a abertura das janelas é por sua vez realizada ao final da tarde / início da noite (período no qual não se encontram ocupantes presentes).

Por último, é importante referir que os espaços interiores pertencentes à sala de convívio 2, ao quarto 2 e aos corredores de acesso aos quartos 1, 2, 3 e 4 foram pintados ao longo dos meses de novembro/dezembro de 2015, e o espaço interior pertencente à sala de convívio 1 foi pintado em fevereiro de 2016.

### 3.4 Descrição da metodologia do estudo

O presente estudo possui como principal objetivo a caracterização do ambiente interior de diversos compartimentos pertencentes a edifícios com diferentes utilizações (dois infantários e dois lares de idosos). Nesse sentido, foram realizadas duas campanhas experimentais de medições, onde foram registados, para posterior análise, os seguintes parâmetros ambientais:

- $T_{ar}$ ;
- $HR$ ;
- Concentração de  $CO_2$ ;
- Concentração de COVs.

No Quadro 3-1 encontram-se identificados os parâmetros que foram registados nos diversos compartimentos pertencentes aos dois infantários e aos dois lares de idosos.

Quadro 3-1: Parâmetros registados nos diversos compartimentos

<b>Edifício</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Parâmetros registados</b>
Infantário 1	Salas 1 a 4	$T_{ar}$ ; $HR$ ; $CO_2$ ; COVs
	Sala 5; Refeitório	$T_{ar}$ ; $HR$
Infantário 2	Salas 1 a 4	$T_{ar}$ ; $HR$ ; $CO_2$ ; COVs
	Salas 5 a 8	$T_{ar}$ ; $HR$
Lar de Idosos 1	Quartos 1 a 3; Sala de convívio	$T_{ar}$ ; $HR$ ; $CO_2$ ; COVs
	Quartos 4 a 7	$T_{ar}$ ; $HR$
Lar de Idosos 2	Quartos 1 e 2; Salas de convívio 1 e 2	$T_{ar}$ ; $HR$ ; $CO_2$ ; COVs
	Quartos 3 a 5; Sala de convívio 3	$T_{ar}$ ; $HR$

Relativamente às campanhas experimentais de medições, as duas campanhas foram realizadas por forma a abranger diferentes estações do ano, nomeadamente final de outono / início de inverno e primavera. No Quadro 3-2 apresentam-se os vários períodos em que foram realizados os registos dos diferentes parâmetros mencionados, para os diversos compartimentos selecionados.

Quadro 3-2: Períodos de registo dos diferentes parâmetros ambientais em estudo

Edifício	Parâmetros registados	
	$T_{ar}$ / HR / CO <sub>2</sub>	COVs
Infantário 1	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 11 a 15 de janeiro de 2016</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 26 a 29 de abril de 2016</p>	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 11/01/2016 (Sala 1) 12/01/2016 (Sala 2) 13/01/2016 (Sala 3) 14/01/2016 (Sala 4)</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 26/04/2016 (Sala 1) 27/04/2016 (Sala 2) 28/04/2016 (Sala 3) 29/04/2016 (Sala 4)</p>
Infantário 2	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 18 a 22 de janeiro de 2016</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 2 a 6 de maio de 2016</p>	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 18/01/2016 (Sala 1) 19/01/2016 (Sala 2) 20/01/2016 (Sala 3) 21/01/2016 (Sala 4)</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 02/05/2016 (Sala 1) 04/05/2016 (Sala 3) 05/05/2016 (Sala 4) 06/05/2016 (Sala 2)</p>
Lar de Idosos 1	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 7 a 12 de dezembro de 2015</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 21 a 25 de março de 2016</p>	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 07/12/2015 (Quarto 1) 08/12/2015 (Quarto 2) 09/12/2015 (Quarto 3) 10/12/2015 (Sala de convívio)</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 21/03/2016 (Quarto 1) 22/03/2016 (Quarto 2) 23/03/2016 (Quarto 3) 24/03/2016 (Sala de convívio)</p>
Lar de Idosos 2	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 4 a 8 de janeiro de 2016</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 28 de março a 1 de abril de 2016</p>	<p><u>1ª campanha experimental:</u> 04/01/2016 (Sala de convívio 1) 05/01/2016 (Sala de convívio 2) 06/01/2016 (Quarto 1) 07/01/2016 (Quarto 2)</p> <p><u>2ª campanha experimental:</u> 28/03/2016 (Sala de convívio 1) 29/03/2016 (Sala de convívio 2) 30/03/2016 (Quarto 1) 31/03/2016 (Quarto 2)</p>

As medições dos parâmetros correspondentes à  $T_{ar}$ , à  $HR$  e à concentração de  $CO_2$  decorreram de forma contínua, com registos de minuto a minuto. Por outro lado, a medição do parâmetro correspondente à concentração de  $COVs$  decorreu também de forma contínua mas com registos de 30 em 30 seg..

Por forma a comparar os valores entre o exterior e o interior dos compartimentos, foi possível obter as medições dos parâmetros correspondentes à temperatura e à humidade relativa no exterior, retiradas do site *weather underground* (localização - Rua Nossa Senhora de Fátima, Viseu) [41].

Em relação à localização escolhida para a colocação dos equipamentos no interior dos compartimentos, evitou-se, sempre que possível, a escolha de locais que poderiam influenciar as medições dos parâmetros ambientais interiores, nomeadamente junto a janelas e a equipamentos de climatização. No Anexo III da presente dissertação encontram-se apresentadas as figuras dos diversos compartimentos com as respetivas localizações dos equipamentos. Salienta-se ainda que as localizações escolhidas para a colocação dos equipamentos de medição não diferiram da 1ª para a 2ª campanha de monitorização.






Com intuito de avaliar a perceção dos ocupantes relativamente ao conforto térmico, foram realizados inquéritos nos lares de idosos, nomeadamente nos compartimentos de maiores ocupações (salas de convívio). Os inquéritos (modelo adaptado de [21], apresentado no Anexo IV) foram aplicados no decorrer da segunda campanha experimental, durante o período de medições dos parâmetros ambientais.

Uma vez que alguns dos ocupantes dos espaços interiores referidos anteriormente apresentaram dificuldades na leitura e no preenchimento dos inquéritos, optou-se pela formulação direta das questões a cada ocupante presente.

### 3.5 Equipamentos de medição utilizados

Os equipamentos de medição utilizados ao longo das duas campanhas experimentais, apresentam-se identificados e caracterizados no Quadro 3-3.

Quadro 3-3: Equipamentos de medição utilizados nos casos de estudo

Equipamento	Parâmetros analisados	Exatidão	Gama de medição
Telaire 7001 com data logger U12-013 acoplado para gravação dos registos 	- $T_{ar}$ ; - $HR$ ; - Concentração de $CO_2$	$\pm 0,35\text{ }^\circ\text{C}$ (de 0 até $50\text{ }^\circ\text{C}$ ); $\pm 2,5\%$ (de 10 até $90\%$ ); $\pm 50\text{ ppm}$	$-20$ a $70\text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 a $95\%$ ; 0 a $10\ 000\text{ ppm}$ no “display”; 0 a $4000\text{ ppm}$ na ligação externa
Data logger U12-012 	- $T_{ar}$ ; - $HR$	$\pm 0,35\text{ }^\circ\text{C}$ (de 0 até $50\text{ }^\circ\text{C}$ ); $\pm 2,5\%$ (de 10 até $90\%$ )	$-20$ a $70\text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 a $95\%$
Fluke 975 AirMeter 	- $T_{ar}$ ; - $HR$ ; - Concentração de $CO_2$	$\pm 0,9\text{ }^\circ\text{C}$ (de 40 até $60\text{ }^\circ\text{C}$ ); $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ (de 5 até $40\text{ }^\circ\text{C}$ ); $\pm 1,1\text{ }^\circ\text{C}$ (de $-20$ até $5\text{ }^\circ\text{C}$ ); $\pm 2\%$ (de 10 até $90\%$ ); $2,75\% + 75\text{ ppm}$	$-20$ a $60\text{ }^\circ\text{C}$ ; 10 a $90\%$ ; 0 a $5000\text{ ppm}$
PhoCheck Tiger 	- Concentração de $COVs$	$\pm 5\%$ da leitura no “display” $\pm$ um dígito	1 ppb a $20\ 000\text{ ppm}$
Medidor laser Hilti PD 42 	- Distâncias e Áreas	$\pm 1,0\text{ mm}$	0,05 m a 100 m

Os equipamentos de medição apresentados foram disponibilizados pelo Departamento de Engenharia Civil e pelo Departamento de Engenharia do Ambiente, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.

Relativamente à calibração dos equipamentos, constatou-se que:

- O equipamento PhoCheck Tiger tinha a calibração de origem do fabricante dentro do período de validade;
- O equipamento Fluke 975 AirMeter tinha a calibração fora do período de validade;
- Os equipamentos Telaire 7001 tinham a calibração com validade desconhecida.

Deste modo, procedeu-se à calibração (somente a concentração de CO<sub>2</sub>) do equipamento Fluke 975 AirMeter, de acordo com o especificado no manual de apoio do mesmo. Por forma a aferir ainda se os restantes equipamentos (Telaire 7001) se encontravam a registar valores aproximados, foi realizado um ensaio *in situ* em simultâneo com o equipamento calibrado (Fluke 975 AirMeter).

O ensaio *in situ* consistiu na colocação dos aparelhos junto a um vão envidraçado e no registo contínuo, de 1 em 1 minuto, dos valores da concentração de CO<sub>2</sub>. O ensaio teve a duração de 5 horas e ao longo do mesmo os registos de valores foram realizados com o vão envidraçado fechado e aberto (por períodos de 10 minutos).



Figura 3-9: Ensaio *in situ* realizado com os equipamentos Telaire e Fluke, junto a um vão envidraçado

Após a comparação dos resultados obtidos com o ensaio realizado, verificou-se que as diferenças entre os valores obtidos não excederam 160 ppm em todos os aparelhos (ver Gráfico 3-1). Observa-se também que, genericamente, os valores dos Telaire são superiores aos do Fluke. Uma vez que a concentração limite de referência do CO<sub>2</sub> é de 1625 ppm (conforme apresentado no capítulo IV), julga-se que este desvio de 160 ppm (10%) não é significativo.

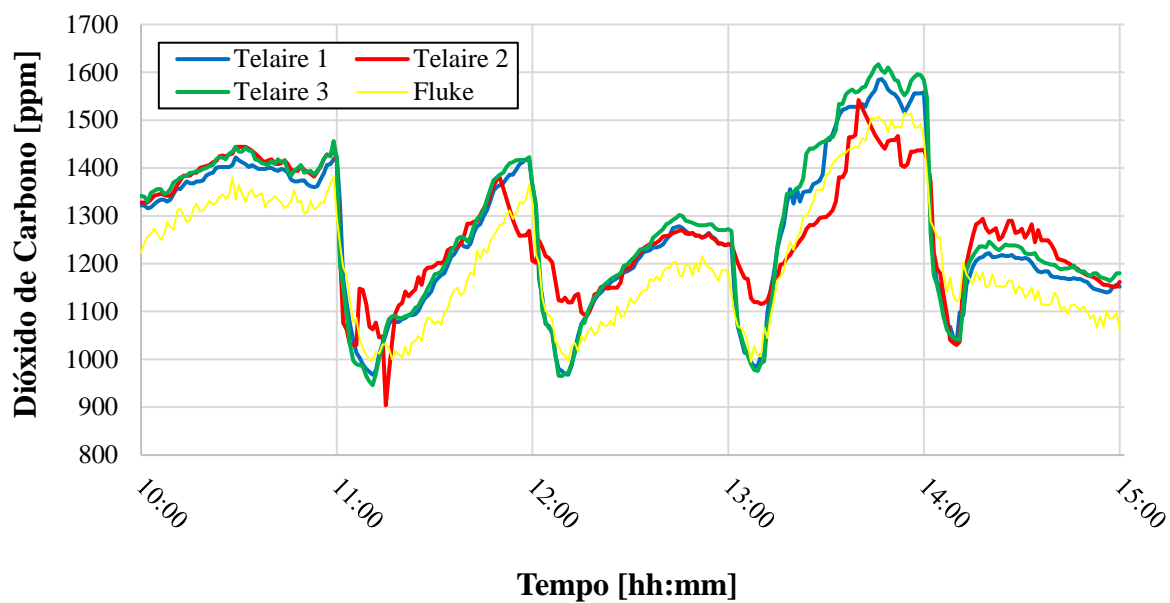


Gráfico 3-1: Comparação dos resultados de CO<sub>2</sub> obtidos com o ensaio *in situ*, realizado com os equipamentos Telaire e Fluke, junto a um vão envidraçado



## 4. Apresentação e análise crítica dos resultados

### 4.1 Introdução

As duas campanhas experimentais foram realizadas com o objetivo de recolher informações sobre o ambiente interior de alguns compartimentos de dois infantários e de dois lares de idosos, por forma a avaliar as condições de QAI, de conforto higrotérmico e de ventilação existentes nos diversos casos de estudo. Deste modo, após a conclusão de cada período de medições (1ª e 2ª campanha experimental), procedeu-se ao tratamento e análise dos valores relativos aos parâmetros ambientais registados.

No presente capítulo da dissertação pretende-se apresentar:

- Os parâmetros ambientais  $T$  e  $HR$ ;
- A QAI através das concentrações de  $CO_2$  e COVs totais;
- Os resultados gráficos obtidos através da aplicação do modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC e desenvolvido por Matias [21], por forma a avaliar o conforto térmico dos ocupantes dos espaços interiores estudados;
- Os resultados obtidos das respostas aos inquéritos realizados na 2ª campanha experimental aos ocupantes das salas de convívio dos lares de idosos, por forma a avaliar a perceção térmica dos ocupantes;
- A determinação da taxa de ventilação de alguns espaços interiores estudados;
- A análise crítica dos resultados obtidos.

## 4.2 Análise dos resultados da primeira campanha experimental

Com o intuito de analisar os resultados da primeira campanha experimental, apresentam-se para os espaços interiores dos dois infantários e dos dois lares de idosos, os resultados dos parâmetros ambientais de registo contínuo ( $T_{ar}$ ;  $HR$ ;  $CO_2$ ;  $COVs$ ), os resultados obtidos pela aplicação do modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC e ainda os resultados da determinação da taxa de ventilação (realizada apenas para alguns dos compartimentos estudados).

Na análise dos resultados, foram considerados como situações desajustadas e excessivas, as seguintes condições de desconforto e de teores de poluentes:

- Percentagem de tempo analisado igual ou superior a 20%, no caso da  $T_{ar}$  e da  $HR$ ;
- Limiar de proteção do  $CO_2$  excedido (1625 ppm, para uma média de 8 horas);
- Limiar de proteção de  $COVs$  excedido (0,52 ppm, para uma média de 8 horas).

No que diz à  $T_{ar}$  e à  $HR$ , a referida percentagem “excessiva” é considerada como razoável na avaliação do ambiente interior, uma vez que a regulamentação existente é relativamente recente e os edifícios apresentam sistemas construtivos e sistemas de climatização e de ventilação que não se encontram na sua maioria preparados para uma exigência muito elevada. Para além do referido, acresce o facto de que se a percentagem definida for muito pequena (por exemplo, < 5 – 10%), o mesmo tornaria a climatização dos espaços bastante onerosa.

Para a determinação da taxa de ventilação, optou-se pela apresentação dos resultados apenas para alguns compartimentos dos infantários e lares de idosos nos quais foram realizadas medições contínuas de  $CO_2$ . Tal facto justifica-se pela presença de utentes permanentes nos compartimentos dos lares de idosos e pela dificuldade existente na determinação do volume de alguns espaços interiores dos infantários.

A determinação das taxas de ventilação é realizada com recurso à técnica do decaimento, pelo método da equação da reta de regressão linear resultante dos mínimos quadrados, aplicado aos valores obtidos em períodos após a saída dos ocupantes (conforme a normalização existente [28 e 29]). Como procedimentos aconselhados a esta técnica (referidos no subcapítulo 2.5), para a minimização de possíveis erros foram cumpridos os seguintes pontos:

- O intervalo de medições foi menor do que dois minutos (intervalo de um minuto);
- Foram sempre registados, no mínimo, cinco valores (utilizados mais do que cinco valores em todos os gráficos realizados).

Uma vez que a determinação das taxas de ventilação é realizada pela técnica do decaimento, recorrendo ao  $CO_2$  metabólico como gás traçador, o cumprimento do procedimento aconselhado relativo ao tempo de duração do ensaio ser aproximadamente igual a  $\tau_n$  [h], com o valor mínimo de uma hora, nem sempre foi possível de ser realizado.

## 4.2.1 Infantário 1

### 4.2.1.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

#### a) Temperatura

No Quadro 4-1 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do infantário 1 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

Quadro 4-1: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (11 a 15 de janeiro)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ\text{C}$	Percentagem $\geq 25^\circ\text{C}$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	17,5	22,2	$19,5 \pm 1,0$	72	0	$10,2 \pm 1,4$	9,3
Sala 2	14,2	20,4	$18,3 \pm 1,3$	91	0		8,1
Sala 3	12,7	20,2	$18,0 \pm 1,4$	99	0		7,8
Sala 4	12,5	18,3	$16,6 \pm 1,0$	100	0		6,4
Sala 5	14,1	21,8	$18,8 \pm 1,5$	78	0		8,6
Refeitório	16,2	20,0	$18,4 \pm 1,0$	100	0	$10,1 \pm 1,2$	8,3

Notas:  
 - Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:  
 a) Salas de atividades: das 8h30 às 17h30;  
 b) Refeitório: das 7h30 às 8h30, das 11h30 às 12h30, das 15h30 às 16h15 e das 17h30 às 19h30;  
 -  $\Delta T$ : corresponde à diferença entre as médias de  $T_{ar}$  e  $T_{ext.}$

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-1, pode observar-se que:

- A média da temperatura exterior foi sempre inferior à média da temperatura interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- As médias das temperaturas interiores registaram-se abaixo das razoáveis para a existência de conforto térmico nos compartimentos estudados, com exceção da sala 1;
- Os valores mínimos registados nas salas 3 e 4 são demasiado baixos (diferença somente de 2 a 3°C em relação à temperatura média exterior);
- Os diferentes compartimentos analisados apresentam uma percentagem excessiva de tempo na qual as temperaturas interiores registadas se encontram inferiores às regulamentares (intervalo recomendado de 20°C a 25°C), sendo que nas salas 2, 3 e 4 e no refeitório se verifica a ausência de conforto térmico em praticamente todo o período de medições (ou mesmo na totalidade).

No Gráfico 4-1 encontra-se apresentada a variação da temperatura das salas 1 a 4. Os resultados gráficos relativos à sala 5 e ao refeitório estudados encontram-se apresentados no Anexo V.

No Gráfico 4-1 é visível a existência de uma variação cíclica da temperatura interior em todos os compartimentos analisados. A referida variação deve-se à ocupação dos compartimentos e ao facto do aquecimento com radiadores elétricos ser intermitente (segundo as funcionárias, é normalmente ligado pelas 7h30 e desligado pelas 17h30 nas salas de atividades e pelas 19h00/19h30 no refeitório, sendo regulado o nível de intensidade individual de libertação de calor dos radiadores, mediante as perceções térmicas dos utilizadores).

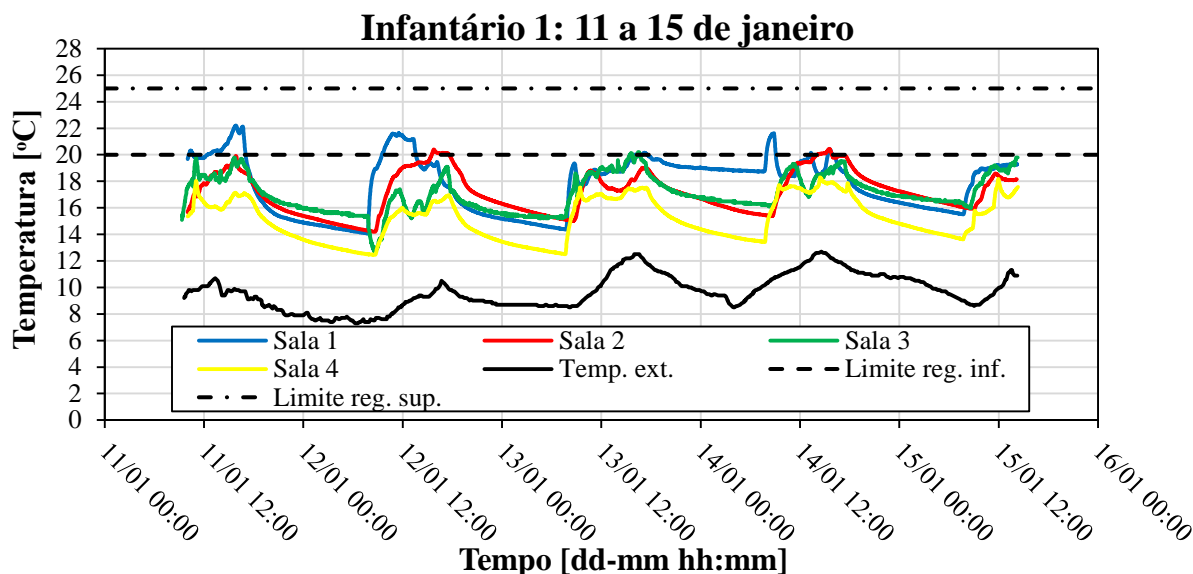
Pela análise gráfica, é notória ainda que, durante os períodos habituais de ocupação, as temperaturas médias apresentam-se com valores inferiores aos limites regulamentares na totalidade dos registos, o que poderá ser reflexo da elevada idade do edifício do infantário 1, onde se verifica a inexistência de isolamento térmico na envolvente e reduzidos desempenhos térmicos dos vãos envidraçados (caixilharias antigas em madeira, sem vedantes, e caixilharias em alumínio, sem corte térmico, com vidro simples), o que facilita as perdas de calor por transmissão térmica do interior para o exterior e favorece ainda a ocorrência de infiltrações de ar exterior para o interior dos compartimentos.

As condições de climatização presentes nos compartimentos do infantário 1 não se revelam então, perante as condições acima identificadas, suficientes para garantir um adequado conforto térmico dos ocupantes.

Analisando os casos particulares da sala 1 (no qual a temperatura interior é genericamente a mais alta) e da sala 4 (no qual a temperatura interior é genericamente a mais baixa), conclui-se que:

- A sala 1 é a única que possui dois radiadores elétricos. O facto da temperatura interior registada ser quase sempre a mais elevada deve-se provavelmente ao reforço do aquecimento presente nesta sala;
- A sala 4, localizada no piso térreo, apresenta uma área de envidraçados bastante superior às restantes salas analisadas. Apesar de se tratar da única sala que possui melhorias relativamente aos vãos envidraçados (envidraçados constituídos por caixilharias em alumínio, sem corte térmico, cujos sistemas são fixos e de abrir com vidros simples), os mesmos apresentam igualmente elevadas permeabilidades ao ar, o que associado à elevada área de envidraçados presentes, contribui para que ocorram maiores infiltrações de ar do exterior para o interior. O facto da sala apenas possuir um radiador elétrico pode ainda, perante a situação descrita, contribuir para que as temperaturas registadas no interior da sala 4 se revelem inferiores às registadas nos restantes compartimentos do infantário 1.

Por último, é importante mencionar que as temperaturas baixas registadas podem igualmente ser reflexo das orientações da sala 4, nomeadamente a NO.

Gráfico 4-1: Registo da  $T_{ar}$  nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 1ª campanha experimental

### b) Humidade Relativa

No Quadro 4-2 encontra-se apresentada a análise estatística da  $HR$  interior registada nos compartimentos do infantário 1 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da  $HR$  do ar exterior.

Os resultados gráficos relativos à variação da  $HR$  das salas 1 a 5 e do refeitório encontram-se apresentados no Anexo V.

Quadro 4-2: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (11 a 15 de janeiro)

Compartimento	$HR$ [%]					$HR_{ext.}$ [%]	$\Delta HR$ [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 30\%$	Percentagem $\geq 70\%$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	53	76	$63 \pm 5$	0	9	$79 \pm 10$	16
Sala 2	62	81	$68 \pm 3$	0	22		11
Sala 3	57	78	$67 \pm 4$	0	28		12
Sala 4	68	85	$78 \pm 3$	0	99		1
Sala 5	62	77	$67 \pm 3$	0	20		12
Refeitório	56	70	$63 \pm 3$	0	1	$80 \pm 9$	17

**Notas:**

- Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:
  - a) Salas de atividades: das 8h30 às 17h30;
  - b) Refeitório: das 7h30 às 8h30, das 11h30 às 12h30, das 15h30 às 16h15 e das 17h30 às 19h30;
- $\Delta HR$ : corresponde à diferença entre as médias de  $HR_{ext}$  e  $HR$ .

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-2 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- A média da *HR* exterior foi sempre superior à média da *HR* interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- Os compartimentos analisados não apresentam valores preocupantes de *HR* média, com exceção da sala 4 que apresenta um valor médio superior ao limite máximo recomendado (valor limite de 70%);
- Com exceção do refeitório e da sala 1, os diferentes compartimentos analisados apresentam valores preocupantes de *HR*, revelando a existência de percentagens elevadas de tempo nas quais a *HR* se encontra acima do valor limite máximo recomendado (limite de 70%);
- A sala 4 é o compartimento que apresenta valores mais preocupantes de *HR*, possuindo registos acima do valor limite recomendado para praticamente a totalidade das medições realizadas durante o período habitual de ocupação. Os valores de *HR* podem ser reflexo da densidade de ocupação da sala (trata-se de uma das salas que possui menor área útil e com ocupação idêntica às restantes salas do infantário 1) e da proximidade do compartimento a uma instalação sanitária.

Uma vez que o compartimento possui um sistema desumidificador portátil, conclui-se que o equipamento não se revela suficiente na remoção de *HR* para valores considerados aceitáveis.

#### c) Poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs)

No Quadro 4-3 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 1 durante a primeira campanha experimental.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-3, pode observar-se que:

- Durante o período de ocupação habitual dos compartimentos, as salas 2 a 4 apresentam valores médios de CO<sub>2</sub> elevados. A sala 4 possui ainda um valor médio de COVs preocupante;
- Os valores do desvio padrão dos COVs são elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação;
- Todos os compartimentos analisados apresentam um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção;
- A sala 4 apresenta um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção.

Quadro 4-3: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (11 a 15 de janeiro)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Sala 1	3194	1582 ± 611	1994	1,00	0,26 ± 0,24	0,27
Sala 2	3050	1732 ± 592	2110	0,58	0,17 ± 0,17	0,18
Sala 3	4130	2236 ± 760	2599	0,31	0,13 ± 0,12	0,13
Sala 4	3984	2308 ± 814	2745	1,73	0,60 ± 0,54	0,62

**Nota:**  
- Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos: das 8h30 às 17h30.

No Gráfico 4-2 encontra-se apresentada a variação de CO<sub>2</sub> das salas 1 a 4.

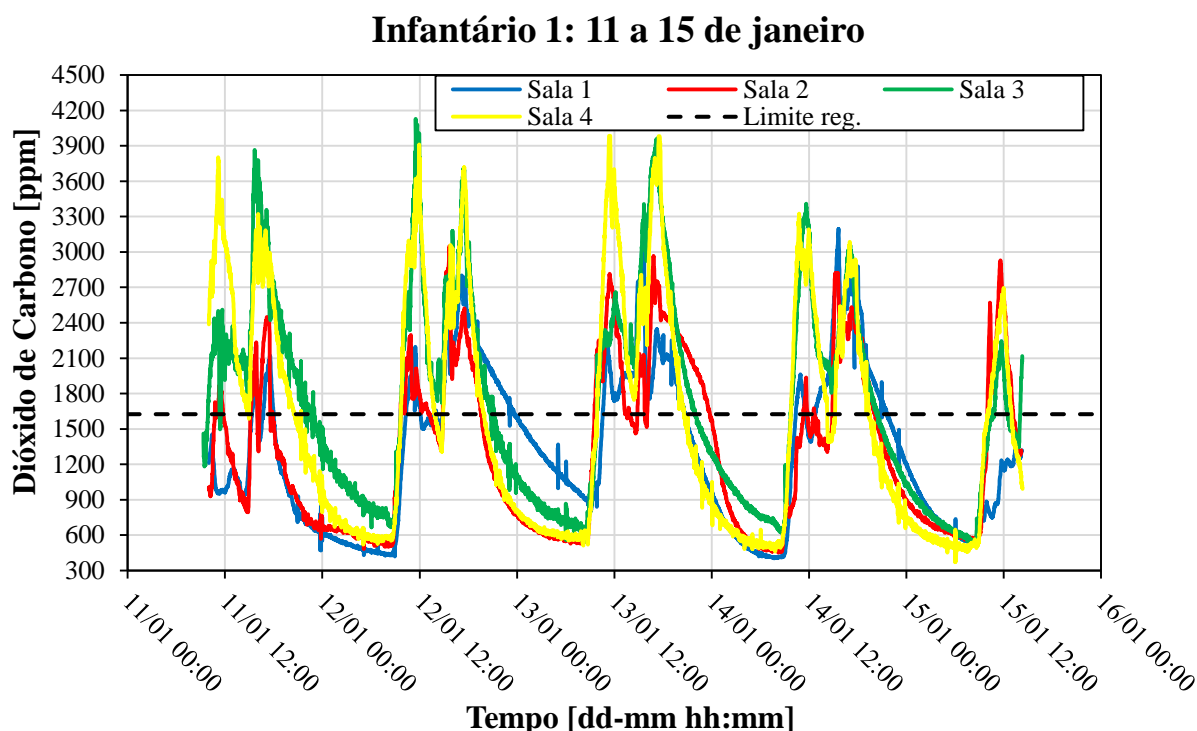


Gráfico 4-2: Registo de CO<sub>2</sub> nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 1ª campanha experimental

Pelo gráfico apresentado é visível a existência de uma variação cíclica do poluente interior em todos os compartimentos analisados. A referida variação encontra-se relacionada com os níveis de ocupação dos espaços interiores. Deste modo, verifica-se a existência de picos máximos nos períodos da manhã e nos períodos da tarde, nomeadamente durante os períodos de ocupação. Os decaimentos de CO<sub>2</sub> são visíveis todos os dias, a partir do horário de almoço (a partir das

11h30, aproximadamente), prolongando-se os mesmos durante um período de tempo que corresponde ao horário da sesta (até às 14h30). Nos períodos da tarde são observados aumentos da concentração de CO<sub>2</sub> após o horário da sesta, com decaimentos curtos ocorridos durante o período do lanche (das 15h30 às 16h15, aproximadamente) e com decaimentos superiores após o término do período de ocupação habitual dos compartimentos analisados (a partir das 17h30).

Dado que o único sistema de ventilação presente nos compartimentos do infantário 1 é a ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar), o registo de valores elevados de CO<sub>2</sub>, durante os períodos de ocupação, pode ser reflexo de condições de ventilação insuficientes para o nível de ocupação existente.

No Gráfico 4-3 encontra-se apresentada a variação de COVs, juntamente com a variação de CO<sub>2</sub> da sala 4.

Os resultados gráficos relativos às variações de COVs das salas 1 a 3 encontram-se apresentados no Anexo V.

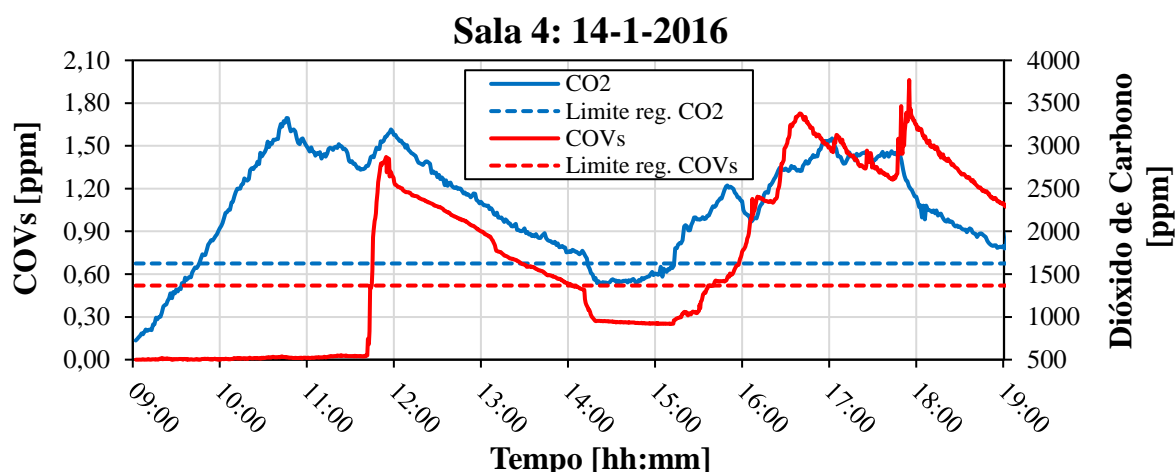


Gráfico 4-3: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 4 do infantário 1 – 1ª campanha experimental

De acordo com o Gráfico 4-3, é possível observar que para a sala 4 o limite máximo de COVs é ultrapassado durante um largo período de tempo analisado. Com a observação do gráfico, verifica-se que o primeiro pico máximo de poluente ocorre em horário imediatamente após o início do período de almoço, decrescendo lentamente, durante o período de almoço e da sesta, para valores aceitáveis (inferiores ao limite regulamentar), enquanto que o segundo pico máximo, por sua vez, ocorre durante o período da tarde (às 16h40), resultado de um sucessivo aumento que decorre desde as 15h10, aproximadamente. Uma vez que a sala de atividades alberga crianças com 5 anos de idade e dado ainda que para os períodos de registos elevados de COVs, a concentração de CO<sub>2</sub> também se verifica com valores superiores ao limite máximo regulamentar, estas concentrações elevadas podem ser reflexo do uso de materiais pedagógicos, como por exemplo, a utilização de tintas e colas (materiais frequentemente utilizados nos

trabalhos manuais realizados), da exposição dos trabalhos pela sala e da existência de deficientes condições de ventilação.

Por último, o terceiro pico máximo de COVs ocorre por volta das 18h00, horário que corresponde ao habitual período de limpezas. Para o mesmo horário, observa-se uma redução de CO<sub>2</sub> que poderá corresponder a uma possível abertura de janelas durante a ação de limpeza realizada.

Pela visualização dos restantes gráficos presentes no Anexo V (Gráfico V-4 a Gráfico V-6), observa-se que:

- Na sala 1, o limite máximo de COVs é ultrapassado durante um período de tempo de aproximadamente uma hora. Nos registos observados verifica-se a existência de um pico máximo de poluente, em horário anterior ao período de almoço, com posterior decréscimo sucessivo, até valores considerados aceitáveis (inferiores a 0,52 ppm). Perante a situação pontual de elevadas concentrações de COVs, pode-se concluir que esta situação pode dever-se ao uso de materiais pedagógicos (por exemplo: tintas e colas);
- As salas 2 e 3 do infantário 1 não apresentam valores de COVs que careçam de preocupação.

#### **4.2.1.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC**

No Gráfico 4-4 apresenta-se a avaliação do conforto térmico das salas 1 e 2 do infantário 1, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos às salas 3 a 5 e ao refeitório encontram-se apresentados no Anexo VI.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização ativa (aquecimento intermitente com radiadores elétricos) no período de medições, é visível a existência de ambientes termicamente confortáveis e desconfortáveis em todos os compartimentos analisados. Deste modo, verifica-se que:

- As salas 2, 3 e 5 e o refeitório, apresentam muitos valores dentro da zona estabelecida como de conforto térmico. Demonstram igualmente, no entanto, elevadas percentagens de valores fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas (percentagens de 33, 35, 28 e 32%, para as salas 2, 3, 5 e refeitório, respetivamente);
- A sala 4 apresenta a maior percentagem de condições de desconforto térmico quando comparada com os restantes compartimentos (97% dos valores encontram-se abaixo do limite inferior do modelo);
- A sala 1 satisfaz as condições de conforto térmico estabelecidas pelo modelo para praticamente todos os registos, demonstrando apenas uma pequena percentagem de valores (5%) fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas. O mesmo

pode dever-se provavelmente ao reforço do aquecimento presente na sala 1 (única sala que possui dois radiadores elétricos).

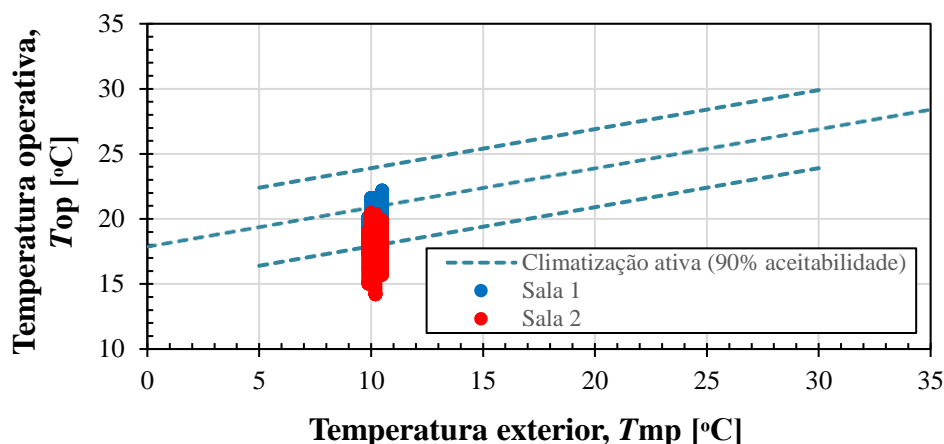


Gráfico 4-4: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 1 (1ª campanha experimental)

#### 4.2.1.3 Taxas de ventilação

No Quadro 4-4 apresentam-se as taxas de ventilação das salas 3 e 4 do infantário 1.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo VII.

Pelos resultados apresentados, conclui-se que ambas as salas analisadas possuem deficientes taxas de ventilação (as  $R_{ph}$  médias são nos dois casos bastante inferiores às  $R_{ph}$  regulamentares).

Quadro 4-4: Taxas de ventilação da sala 3 e 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ média (decaimento do $CO_2$ ) [ $h^{-1}$ ]	Caudal de ar novo regulamentar [ $m^3/(h.pessoa)$ ]	Volume do compartimento [ $m^3$ ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [ $h^{-1}$ ]
Sala 3	0,30	28	104,38	21	5,63
Sala 4	0,31	28	93,29	22	6,60

Notas:  
 - Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do  $CO_2$ , foi utilizado um total de 5 ensaios para a sala 3 e 8 ensaios para a sala 4;  
 - Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7].

## 4.2.2 Infantário 2

### 4.2.2.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

#### a) Temperatura

No Quadro 4-5 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do infantário 2 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

Quadro 4-5: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (18 a 22 de janeiro)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ\text{C}$	Percentagem $\geq 25^\circ\text{C}$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	16,4	19,3	$18,1 \pm 0,7$	100	0	$10,7 \pm 1,8$	7,4
Sala 2	18,4	22,1	$20,0 \pm 0,9$	57	0		9,3
Sala 3	14,2	20,2	$17,3 \pm 1,3$	99	0		6,6
Sala 4	14,2	19,8	$17,3 \pm 1,2$	100	0		6,6
Sala 5	14,4	22,8	$21,5 \pm 1,0$	4	0		10,8
Sala 6	14,4	17,7	$15,8 \pm 0,8$	100	0		5,1
Sala 7	14,8	22,1	$18,8 \pm 1,7$	74	0		8,1
Sala 8	13,5	20,2	$17,2 \pm 1,2$	99	0		6,5

**Notas:**  
 - Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:  
 a) Salas 2 e 6: das 8h30 às 18h00;  
 b) Restantes salas: das 8h30 às 17h30;  
 -  $\Delta T$ : corresponde à diferença entre as médias de  $T_{ar}$  e  $T_{ext.}$

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-5, pode observar-se que:

- A média da temperatura exterior foi sempre inferior à média da temperatura interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- As médias das temperaturas interiores registaram-se abaixo das razoáveis para a existência de conforto térmico nos compartimentos estudados, com a exceção das salas 2 e 5;
- Com exceção da sala 5, os diferentes compartimentos analisados apresentam uma percentagem excessiva de tempo na qual as temperaturas interiores registadas se encontram inferiores às regulamentares (intervalo recomendado de 20°C a 25°C), sendo

que nas salas 1, 3, 4, 6 e 8 se verifica a ausência de conforto térmico em praticamente todo o período de medições (ou mesmo na totalidade);

- A sala 5 não apresenta valores preocupantes em termos de temperatura, proporcionando para praticamente todo o período de medições analisado condições de conforto térmico aos ocupantes do espaço interior.

No Gráfico 4-5 encontra-se apresentada a variação da temperatura das salas 5 a 8. Os resultados gráficos relativos às salas 1 a 4 estudadas encontram-se apresentados no Anexo V.

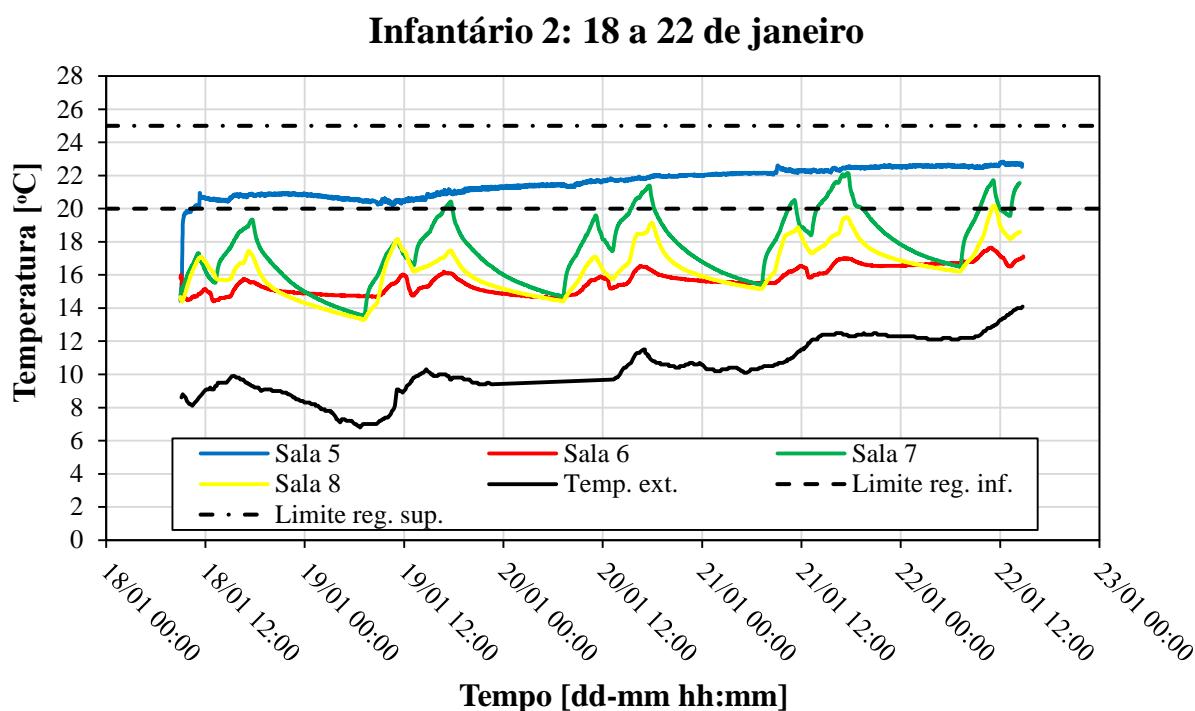


Gráfico 4-5: Registo da  $T_{ar}$  nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

Nos resultados gráficos é visível a existência de uma variação cíclica da temperatura interior em todos os compartimentos analisados, com a exceção da sala 5. A referida variação deve-se à ocupação dos compartimentos e ao facto do aquecimento com radiadores elétricos ser intermitente (normalmente ligado durante o período de ocupação, mas sem horários definidos). Quando questionadas, as educadoras mencionaram que ligam o aquecimento e regulam o nível de intensidade individual de libertação de calor dos radiadores mediante as perceções térmicas sentidas pelas mesmas. Uma vez que a sala 5 é o único compartimento do infantário 2 que não apresenta uma variação cíclica da temperatura, o mesmo pode dever-se ao facto do sistema de climatização permanecer ligado durante a totalidade do período de medições. O motivo aparente para a exceção observada deve-se ao facto da sala 5 ser considerada pelas educadoras como um compartimento habitualmente crítico em termos de temperatura e humidade, o que é justificado pela sua orientação (O) e por se encontrar parcialmente enterrado.

Por tratar-se de um edifício antigo, os registos das temperaturas interiores abaixo dos valores razoáveis podem ser reflexo das condições inexistentes de isolamento térmico na envolvente. Dado ainda que a maioria dos compartimentos do infantário 2 apresenta vãos com desempenho melhorado (caixilharia em alumínio, sem corte térmico, e com vidro duplo), quando comparados os tipos de vãos envidraçados com os do infantário 1, não são tão relevantes para este caso de estudo as perdas de calor e as infiltrações de ar como justificação dos reduzidos valores da temperatura registados ao longo da primeira campanha experimental.

Com a exceção do compartimento da sala 5, as condições de climatização presentes não se revelam igualmente suficientes para garantir um adequado conforto térmico dos ocupantes.

### **b) Humidade Relativa**

No Quadro 4-6 encontra-se apresentada a análise estatística da *HR* interior registada nos compartimentos do infantário 2 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da *HR* do ar exterior.

Os resultados gráficos relativos à variação da *HR* das salas 1 a 8 encontram-se apresentados no Anexo V.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-6 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- A média da *HR* exterior foi sempre superior à média da *HR* interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- Cinco dos oito compartimentos analisados apresentam valores preocupantes de *HR* média;
- Com exceção das salas 2, 5 e 7, os diferentes compartimentos analisados apresentam valores preocupantes de *HR*, revelando a existência de percentagens elevadas de tempo nas quais a *HR* se encontra acima do valor limite máximo recomendado (limite de 70%). Uma vez que a sala 5 (compartimento parcialmente enterrado) não apresenta problemas de *HR*, conclui-se que o mesmo é resultado do desumidificador portátil colocado em constante funcionamento;
- A sala 6 é o compartimento que apresenta valores mais preocupantes de *HR*, possuindo registos acima do valor limite recomendado para a totalidade das medições realizadas durante o período habitual de ocupação. A elevada concentração de *HR* na sala 6, que alberga crianças com 1 ano de idade, pode ser reflexo da proximidade do compartimento a um fraldário e a uma instalação sanitária. Para além do referido, as concentrações elevadas podem dever-se às refeições que são sempre realizadas no interior do compartimento e ainda à ligação existente com o berçário (local no qual os bebés permanecem parte do período da tarde), o qual possui uma porta para o seu interior. Os

elevados valores de *HR* registados podem ainda dever-se a possíveis renovações de ar insuficientes, motivadas pelas condições exteriores existentes.

Quadro 4-6: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (18 a 22 de janeiro)

Compartimento	<i>HR</i> [%]					<i>HR</i> <sub>ext.</sub> [%]	$\Delta HR$ [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 30\%$	Percentagem $\geq 70\%$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	64	81	$75 \pm 4$	0	85	$86 \pm 7$	11
Sala 2	50	71	$63 \pm 4$	0	2		23
Sala 3	63	87	$73 \pm 3$	0	92		13
Sala 4	65	79	$72 \pm 3$	0	76		14
Sala 5	54	93	$63 \pm 3$	0	1		23
Sala 6	68	86	$81 \pm 3$	0	100		5
Sala 7	61	70	$66 \pm 2$	0	0		20
Sala 8	60	76	$70 \pm 3$	0	58		16

**Notas:**  
 - Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:  
 a) Salas 2 e 6: das 8h30 às 18h00;  
 b) Restantes salas: das 8h30 às 17h30;  
 -  $\Delta HR$ : corresponde à diferença entre as médias de *HR*<sub>ext</sub> e *HR*.

### c) Poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs)

No Quadro 4-7 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 2 durante a primeira campanha experimental.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-7, pode observar-se que:

- Durante o período de ocupação habitual dos compartimentos, as salas 1 a 4 apresentam valores médios de CO<sub>2</sub> elevados. A sala 4 possui ainda um valor médio de COVs preocupante;
- Os valores do desvio padrão dos COVs das salas 1, 3 e 4 são elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação;
- Todos os compartimentos analisados apresentam um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção. As concentrações médias na sala 1 são particularmente preocupantes;

- A sala 4 apresenta um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção.

Quadro 4-7: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 1<sup>a</sup> campanha experimental (18 a 22 de janeiro)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Sala 1	4028	2712 ± 1067	3392	2,08	0,34 ± 0,39	0,35
Sala 2	3631	2251 ± 679	2831	0,07	0,04 ± 0,02	0,04
Sala 3	3116	1707 ± 535	2018	1,12	0,27 ± 0,26	0,29
Sala 4	3196	1746 ± 516	2243	1,53	0,55 ± 0,31	0,58

Nota:  
 - Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:  
 a) Sala 2: das 8h30 às 18h00;  
 b) Restantes salas: das 8h30 às 17h30.

No Gráfico 4-6 encontra-se apresentada a variação de CO<sub>2</sub> das salas 1 a 4.

Pelo gráfico apresentado, é visível a existência de uma variação cíclica do poluente interior em todos os compartimentos analisados. A referida variação encontra-se relacionada com os níveis de ocupação dos espaços interiores. Deste modo, verifica-se, para as salas 1, 3 e 4, a existência de picos máximos de CO<sub>2</sub> nos períodos da manhã e da tarde, nomeadamente durante os períodos de ocupação (às 11h30, às 15h15 e às 17h00, aproximadamente) e ainda o registo de decaimentos pontuais correspondentes ao período de almoço e lanche (a partir das 11h30 e das 15h30, aproximadamente). Após o término da ocupação habitual dos compartimentos (a partir das 17h30) registam-se os decaimentos mais graduais.

A sala 2 apresenta, por sua vez, uma variação cíclica diferente, dado que os ocupantes da mesma (bebés de 2 anos) permanecem sempre na sala. Para a referida sala observa-se então um pico máximo de CO<sub>2</sub> no período da tarde (por volta das 15h00), com decaimentos pontuais (entre as 15h00 e as 15h30) que correspondem à abertura das janelas após a sesta (conforme mencionado pela educadora da sala), e com decaimentos mais graduais após o término da ocupação habitual do compartimento (a partir das 18h00).

Dado que o único sistema de ventilação presente nos compartimentos do infantário 2 é a ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar), o registo de valores elevados de CO<sub>2</sub>, durante os períodos de ocupação, pode ser reflexo de condições de ventilação insuficientes para o nível de ocupação existente.

### Infantário 2: 18 a 22 de janeiro

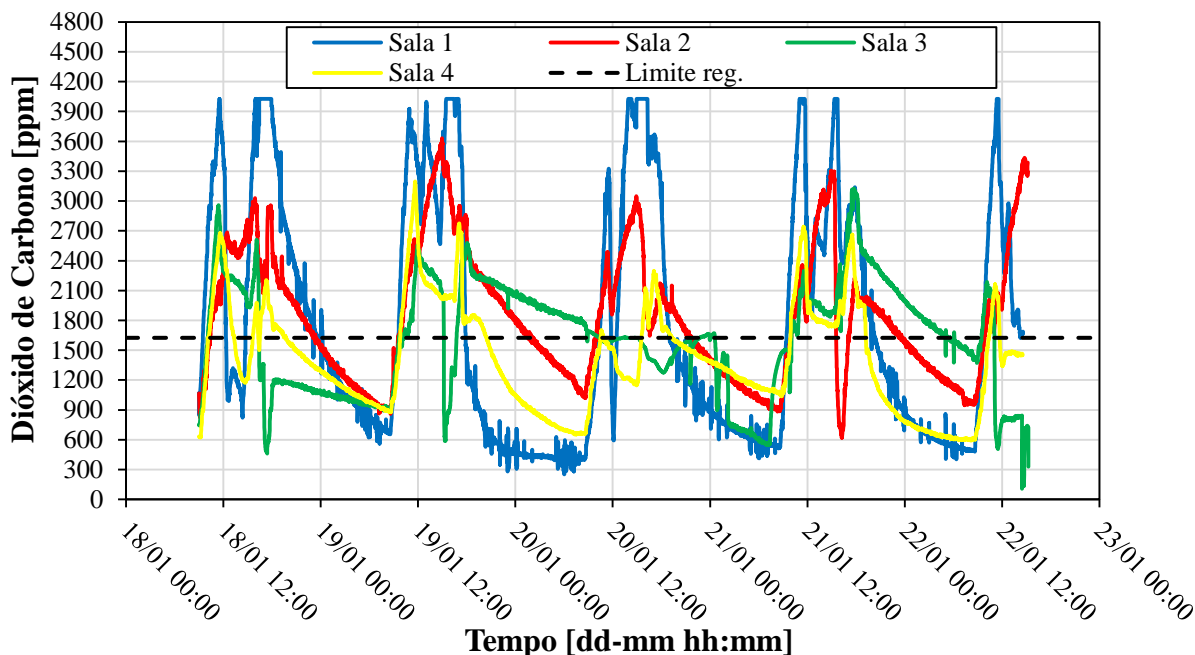


Gráfico 4-6: Registo de CO<sub>2</sub> nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

No Gráfico 4-7 encontra-se ainda apresentada a variação de COVs, juntamente com a variação de CO<sub>2</sub> da sala 4.

Os resultados gráficos relativos às variações de COVs das salas 1 a 3 encontram-se apresentados no Anexo V.

### Sala 4: 21-01-2016

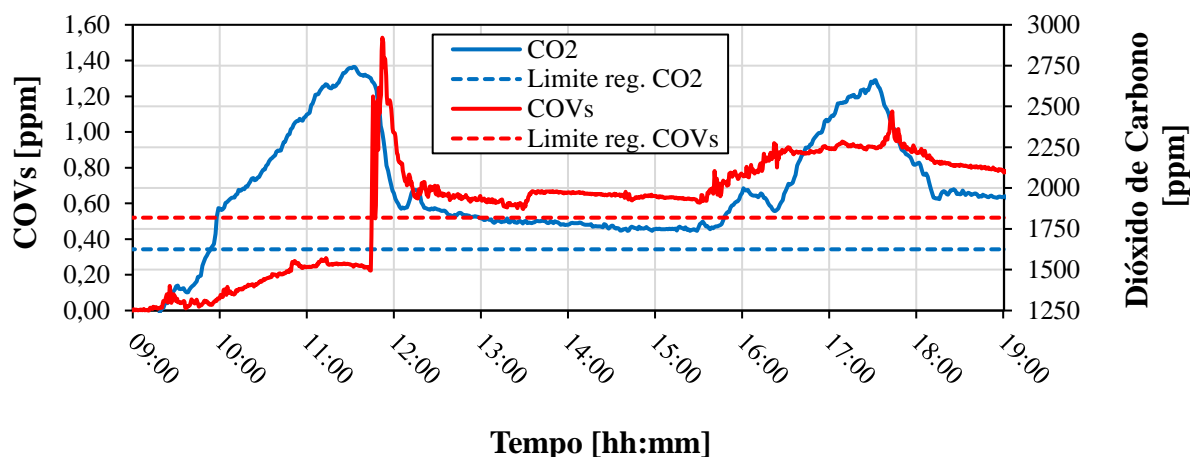


Gráfico 4-7: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 4 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

De acordo com o Gráfico 4-7, é possível observar que para a sala 4 o limite máximo de COVs é ultrapassado durante um longo período de tempo analisado. Observa-se que o pico máximo de poluente ocorre em horário imediatamente após o início do período de almoço, mantendo-se

em concentrações acima do valor regulamentar até ao horário final das medições. As concentrações elevadas de COVs podem ser reflexo do uso de materiais pedagógicos, como por exemplo, a utilização de tintas e colas (materiais frequentemente utilizados nos trabalhos manuais), e da exposição dos trabalhos manuais pela sala. Uma vez que para o período de medições apresentado, a concentração de CO<sub>2</sub> também regista valores superiores ao limite máximo regulamentar, pode-se referir a existência de deficientes condições de ventilação como a causa mais preponderante para que as concentrações de poluentes se mantenham acima dos limites regulamentares até ao horário final das medições.

Pela visualização dos restantes gráficos apresentados no Anexo V (Gráfico V-10 a Gráfico V-12), observa-se que:

- Na sala 1, o limite máximo de COVs é ultrapassado apenas durante o período de ocupação da manhã. Por outro lado, na sala 3, verifica-se que o limite é ultrapassado durante o período de ocupação da tarde. Perante as situações apresentadas, pode-se concluir que as concentrações excessivas podem ter origem no uso de materiais pedagógicos (por exemplo: tintas e colas) no interior dos dois compartimentos;
- A sala 2 do infantário 2 não apresenta valores de COVs que revelem preocupação.

#### **4.2.2.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC**

No Gráfico 4-8 apresenta-se a avaliação do conforto térmico das salas 1 e 2 do infantário 2, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos às salas 3 a 8 encontram-se apresentados no Anexo VI.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização ativa (aquecimento intermitente com radiadores elétricos) no período de medições, é visível a existência de ambientes termicamente distintos nos compartimentos analisados. Deste modo, verifica-se que:

- As salas 1, 3, 4, 7 e 8, embora apresentem muitos valores dentro da zona estabelecida como de conforto térmico, demonstram igualmente, no entanto, uma elevada percentagem de valores fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado reduzidas (percentagens de 21, 56, 58, 25 e 65%, para as salas 1, 3, 4, 7 e 8, respetivamente);
- A sala 2 satisfaz na totalidade as condições de conforto térmico estabelecidas pelo modelo analisado, apresentando registos de temperaturas dentro dos limites considerados como confortáveis. O referido pode dever-se à orientação (S) e à densidade de ocupação do compartimento, dado que se trata da sala do infantário 2 que possui a maior densidade de ocupação;
- A sala 5 satisfaz as condições de conforto térmico estabelecidas pelo modelo para praticamente todos os registos, o que pode dever-se ao já referido no ponto anterior;

- A sala 6 não satisfaz as condições de conforto térmico estabelecidas pelo modelo, apresentando na totalidade dos registos temperaturas demasiado reduzidas. O facto do referido compartimento não ser ocupado permanentemente, nomeadamente durante parte do período da tarde (das 12h00 às 15h30, aproximadamente), horário no qual os bebés se encontram no berçário, faz com que as reduzidas temperaturas possam ser reflexo da utilização das proteções solares interiores (portadas em madeira) durante o período mencionado, o que impede, deste modo, o aproveitamento de ganhos solares para o interior do compartimento. Para além do referido, é importante mencionar que no exterior existem árvores de grande porte que provocam sombreamento nas envolventes do compartimento. Dado que a sala 6 se encontra equipada com três radiadores elétricos, pode-se concluir que os mesmos não são provavelmente ligados em simultâneo durante o período de ocupação ou apesar de ligados podem encontrar-se regulados para baixos níveis de intensidade na libertação de calor.

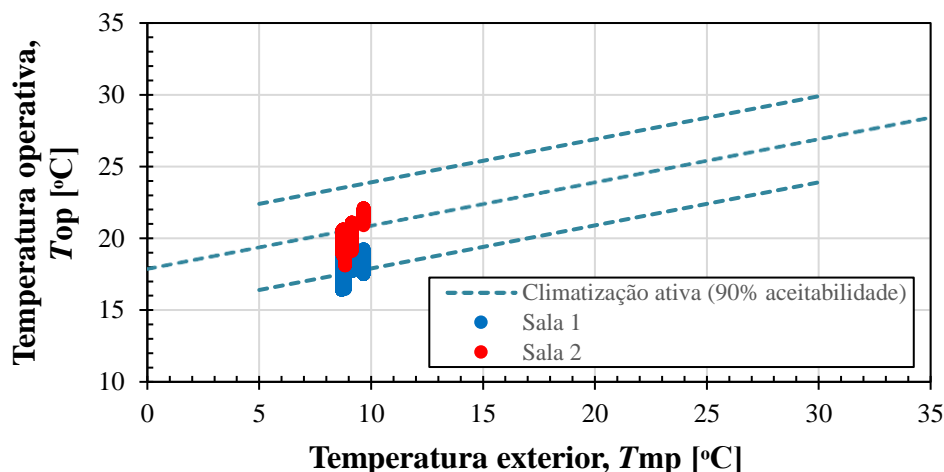


Gráfico 4-8: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 2 (1ª campanha experimental)

#### 4.2.2.3 Taxa de ventilação

No Quadro 4-8 apresentam-se as taxas de ventilação das salas 1 e 2 do infantário 2.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo VII.

Pelos resultados apresentados, conclui-se que ambas as salas analisadas possuem deficientes taxas de ventilação (as  $R_{ph}$  médias são nos dois casos bastante inferiores às  $R_{ph}$  regulamentares).

Quadro 4-8: Taxas de ventilação da sala 3 e 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ média (decaimento do CO <sub>2</sub> ) [h <sup>-1</sup> ]	Caudal de ar novo regulamentar [m <sup>3</sup> /(h.pessoa)]	Volume do compartimento [m <sup>3</sup> ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [h <sup>-1</sup> ]
Sala 1	1,25	28	108,99	21	5,39
Sala 2	0,40	28	201,59	32	4,44

Notas:  
- Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do CO<sub>2</sub>, foi utilizado um total de 6 ensaios para a sala 1 e 3 ensaios para a sala 2;  
- Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7].

### 4.2.3 Lar de Idosos 1

#### 4.2.3.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

##### a) Temperatura

No Quadro 4-9 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do lar de idosos 1 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

Os resultados gráficos relativos à variação da  $T_{ar}$  dos compartimentos do lar de idosos 1 encontram-se apresentados no Anexo V.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-9 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- A média da temperatura exterior foi sempre bastante inferior à média da temperatura interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- As médias das temperaturas interiores são razoáveis para a existência de conforto térmico nos compartimentos estudados;
- Os diferentes compartimentos analisados apresentam, para o período de medições, temperaturas interiores dentro do limite regulamentar (intervalo recomendado entre 20°C e 25°C). A sala de convívio apresenta, no entanto, uma percentagem de tempo irrelevante na qual as temperaturas são superiores ao limite máximo regulamentar;
- Nos gráficos apresentados em anexo não é notória uma variação cíclica da temperatura interior. No entanto, o aquecimento possui diferentes períodos de funcionamento com início em horários pré-estabelecidos (início às 06h00 e às 18h00).

Quadro 4-9: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (7 a 12 de dezembro)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ\text{C}$	Percentagem $\geq 25^\circ\text{C}$	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	21,8	22,7	$22,3 \pm 0,2$	0	0	$11,8 \pm 1,2$	10,5
Quarto 2	20,8	24,0	$23,1 \pm 0,3$	0	0		11,3
Quarto 3	21,2	23,4	$22,7 \pm 0,3$	0	0		10,9
Quarto 4	19,9	23,6	$22,5 \pm 0,7$	0	0		10,7
Quarto 5	21,9	23,9	$23,3 \pm 0,3$	0	0		11,5
Quarto 6	20,2	23,9	$22,2 \pm 0,5$	0	0		10,4
Quarto 7	20,9	23,3	$22,1 \pm 0,5$	0	0		10,3
Sala de convívio	23,0	26,2	$24,0 \pm 0,4$	0	2	$12,3 \pm 1,2$	11,7
<p><u>Notas:</u></p> <p>- Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;</p> <p>- <math>\Delta T</math>: corresponde à diferença entre as médias de <math>T_{ar}</math> e <math>T_{ext.}</math></p>							

Nos compartimentos do lar de idosos 1, o facto das temperaturas interiores se encontrarem aproximadamente constantes e dentro dos valores recomendados pode ser reflexo do edifício em questão ser o mais recente dos quatro analisados, apresentando sistemas de construção melhorados. Exemplo do referido é a existência de vãos envidraçados constituídos por caixilharias em alumínio, sem corte térmico, com vidros duplos, na totalidade dos compartimentos e a existência de isolamento térmico na envolvente do edifício.

### b) Humidade Relativa

No Quadro 4-10 encontra-se apresentada a análise estatística da *HR* interior registada nos compartimentos do lar de idosos 1 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da *HR* do ar exterior.

Os resultados gráficos relativos à variação da *HR* dos compartimentos do lar de idosos 1 encontram-se apresentados no Anexo V.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-10 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- A média da *HR* exterior foi sempre bastante superior à média da *HR* interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- Os compartimentos analisados apresentam valores razoáveis de *HR* média, dentro dos limites considerados aceitáveis (entre 30 e 70%);

- Durante o período total de medições, os compartimentos analisados apresentam valores de *HR* dentro dos limites recomendados.

Quadro 4-10: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (7 a 12 de dezembro)

Compartimento	<i>HR</i> [%]					<i>HR</i> <sub>ext.</sub> [%]	$\Delta HR$ [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 30\%$	Percentagem $\geq 70\%$	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	45	61	$49 \pm 3$	0	0	$77 \pm 3$	28
Quarto 2	38	57	$45 \pm 3$	0	0		32
Quarto 3	42	57	$49 \pm 3$	0	0		28
Quarto 4	40	61	$47 \pm 2$	0	0		30
Quarto 5	37	63	$45 \pm 3$	0	0		32
Quarto 6	42	66	$48 \pm 3$	0	0		29
Quarto 7	41	60	$47 \pm 4$	0	0		30
Sala de convívio	42	57	$48 \pm 3$	0	0	$77 \pm 4$	29

Notas:  
 - Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;  
 -  $\Delta HR$ : corresponde à diferença entre as médias de *HR*<sub>ext</sub> e *HR*.

### c) Poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs)

No Quadro 4-11 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 1 durante a primeira campanha experimental.

Quadro 4-11: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 1ª campanha experimental (7 a 12 de dezembro)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Quarto 1	1160	$688 \pm 64$	734	0,21	$0,03 \pm 0,05$	0,04
Quarto 2	1145	$663 \pm 78$	720	0,21	$0,07 \pm 0,03$	0,07
Quarto 3	1766	$705 \pm 168$	872	0,53	$0,10 \pm 0,08$	0,11
Sala de convívio	2656	$1132 \pm 684$	2626	0,20	$0,05 \pm 0,04$	0,06

Nota:  
 - Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30.

Os resultados gráficos relativos à variação de CO<sub>2</sub> e de COVs nos compartimentos do lar de idosos 1 encontram-se apresentados no Anexo V.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-11 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- Em todos os compartimentos analisados, os valores médios de CO<sub>2</sub> e de COVs encontram-se abaixo do limite máximo regulamentar pelo que não carecem de preocupação;
- Os valores do desvio padrão dos COVs dos quartos 1 e 3 e da sala de convívio são elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação;
- O quarto 3 apresenta um valor máximo de CO<sub>2</sub> superior ao limite regulamentar. Após visualização gráfica apresentada em anexo (Gráfico V-17), verifica-se que o pico máximo de CO<sub>2</sub> surge de uma forma instantânea, seguindo-se o seu decréscimo imediato. A este comportamento encontra-se associada uma possível aproximação de pessoas ao equipamento, provavelmente por curiosidade uma vez que durante o período de medições o equipamento permaneceu localizado em cima de uma cadeira;
- Somente a sala de convívio apresenta um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção. Após observação do gráfico em anexo (Gráfico V-17), verifica-se que o poluente apresenta, ao longo do período de medições, uma variação normal, de acordo com o nível de ocupação, até ao final da tarde do quarto dia de registo, com valores sempre abaixo do limite regulamentar. A partir do início da noite do quarto dia de registo, observa-se um significativo aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, verificando-se a partir desse instante e até ao final do período de medições (quinto dia), um comportamento aproximadamente contante com registos de valores uniformes muito superiores ao limite regulamentar. O comportamento descrito pode ser reflexo de um possível erro de medição por parte do equipamento uma vez que a partir do considerável aumento da concentração de CO<sub>2</sub> não se registaram variações de poluente conforme os níveis de ocupação, como seria esperado;
- Todos os compartimentos analisados apresentam um valor máximo das médias de COVs inferior ao limiar de proteção;
- O quarto 3 apresenta um valor máximo de COVs superior ao limite máximo regulamentar. Após visualização gráfica apresentada em anexo (Gráfico V-20), verifica-se que o valor máximo corresponde a um pico instantâneo seguido de um decréscimo imediato de poluente, durante o período da tarde. Uma vez que este pico surge no decorrer de um decaimento de CO<sub>2</sub>, associa-se a este comportamento uma possível abertura de janela (após o período da sesta) e uma sequente ação de limpeza.

#### 4.2.3.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC

No Gráfico 4-9 apresenta-se a avaliação do conforto térmico do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos aos quartos 3 a 7 e à sala de convívio encontram-se apresentados no Anexo VI.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização ativa (aquecimento central com radiadores a água) no período de medições, é visível a existência de um ambiente termicamente confortável em todos os compartimentos analisados, com registos de temperaturas dentro dos limites estabelecidos como confortáveis. A sala de convívio, no entanto, embora apresente praticamente na totalidade registos de temperaturas dentro da zona de conforto, demonstra igualmente uma situação de desconforto térmico para uma percentagem não preocupante de valores (2%), nos quais as temperaturas se revelam demasiado elevadas. A reduzida percentagem de valores na qual as temperaturas são demasiado elevadas pode dever-se à orientação do compartimento (SE e SO) ou à insuficiente proteção solar dos vãos (estores com lâminas verticais de tecido claro no interior e sem proteção solar exterior).

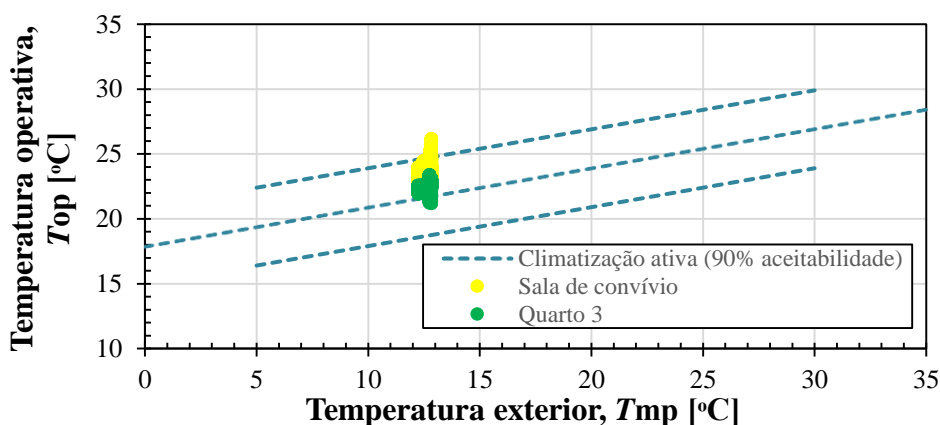


Gráfico 4-9: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 3 e sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental)

#### 4.2.3.3 Taxa de ventilação

No Quadro 4-12 apresentam-se as taxas de ventilação do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo VII.

Pelos resultados apresentados, conclui-se que:

- O quarto 3 apresenta uma boa taxa de ventilação, uma vez que a  $R_{ph}$  média revela um valor ligeiramente superior ao valor regulamentar;

- A sala de convívio apresenta uma deficiente taxa de ventilação, dado que a  $R_{ph}$  média é bastante inferior à  $R_{ph}$  regulamentar.

Quadro 4-12: Taxas de ventilação do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ média (decaimento do CO <sub>2</sub> ) [h <sup>-1</sup> ]	Caudal de ar novo regulamentar	Volume do compartimento [m <sup>3</sup> ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [h <sup>-1</sup> ]
Quarto 3	0,71	16 m <sup>3</sup> /h.pessoa	57,62	2	0,56
Sala de convívio	0,39	2262 m <sup>3</sup> /h	720,50	---	3,14

Notas:  
 - Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do CO<sub>2</sub>, foi utilizado um total de 6 ensaios para o quarto 3 e 4 ensaios para a sala de convívio;  
 - Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7]. Para a sala de convívio, o caudal de ar novo regulamentar foi determinado em função da carga poluente do edifício, através do cálculo: 754 m<sup>2</sup> (área total) × 3 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> (sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos).

## 4.2.4 Lar de Idosos 2

### 4.2.4.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

#### a) Temperatura

No Quadro 4-13 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do lar de idosos 2 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-13, pode observar-se que:

- A média da temperatura exterior foi sempre bastante inferior à média da temperatura interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- As médias das temperaturas interiores registaram-se razoáveis para a existência de conforto térmico nos compartimentos analisados;
- Os quartos analisados apresentam uma percentagem excessiva de tempo na qual as temperaturas interiores registadas se encontram inferiores às regulamentares (intervalo recomendado de 20°C a 25°C). No entanto, comparando com os valores médios, pode afirmar-se que as temperaturas inferiores a 20°C têm um diferencial reduzido em relação a esta;
- As salas de convívio analisadas apresentam, para o período de medições, temperaturas interiores dentro dos limites recomendados. A sala de convívio 1 apresenta, no entanto, uma percentagem de tempo irrelevante na qual as temperaturas são superiores ao limite

máximo regulamentar. Para as salas de convívio do lar de idosos 2, pode-se concluir que se encontram estabelecidas as condições ideais de conforto térmico.

Quadro 4-13: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (4 a 8 de janeiro)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ\text{C}$	Percentagem $\geq 25^\circ\text{C}$	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	17,8	21,4	$19,6 \pm 0,9$	64	0	$9,9 \pm 2,6$	9,7
Quarto 2	18,2	21,5	$19,9 \pm 0,8$	55	0		10,0
Quarto 3	18,5	22,1	$20,4 \pm 0,8$	31	0		10,5
Quarto 4	17,7	21,1	$19,5 \pm 0,8$	74	0		9,6
Quarto 5	18,4	21,3	$19,7 \pm 0,7$	63	0		9,8
Sala de convívio 1	23,7	25,2	$24,4 \pm 0,3$	0	3	$10,1 \pm 2,5$	14,3
Sala de convívio 2	21,3	25,0	$23,1 \pm 0,8$	0	0		13,0
Sala de convívio 3	21,3	23,5	$22,4 \pm 0,5$	0	0		12,3

**Notas:**  
 - Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;  
 -  $\Delta T$ : corresponde à diferença entre as médias de  $T_{ar}$  e  $T_{ext.}$

No Gráfico 4-10 encontra-se apresentada a variação da temperatura dos quartos 1 e 2 e das salas de convívio 1 e 2. Os resultados gráficos relativos aos quartos 3 a 5 e à sala de convívio 3 estudados encontram-se apresentados no Anexo V.

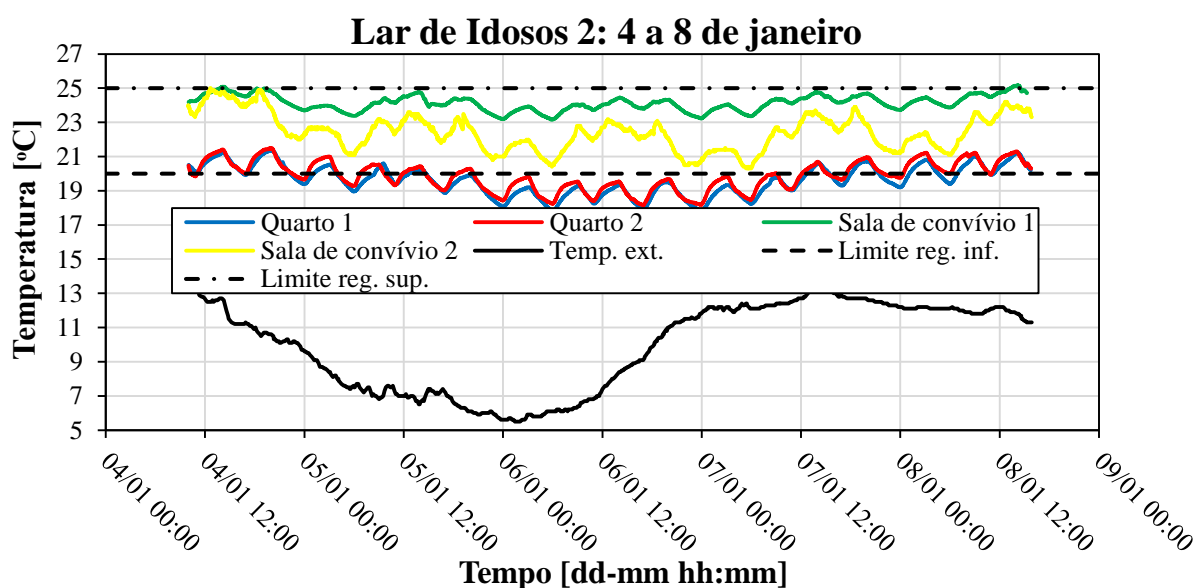


Gráfico 4-10: Registo da  $T_{ar}$  nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

No Gráfico 4-10 e no Gráfico V-22 (presente em anexo) é visível a existência de uma variação cíclica da temperatura interior em todos os compartimentos analisados. A referida variação é devida ao aquecimento, uma vez que os períodos de funcionamento têm início em horários pré-estabelecidos (início às 00h00; às 06h00; às 11h00 e às 17h00). Pelos gráficos, observa-se ainda que as temperaturas interiores dos quartos são menores principalmente quando as temperaturas exteriores são igualmente mais baixas. O mesmo pode dever-se à elevada idade do edifício do lar de idosos 2, onde se verifica a inexistência de isolamento térmico na envolvente, o que facilita as perdas de calor por transmissão térmica do interior para o exterior.

A manutenção das condições ideais de conforto térmico que se encontram estabelecidas nas salas de convívio podem ainda ser reflexo da presença de maior climatização e ainda ao facto de se tratarem de compartimentos com grande densidade de ocupação ao longo do dia.

Por último, é importante ainda mencionar que os radiadores têm a possibilidade de ser regulados individualmente para diferentes intensidades de libertação de calor, o que pode facilmente ser adaptado pelos utilizadores dos espaços, mediante as suas perceções térmicas.

### **b) Humidade Relativa**

No Quadro 4-14 encontra-se apresentada a análise estatística da *HR* interior registada nos compartimentos do lar de idosos 2 durante a primeira campanha experimental. A análise estatística engloba igualmente a análise da *HR* do ar exterior.

Os resultados gráficos relativos à variação da *HR* dos compartimentos do lar de idosos 2 encontram-se apresentados no Anexo V.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-14 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- A média da *HR* exterior foi sempre bastante superior à média da *HR* interior registada no interior de todos os compartimentos analisados;
- As salas de convívio analisadas apresentam valores razoáveis de *HR* média, enquanto que os quartos revelam valores mais preocupantes;
- Os compartimentos dos quartos analisados apresentam percentagens excessiva de tempo nas quais os valores de *HR* registados se encontram superiores ao limite máximo recomendado;
- Durante o período total de medições, as salas de convívio analisadas apresentam valores de *HR* dentro dos limites recomendados.

Quadro 4-14: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (4 a 8 de janeiro)

Compartimento	HR [%]					HR <sub>ext.</sub> [%]	ΔHR [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem ≤ 30%	Percentagem ≥ 70%	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	70	78	73 ± 1	0	99	92 ± 6	19
Quarto 2	66	79	70 ± 2	0	51		22
Quarto 3	56	75	68 ± 2	0	21		24
Quarto 4	61	80	69 ± 3	0	49		23
Quarto 5	61	89	69 ± 3	0	46		23
Sala de convívio 1	41	64	52 ± 4	0	0	92 ± 6	40
Sala de convívio 2	54	68	59 ± 2	0	0		33
Sala de convívio 3	45	74	57 ± 5	0	0		35

Notas:  
- Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;  
- ΔHR: corresponde à diferença entre as médias de HR<sub>ext</sub> e HR.

Nos quartos do lar de idosos 2, as elevadas concentrações de HR que se registam podem ser reflexo das reduzidas temperaturas interiores e das deficientes condições de ventilação dos compartimentos, dado que o único sistema de ventilação presente nos espaços interiores é a ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar).

### c) Poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs)

No Quadro 4-15 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 2 durante a primeira campanha experimental.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-15, pode observar-se que:

- O quarto 1 e a sala de convívio 2 apresentam valores médios de CO<sub>2</sub> elevados. No entanto, nenhum dos compartimentos analisados apresenta valores médios de COVs preocupantes;
- Os valores do desvio padrão dos COVs do quarto 1 e das salas de convívio apresentam-se muito elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação;

- Com exceção da sala de convívio 1, todos os compartimentos analisados apresentam um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção;
- Todos os compartimentos analisados apresentam um valor máximo das médias de COVs inferior ao limiar de proteção.

Quadro 4-15: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 1ª campanha experimental (4 a 8 de janeiro)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Quarto 1	2320	1708 ± 286	2189	6,32	0,27 ± 0,50	0,23
Quarto 2	1910	1249 ± 298	1721	0,08	0,03 ± 0,02	0,03
Sala de convívio 1	1484	1117 ± 173	1223	0,39	0,04 ± 0,06	0,05
Sala de convívio 2	2646	1870 ± 326	2253	2,48	0,41 ± 0,29	0,48

Nota:  
- Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30.

Dado que o único sistema de ventilação presente nos compartimentos do lar de idosos 2 é a ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar), o registo de valores elevados de CO<sub>2</sub> e COVs pode ser reflexo de taxas de ventilação deficientes.

Os resultados gráficos relativos à variação de CO<sub>2</sub> encontram-se apresentados no Anexo V.

No Gráfico 4-11 e no Gráfico 4-12 encontram-se apresentadas as variações de COVs, juntamente com as variações de CO<sub>2</sub> ocorridas no quarto 1 e na sala de convívio 2. Os resultados gráficos relativos às variações de COVs no quarto 2 e na sala de convívio 1 encontram-se apresentados no Anexo V.

Pelas análises dos gráficos, pode observar-se que:

- No quarto 1, o limite máximo regulamentar de COVs é ultrapassado durante o período da manhã e da tarde, durante curtos espaços de tempo. Durante os períodos considerados, o registo de concentrações excessivas de COVs têm origem em prováveis ações de limpeza realizadas ao compartimento ou ainda na aplicação de ambientadores para o disfarce de odores existentes. Durante os períodos de tempo referidos, verifica-se ainda um leve decréscimo de CO<sub>2</sub>, o que poderá corresponder a uma abertura de janelas de forma cuidada, uma vez que se encontram presentes ocupantes permanentes no espaço interior;
- Na sala de convívio 2, o limite máximo regulamentar de COVs é ultrapassado durante o período da manhã. Dado que esta sala de convívio serve também de sala de refeições

e uma vez que os ocupantes possuem grandes limitações motoras, o espaço interior encontra-se então mais suscetível a ações de limpeza ao longo do dia. O aumento de COVs para valores acima do máximo regulamentar são portanto justificados pelas eventuais ações de limpeza realizadas no compartimento. É importante ainda mencionar que a sala foi pintada entre os meses de novembro/dezembro. Deste modo, poderia existir uma emissão contínua de COVs, levando a concentrações constantes e não nulas, o que não se regista;

- Durante a totalidade de registos, o quarto 2 e a sala de convívio 1 não apresentam valores de COVs que revelem preocupação.

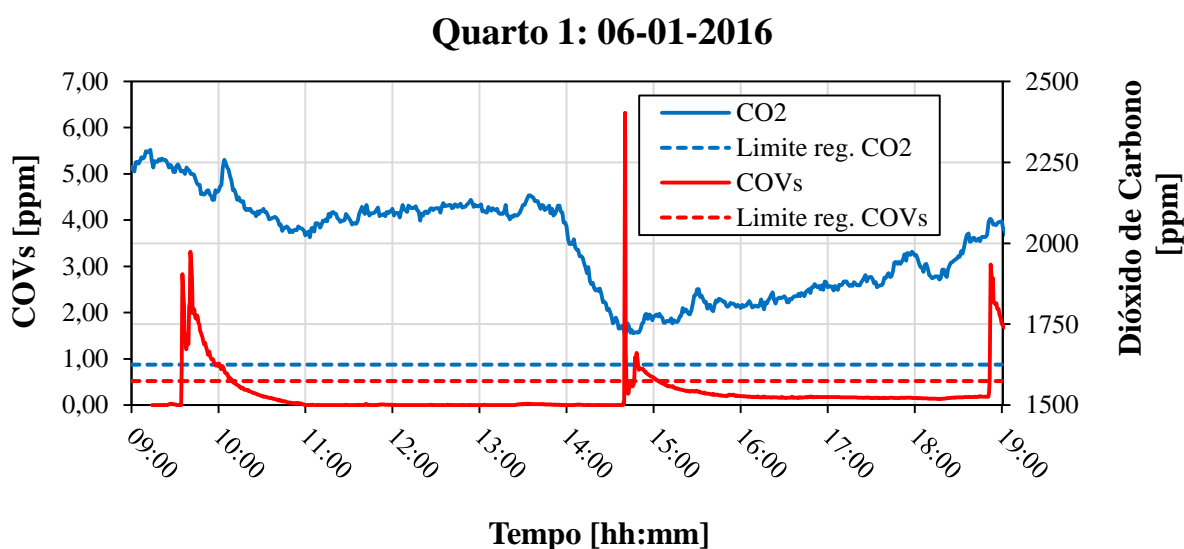


Gráfico 4-11: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 1 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

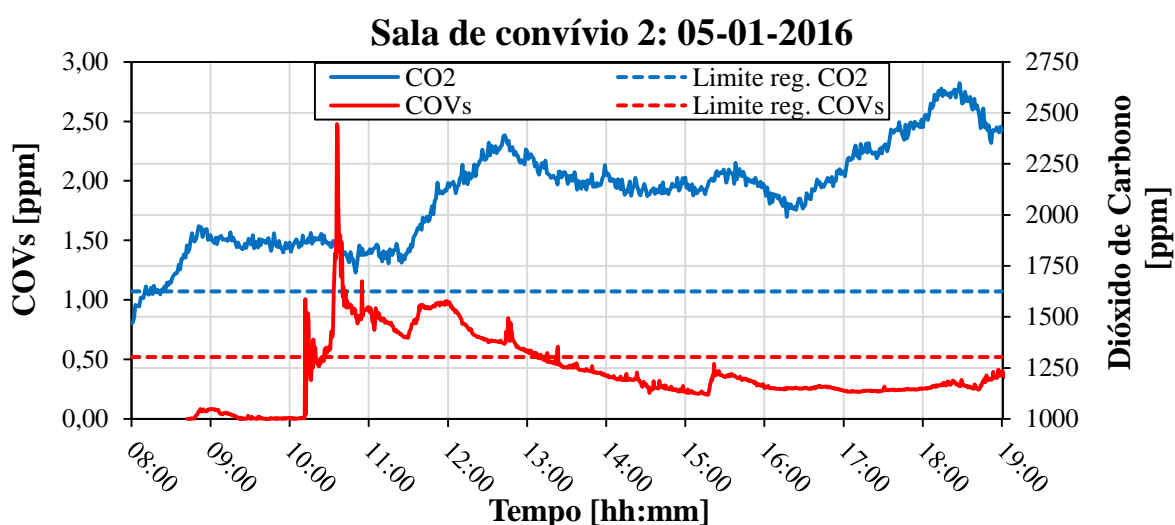


Gráfico 4-12: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala de convívio 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

#### 4.2.4.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC

No Gráfico 4-13 apresenta-se a avaliação do conforto térmico dos quartos 1 e 2 e das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos aos quartos 3 a 5 e à sala de convívio 3 encontram-se apresentados no Anexo VI.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização ativa (aquecimento central com radiadores a água) no período de medições, é visível a existência de um ambiente termicamente confortável em praticamente todos os compartimentos analisados, com os registos de temperaturas dentro dos limites estabelecidos como confortáveis. No entanto, observa-se que:

- A sala de convívio 1 apresenta, para o período de ocupação, uma elevada percentagem (91%) de desconforto térmico, com temperaturas demasiado elevadas. O mesmo pode dever-se à regulação dos dois radiadores existentes para maiores níveis de intensidade na libertação de calor;
- A sala de convívio 2, embora presente, para o período de ocupação, a maioria dos registos de temperaturas dentro da zona de conforto, regista igualmente situações de desconforto térmico para uma pequena percentagem de valores (16%), nos quais as temperaturas se revelam demasiado elevadas. O facto da percentagem de desconforto não se revelar tão elevada quanto a da sala de convívio 1, pode ser reflexo da regulação dos dois radiadores existentes para menores níveis de intensidade na libertação de calor, o que pode dever-se à menor densidade de ocupação, dado que o compartimento serve simultaneamente de sala de convívio e de refeições.

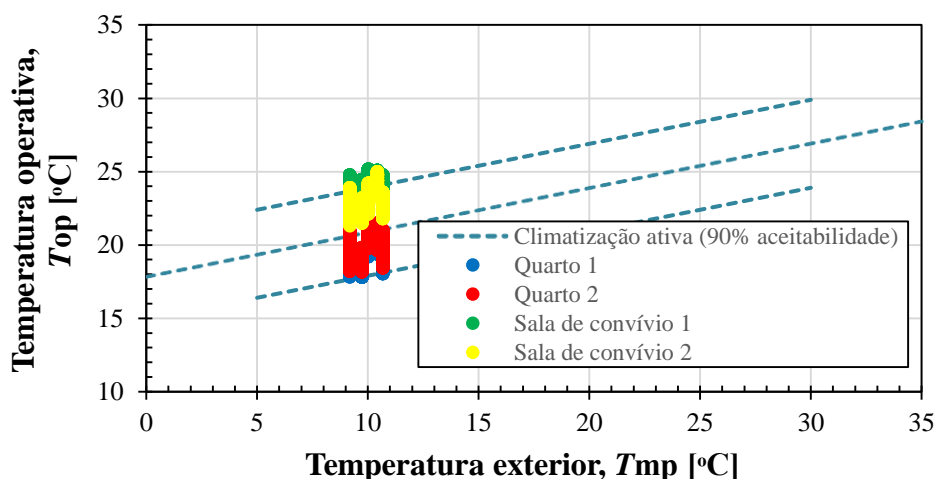


Gráfico 4-13: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 e salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental)

#### 4.2.4.3 Taxa de ventilação

No Quadro 4-16 apresentam-se as taxas de ventilação das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo VII.

Pelos resultados apresentados, conclui-se que ambas as salas de convívio analisadas possuem deficientes taxas de ventilação (as  $R_{ph}$  médias são nos dois casos bastante inferiores às  $R_{ph}$  regulamentares).

Quadro 4-16: Taxas de ventilação das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ média (decaimento do CO <sub>2</sub> ) [h <sup>-1</sup> ]	Caudal de ar novo regulamentar [m <sup>3</sup> /(h.pessoa)]	Volume do compartimento [m <sup>3</sup> ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [h <sup>-1</sup> ]
Sala de convívio 1	0,48	24	117,69	25	5,10
Sala de convívio 2	0,39	24	71,97	20	6,67

Notas:  
 - Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do CO<sub>2</sub>, foi utilizado um total de 5 ensaios para a sala de convívio 1 e 4 ensaios para a sala de convívio 2;  
 - Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7].

### 4.3 Análise dos resultados da segunda campanha experimental

Na análise dos resultados da segunda campanha experimental, manteve-se a mesma abordagem de avaliação utilizada na primeira campanha. De igual modo, os comentários foram direcionados para os casos extremos de desconforto e para os teores muito elevados de poluentes, segundo os critérios observados na primeira campanha.

A presente campanha experimental foi ainda complementada com a análise dos resultados dos inquéritos realizados aos ocupantes das salas de convívio dos lares de idosos, com o intuito de avaliar a percepção térmica dos ocupantes.

A percepção térmica que os ocupantes das salas de convívio demonstraram relativamente ao ambiente interior foi analisada em termos de sensação, preferência, avaliação e tolerância [21].

### 4.3.1 Infantário 1

#### 4.3.1.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

##### a) Temperatura

No Quadro 4-17 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do infantário 1 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

Quadro 4-17: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (26 a 29 de abril)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ\text{C}$	Percentagem $\geq 25^\circ\text{C}$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	18,5	20,5	$19,5 \pm 0,5$	86	0	$17,1 \pm 1,9$	2,4
Sala 2	18,7	22,7	$20,7 \pm 0,8$	21	0		3,6
Sala 3	16,9	19,8	$18,6 \pm 0,6$	100	0		1,5
Sala 4	16,6	21,0	$18,9 \pm 1,0$	83	0		1,8
Sala 5	18,4	21,2	$19,9 \pm 0,6$	58	0		2,8
Refeitório	18,2	19,8	$19,2 \pm 0,3$	100	0	$17,3 \pm 2,5$	1,9
Notas: - Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos: a) Salas de atividades: das 8h30 às 17h30; b) Refeitório: das 7h30 às 8h30, das 11h30 às 12h30, das 15h30 às 16h15 e das 17h30 às 19h30; - $\Delta T$ : corresponde à diferença entre as médias de $T_{ar}$ e $T_{ext.}$							

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-17 e pela visualização dos gráficos em anexo, pode observar-se que os diferentes compartimentos analisados apresentam uma percentagem excessiva de tempo na qual as temperaturas interiores registadas se encontram inferiores às regulamentares (intervalo recomendado de 20°C a 25°C). No caso da sala 2, a percentagem de tempo referida foi bastante mais reduzida, o que pode dever-se à sua orientação (SO) e ainda ao facto de se tratar da sala do infantário 1 que apresenta a menor área útil para um número de ocupantes idêntico ao das restantes salas (maior densidade).

Pelos resultados obtidos no decorrer da segunda campanha experimental, verifica-se que embora a média da temperatura exterior apresente um valor mais elevado do que o registado no decorrer da primeira campanha, as temperaturas interiores registaram-se ainda inferiores às mínimas regulamentares, durante os períodos de ocupação. O problema descrito é reflexo da inexistência de climatização ativa no período de medições, podendo concluir-se, portanto, que

a climatização ativa seria provavelmente suficiente para a garantia de adequado conforto térmico nos ocupantes dos espaços interiores analisados. Como conclusão suplementar, pode afirmar-se que a não climatização dos espaços em épocas de meia-estação pode penalizar o conforto térmico.

### b) Humidade Relativa

No Quadro 4-18 encontra-se apresentada a análise estatística da *HR* interior registada nos compartimentos do infantário 1 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da *HR* do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-18 e pela visualização dos gráficos em anexo, pode observar-se que os compartimentos analisados não apresentam problemas significativos de *HR*, com exceção da sala 4 que apresenta uma percentagem elevada de tempo na qual a *HR* se encontra acima do valor limite máximo recomendado (limite de 70%).

Comparativamente com os resultados da primeira campanha experimental, a sala 4 apresenta uma melhoria bastante significativa, o que pode ser reflexo da menor ocupação da sala (justificada pelo maior número de atividades realizadas ao ar livre) e da maior ventilação realizada (abertura de janelas mais frequente durante o período de funcionamento do infantário 1, conforme confirmado pelas educadoras quando questionadas). Os valores elevados de *HR* registados na presente campanha podem então dever-se à proximidade do compartimento a uma instalação sanitária.

Quadro 4-18: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (26 a 29 de abril)

Compartimento	HR [%]					HR <sub>ext.</sub> [%]	ΔHR [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem ≤ 30%	Percentagem ≥ 70%	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	60	70	66 ± 2	0	1	57 ± 8	9
Sala 2	53	67	61 ± 3	0	0		4
Sala 3	47	72	62 ± 5	0	5		5
Sala 4	55	80	69 ± 6	0	43		12
Sala 5	59	74	67 ± 3	0	15		10
Refeitório	45	77	62 ± 6	0	7	56 ± 8	6

**Notas:**

- Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:
  - a) Salas de atividades: das 8h30 às 17h30;
  - b) Refeitório: das 7h30 às 8h30, das 11h30 às 12h30, das 15h30 às 16h15 e das 17h30 às 19h30;
- ΔHR: corresponde à diferença entre as médias de *HR* e *HR<sub>ext.</sub>*

### c) Poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs)

No Quadro 4-19 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 1 durante a segunda campanha.

Quadro 4-19: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 1, no decorrer da 2<sup>a</sup> campanha experimental (26 a 29 de abril)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Sala 1	2674	1659 ± 460	1925	0,11	0,03 ± 0,03	0,03
Sala 2	3250	1414 ± 556	1930	8,84	0,98 ± 2,05	1,02
Sala 3	3042	1408 ± 632	1844	0,37	0,11 ± 0,09	0,11
Sala 4	3236	1546 ± 410	1891	0,42	0,11 ± 0,08	0,12

Nota:  
- Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos: das 8h30 às 17h30.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-19, pode observar-se que:

- Todos os compartimentos analisados apresentam um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção. O valor máximo revela-se, no entanto, menor que os obtidos na primeira campanha experimental, o que pode ser reflexo da menor ocupação das salas analisadas (justificada pelo maior número de atividades realizadas ao ar livre) e da maior ventilação realizada (abertura de janelas mais frequente durante o período de funcionamento do infantário 1, conforme confirmado pelas educadoras quando questionadas);
- A sala 2 apresenta um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção;
- Os valores do desvio padrão dos COVs apresentam-se muito elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividade e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação.

No Gráfico 4-14 encontra-se apresentada a variação de COVs e CO<sub>2</sub> da sala 2.

Os resultados gráficos relativos às variações conjuntas de CO<sub>2</sub> e de COVs dos restantes compartimentos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

De acordo com o Gráfico 4-14, é possível observar que na sala 2, o limite máximo de COVs (0,52 ppm) é ultrapassado durante o período da tarde. Estas concentrações elevadas podem ter origem no uso de materiais pedagógicos (por exemplo: tintas e colas) e à colocação dos

trabalhos realizados nas proximidades do equipamento de registo (como foi possível observar no momento da recolha do equipamento).

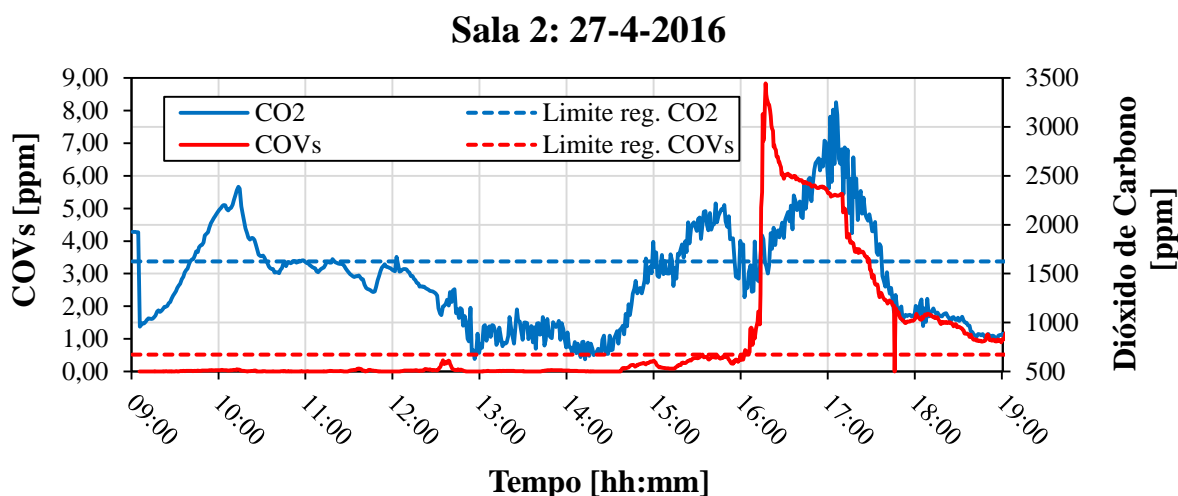


Gráfico 4-14: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 2 do infantário 1 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

#### 4.3.1.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC

No Gráfico 4-15 apresenta-se a avaliação do conforto térmico das salas 1 e 2 do infantário 1, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos às salas 3 a 5 e ao refeitório encontram-se apresentados no Anexo IX.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização inativa no período de medições (conforme mencionado pelas educadoras aquando questionadas), é visível a existência de ambientes termicamente confortáveis e desconfortáveis em todos os compartimentos analisados. Deste modo, verifica-se que:

- As salas 1, 4 e 5 apresentam alguns valores dentro da zona estabelecida como de conforto térmico. Demonstram igualmente, no entanto, elevadas percentagens de valores fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas (percentagens de 49, 56 e 30%, para as salas 1, 4 e 5, respetivamente);
- A sala 3 e o refeitório apresentam maiores percentagens de condições de desconforto térmico quando comparados com os restantes compartimentos (na sala 3 e no refeitório, 93 e 80% dos valores, respetivamente, encontram-se abaixo do limite inferior do modelo). O ambiente térmico da sala 3 pode dever-se ao facto do compartimento possuir o maior vão envidraçado segundo a orientação NO (apresentando apenas um pequeno vão envidraçado segundo a orientação SO), o que contribui para fracos ganhos solares ao longo do dia. O ambiente térmico do refeitório pode ser reflexo da sua grande área e do facto do mesmo ser ocupado durante curtos períodos de tempo;

- A sala 2 apresenta-se globalmente confortável, demonstrando uma pequena percentagem de valores (4%) fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas.

Como conclusão geral, pode referir-se que os valores registados fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas, podem dever-se ao facto do aquecimento permanecer desligado no período de meia-estação.

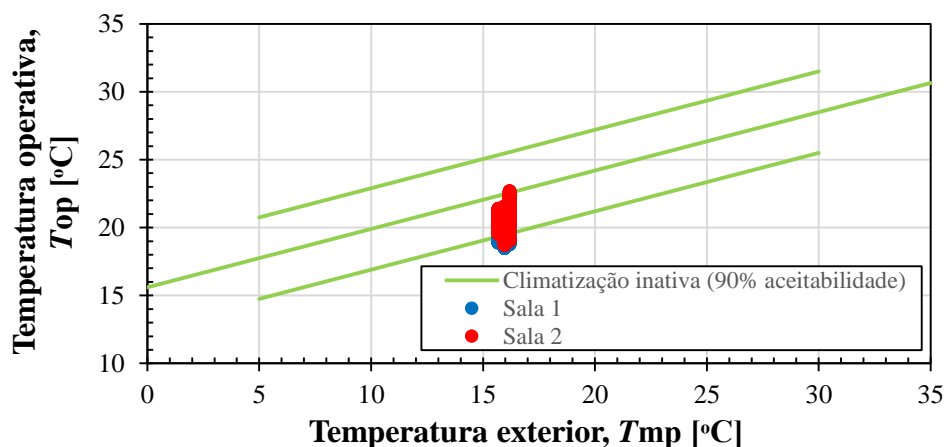


Gráfico 4-15: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 1 (2ª campanha experimental)

#### 4.3.1.3 Taxa de ventilação

No Quadro 4-20 apresentam-se as taxas de ventilação das salas 3 e 4 do infantário 1.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo X.

Pelos resultados apresentados, conclui-se que ambas as salas analisadas possuem deficientes taxas de ventilação (as  $R_{ph}$  médias são nos dois casos bastante inferiores às  $R_{ph}$  regulamentares).

Quadro 4-20: Taxas de ventilação das salas 3 e 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ média (decaimento do CO <sub>2</sub> ) [h <sup>-1</sup> ]	Caudal de ar novo regulamentar [m <sup>3</sup> /(h.pessoa)]	Volume do compartimento [m <sup>3</sup> ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [h <sup>-1</sup> ]
Sala 3	1,52	28	104,38	21	5,63
Sala 4	0,91	28	93,29	22	6,60

**Notas:**  
 - Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do CO<sub>2</sub>, foi utilizado um total de 4 ensaios para a sala 3 e 5 ensaios para a sala 4;  
 - Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7].

### 4.3.2 Infantário 2

#### 4.3.2.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

##### a) Temperatura

No Quadro 4-21 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do infantário 2 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

Quadro 4-21: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (2 a 6 de maio)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ\text{C}$	Percentagem $\geq 25^\circ\text{C}$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	20,0	23,6	21,8 $\pm$ 0,7	0	0	19,5 $\pm$ 3,4	2,3
Sala 2	19,1	22,2	21,2 $\pm$ 0,7	8	0		1,7
Sala 3	18,5	23,7	21,6 $\pm$ 1,2	10	0		2,1
Sala 4	20,1	25,1	22,7 $\pm$ 1,4	0	1		3,2
Sala 5	18,3	24,1	21,7 $\pm$ 1,7	19	0		2,2
Sala 6	17,1	21,7	19,4 $\pm$ 1,0	70	0		-0,1
Sala 7	19,7	24,5	21,9 $\pm$ 1,3	5	0		2,4
Sala 8	21,0	26,4	24,0 $\pm$ 1,7	0	31		4,5

**Notas:**

- Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:
  - a) Salas 2 e 6: das 8h30 às 18h00;
  - b) Restantes salas: das 8h30 às 17h30;
- Na sala 2 as medições decorreram somente de 4 a 6 de maio, devido a problemas técnicos com o equipamento;
- $\Delta T$ : corresponde à diferença entre as médias de  $T_{ar}$  e  $T_{ext.}$

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-21 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- A sala 6 apresenta uma percentagem excessiva de tempo na qual as temperaturas interiores registadas se encontram inferiores às regulamentares (intervalo recomendado de 20°C a 25°C). Comparativamente com os resultados da primeira campanha experimental, esta sala apresenta uma ligeira melhoria da percentagem de tempo na qual a  $T_{ar}$  se revela inferior ao limite mínimo recomendado. Os valores de  $T_{ar}$  inferiores ao

limite mínimo recomendado podem então dever-se à desocupação do compartimento durante parte do período da tarde (horário da sesta, no qual os bebés se encontram no berçário) e da utilização das proteções solares interiores (portadas em madeira) durante esse mesmo período, o que impede o aproveitamento de ganhos solares para o interior do compartimento. Para além do referido, é importante mencionar que no exterior existem árvores de grande porte que provocam sombreamento nas envolventes do compartimento. A inexistência de climatização durante o período de ocupação contribui ainda para as condições de desconforto térmico observadas. No entanto, comparando com o valor médio, pode afirmar-se que as temperaturas inferiores a 20°C têm um diferencial reduzido em relação a esta;

- A sala 8 apresenta uma percentagem excessiva de tempo com temperaturas superiores às regulamentares. Este comportamento pode ser devido à sua orientação (S e E).

#### **b) Humidade Relativa**

No Quadro 4-22 encontra-se apresentada a análise estatística da *HR* interior registada nos compartimentos do infantário 2 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da *HR* do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-22 e pela visualização das representações gráficas presentes em anexo, pode observar-se que as salas 2, 5 e 6 são os compartimentos do infantário 2 mais críticos em termos de conforto. Para as referidas salas conclui-se que:

- O elevado valor de *HR* que a sala 2 apresenta pode ser reflexo da densidade de ocupação do compartimento (sala do infantário 2 com maior densidade de ocupação). A elevada utilização da sala 2, nomeadamente pelo facto da mesma servir de sala de atividades e de dormitório, pode ainda contribuir para os valores registados;
- O elevado valor de *HR* que a sala 5 apresenta pode dever-se ao facto do compartimento se encontrar parcialmente enterrado e correntemente não se colocar em funcionamento (de forma tão regular como na primeira campanha) o desumidificador portátil existente, conforme confirmado pela educadora quando questionada;
- O elevado valor de *HR* que a sala 6 apresenta pode ser reflexo da proximidade do compartimento a um fraldário e a uma instalação sanitária. Para além do referido, as concentrações elevadas podem dever-se às refeições que são sempre realizadas no interior do compartimento e ainda à ligação existente com o berçário (local no qual os bebés permanecem parte do período da tarde), o qual possui uma porta para o seu interior.

Verifica-se ainda que a percentagem de tempo na qual a *HR* se revela superior ao limite máximo recomendado é de valor mais baixo, quando comparada com os resultados da primeira campanha. Pelo Gráfico VIII-12 apresentado em anexo, são visíveis diminuições acentuadas das concentrações de *HR* (ocorridas após o período de almoço e durante o período da tarde), o que é naturalmente reflexo de abertura pontual de janelas realizadas na sala 6, a qual é confirmada pelas educadoras. As renovações de ar acrescidas são, no entanto, insuficientes para a manutenção de valores de *HR* dentro do limite recomendado.

Quadro 4-22: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (2 a 6 de maio)

Compartimento	<i>HR</i> [%]					<i>HR</i> <sub>ext.</sub> [%]	$\Delta HR$ [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 30\%$	Percentagem $\geq 70\%$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	35	72	$53 \pm 11$	0	2	$51 \pm 21$	2
Sala 2	58	73	$68 \pm 3$	0	36		17
Sala 3	35	74	$55 \pm 10$	0	4		4
Sala 4	35	71	$51 \pm 11$	0	1		0
Sala 5	55	84	$68 \pm 10$	0	38		17
Sala 6	48	90	$74 \pm 10$	0	71		23
Sala 7	37	71	$53 \pm 10$	0	1		2
Sala 8	29	67	$46 \pm 11$	1	0		-5

Notas:

- Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:
  - a) Salas 2 e 6: das 8h30 às 18h00;
  - b) Restantes salas: das 8h30 às 17h30;
- Na sala 2 as medições decorreram somente de 4 a 6 de maio, devido a problemas técnicos com o equipamento;
- $\Delta HR$ : corresponde à diferença entre as médias de *HR* e *HR*<sub>ext.</sub>

### c) Poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs)

No Quadro 4-23 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 2 durante a segunda campanha.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

Quadro 4-23: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do infantário 2, no decorrer da 2<sup>a</sup> campanha experimental (2 a 6 de maio)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Sala 1	3234	1020 ± 495	1116	6,10	0,23 ± 0,45	0,26
Sala 2	3662	1828 ± 816	2318	0,30	0,11 ± 0,07	0,12
Sala 3	2610	1022 ± 446	1213	0,13	0,03 ± 0,03	0,03
Sala 4	2562	964 ± 409	1306	0,47	0,06 ± 0,06	0,07

Nota:  
 - Os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos:  
 a) Sala 2: das 8h30 às 18h00;  
 b) Restantes salas: das 8h30 às 17h30;  
 - Na sala 2 as medições de CO<sub>2</sub> decorreram somente de 4 a 6 de maio, devido a problemas técnicos com o equipamento.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-23 e pela visualização das representações gráficas presentes em anexo, pode observar-se que a sala 2 é o compartimento do infantário 2 mais crítico em termos de concentração de CO<sub>2</sub>, o que pode ser reflexo da sua elevada densidade de ocupação (sala do infantário 2 que possui a maior densidade de ocupação e que serve simultaneamente de sala de atividades e de dormitório). O facto da sala 2 albergar crianças com 2 anos de idade contribui ainda para que, em tempo de meia estação, não sejam praticadas tantas atividades ao ar livre como nas restantes salas.

Relativamente às concentrações de COVs, verifica-se que nenhum compartimento é motivo de preocupação. O desvio padrão dos COVs das salas 1, 3 e 4 apresenta-se, no entanto, elevado, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação.

#### 4.3.2.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC

No Gráfico 4-16 apresenta-se a avaliação do conforto térmico das salas 1 e 2 do infantário 2, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos às salas 3 a 8 encontram-se apresentados no Anexo IX.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização inativa no período de medições (conforme mencionado pelas educadoras quando questionadas), é visível a existência de ambientes termicamente distintos nos compartimentos analisados. Deste modo, verifica-se que:

- As salas 1, 3, 4 e 7 satisfazem as condições de conforto térmico estabelecidas pelo modelo para praticamente todos os registos, demonstrando, no entanto, pequenas

percentagens de valores, de 1, 14, 9 e 17%, respetivamente, fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas;

- As salas 2 e 5 apresentam a maior parte dos valores dentro da zona estabelecida como de conforto térmico. Demonstram igualmente, no entanto, uma percentagem excessiva de valores fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas (percentagens de 28 e 24%, respetivamente);
- A sala 6 apresenta correntemente condições de desconforto térmico quando comparados com os restantes compartimentos (85% dos valores encontram-se abaixo do limite inferior do modelo). As condições do ambiente térmico desta sala podem dever-se ao já referido no ponto anterior;
- A sala 8 satisfaz as condições de conforto térmico estabelecidas pelo modelo para praticamente todos os registos, demonstrando, no entanto, uma pequena percentagem de valores (4%) fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado elevadas, o que pode ser reflexo da orientação do compartimento (S e E).

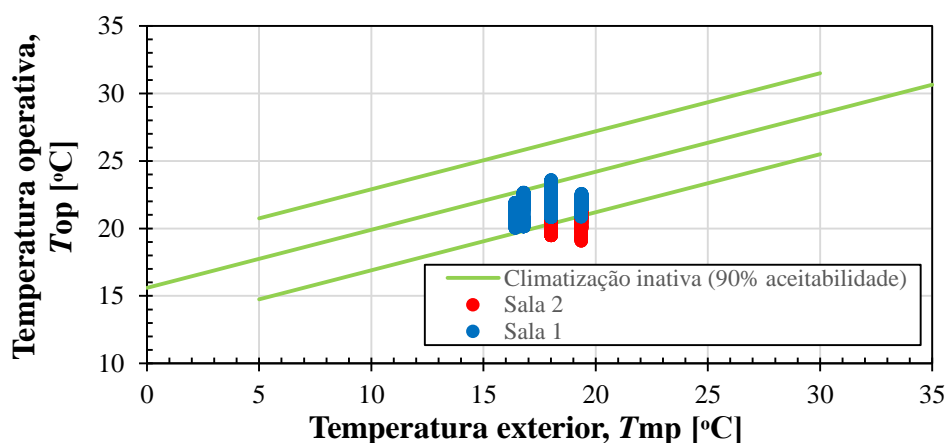


Gráfico 4-16: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 1 e 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental)

#### 4.3.2.3 Taxa de ventilação

No Quadro 4-24 apresentam-se as taxas de ventilação das salas 1 e 2 do infantário 2.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo X.

Pelos resultados apresentados conclui-se que ambas as salas analisadas possuem deficientes taxas de ventilação (as  $R_{ph}$  médias são nos dois casos bastante inferiores às  $R_{ph}$  regulamentares).

Quadro 4-24: Taxas de ventilação da sala 1 e 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ média (decaimento do CO <sub>2</sub> ) [h <sup>-1</sup> ]	Caudal de ar novo regulamentar [m <sup>3</sup> /(h.pessoa)]	Volume do compartimento [m <sup>3</sup> ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [h <sup>-1</sup> ]
Sala 1	1,89	28	108,99	21	5,39
Sala 2	2,01	28	201,59	32	4,44

**Notas:**  
- Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do CO<sub>2</sub>, foi utilizado um total de 5 ensaios para a sala 1 e 5 ensaios para a sala 2;  
- Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7].

### 4.3.3 Lar de Idosos 1

#### 4.3.3.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

##### a) Temperatura

No Quadro 4-25 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do lar de idosos 1 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

Quadro 4-25: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (21 a 25 de março)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ C$	Percentagem $\geq 25^\circ C$	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	21,6	23,8	22,9 ± 0,4	0	0	11,8 ± 2,0	11,1
Quarto 2	21,7	24,1	22,8 ± 0,4	0	0		11,0
Quarto 3	21,0	22,8	22,2 ± 0,2	0	0		10,4
Quarto 4	21,2	24,5	23,1 ± 0,5	0	0		11,3
Quarto 5	19,4	24,3	23,3 ± 0,5	0	0		11,5
Quarto 6	19,7	22,7	22,1 ± 0,4	1	0		10,3
Quarto 7	21,0	23,5	22,2 ± 0,3	0	0		10,4
Sala de convívio	22,2	25,4	23,7 ± 0,5	0	0	12,9 ± 1,9	10,8

**Notas:**  
- Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;  
-  $\Delta T$ : corresponde à diferença entre as médias de  $T_{ar}$  e  $T_{ext.}$

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-25 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que os compartimentos analisados apresentam valores de  $T_{ar}$  dentro dos limites recomendados (com exceções muito pontuais).

### b) Humidade Relativa

No Quadro 4-26 encontra-se apresentada a análise estatística da  $HR$  interior registada nos compartimentos do lar de idosos 1 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da  $HR$  do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

Quadro 4-26: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 2ª campanha experimental (21 a 25 de março)

Compartimento	$HR$ [%]					$HR_{ext.}$ [%]	$\Delta HR$ [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 30\%$	Percentagem $\geq 70\%$	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	35	57	$41 \pm 3$	0	0	$62 \pm 8$	21
Quarto 2	34	53	$40 \pm 2$	0	0		22
Quarto 3	32	51	$40 \pm 3$	0	0		22
Quarto 4	32	56	$41 \pm 4$	0	0		21
Quarto 5	29	51	$37 \pm 3$	1	0		25
Quarto 6	36	63	$47 \pm 4$	0	0		15
Quarto 7	33	51	$40 \pm 3$	0	0		22
Sala de convívio	35	51	$42 \pm 3$	0	0	$59 \pm 8$	17

Notas:  
 - Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;  
 -  $\Delta HR$ : corresponde à diferença entre as médias de  $HR_{ext}$  e  $HR$ .

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-26 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que os compartimentos analisados apresentam valores de  $HR$  dentro dos limites recomendados (com exceções muito pontuais).

### c) Poluentes interiores ( $CO_2$ e $COVs$ )

No Quadro 4-27 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores ( $CO_2$  e  $COVs$ ) registados nos compartimentos do lar de idosos 1 durante a segunda campanha.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-27 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que:

- A sala de convívio apresenta um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção. Pela observação do Gráfico VIII-22 apresentado em anexo, verifica-se que os picos máximos de poluente ocorrem durante o período de ocupação da sala, maioritariamente durante o período da tarde. Observa-se ainda que fora do período de ocupação, os valores de CO<sub>2</sub> permanecem abaixo do limite regulamentar. Os elevados valores de CO<sub>2</sub> podem então dever-se à elevada densidade de ocupação da sala de convívio ou ainda a eventuais processos de combustão, dado que a cozinha e o refeitório se localizam nas proximidades da sala;
- Em todos os compartimentos analisados, as concentrações de COVs não carecem de preocupação. Os valores do desvio padrão dos COVs dos quartos são elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação.

Quadro 4-27: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 1, no decorrer da 2<sup>a</sup> campanha experimental (21 a 25 de março)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Quarto 1	1272	785 ± 83	888	0,86	0,05 ± 0,06	0,05
Quarto 2	1343	710 ± 101	840	2,60	0,20 ± 0,25	0,24
Quarto 3	1324	705 ± 245	850	0,32	0,07 ± 0,06	0,08
Sala de convívio	2538	1562 ± 335	1861	0,08	0,04 ± 0,02	0,04

Nota:  
- Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30.

#### 4.3.3.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC

No Gráfico 4-17 apresenta-se a avaliação do conforto térmico do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos aos quartos 3 a 7 e à sala de convívio encontram-se apresentados no Anexo IX.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização ativa (aquecimento central com radiadores a água) no período de medições, é visível a existência de um ambiente termicamente confortável em todos os compartimentos analisados, com registos de temperaturas dentro dos limites estabelecidos como confortáveis. O quarto 4 e a sala de

convívio, no entanto, embora apresentem para a maioria dos registos temperaturas dentro da zona de conforto, demonstram igualmente situações de desconforto térmico para 2 e 14% dos valores, respetivamente, nos quais as temperaturas se revelam demasiado elevadas. As temperaturas demasiado elevadas podem dever-se à orientação dos compartimentos (SE no quarto 4 e SE e SO na sala de convívio) ou à insuficiente proteção solar dos vãos, como é o caso da sala de convívio (estores com lâminas verticais de tecido claro no interior e sem proteção solar exterior).

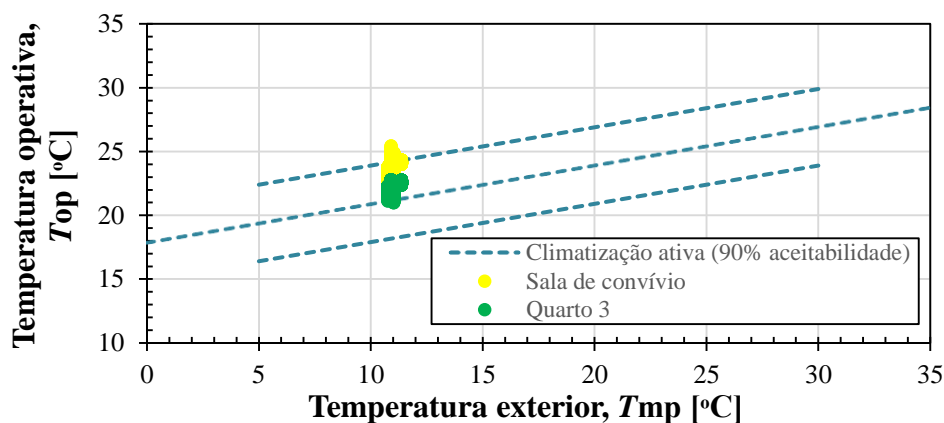


Gráfico 4-17: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quarto 3 e sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental)

#### 4.3.3.3 Inquéritos sobre a perceção do conforto térmico

Os inquéritos sobre a perceção do conforto térmico foram realizados na sala de convívio do lar de idosos 1 no dia 23 de março de 2016, entre as 10h25 e as 11h15. No total foi recolhida uma amostra de respostas de 14 ocupantes (1 do sexo masculino e 13 do sexo feminino), com idades compreendidas entre os 66 e os 90 anos de idade.

No momento da realização dos inquéritos, a resistência térmica do vestuário dos ocupantes inquiridos encontrava-se compreendida entre o intervalo de 0,69 e 1,07 clo. Atendendo à temperatura interior, considera-se que o tipo de vestuário é adequado (ex.: calças, camisola interior e camisola).

Face à reduzida amostra e de modo a clarificar as conclusões, os resultados apresentam-se em função do n.º de respostas e não em percentagem.

Através da distribuição das respostas sobre a perceção térmica individual dos inquiridos no momento em que foram realizados os inquéritos, é possível concluir que:

- Relativamente à sensação térmica individual (*sti*) percebe-se que 9 dos inquiridos referiram uma sensação de neutralidade ( $sti = 0$ ) e 3 uma sensação de algum calor ( $sti = +1$ ). No entanto, 2 dos inquiridos revelaram uma sensação térmica mais extrema, no qual 1 deles expressou uma sensação de frio ( $sti = -2$ ) e o outro uma sensação de calor ( $sti = +2$ );

- Em relação à preferência térmica individual (*pti*), 10 dos inquiridos expressa uma preferência por não alterar o ambiente térmico, mantendo-o tal como está (*pti* = 0), enquanto que 3 ocupantes preferiam que estivesse ligeiramente mais quente (*pti* = +1) e apenas 1 preferia que estivesse muito mais quente (*pti* = +2);
- Ao nível da avaliação térmica individual (*ati*), 13 dos inquiridos considerou o ambiente térmico confortável e apenas 1 ocupante o considerou desconfortável;
- Quanto ao nível da tolerância térmica individual (*tii*), 13 dos inquiridos mostraram-se toleráveis ao ambiente térmico, sendo que apenas 1 ocupante considerou o ambiente térmico pouco tolerável.

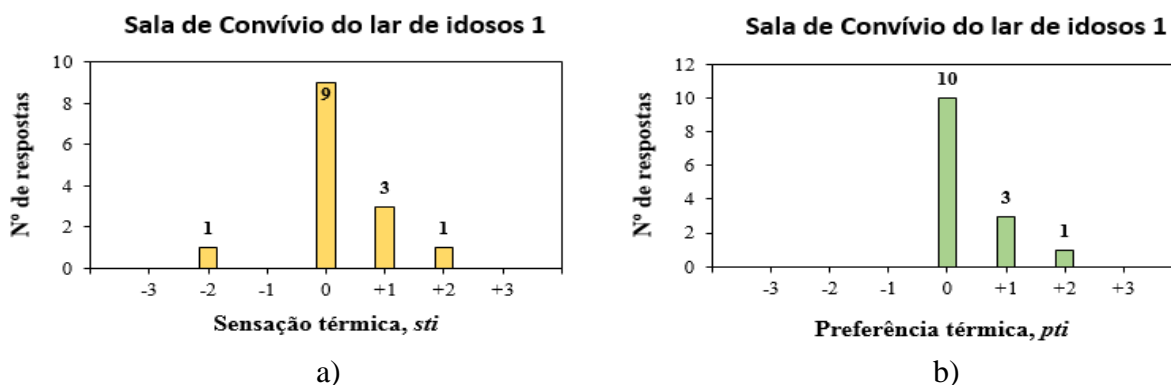


Gráfico 4-18: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1

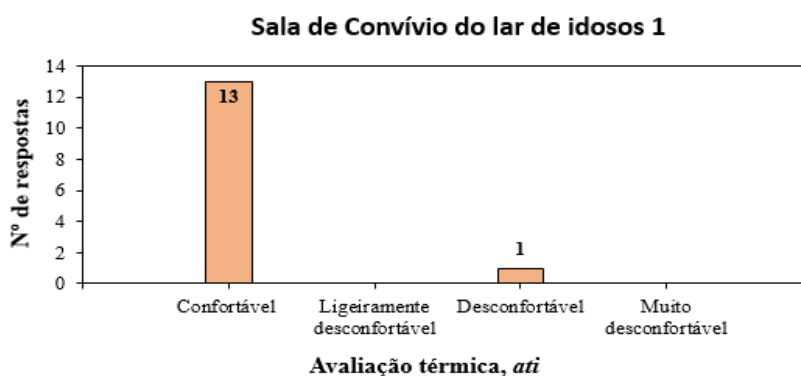


Gráfico 4-19: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1

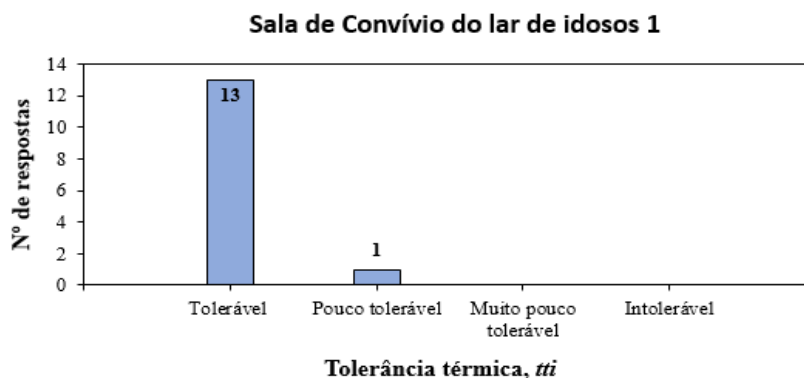


Gráfico 4-20: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio do lar de idosos 1

De acordo com o modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC, para o período de tempo de realização dos inquéritos (dia 23 de março de 2016, entre as 10h25 e as 11h15), a  $T_{op}$  (temperatura interior) está dentro dos 90% de aceitabilidade, pelo que o ambiente térmico é considerado confortável.

Uma vez que a maioria dos ocupantes da sala de convívio apresentam sensações térmicas neutras e avaliam o ambiente térmico como confortável e tolerável, verifica-se uma boa correlação entre as duas avaliações (modelo LNEC e inquéritos).

#### 4.3.3.4 Taxa de ventilação

No Quadro 4-28 apresentam-se as taxas de ventilação do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo X.

Quadro 4-28: Taxas de ventilação do quarto 3 e da sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ média (decaimento do CO <sub>2</sub> ) [h <sup>-1</sup> ]	Caudal de ar novo regulamentar	Volume do compartimento [m <sup>3</sup> ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [h <sup>-1</sup> ]
Quarto 3	0,52	16 m <sup>3</sup> /h.pessoa	57,62	2	0,56
Sala de convívio	0,19	2262 m <sup>3</sup> /h	720,50	---	3,14

**Notas:**

- Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do CO<sub>2</sub>, foi utilizado um total de 5 ensaios para o quarto 3 e 4 ensaios para a sala de convívio;
- Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7]. Para a sala de convívio, o caudal de ar novo regulamentar foi determinado em função da carga poluente do edifício, através do cálculo: 754 m<sup>2</sup> (área total) × 3 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> (sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos).

Pelos resultados apresentados, conclui-se que os dois compartimentos analisados possuem deficientes taxas de ventilação (as  $R_{ph}$  médias são nos dois casos inferiores às  $R_{ph}$  regulamentares). O quarto 3 é, no entanto, o compartimento que apresenta o valor de  $R_{ph}$  mais aproximado do valor regulamentar.

#### 4.3.4 Lar de Idosos 2

##### 4.3.4.1 Parâmetros ambientais de registo contínuo

###### a) Temperatura

No Quadro 4-29 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do lar de idosos 2 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da temperatura do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

Quadro 4-29: Análise estatística das temperaturas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (28 de março a 1 de abril)

Compartimento	$T_{ar}$ [°C]					$T_{ext.}$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ C$	Percentagem $\geq 25^\circ C$	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	17,7	22,7	$20,1 \pm 0,7$	47	0	$11,0 \pm 2,2$	9,1
Quarto 2	18,7	21,6	$20,3 \pm 0,7$	30	0		9,3
Quarto 3	17,4	21,6	$20,2 \pm 0,7$	41	0		9,2
Quarto 4	16,3	21,8	$20,3 \pm 0,8$	31	0		9,3
Quarto 5	18,0	21,9	$20,7 \pm 0,6$	9	0		9,7
Sala de convívio 1	23,6	25,5	$24,5 \pm 0,5$	0	16	$11,7 \pm 2,1$	12,8
Sala de convívio 2	20,4	24,7	$23,1 \pm 0,7$	0	0		11,4
Sala de convívio 3	21,1	24,5	$22,5 \pm 0,6$	0	0		10,8

**Notas:**  
 - Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;  
 -  $\Delta T$ : corresponde à diferença entre as médias de  $T_{ar}$  e  $T_{ext.}$

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-29 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que os quartos 1 a 4 apresentam elevadas percentagens de tempo com temperaturas inferiores ao limite mínimo recomendado. A explicação para estes valores é semelhante à apresentada relativamente aos resultados da

primeira campanha experimental (ex.: reduzido isolamento térmico da envolvente). No entanto, os valores médios estão acima do limite regulamentar.

As temperaturas na sala de convívio 1 acima do limite máximo regulamentar podem ser reflexo da presença de maior climatização e ainda ao facto de se tratar de um compartimento com grande densidade de ocupação ao longo do dia.

Por último, é importante ainda mencionar que os radiadores têm a possibilidade de ser regulados individualmente para diferentes intensidades de libertação de calor, o que pode facilmente ser adaptado pelos utilizadores dos espaços, mediante as suas perceções térmicas. O mencionado pode ser a justificação para o quarto 5 não apresentar uma percentagem de tempo tão elevada de desconforto térmico relativamente aos restantes quartos.

### b) Humidade Relativa

No Quadro 4-30 encontra-se apresentada a análise estatística da *HR* interior registada nos compartimentos do lar de idosos 2 durante a segunda campanha. A análise estatística engloba igualmente a análise da *HR* do ar exterior.

Os respetivos resultados gráficos encontram-se apresentados no Anexo VIII.

Quadro 4-30: Análise estatística das humidades relativas registadas nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 2ª campanha experimental (28 de março a 1 de abril)

Compartimento	HR [%]					HR <sub>ext.</sub> [%]	ΔHR [%]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem ≤ 30%	Percentagem ≥ 70%	$\mu \pm \sigma$	
Quarto 1	56	92	68 ± 4	0	44	74 ± 15	6
Quarto 2	54	75	65 ± 5	0	6		9
Quarto 3	55	86	67 ± 5	0	34		7
Quarto 4	51	85	62 ± 5	0	2		12
Quarto 5	38	80	59 ± 6	0	0		15
Sala de convívio 1	30	60	45 ± 6	0	0	71 ± 18	26
Sala de convívio 2	41	71	55 ± 6	0	0		16
Sala de convívio 3	38	66	49 ± 6	0	0		22

**Notas:**  
 - Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;  
 - ΔHR: corresponde à diferença entre as médias de HR<sub>ext</sub> e HR.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-30 e pela visualização dos gráficos apresentados em anexo, pode observar-se que os quartos 1 e 3 apresentam elevadas percentagens de tempo com concentrações de *HR* superiores ao limite máximo recomendado.

Nos quartos 1 e 3 é visível a presença de fungos, localizados nos paramentos interiores das envolventes exteriores, nomeadamente nas ligações parede-teto e junto aos vãos envidraçados. O desenvolvimento da referida patologia é então reflexo das elevadas concentrações de *HR*, que podem dever-se às reduzidas temperaturas interiores e às deficientes condições de ventilação dos compartimentos, dado que o único sistema de ventilação presente nos compartimentos é a ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar).

### c) Poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs)

No Quadro 4-31 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 2 durante a segunda campanha.

Quadro 4-31: Análise estatística dos poluentes (CO<sub>2</sub> e COVs) registados nos compartimentos do lar de idosos 2, no decorrer da 2<sup>a</sup> campanha experimental (28 de março a 1 de abril)

Compartimento	CO <sub>2</sub> [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Quarto 1	2358	1244 ± 324	1822	5,23	0,35 ± 0,40	0,42
Quarto 2	2510	1574 ± 371	2173	0,58	0,09 ± 0,12	0,12
Sala de convívio 1	1582	1036 ± 212	1187	0,15	0,05 ± 0,03	0,05
Sala de convívio 2	2815	1778 ± 423	2239	1,64	0,41 ± 0,24	0,53

Nota:  
- Nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4-31, pode observar-se que:

- Os quartos e a sala de convívio 2 apresentam um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção;
- A sala de convívio 2 apresenta um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção;
- Os valores do desvio padrão dos COVs dos quartos 1 e 2 e da sala de convívio 2 são elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação.

Dado que o único sistema de ventilação presente nos compartimentos do lar de idosos 2 é a ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar), o registo de valores elevados de CO<sub>2</sub> e COVs pode ser reflexo de taxas de ventilação deficientes.

Os resultados gráficos relativos à variação de CO<sub>2</sub> encontram-se apresentados no Anexo VIII.

No Gráfico 4-21 e no Gráfico 4-22 encontram-se apresentadas as variações de COVs ocorridas no quarto 1 e na sala de convívio 2. Os resultados gráficos relativos às variações de COVs no quarto 2 e na sala de convívio 1 encontram-se apresentados no Anexo VIII.

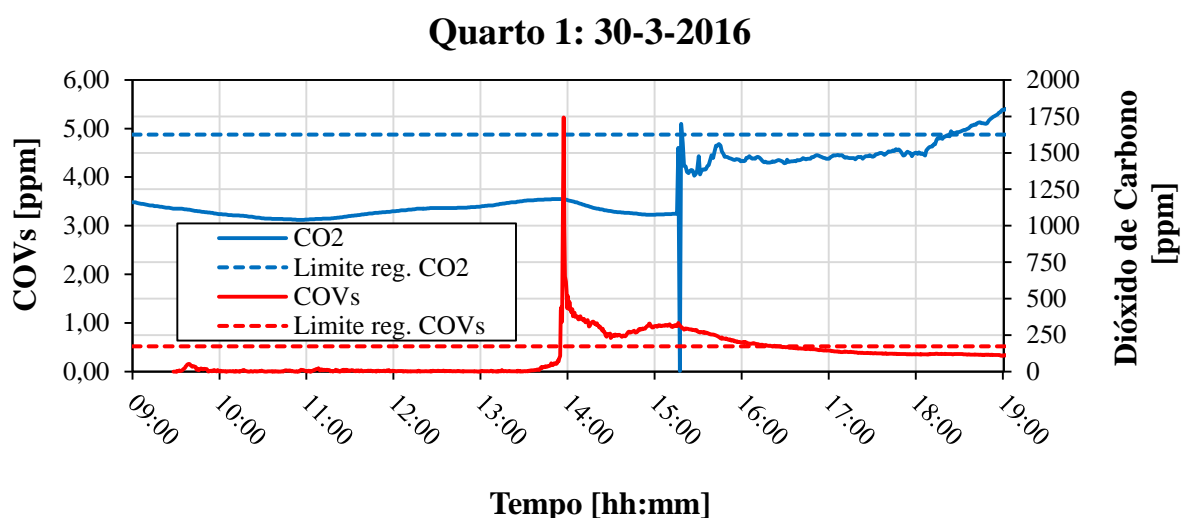


Gráfico 4-21: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 1 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental

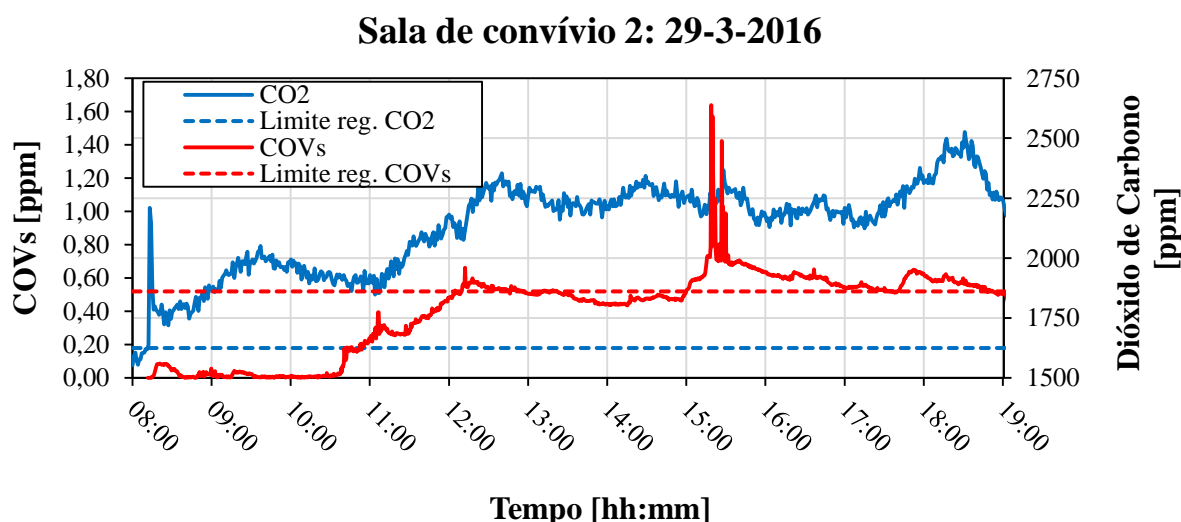


Gráfico 4-22: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala de convívio 2 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental

Pela análise do Gráfico 4-21 e do Gráfico 4-22, pode observar-se que:

- No quarto 1, o limite máximo regulamentar de COVs é ultrapassado durante o período da tarde, durante aproximadamente duas horas. Durante o período considerado, verifica-se a existência de um pico máximo pontual e um posterior decréscimo, sendo que o registo de concentrações excessivas de COVs podem ser reflexo das ações de limpeza realizadas ao compartimento (segundo informações fornecidas pelas funcionárias, foi aplicada cera no pavimento do quarto e no corredor de acesso ao mesmo). A partir das 18h00 é notória uma contínua subida de CO<sub>2</sub>, reflexo da permanência de todos os ocupantes;
- Na sala de convívio 2, o limite máximo regulamentar de COVs é ultrapassado a partir do período de almoço. Dado que esta sala de convívio serve também de sala de refeições e uma vez que os ocupantes possuem grandes limitações motoras, o espaço interior encontra-se então mais suscetível a ações de limpeza ao longo do dia. O aumento da concentração de COVs acima do máximo regulamentar é portanto justificado pelas eventuais ações de limpeza realizadas no compartimento. A permanência dos valores acima do limite máximo regulamentar pode ainda ser reflexo da deficiente ventilação do compartimento, o que é compatível com as elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> igualmente registadas. É importante ainda mencionar que a sala foi pintada entre os meses de novembro/dezembro. Deste modo, poderia existir uma emissão contínua de COVs, levando a concentrações constantes e não nulas, o que não se regista.

#### 4.3.4.2 Modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC

No Gráfico 4-23 apresenta-se a avaliação do conforto térmico dos quartos 1 e 2 e das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2, por aplicação do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. Os resultados gráficos relativos aos quartos 3 a 5 e à sala de convívio 3 encontram-se apresentados no Anexo IX.

Pela observação dos gráficos e considerando a existência de climatização ativa (aquecimento central com radiadores a água) no período de medições, é visível a existência de um ambiente termicamente confortável em todos os compartimentos analisados, com os registos de temperaturas dentro dos limites estabelecidos como confortáveis. No entanto, observa-se que:

- A sala de convívio 1, embora apresente registos de temperaturas dentro da zona de conforto, apresenta igualmente uma elevada percentagem de valores (64%) de desconforto térmico, nas quais as temperaturas são demasiado elevadas;
- As salas de convívio 2 e 3, embora apresentem a quase totalidade dos registos de temperaturas dentro da zona de conforto, registam igualmente situações de desconforto térmico para uma pequena percentagem de valores, nos quais as temperaturas se revelam demasiado elevadas (5 e 1%, respetivamente);

- Os quartos 1 a 5 apresentam praticamente a totalidade dos registos com temperaturas dentro da zona de conforto.

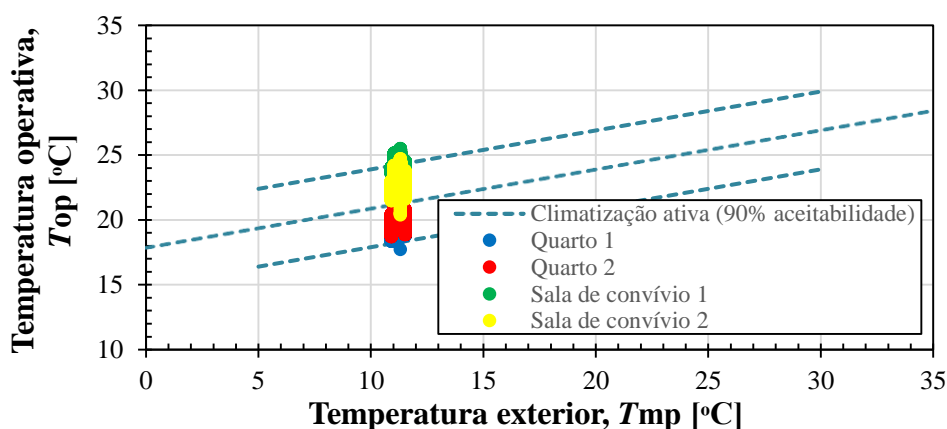


Gráfico 4-23: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 e salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental)

#### 4.3.4.3 Inquéritos sobre a perceção do conforto térmico

##### Sala de convívio 1:

Os inquéritos sobre conforto térmico foram realizados na sala de convívio 1 do lar de idosos 2 no dia 31 de março de 2016, entre as 8h56 e as 9h32. No total foi recolhida uma amostra de respostas de 17 ocupantes (todos do sexo feminino), com idades compreendidas entre os 66 e os 96 anos de idade.

No momento da realização dos inquéritos, a resistência térmica do vestuário dos ocupantes inquiridos encontrava-se compreendida entre o intervalo de 0,73 e 1,04 clo. Atendendo à temperatura interior, considera-se que o tipo de vestuário é adequado (ex.: calças, camisola interior e camisola).

Face à reduzida amostra e de modo a clarificar as conclusões, os resultados apresentam-se em função do n.º de respostas e não em percentagem.

Através da distribuição das respostas sobre a perceção térmica individual dos inquiridos no momento em que foram realizados os inquéritos, é possível concluir que:

- Relativamente à sensação térmica individual (*sti*), percebe-se que 11 dos inquiridos referiram uma sensação de neutralidade ( $sti = 0$ ) e 6 uma sensação de algum calor ( $sti = +1$ );
- Em relação à preferência térmica individual (*pti*), 15 dos inquiridos expressa uma preferência por não alterar o ambiente térmico, mantendo-o tal como está ( $pti = 0$ ), enquanto que 1 preferia que estivesse ligeiramente mais quente ( $pti = +1$ ) e outro preferia que estivesse ligeiramente mais frio ( $pti = -1$ );

- Ao nível da avaliação térmica individual (*ati*), 16 dos inquiridos considerou o ambiente térmico confortável e apenas 1 o considerou ligeiramente desconfortável;
- Quanto ao nível da tolerância térmica individual (*tii*), 16 dos inquiridos mostraram-se toleráveis ao ambiente térmico, sendo que apenas 1 ocupante considerou o ambiente térmico pouco tolerável.

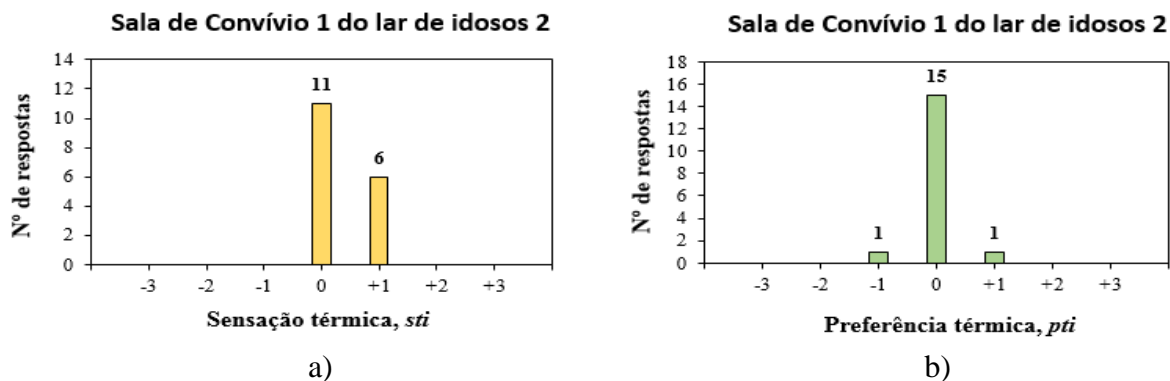


Gráfico 4-24: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2

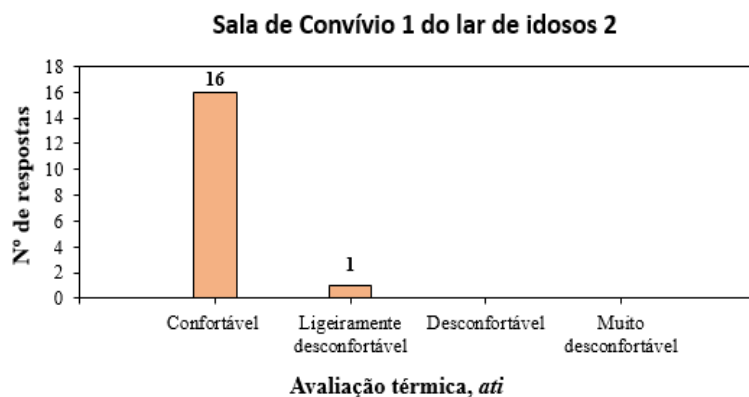


Gráfico 4-25: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2

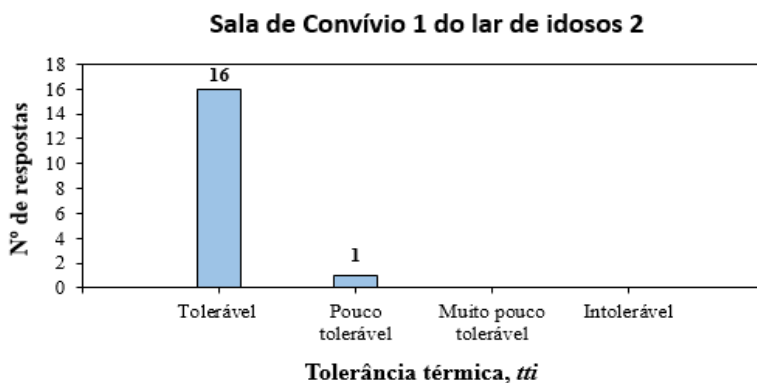


Gráfico 4-26: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 1 do lar de idosos 2

De acordo com o modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC, para o período de tempo de realização dos inquéritos (dia 31 de março de 2016, entre as 8h56 e as 9h32), conclui-se que:

- A  $T_{op}$  (temperatura interior) está dentro dos 90% de aceitabilidade para os primeiros 16 minutos analisados;
- A  $T_{op}$  (temperatura interior) está fora dos 90% de aceitabilidade para os posteriores 21 minutos analisados, com temperaturas acima do limite superior da zona de conforto.

O ambiente térmico é então considerado como confortável e desconfortável, com temperaturas superiores ao limite superior estabelecido pelo modelo.

Uma vez que os ocupantes da sala de convívio 1 apresentam sensações térmicas neutras e ligeiramente quentes, verifica-se uma boa correlação entre as duas avaliações (modelo LNEC e inquéritos).

### **Sala de convívio 2:**

Os inquéritos sobre conforto térmico foram realizados na sala de convívio 2 do lar de idosos 2 no dia 31 de março de 2016, entre as 10h12 e as 10h28. No total foi recolhida uma amostra de respostas de 8 ocupantes (todos do sexo feminino), com idades compreendidas entre os 80 e os 93 anos de idade.

No momento da realização dos inquéritos, a resistência térmica do vestuário dos ocupantes inquiridos encontrava-se compreendida entre o intervalo de 0,83 e 1,16 clo. Atendendo à temperatura interior, considera-se que o tipo de vestuário é adequado (ex.: calças, camisola interior e camisola).

Face à reduzida amostra e de modo a clarificar as conclusões, os resultados apresentam-se em função do n.º de respostas e não em percentagem.

Através da distribuição das respostas sobre a perceção térmica individual dos inquiridos no momento em que foram realizados os inquéritos, é possível concluir que:

- Relativamente à sensação térmica individual ( $sti$ ), percebe-se que 4 dos inquiridos referiram uma sensação de neutralidade ( $sti = 0$ ) e apenas 1 ocupante mencionou uma sensação de algum calor ( $sti = +1$ ). No entanto, 2 dos inquiridos expressaram ainda uma sensação ligeira de frio ( $sti = -1$ ) e por último 1 ocupante mencionou ainda uma sensação de calor ( $sti = +2$ );
- Em relação à preferência térmica individual ( $pti$ ), 5 dos inquiridos expressa uma preferência por não alterar o ambiente térmico, mantendo-o tal como está ( $pti = 0$ ), enquanto que 2 ocupantes preferiam que estivesse ligeiramente mais quente ( $pti = +1$ ) e 1 preferia ainda que estivesse ligeiramente mais frio ( $pti = -1$ );
- Ao nível da avaliação térmica individual ( $ati$ ), 5 dos inquiridos considerou o ambiente térmico confortável, enquanto que 3 o consideraram ligeiramente desconfortável;

- Quanto ao nível da tolerância térmica individual (*t<sub>ti</sub>*), 6 dos inquiridos mostraram-se toleráveis ao ambiente térmico, ao contrário dos restantes 2 ocupantes que o consideraram pouco tolerável.

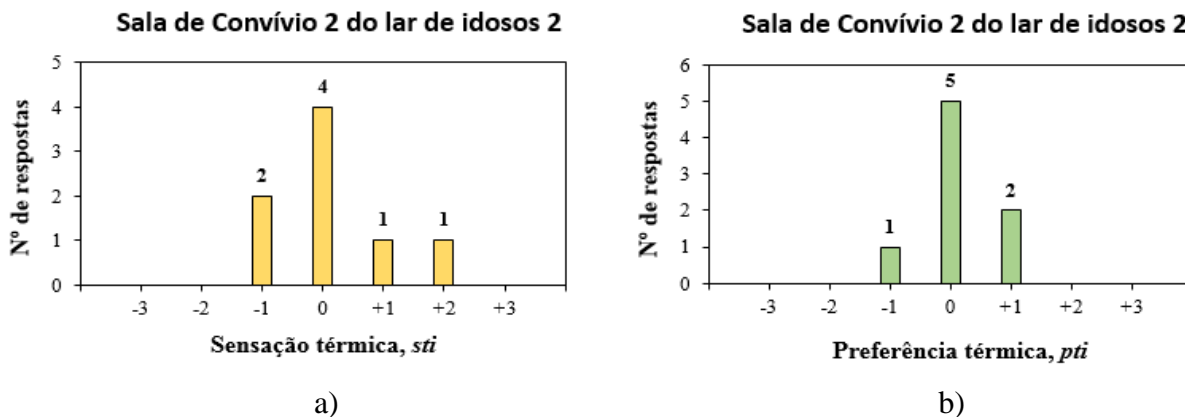


Gráfico 4-27: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2

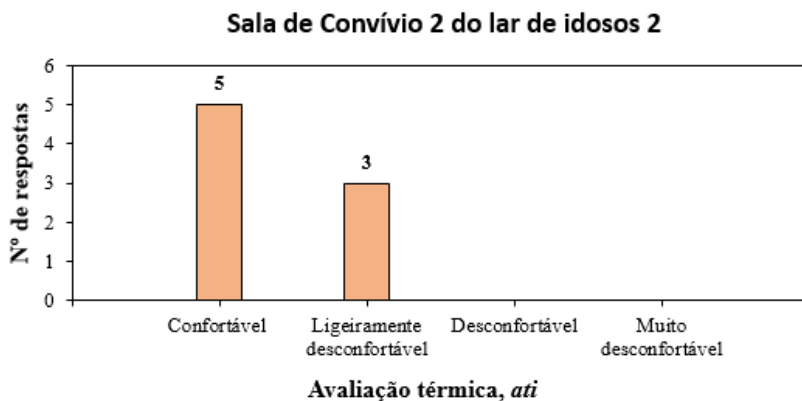


Gráfico 4-28: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2

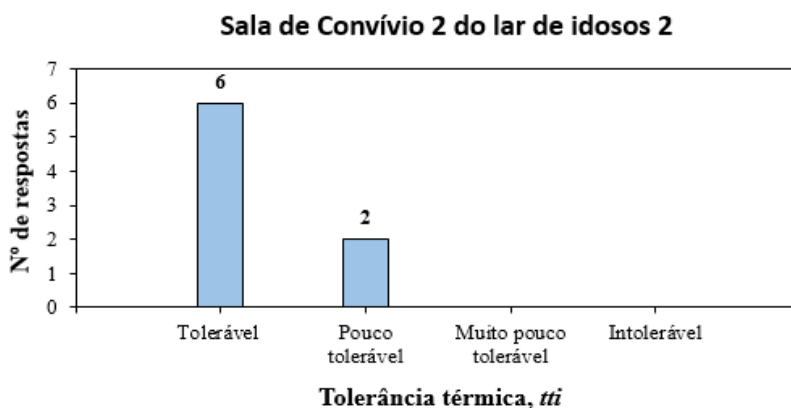


Gráfico 4-29: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 2 do lar de idosos 2

De acordo com o modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC, para o período de tempo de realização dos inquéritos (dia 31 de março de 2016, entre as 10h12 e as 10h28), a  $T_{op}$  (temperatura interior) está dentro dos 90% de aceitabilidade, pelo que o ambiente térmico é considerado confortável.

Uma vez que os ocupantes da sala de convívio 2 apresentam diferentes sensações térmicas (metade dos ocupantes apresenta sensações neutras e outra metade apresenta sensações ligeiras de frio, de calor e sensações de calor) e avaliam o ambiente térmico de forma díspar (confortável e ligeiramente desconfortável), verifica-se que embora o compartimento proporcione condições dentro do limiar de conforto, alguns dos ocupantes expressam algum nível de desagrado com as condições do ambiente térmico.

### **Sala de convívio 3:**

Os inquéritos sobre conforto térmico foram realizados na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 no dia 30 de março de 2016, entre as 16h03 e as 16h40. No total foi recolhida uma amostra de respostas de 13 ocupantes (10 do sexo masculino e 3 do sexo feminino), com idades compreendidas entre os 77 e os 89 anos de idade.

No momento da realização dos inquéritos, a resistência térmica do vestuário dos ocupantes inquiridos encontrava-se compreendida entre o intervalo de 0,82 e 1,10 clo. Atendendo à temperatura interior, considera-se que o tipo de vestuário é adequado (ex.: calças, camisa e pulôver).

Face à reduzida amostra e de modo a clarificar as conclusões, os resultados apresentam-se em função do n.º de respostas e não em percentagem.

Através da distribuição das respostas sobre a perceção térmica individual dos inquiridos no momento em que foram realizados os inquéritos, é possível concluir que:

- Relativamente à sensação térmica individual ( $sti$ ), percebe-se que 10 dos inquiridos referiram uma sensação de neutralidade ( $sti = 0$ ) e 2 uma sensação de algum calor ( $sti = +1$ ). No entanto, 1 inquirido expressou ainda uma sensação ligeira de frio ( $sti = -1$ );
- Em relação à preferência térmica individual ( $pti$ ), 7 dos inquiridos expressa uma preferência por não alterar o ambiente térmico, mantendo-o tal como está ( $pti = 0$ ), enquanto que 6 preferiam que estivesse ligeiramente mais quente ( $pti = +1$ );
- Ao nível da avaliação térmica individual ( $ati$ ), 12 dos inquiridos considerou o ambiente térmico confortável, enquanto que 1 o considerou ligeiramente desconfortável;
- Quanto ao nível da tolerância térmica individual ( $tii$ ), a totalidade dos inquiridos mostraram-se toleráveis ao ambiente térmico.

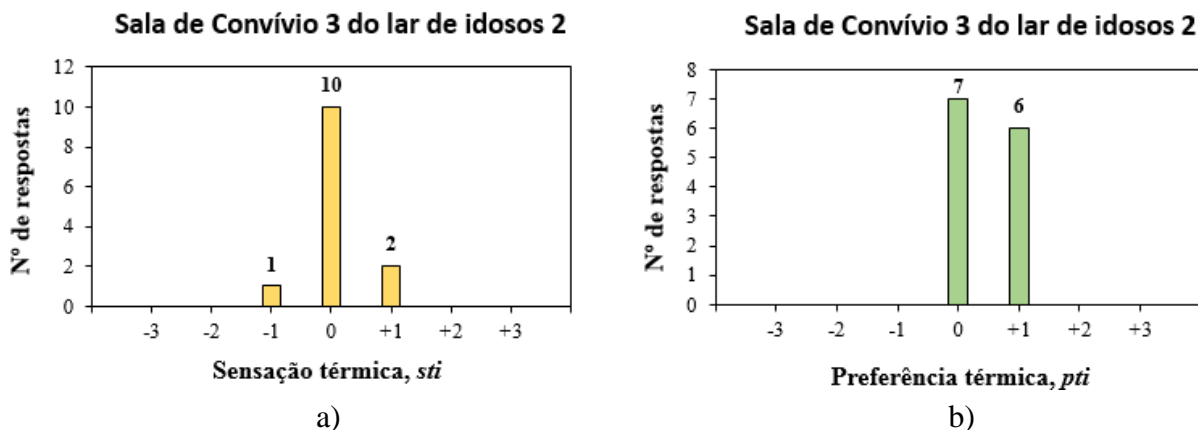


Gráfico 4-30: a) Resultados da sensação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2, b) Resultados da preferência térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2

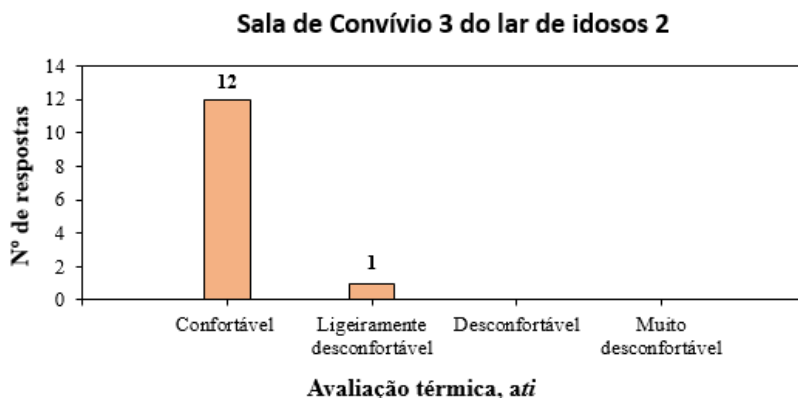


Gráfico 4-31: Resultados da avaliação térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2

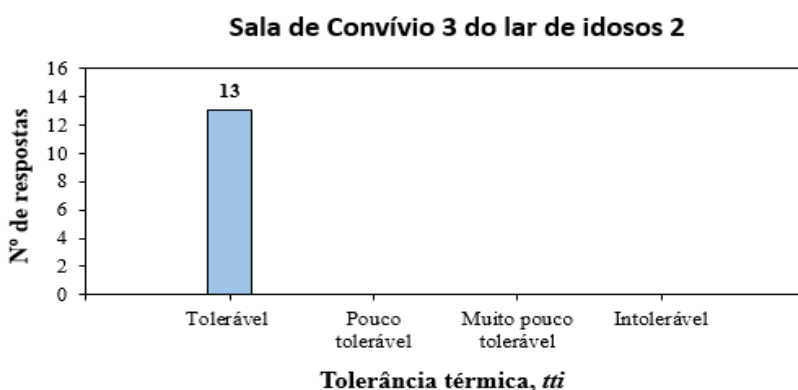


Gráfico 4-32: Resultados da tolerância térmica individual dos ocupantes da sala de convívio 3 do lar de idosos 2

De acordo com o modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC, para o período de tempo de realização dos inquéritos (dia 30 de março de 2016, entre as 16h03 e as 16h40), a  $T_{op}$

(temperatura interior) está dentro dos 90% de aceitabilidade, pelo que o ambiente térmico é considerado confortável.

Uma vez que a maioria dos ocupantes da sala de convívio 3 apresentam sensações térmicas neutras e avaliam o ambiente térmico como confortável e tolerável, verifica-se uma boa correlação entre as duas avaliações (modelo LNEC e inquéritos).

#### 4.3.4.4 Taxa de ventilação

No Quadro 4-32 apresentam-se as taxas de ventilação das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2.

Os gráficos que serviram para determinar as taxas de ventilação ( $R_{ph}$ ) dos compartimentos, encontram-se apresentados no Anexo X.

Pelos resultados apresentados, conclui-se que ambas as salas de convívio analisadas possuem deficientes taxas de ventilação (as  $R_{ph}$  médias são nos dois casos bastante inferiores às  $R_{ph}$  regulamentares).

Quadro 4-32: Taxas de ventilação das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental)

Compartimento	$R_{ph}$ (decaimento do CO <sub>2</sub> ) [h <sup>-1</sup> ]	Caudal de ar novo regulamentar [m <sup>3</sup> /(h.pessoa)]	Volume do compartimento [m <sup>3</sup> ]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	$R_{ph}$ regulamentar [h <sup>-1</sup> ]
Sala de convívio 1	0,41	24	117,69	25	5,10
Sala de convívio 2	0,26	24	71,97	20	6,67

Notas:  
 - Para a determinação da  $R_{ph}$  média pelo método do decaimento do CO<sub>2</sub>, foi utilizado um total de 4 ensaios para cada sala de convívio;  
 - Os caudais de ar novo regulamentares foram retirados de [7].



## 5. Conclusões

### 5.1 Conclusões gerais

A realização da presente dissertação teve como objetivo principal a análise da QAmbI de diversos espaços interiores pertencentes a edifícios que albergam infantários e lares de idosos localizados na zona urbana da cidade de Viseu. As duas campanhas experimentais tiveram como finalidade abranger diferentes estações do ano, nomeadamente final de outono / início de inverno e primavera, por forma a observar as principais diferenças registadas, quer ao nível dos parâmetros ambientais registados, como também na atitude e perceção dos utilizadores face a ambientes térmicos distintos.

Dos resultados obtidos com a primeira campanha experimental, destacam-se as seguintes conclusões:

- Os compartimentos dos infantários revelaram deficientes condições de climatização na estação de aquecimento, apresentando na maioria dos casos excessivas percentagens de tempo ( $\geq 20\%$ ) com valores de temperatura abaixo dos regulamentares ( $20^{\circ}\text{C}$ );
- A generalidade dos compartimentos dos infantários apresentam valores preocupantes de *HR* (com exceção de dois compartimentos no infantário 1 e de três compartimentos no infantário 2);
- Todas as salas dos infantários apresentam um valor máximo das médias de  $\text{CO}_2$  superior ao limiar de proteção;
- As salas 4 dos infantários apresentam um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção;

- Os diversos compartimentos do lar de idosos 1 (edifício mais recente dos analisados) não apresentam problemas de climatização (as temperaturas interiores encontram-se dentro dos limites recomendados) e não revelam igualmente problemas de *HR*. Quanto aos poluentes, a sala de convívio apresenta um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção;
- Os quartos do lar de idosos 2 apresentam excessivas percentagens de tempo com valores de temperatura abaixo dos regulamentares e revelam igualmente valores preocupantes de *HR* (com excessivas percentagens de tempo com valores de *HR* superior ao limite máximo recomendado);
- Com exceção da sala de convívio 1, todos os compartimentos do lar de idosos 2 apresentam um valor máximo das médias de CO<sub>2</sub> superior ao limiar de proteção;
- Na avaliação do conforto térmico pela aplicação do modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC, verifica-se que a globalidade dos compartimentos dos infantários apresentam elevadas percentagens de valores fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas (com exceção de uma sala no infantário 1 e duas salas no infantário 2). Relativamente aos lares de idosos, os compartimentos apresentam-se, globalmente, todos confortáveis, com exceção de uma sala de convívio do lar de idosos 2 que revela uma elevada percentagem de desconforto térmico, com temperaturas demasiado elevadas;
- As taxas de ventilação, determinadas com base na técnica do decaimento de CO<sub>2</sub>, revelaram-se insuficientes, com genericamente valores muito abaixo do regulamentarmente exigido, para todos os compartimentos analisados, com exceção do quarto 3 do lar de idosos 1, que apresentou uma  $R_{ph}$  média superior à  $R_{ph}$  regulamentar.

Com as conclusões obtidas através da análise dos resultados da primeira campanha experimental, constata-se que os compartimentos pertencentes aos diferentes edifícios estudados proporcionam ambientes térmicos distintos aos utilizadores. Deste modo, conclui-se que, para os infantários, as condições de conforto térmico não são na sua maioria satisfatórias, enquanto que para os lares de idosos, as condições são globalmente satisfatórias, com exceção dos quartos do lar de idosos 2 que apresentam excessivas percentagens de desconforto térmico pela presença de temperaturas inferiores ao limite mínimo regulamentar.

Com intuito de sintetizar as possíveis causas para o descrito anteriormente, pode concluir-se primeiramente que, para os infantários, as condições de climatização presentes nos compartimentos não são na maioria suficientes para garantir um adequado conforto dos ocupantes. O mesmo pode ser associado ao número reduzido de radiadores presentes nos compartimentos do infantário 1 (o que não se verifica no infantário 2, dado que as salas possuem todas, no mínimo, 2 radiadores) e ainda às diferentes atitudes adotadas pelos utilizadores dos espaços, uma vez que os mesmos têm, mediante as suas perceções térmicas, a possibilidade de ligar/desligar e de regular os radiadores, individualmente, para diferentes níveis de intensidade

na libertação de calor, o que pode contribuir para que o aquecimento de alguns compartimentos não ocorra de forma tão eficiente por forma a garantir um adequado conforto aos ocupantes.

Para além das condições insuficientes de climatização, a ausência de conforto térmico nos infantários é naturalmente reflexo das elevadas idades dos edifícios, onde se verifica a inexistência de isolamento térmico nas envolventes. Para o caso do infantário 1, acresce ainda o facto de existirem reduzidos desempenhos térmicos dos vãos envidraçados (caixilharias antigas em madeira sem vedantes e caixilharias em alumínio sem corte térmico, com vidro simples), o que facilita as perdas de calor e favorece ainda a ocorrência de infiltrações de ar. Por sua vez, para o caso do infantário 2, dado que a maioria dos compartimentos apresenta um sistema com desempenho melhorado (caixilharia em alumínio sem corte térmico com vidro duplo), quando comparados os tipos de vãos envidraçados com os do infantário 1, não são tão relevantes para este caso de estudo as perdas de calor e as infiltrações de ar como justificação dos reduzidos valores de temperatura registados ao longo da primeira campanha experimental.

Para os compartimentos do lar de idosos 1, o facto das temperaturas interiores se encontrarem mais ou menos constantes e dentro dos valores recomendados, pode ser reflexo do edifício em questão ser o mais recente dos quatro analisados, apresentando sistemas de construção melhorados. Exemplo do referido é a existência de vãos envidraçados constituídos por caixilharias em alumínio sem corte térmico com vidros duplos, na totalidade dos compartimentos, e a existência de isolamento térmico na envolvente do edifício. Por outro lado, a elevada idade do edifício do lar de idosos 2, onde se verifica a inexistência de isolamento térmico na envolvente, é entendida como a principal causa para o registo de temperaturas inferiores às regulamentares. No entanto, dado que os radiadores presentes nos diversos compartimentos podem ser individualmente regulados para diferentes níveis de intensidade na libertação de calor, não se encontra colocada de parte a hipótese de existirem associadas algumas atitudes por parte dos ocupantes que podem igualmente contribuir para que o aquecimento de alguns espaços ocorra, por vezes, de forma menos eficiente. É de referir ainda que o lar de idosos 2 possui um sistema centralizado de aquecimento, o que pode revelar que este não se encontra a funcionar adequadamente.

No que diz respeito aos poluentes interiores, nota-se que, tanto para os infantários como para os lares de idosos, os elevados valores de CO<sub>2</sub> são reflexo sobretudo dos níveis de ocupação dos compartimentos. Os elevados valores de COVs surgem principalmente nas salas 4 dos infantários. Estes podem estar associados a diferentes tipos de atividades realizadas, particularmente à possível utilização frequente de materiais pedagógicos (como por exemplo, tintas e colas) e à exposição dos trabalhos manuais pelos compartimentos.

Dado que o único sistema de ventilação presente nos diversos compartimentos estudados é a ventilação natural (sem recurso a condutas ou grelhas de admissão de ar), o registo de valores elevados de HR, CO<sub>2</sub> e COVs encontram-se também relacionados com taxas de ventilação deficientes, com genericamente valores muito abaixo do regulamentarmente exigido.

A observação de fungos em alguns quartos do lar de idosos 2, localizados nos paramentos interiores das envolventes exteriores, nomeadamente nas ligações parede-teto e junto aos vãos envidraçados, remete ainda para a fundamentação da existência de elevadas concentrações de *HR*, reduzido aquecimento e deficiente ventilação.

Dos resultados obtidos com a segunda campanha experimental, destacam-se as seguintes conclusões:

- Os compartimentos do infantário 1 apresentam excessivas percentagens de tempo com valores de temperatura abaixo dos regulamentares. Uma vez que a média da temperatura exterior foi normal para o período de meia-estação, a ausência de conforto térmico é naturalmente devida à inexistência de climatização ativa no período de medições. A atitude dos utilizadores face à climatização é portanto prejudicial para o conforto, concluindo-se que a existência de climatização ativa se verifica essencial na correção do problema existente;
- A generalidade dos compartimentos do infantário 2 não apresentam problemas de temperaturas (com exceção de duas salas, sendo que uma delas regista elevadas percentagens de tempo com temperaturas abaixo do limite mínimo recomendado e a outra regista elevadas percentagens de tempo com temperaturas acima do limite máximo recomendado). Embora a climatização permaneça inativa para o período de registos, o conforto térmico foi conseguido graças às temperaturas exteriores, que se revelaram na sua maioria, elevadas;
- A maioria dos compartimentos dos infantários não apresentam valores preocupantes de *HR* (com exceção de um compartimento no infantário 1 e de três compartimentos no infantário 2). Observa-se então uma melhoria global dos teores de *HR*, o que é naturalmente reflexo de maiores ações de ventilação realizadas nos compartimentos (pela abertura de janelas) e do maior número de atividades ao ar livre, que levam à menor produção de vapor de água no interior dos espaços interiores;
- A totalidade das salas analisadas do infantário 1 apresentam valores máximos das médias de CO<sub>2</sub> superiores ao limiar de proteção (embora inferiores aos registados na 1ª campanha), enquanto que no infantário 2 apenas uma sala apresenta problemas. A diminuição das concentrações excessivas de CO<sub>2</sub> é justificada pelo maior número de atividades ao ar livre e do aumento da taxa de ventilação, através da abertura de janelas mais frequente durante o período de funcionamento dos infantários;
- Apenas uma sala de atividades do infantário 1 apresenta um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção, pelo que se denota que na segunda campanha experimental as atividades realizadas nos infantários foram substancialmente diferentes às da primeira campanha (menor realização de trabalhos manuais com a utilização de colas e tintas, aumento do número de atividades realizadas no exterior e maior abertura de janelas);

- Os compartimentos dos lares de idosos apresentaram condições de temperatura interior semelhantes às da primeira campanha experimental. Deste modo, a totalidade dos compartimentos do lar de idosos 1 não revelam problemas de climatização, enquanto que os quartos do lar de idosos 2 manifestam excessivas percentagens de tempo com temperaturas inferiores ao limite mínimo recomendado (com exceção de um quarto). O facto de não se registarem alterações significativas entre campanhas pode ser justificado pelos registos terem sido realizados no início do período de meia-estação, no qual as temperaturas exteriores não manifestaram grandes alterações face à primeira campanha;
- Os diversos compartimentos do lar de idosos 1 não revelam problemas de *HR*, de  $\text{CO}_2$  e de COVs (com exceção da sala de convívio que apresenta um valor máximo das médias de  $\text{CO}_2$  superior ao limiar de proteção);
- Dois quartos do lar de idosos 2 apresentam problemas de *HR*. Verifica-se uma diminuição da incidência face à primeira campanha experimental, o que poderá corresponder à melhoria das temperaturas interiores, dado que as percentagens de tempo nas quais as temperaturas se registam desconfortáveis diminuíram na presente campanha. Esta melhoria pode ainda dever-se a uma maior taxa de ventilação (maior abertura de janelas);
- Uma das salas de convívio do lar de idosos 2 apresenta valores preocupantes de poluentes ( $\text{CO}_2$  e COVs), sendo que dois quartos revelam igualmente problemas (devido a  $\text{CO}_2$  elevado);
- Na avaliação do conforto térmico pela aplicação do modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC, verifica-se que a globalidade dos compartimentos do infantário 1 apresentam elevadas percentagens de valores fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas (com exceção de uma sala), enquanto que a maioria dos compartimentos do infantário 2 apresentam-se confortáveis (com exceção de três salas, que apresentam temperaturas demasiado baixas). Relativamente aos lares de idosos, os compartimentos apresentam-se globalmente todos confortáveis, com exceção de uma sala de convívio do lar de idosos 2 que revela uma elevada percentagem de desconforto térmico, com temperaturas demasiado elevadas;
- Os resultados dos inquéritos sobre a perceção do conforto térmico, realizados aos ocupantes das salas de convívio dos lares de idosos, revelam boas correlações com as avaliações do conforto térmico pelo modelo adaptativo proposto pelo LNEC. A sala de convívio 2 do lar de idosos 2 apresenta, no entanto, uma correlação inferior face às restantes salas, uma vez que embora o compartimento proporcione condições dentro do limiar de conforto, alguns dos ocupantes expressam algum nível de desagrado com as condições do ambiente térmico;
- As taxas de ventilação, determinadas com base na técnica do decaimento de  $\text{CO}_2$ , revelaram-se insuficientes, com genericamente valores muito abaixo do

regulamentadamente exigido. No entanto, o quarto 3 do lar de idosos 1 apresentou uma  $R_{ph}$  média aproximada à  $R_{ph}$  regulamentar.

Globalmente, poderão retirar-se também as seguintes conclusões:

- A obtenção da taxa de ventilação pelo método do decaimento, recorrendo ao  $CO_2$  metabólico, é um método eficaz, não intrusivo e não recorre a instrumentação suplementar;
- No clima português e em períodos de meia-estação, é corrente desligar-se os sistemas de climatização. Verificou-se que esta prática pode levar a períodos de desconforto semelhantes aos ocorridos no inverno.

## 5.2 Recomendações

Realizado o levantamento dos principais problemas existentes nos diversos compartimentos no sentido de melhorar a qualidade do ambiente interior, verifica-se necessária a atuação sobre as condições de climatização, ventilação e utilização para que os espaços interiores funcionem com as adequadas condições de conforto e de qualidade do ar. Deste modo, apresentam-se de seguida algumas recomendações de carácter organizacional e construtivo. Contudo, é importante mencionar que as medidas de carácter construtivo requerem uma atenção especial, sendo que para a aplicação das mesmas deve ser elaborado um estudo prévio de viabilidade técnica e económica.

### Recomendações de carácter organizacional:

- Nos infantários, as condições de climatização podem ser melhoradas através da sensibilização da gestão/direção, das educadoras e das auxiliares para a importância de ligar o aquecimento continuamente durante a totalidade do período de funcionamento dos espaços interiores, bem como para a importância da regulação dos radiadores para níveis de intensidade adequados;
- Em período de meia-estação, deve ser prevista, pelo menos, a climatização ativa no infantário 1 e na sala 6 do infantário 2;
- Nas condições de climatização do lar de idosos 2 devem ser revistos os períodos de aquecimento, por forma a tentar maximizar o conforto térmico dos diversos compartimentos;
- Nos infantários, principalmente nas salas 4, durante a utilização de materiais pedagógicos, nomeadamente colas e tintas, a ventilação deve ser intensificada, pela abertura de janelas. Após a realização dos trabalhos manuais com os referidos materiais, os mesmos devem ser igualmente expostos em locais mais ventilados. Em alternativa, poderá recorrer-se a materiais menos poluentes;

- Para as condições de manutenção dos espaços interiores, não devem ser utilizados produtos de limpeza à base de amónia, solventes orgânicos e outras substâncias químicas que afetem significativamente a QAI [36 e 37];
- As condições de ventilação podem ser melhoradas recorrendo à intensificação da prática de ventilação natural. Nos infantários, deve ser realizada a abertura de portas e janelas nos intervalos das atividades e após o período de limpezas, sendo que no final do dia as portas interiores devem permanecer abertas. Nos lares de idosos, deve ser realizada a abertura de janelas após o período de limpezas e ainda nos períodos em que os espaços se encontrem desocupados;
- Aquando da ocorrência de condições climatéricas exteriores adversas, a abertura de janelas deve ser realizada assim que possível. Neste sentido, é necessário realizar ações de sensibilização junto de todos os intervenientes adultos.

### Recomendações relativas aos sistemas construtivos e aos sistemas de climatização (por ordem sequencial de importância e eficácia):

- Deve ser equacionada a melhoria global do isolamento térmico das envolventes opacas exteriores dos infantários e do lar de idosos 2, preferencialmente, recorrendo ao sistema ETICS (isolamento pelo exterior). Caso a aplicação de isolamento pelo exterior não se verifique viável (ex.: paredes exteriores de granito) deve ser aplicado isolamento pelo interior;
- Uma vez que os compartimentos do infantário 1, e ainda alguns do infantário 2, apresentam vãos envidraçados com fracos desempenhos térmicos, é de ponderar a substituição por outros com desempenhos térmicos melhorados;
- Nos infantários, deve ser ponderada a instalação de sistemas centralizados de aquecimento, com possibilidade de regulação em cada compartimento;
- No infantário 1, as condições de climatização podem ser melhoradas através da instalação de mais radiadores nos compartimentos (dado que a maioria dos compartimentos possui apenas um radiador);
- Sempre que possível, melhorar a proteção solar dos compartimentos, recorrendo preferencialmente a proteção exterior;
- As condições de ventilação e higrometria dos infantários e dos lares de idosos podem ser melhoradas através da implementação de (por ordem de eficácia):
  - Sistemas mecânicos, incluindo grelhas de admissão de ar nos vãos envidraçados;
  - Exaustores, de caudal adequado a cada compartimento na envolvente exterior dos mesmos;
  - Desumidificadores, nos locais onde se registaram teores elevados de humidade.

### **5.3 Desenvolvimentos futuros**

Como sugestões de trabalhos futuros a desenvolver na área de investigação da Qualidade do Ambiente Interior em infantários e lares de idosos, seguem-se as seguintes propostas:

- Completar o estudo da Qualidade do Ambiente Interior realizado nos infantários e nos lares de idosos, com medições na estação de arrefecimento;
- Realizar medições de outros poluentes interiores (como por exemplo o formaldeído, as partículas suspensas no ar e o radão);
- Após a implementação das recomendações apresentadas, avaliar a Qualidade do Ambiente Interior nos mesmos compartimentos;
- Desenvolver o estudo em outros infantários e lares de idosos da cidade de Viseu, nomeadamente nos de construção mais recente (com melhores níveis de isolamento térmico e sistemas AVAC mais eficazes);
- Estudar o risco de condensação e de aparecimento de fungos nos infantários e nos lares de idosos;
- Alargar o estudo da Qualidade do Ambiente Interior a outras matérias do seu domínio, nomeadamente o conforto acústico e visual.

## REFERÊNCIAS

- [1] Frontczak, M., & Wargocki, P. (2011). *Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments*. *Building and Environment*: vol. 46, pp. 922–937.
- [2] Viegas, J. et al. (2012). *Ventilação, qualidade do ar e saúde em creches e infantários – resultados preliminares do Projeto ENVIRH*. Apresentado no IV Congresso Nacional Construção 2012, Universidade de Coimbra, Portugal.
- [3] WHO - World Health Organization. (2005). *Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence*. Copenhagen, Denmark.
- [4] Mendes, A. et al. (2013). *Indoor Air Quality and Thermal Comfort – Results of a Pilot Study in Elderly Care Centers in Portugal*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues*: vol. 76, pp. 333–344.
- [5] Lanzinha, J., Freire, T., Alves, A., & Pinto, M. (2015). *Qualidade do ambiente interior em lares e jardins de infância na cidade da Covilhã – estudo exploratório*. Apresentado na ICEUBI2015 - International Conference on Engineering 2015, University of Beira Interior – Covilhã, Portugal.
- [6] Decreto-Lei n.º 118/2013. (2013). *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços*. Diário da República, 1.ª Série N.º 159.
- [7] Portaria n.º 353-A/2013. (2013). *Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS) - requisitos de ventilação e qualidade do ar interior*. Diário da República, 1.ª Série N.º 235.
- [8] Portaria n.º 349-D/2013. (2013). *Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS) - requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções*. Diário da República, 1.ª Série N.º 233.
- [9] CEN - European Committee for Standardization. (2006). *CEN/TR 14788 – Ventilation for buildings: Design and dimensioning of residential ventilation systems*. CEN, Brussels, Belgium.
- [10] Pinto, A. (2000). *Sistemas de climatização e ventilação mecânica*. Em Seminário - Ambiente em edifícios urbanos. Lisboa: LNEC.

- [11] Viegas, J. (2000). *Contribuição da ventilação para a qualidade ambiente interior em edifícios*. Em Seminário - Ambiente em edifícios urbanos. Lisboa: LNEC.
- [12] APA - Agência Portuguesa do Ambiente. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento, do Território e do Desenvolvimento Regional, Amadora.
- [13] Santos, J. (2008). *Avaliação Experimental dos Níveis de Qualidade do Ar Interior em Quartos de Dormir – Um Caso de Estudo* (Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Reabilitação de Edifícios). Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.
- [14] Pinto, M., Freitas, V., & Viegas, J. (2007). *Qualidade do ambiente interior em edifícios de habitação*. Engenharia e vida: vol. 38, pp. 34–43.
- [15] ADENE - Agência para a Energia. (2009). *Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE*. Nota Técnica NT-SCE-02.
- [16] WHO - World Health Organization. (2008). *Planos Locais de Acção em Habitação e Saúde - Manual para projectos*. (C. Weigert, Trad.). DGS - Direção Geral da Saúde. Obtido de [www.dgs.pt](http://www.dgs.pt)
- [17] WHO - World Health Organization. (2010). *Guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Copenhagen, Denmark.
- [18] LQAI - Laboratório da Qualidade do Ar Interior. (2016). Obtido em 22 de junho de 2016, de [http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai\\_info02.html](http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai_info02.html).
- [19] ISO - International Organization for Standardization. (2005). *ISO 7730 - Ergonomics of the Thermal Environment, Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*. ISO, Genève, Switzerland.
- [20] Matias, L. (2000). *Conforto térmico em ambientes interiores*. Em Seminário - Ambiente em edifícios urbanos. Lisboa: LNEC.
- [21] Matias, L. (2010). *Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal* (Dissertação elaborada no Laboratório Nacional de Engenharia Civil para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

## REFERÊNCIAS

- [22] Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). *Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces*. Energy and Buildings: vol. 35, pp. 95–101.
- [23] Almeida, R. (2015). *Conforto térmico e qualidade do ar em edifícios*. Documento da unidade curricular de Eficiência Energética e Conforto nos Edifícios, Viseu: ISPV - Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Departamento de Engenharia Civil.
- [24] Silva, H. (2013). *Ambiente térmico e ventilação - Avaliações práticas e controlo* (1ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- [25] ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers. (2010). *Ansi/Ashrae Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ASHRAE, Atlanta, USA.
- [26] CEN - European Committee for Standardization. (2007). *EN 15251 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings-addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*. CEN, Brussels, Belgium.
- [27] Rodrigues, A., Piedade, A., & Braga, A. (2009). *Térmica de edifícios* (1ª ed.). Amadora: Orion.
- [28] ASTM - American Society for Testing Materials. (2011). *ASTM E 741 - Standard Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution*. ASTM, West Conshohocken, USA.
- [29] ASTM - American Society for Testing Materials. (2012). *ASTM D 6245 - Standard Guide for Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations to Evaluate Indoor Air Quality and Ventilation*. ASTM, West Conshohocken, USA.
- [30] Amaral, M. (2008). *Sistemas de Ventilação Natural e Mistos em Edifícios de Habitação* (Dissertação submetida para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [31] Awbi, H. B. (2003). *Ventilation of Buildings*. Taylor & Francis.
- [32] Cano, M. et al. (2012). *Indoor Air Quality in Portuguese Children Day Care Centers – ENVIRH Project*. The Second International Conference on Building Energy and Environment (COBEE) 2012, University of Colorado at Boulder, USA.

- [33] Aelenei, D. et al. (2015). *Caracterização Experimental das Taxas de Renovação Horária em Residências para Pessoas Idosas – Resultados Preliminares do Projecto GERIA*. Apresentado no Patorreb 2015 – 5ª Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- [34] Nogueira, S. et al. (2013). *Contribuição para o conhecimento da qualidade do ar interior em Lares de Idosos: Determinação do teor de CO<sub>2</sub> e de taxas de ventilação*. Apresentado na Conferência Internacional Sobre o Envelhecimento (CISE) 2013, Faculdade de Ciências Médicas da Universidade de Lisboa, Portugal.
- [35] Silva, M., Wolterbeek, H., & Almeida, S. (2014). *Elderly exposure to indoor air pollutants*. *Atmospheric Environment*: vol. 85, pp. 54–63.
- [36] Instituto da Segurança Social (2011). *Recomendações técnicas para equipamentos sociais – Lares de Idosos*.
- [37] Instituto da Segurança Social (2011). *Recomendações técnicas para equipamentos sociais – Creches*.
- [38] Câmara Municipal de Viseu. (2016). Obtido em 04 de julho de 2016, de <http://www.cm-viseu.pt/index.php/diretorio/cultura/projectos-municipais-2/im/2-viseu-naturalmente/detail/150-29-apresentao-do-projeto-visitas-bem-passadas-27-04-2012?tmpl=component>.
- [39] Pinto, A. (2015). *O Arquivo Histórico da Santa Casa da Misericórdia de Viseu: contributos para o estudo orgânico-funcional e o tratamento da informação* (Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Informação). Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
- [40] Santa Casa da Misericórdia de Viseu. (2016). Obtido em 04 de julho de 2016, de <http://www.scmviseu.com/respostas-sociais/infancia/creche-e-jardim-de-infancia-de-n-sra-fatima#>.
- [41] Weather Underground. (2015 / 2016). Obtido entre o período de 07 de dezembro de 2015 a 06 de maio de 2016, de <https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IVISEU5>.

# ANEXO I – FICHA DE LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DOS COMPARTIMENTOS ESTUDADOS



INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE VISEU



## FICHA DE LEVANTAMENTO

### 1. Generalidades:

Ficha n.º: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Nome da Instituição: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Concelho: \_\_\_\_\_ Freguesia: \_\_\_\_\_

Responsável pelo levantamento: \_\_\_\_\_

### 2. Características gerais do compartimento em estudo:

2.1. Designação do compartimento: \_\_\_\_\_

2.3. Orientação:  norte (N)

sul (S)

oeste (O)

este (E)

Outra Qual: \_\_\_\_\_

2.4. Área útil [m<sup>2</sup>]: \_\_\_\_\_

2.5. Pé-direito [m]: \_\_\_\_\_

2.6. Ocupação máxima habitual: \_\_\_\_\_

Observações:

---

---

---

---

---



### 3. Características físicas do compartimento em estudo:

#### 3.1. Tipo de revestimento do pavimento:

Soalho:

Pregado

Colado

Flutuante

Taco de madeira colado

Parquet de madeira colado

Mosaico cerâmico

Vinílico

Alcatifa

Outro Qual: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

#### 3.2. Tipo de revestimento das paredes interiores:

Areado

Estucado

Revestimento cerâmico vidrado

Revestimento cerâmico não vidrado

Gesso cartonado

Outro Qual: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_



INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE VISEU



### 3.3. Tipo de revestimento do teto:

- Areado
- Estucado
- Gesso cartonado
- Outro Qual: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

### 3.4. Tipo de Proteções Solares:

#### 3.4.1. Interiores:

- Inexistentes
- Portadas em madeira
- Cortinas
- Rolo
- Estores de lâminas horizontais
- Estores de lâminas verticais
- Outro Qual: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

#### 3.4.2. Exteriores:

- Inexistentes
- Estores
- Outro Qual: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_



**3.5. Descrição das Janela(s) e da(s) Caixilharia(s):**

**3.5.1. Tipo de janela(s):**

- Sistema de abrir
- Sistema de correr
- Sistema de guilhotina
- Sistema fixo
- Outro Qual: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

**3.5.2. Tipo de vidro(s):**

- Simples
- Duplo
- Outro Qual: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

**3.5.3. Tipo de caixilharia(s):**

- Madeira
- Alumínio
- Ferro
- PVC

Observações: \_\_\_\_\_



INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE VISEU



**4. Sistemas de ventilação e de climatização presentes no compartimento em estudo:**

4.1. Tipo(s) de sistema(s) de ventilação:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4.2. Tipo(s) de sistema(s) de climatização:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**5. Observações Adicionais:**

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**Técnico:**

\_\_\_\_\_



## ANEXO II – CARACTERÍSTICAS GERAIS E FÍSICAS DOS COMPARTIMENTOS ESTUDADOS

### II.1 – CARACTERÍSTICAS DOS COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO INFANTÁRIO 1

Quadro II-1: Características gerais dos compartimentos selecionados do infantário 1

Designação do compartimento	Orientação	Área útil [m <sup>2</sup> ]	Pé-direito [m]	Ocupação máxima habitual
Sala 1	NO	53,83	Mín.: 2,51; Máx.: 4,08	2 educadoras e 19 crianças
Sala 2	SO	30,16	Mín.: 2,48; Máx.: 4,00	2 educadoras e 20 crianças
Sala 3 <sup>a</sup>	NO e SO	38,66	2,70	2 educadoras e 19 crianças
Sala 4	NO e SO	34,55	2,70	2 educadoras e 20 crianças
Sala 5	SO	34,31	Mín.: 2,22; Máx.: 3,73	2 educadoras e 19 crianças
Refeitório	NE e SO	114,67	2,75	10 educadoras e 97 crianças

a – A sala 3 possui uma casa de banho no seu interior.

Quadro II-2: Características físicas dos compartimentos selecionados do infantário 1

Desig. do Comp.	Pavimento	Paredes	Teto	Proteções solares		Caixilharia
				Interiores	Exteriores	
Sala 1	Vinílico	Estucadas a cor azul e amarelo	Cortiça pintada a cor branca	Cortinas opacas de cor azul	Inexistentes	Madeira, sistema de guilhotina; vidro simples
Sala 2				Cortinas opacas de cor amarela		
Sala 3	Alumínio lacado sem corte térmico, sistema de abrir e fixo; vidro simples					
Sala 4			Madeira, sistema de guilhotina; vidro simples			
Sala 5	Vinílico					Cortiça pintada a cor branca
Refeitório				Estucado a cor branca		

a - Os vãos envidraçados com a orientação NE não possuem proteções solares interiores.

II.2 – CARACTERÍSTICAS DOS COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO  
INFANTÁRIO 2

Quadro II-3: Características gerais dos compartimentos selecionados do infantário 2

<b>Designação do compartimento</b>	<b>Orientação</b>	<b>Área útil [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Pé-direito [m]</b>	<b>Ocupação máxima habitual</b>
Sala 1	E	43,25	2,52	2 educadoras e 19 crianças
Sala 2 <sup>a</sup>	S	61,46	3,28	4 educadoras e 28 crianças
Sala 3	S	46,67	Mín.: 2,91; Máx.: 4,98	2 educadoras e 23 crianças
Sala 4	S	53,99	Mín.: 2,89; Máx.: 5,02	2 educadoras e 16 crianças
Sala 5	O	51,20	2,50	2 educadoras e 17 crianças
Sala 6	S e E	54,67	3,32	2 educadoras e 16 crianças
Sala 7	E e N	55,68	Mín.: 2,95; Máx.: 5,00	2 educadoras e 19 crianças
Sala 8	S e E	53,22	Mín.: 2,95; Máx.: 5,00	2 educadoras e 15 crianças
a - A sala 2 serve simultaneamente de dormitório.				

Quadro II-4: Características físicas dos compartimentos do infantário 2

Desig. do Comp.	Pavimento	Paredes	Teto	Proteções solares		Caixilharia
				Interiores	Exteriores	
Sala 1	Vinílico	Areadas a cor branca e azul	Cortiça pintada a cor branca	Cortinas semiopacas de cor clara	Inexistentes	Alumínio lacado sem corte térmico, sistema de abrir e fixo; vidro simples
Sala 2		Areadas a cor azul	Teto falso gesso cartonado cor branca	Portadas em madeira de cor branca	Inexistentes	Madeira, sistema de abrir; vidro simples
Sala 3		Areadas a cor branca e amarela	Cortiça pintada a cor branca	Inexistentes	Estores em PVC de cor cinza	Alumínio lacado sem corte térmico, sistema de correr e abrir; vidro duplo
Sala 4		Areadas a cor branca e rosa				
Sala 5		Areadas a cor branca e roxa	Areado a cor branca	Cortinas transparentes cor clara	Inexistentes	Alumínio lacado sem corte térmico, sistema de abrir; vidro duplo
Sala 6		Areadas a cor azul	Teto falso gesso cartonado cor branca	Portadas em madeira de cor branca		
Sala 7		Areadas a cor branca e verde	Cortiça pintada a cor branca	Inexistentes <sup>a</sup>	Estores em PVC de cor cinza	Alumínio lacado sem corte térmico, sistema de correr e abrir; vidros duplos <sup>b</sup>
Sala 8		Areadas a cor branca e vermelha				Inexistentes

a - Os vãos envidraçados com a orientação N possuem cortinas opacas de cor escura;

b - Os vãos envidraçados com a orientação N possuem sistemas fixos intercalados com basculantes.

## II.3 – CARACTERÍSTICAS DOS COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO LAR DE IDOSOS 1

Quadro II-5: Características gerais dos compartimentos seleccionados do lar de idosos 1

Designação do compartimento	Orientação	Área útil [m <sup>2</sup> ]	Pé-direito [m]	Ocupação máxima habitual
Quarto 1 <sup>a</sup>	NO	20,58	2,80	1 utente permanente
Quarto 2 <sup>a</sup>	SE			2 utentes permanentes
Quarto 3 <sup>a</sup>	NO			1 utente permanente <sup>b</sup> e 1 utente não permanente <sup>c</sup>
Quarto 4 <sup>a</sup>	SE			2 utentes não permanentes <sup>c</sup>
Quarto 5 <sup>a</sup>	SE			
Quarto 6 <sup>a</sup>	NO			
Quarto 7 <sup>a</sup>	NO			1 utente não permanente <sup>c</sup>
Sala de convívio	SE e SO	257,32		≈ 25 utentes

a - Os quartos possuem casas de banho privativas;  
b - O utente permanente apenas sai do quarto de manhã, durante os períodos de limpezas. Por vezes, o utente sai igualmente do quarto de tarde, durante o período do lanche;  
c - Os utentes não permanentes dormem a sesta desde as 13h30 até às 15h00.

Quadro II-6: Características físicas dos compartimentos seleccionados do lar de idosos 1

Desig. do Comp.	Pavimento	Paredes	Teto	Proteções solares		Caixilharia
				Interiores	Exteriores	
Quarto 1	Parquet de madeira	Estucadas a cor branca	Estucado a cor branca	Cortinas opacas de cor creme	Estores metálicos de cor castanha	Alumínio anodizado sem corte térmico, sistema de abrir; vidro duplo
Quarto 2						
Quarto 3						
Quarto 4						
Quarto 5						
Quarto 6						
Quarto 7						
Sala de convívio	Mosaico cerâmico			Estores com lâminas verticais de tecido claro	Inexistentes	Alumínio anodizado sem corte térmico, sistema de correr; vidro duplo

## II.4 – CARACTERÍSTICAS DOS COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO LAR DE IDOSOS 2

Quadro II-7: Características gerais dos compartimentos selecionados do lar de idosos 2

Designação do compartimento	Orientação	Área útil [m <sup>2</sup> ]	Pé-direito [m]	Ocupação máxima habitual
Quarto 1	E e NE	24,61	3,26	2 utentes permanentes <sup>b</sup> e 1 utente não permanente
Quarto 2	O	22,79		1 utente permanente e 2 utentes não permanentes
Quarto 3	E e SE	18,03		2 utentes não permanentes
Quarto 4	O	22,94		3 utentes não permanentes
Quarto 5	E	24,66		
Sala de convívio 1	O	39,76	2,96	≈ 25 utentes
Sala de convívio 2 <sup>a</sup>	O		1,81	≈ 20 utentes
Sala de convívio 3	O	43,66	2,83	≈ 25 utentes

a - A sala de convívio 2 serve simultaneamente de refeitório;  
b - Um dos utentes permanentes sai do quarto durante os períodos de refeições.

Quadro II-8: Características físicas dos compartimentos selecionados do lar de idosos 2

Desig. do Comp.	Pavimento	Paredes	Teto	Proteções solares		Caixilharia
				Interiores	Exteriores	
Quarto 1	Vinílico	Estucadas a cor creme	Estucado a cor branca	Cortinas opacas de cor branca + cortinas semiopacas de cor rosa	Inexistentes	Alumínio lacado sem corte térmico, sistema de abrir; vidro duplo
Quarto 2						
Quarto 3						
Quarto 4						
Quarto 5						
Sala de convívio 1		Estucadas a cor branca e laranja	Rolo opaco de cor creme			
Sala de convívio 2						
Sala de convívio 3	Estucadas a cor branca; lambril 1,50 m de madeira	Teto falso com ripado em madeira	Cortinas opacas de cor branca			



# ANEXO III - FIGURAS DOS COMPARTIMENTOS ESTUDADOS COM A RESPECTIVA LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

## III.1 – COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO INFANTÁRIO 1



Sala 3



Sala 4





Figura III-1: Compartimentos do infantário 1, com as respectivas localizações dos equipamentos de medição

### III.2 – COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO INFANTÁRIO 2

Sala 1



Sala 2



Sala 3



Sala 4



Sala 5



Sala 6



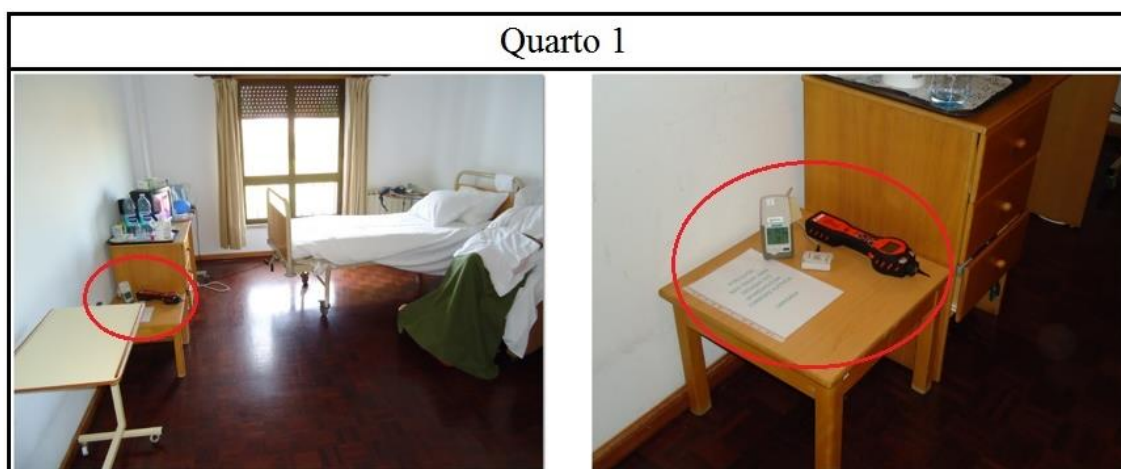
Sala 7





Figura III-2: Compartimentos do infantário 2, com as respetivas localizações dos equipamentos de medição

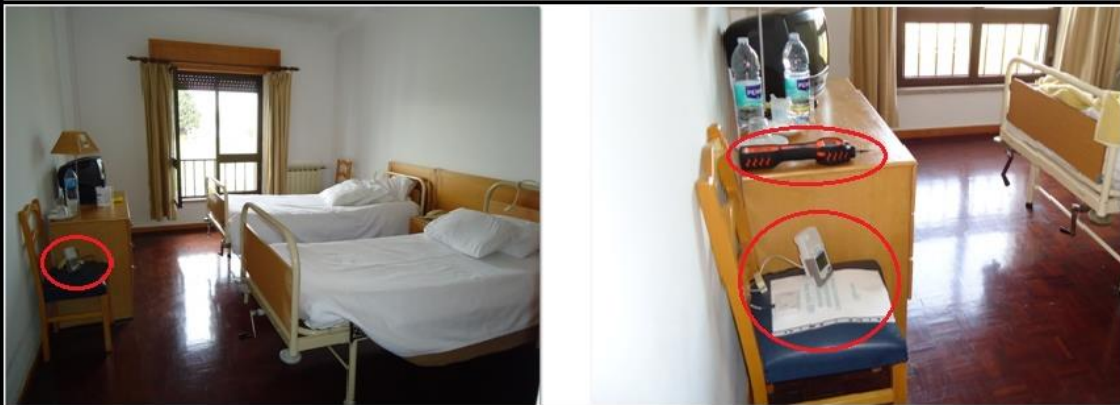
### III.3 – COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO LAR DE IDOSOS 1



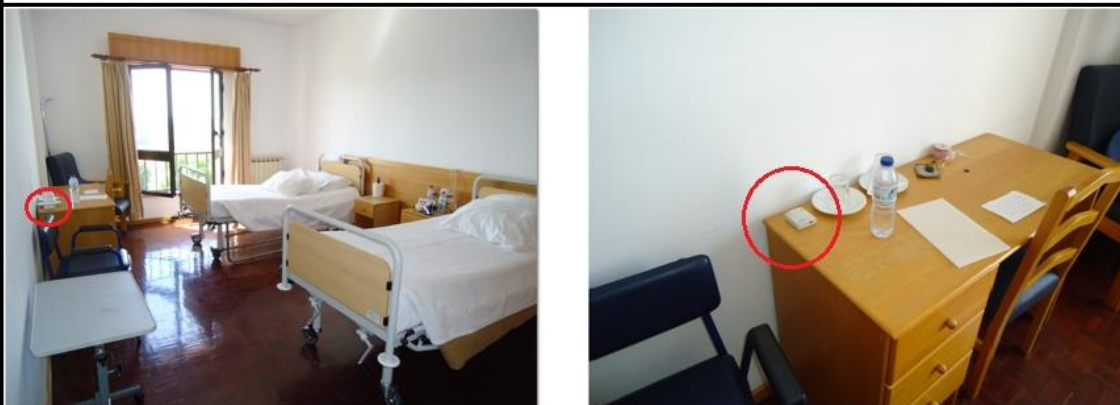
Quarto 2



Quarto 3



Quarto 4



Quarto 5



Quarto 6



Quarto 7

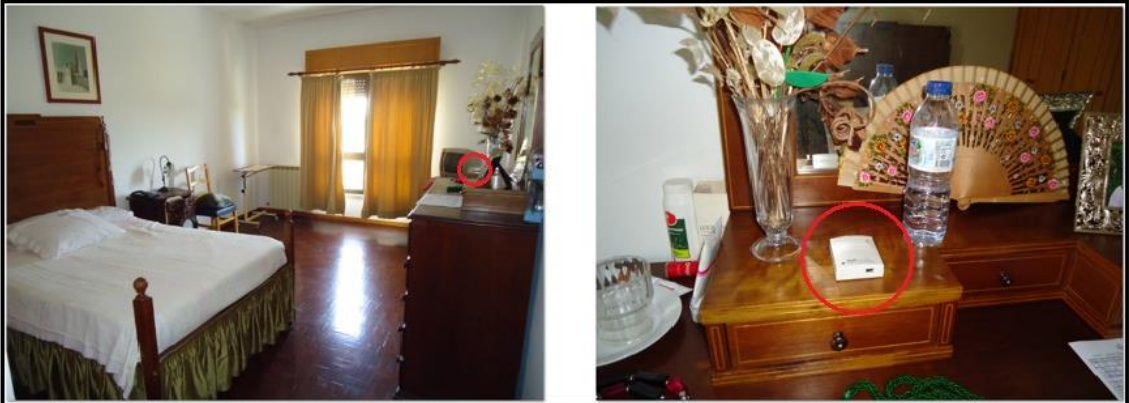
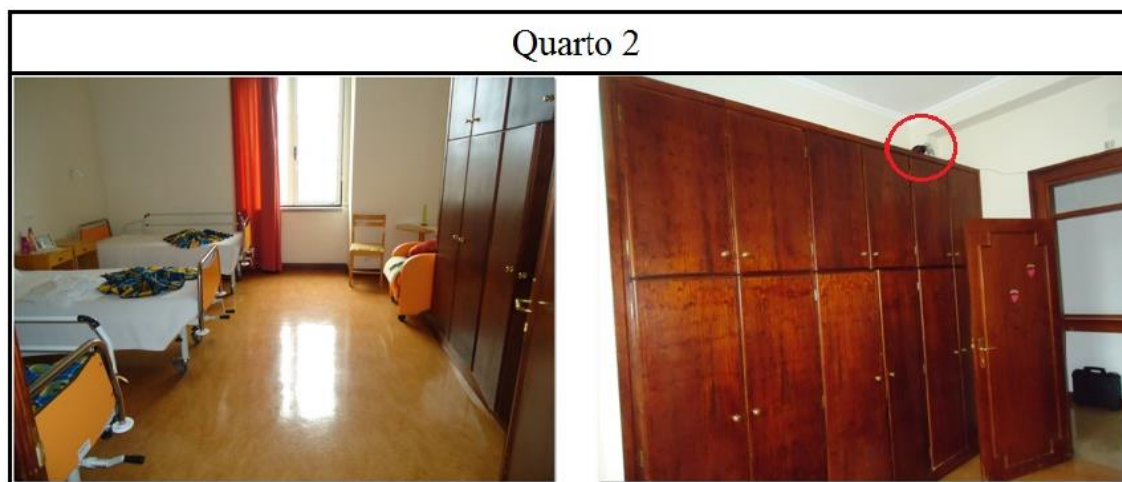
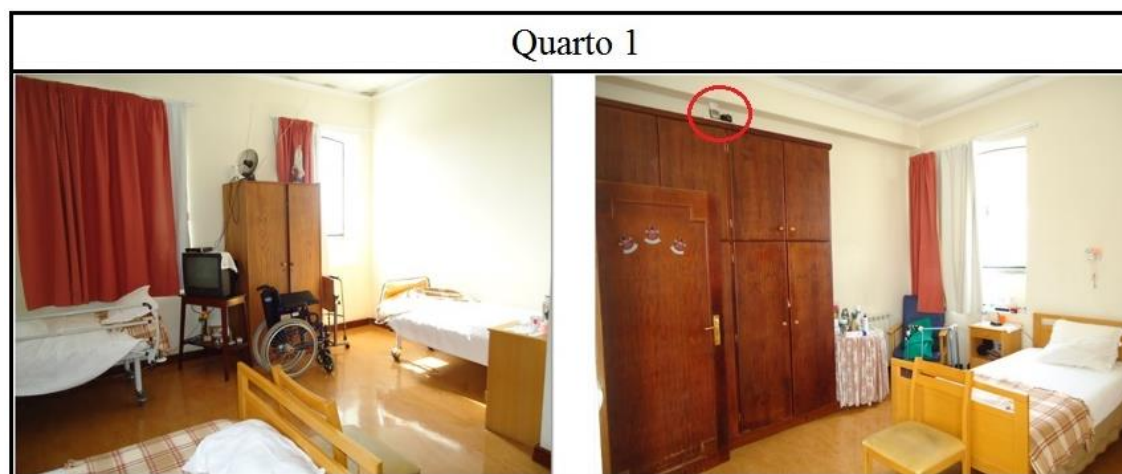




Figura III-3: Compartimentos do lar de idosos 1, com as respetivas localizações dos equipamentos de medição

#### III.4 – COMPARTIMENTOS PERTENCENTES AO LAR DE IDOSOS 2



Quarto 3



Quarto 4



Quarto 5



### Sala de convívio 1



### Sala de convívio 2



### Sala de convívio 3



Figura III-4: Compartimentos do lar de idosos 2, com as respectivas localizações dos equipamentos de medição

# ANEXO IV – MODELO DO INQUÉRITO REALIZADO AOS OCUPANTES DAS SALAS DE CONVÍVIO DOS LARES DE IDOSOS



INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE VISEU



## Inquérito sobre Conforto Térmico

Data de preenchimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Hora: \_\_\_h\_\_\_min.

### 1. Dados Pessoais:

Sexo: Masculino  Feminino

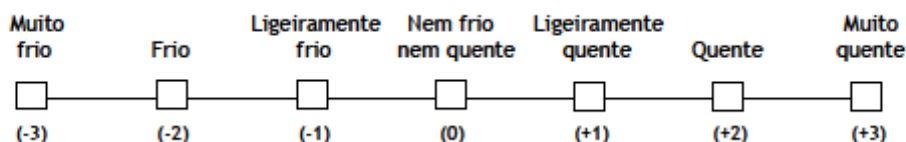
Idade: \_\_\_ (anos)

### 2. Caracterize a sua posição na sala em que se encontra, assinalando os elementos em relação aos quais se encontra próximo (a menos de 2 metros).

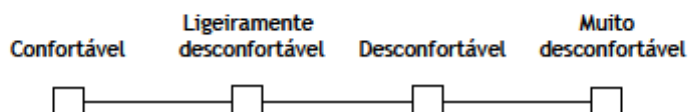
- |                    |                          |                              |                          |
|--------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| a. Janela exterior | <input type="checkbox"/> | f. Parede interior           | <input type="checkbox"/> |
| b. Janela interior | <input type="checkbox"/> | g. Aquecedor                 | <input type="checkbox"/> |
| c. Porta exterior  | <input type="checkbox"/> | h. Greiha de ar condicionado | <input type="checkbox"/> |
| d. Porta interior  | <input type="checkbox"/> | i. Ventoinha                 | <input type="checkbox"/> |
| e. Parede exterior | <input type="checkbox"/> | j. Outro: _____              |                          |

### 3. Considerando o ambiente térmico do local onde se encontra neste momento, responda às seguintes questões:

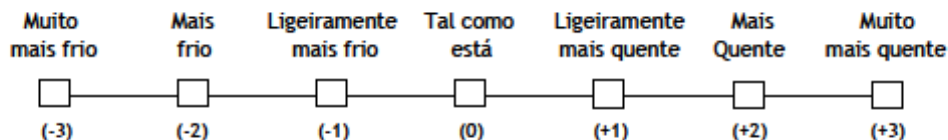
#### 3.1. Como se sente, neste momento?



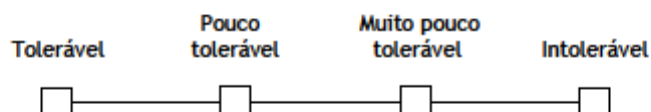
#### 3.2. Como considera o ambiente térmico, neste momento?



#### 3.3. Como gostaria que estivesse o ambiente térmico, neste momento?



#### 3.4. Em termos de tolerância, como classifica o ambiente térmico, neste momento?



4. Além das condições ambientais, também a roupa que temos vestida influencia as condições de conforto térmico.

Deste modo, pede-se que assinale no quadro seguinte todas as peças de vestuário que tem vestidas neste momento.

**Roupa Interior**

Camisola de alças	(0,04)	<input type="checkbox"/>
Camisola de manga curta	(0,09)	<input type="checkbox"/>
Camisola de manga comprida	(0,12)	<input type="checkbox"/>
Cueca	(0,03)	<input type="checkbox"/>
Boxer	(0,04)	<input type="checkbox"/>
Sutiã	(0,01)	<input type="checkbox"/>
Combinação	(0,15)	<input type="checkbox"/>
Ceroula	(0,10)	<input type="checkbox"/>

**Camisola/Pulôver**

de verão	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,36)	<input type="checkbox"/>
Sem mangas	(0,22)	<input type="checkbox"/>
Sweatshirt	(0,30)	<input type="checkbox"/>

**Meias**

Finas	(0,02)	<input type="checkbox"/>
Grossas, pelo tornozelo	(0,05)	<input type="checkbox"/>
Grossas, pelo joelho	(0,10)	<input type="checkbox"/>
de Nylon	(0,03)	<input type="checkbox"/>
Collants	(0,10)	<input type="checkbox"/>

**Sapatos**

Sola fina / Ténis de pano	(0,02)	<input type="checkbox"/>
Sola grossa / Ténis desportivo	(0,04)	<input type="checkbox"/>
Sandália / Chinelo	(0,02)	<input type="checkbox"/>
Bota	(0,10)	<input type="checkbox"/>

**Camisa/Blusa**

de verão, manga curta	(0,15)	<input type="checkbox"/>
de verão, manga comprida	(0,20)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de flanela	(0,30)	<input type="checkbox"/>
T-Shirt	(0,09)	<input type="checkbox"/>
Polo de malha	(0,17)	<input type="checkbox"/>

**Calças**

de verão	(0,20)	<input type="checkbox"/>
de meia estação/Ganga	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,28)	<input type="checkbox"/>
Calções	(0,08)	<input type="checkbox"/>
Macacão	(0,30)	<input type="checkbox"/>

**Saia**

de verão	(0,15)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,25)	<input type="checkbox"/>

**Vestido**

de verão	(0,20)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,40)	<input type="checkbox"/>

**Blazer/Blusão**

de verão	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,35)	<input type="checkbox"/>
Colete	(0,12)	<input type="checkbox"/>
Casaco	(0,60)	<input type="checkbox"/>
Parka	(0,70)	<input type="checkbox"/>

Outras peças de roupa:

Obrigada pela sua disponibilidade no preenchimento deste inquérito.

## ANEXO V – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS DE REGISTO CONTÍNUO DE ALGUNS COMPARTIMENTOS – 1ª CAMPANHA EXPERIMENTAL

### V.1 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTRADOS NOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 1

#### Infantário 1: 11 a 15 de janeiro

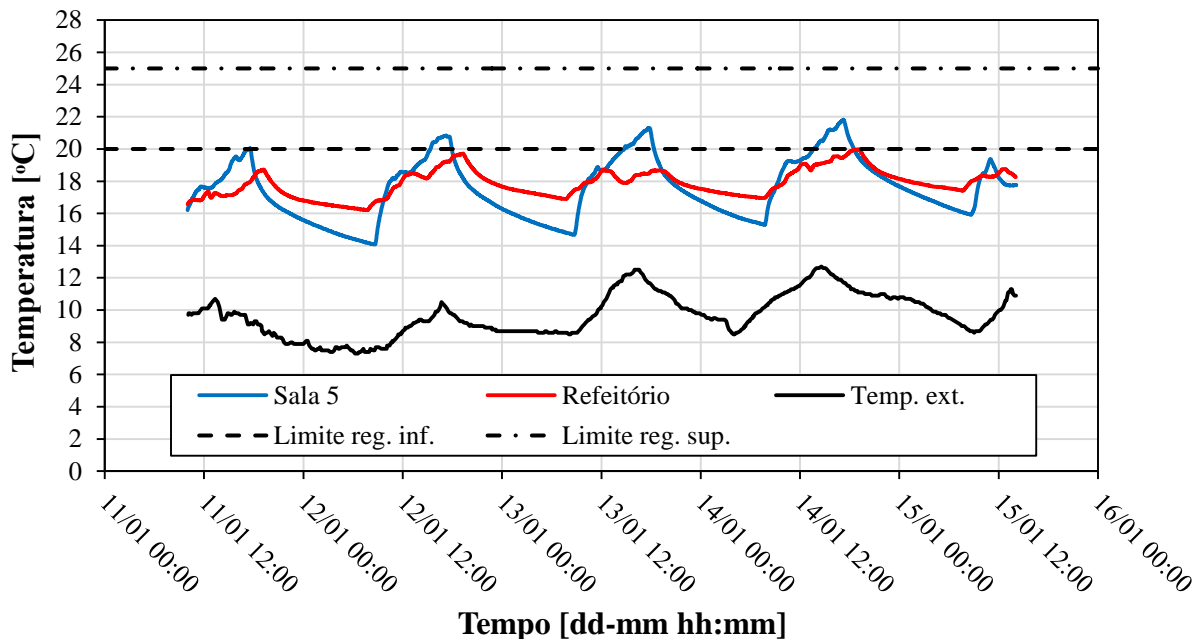


Gráfico V-1: Registo da  $T_{ar}$  na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 1ª campanha experimental

#### Infantário 1: 11 a 15 de janeiro

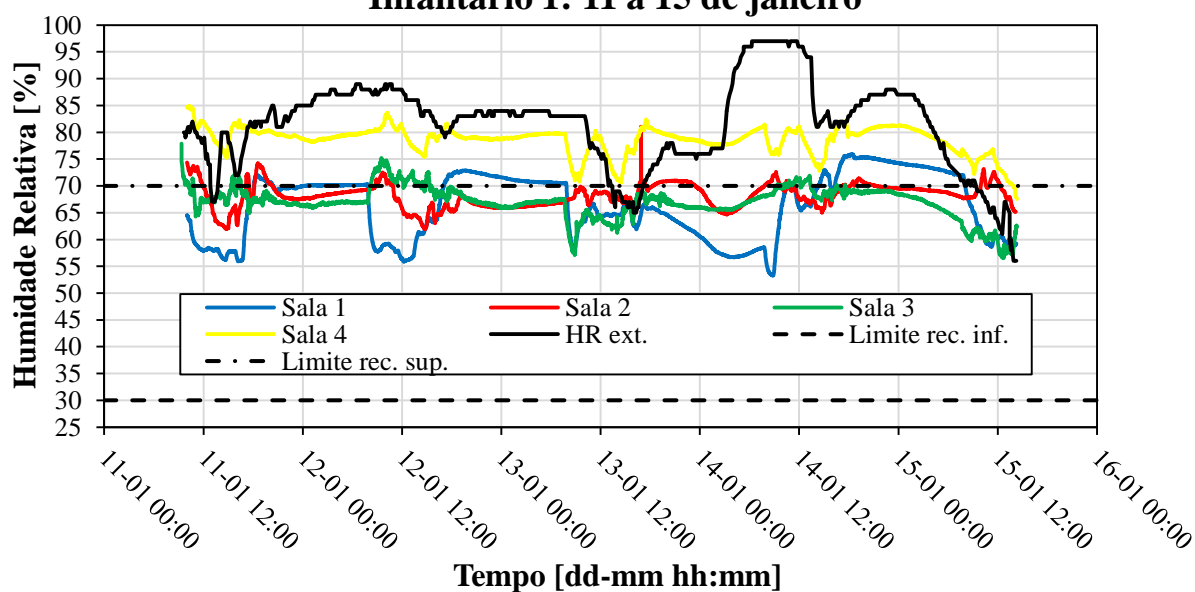


Gráfico V-2: Registo da  $HR$  nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 1ª campanha experimental

### Infantário 1: 11 a 15 de janeiro

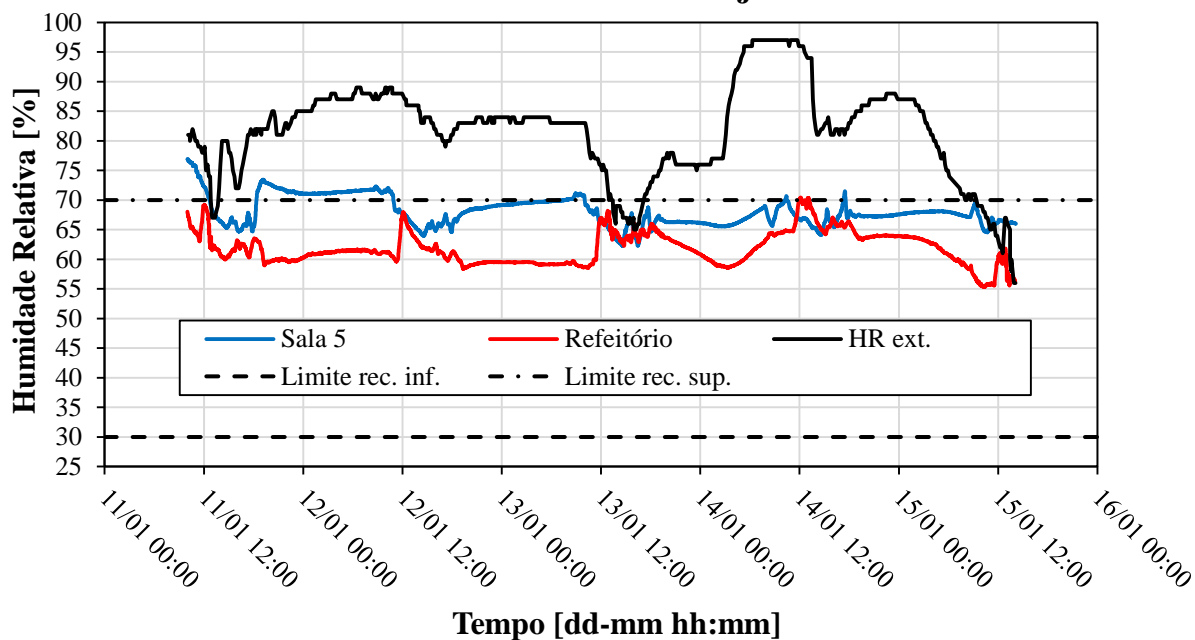


Gráfico V-3: Registo da *HR* na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 1ª campanha experimental

### Sala 1: 11-1-2016

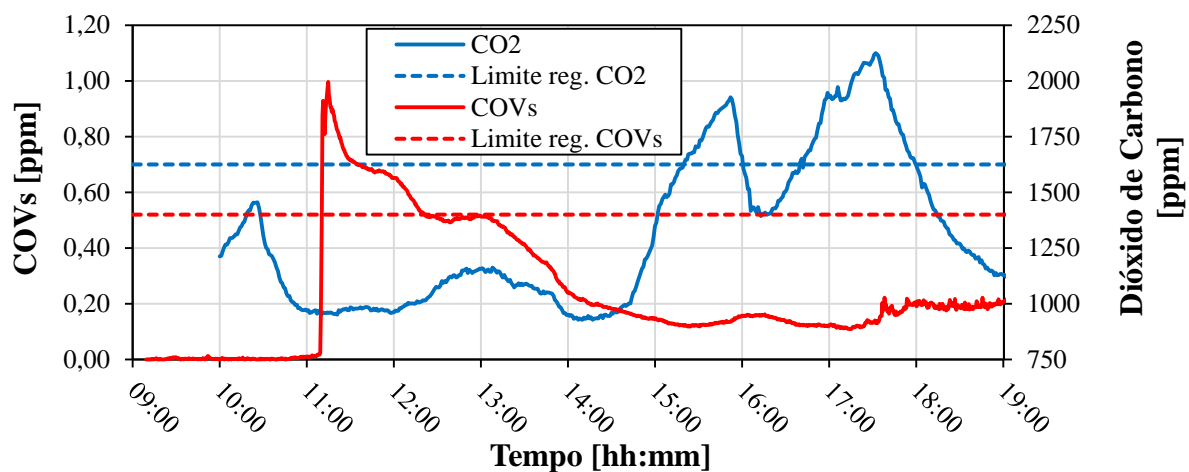
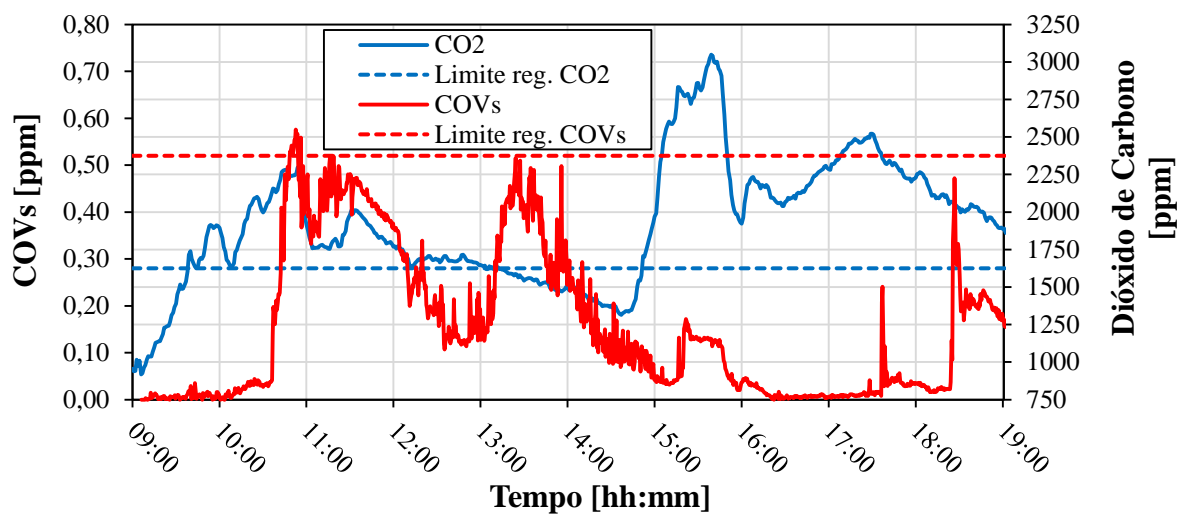
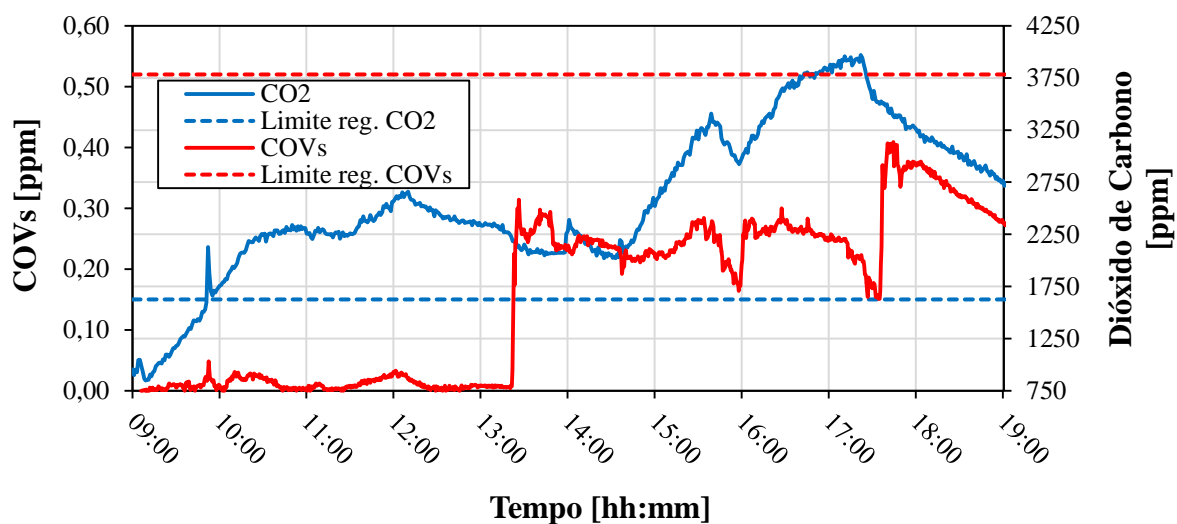


Gráfico V-4: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 1 do infantário 1 – 1ª campanha experimental

## Sala 2: 12-1-2016

Gráfico V-5: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 2 do infantário 1 – 1ª campanha experimental

## Sala 3: 13-1-2016

Gráfico V-6: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 3 do infantário 1 – 1ª campanha experimental

V.2 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTRADOS NOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 2

**Infantário 2: 18 a 22 de janeiro**

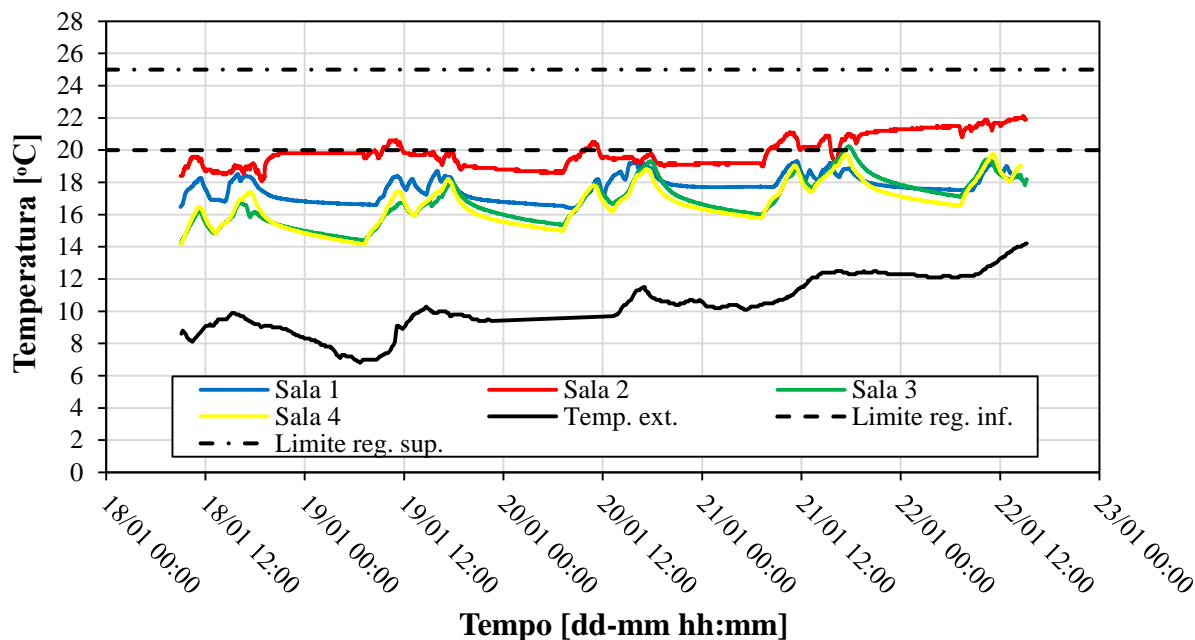


Gráfico V-7: Registro da  $T_{ar}$  nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

**Infantário 2: 18 a 22 de janeiro**

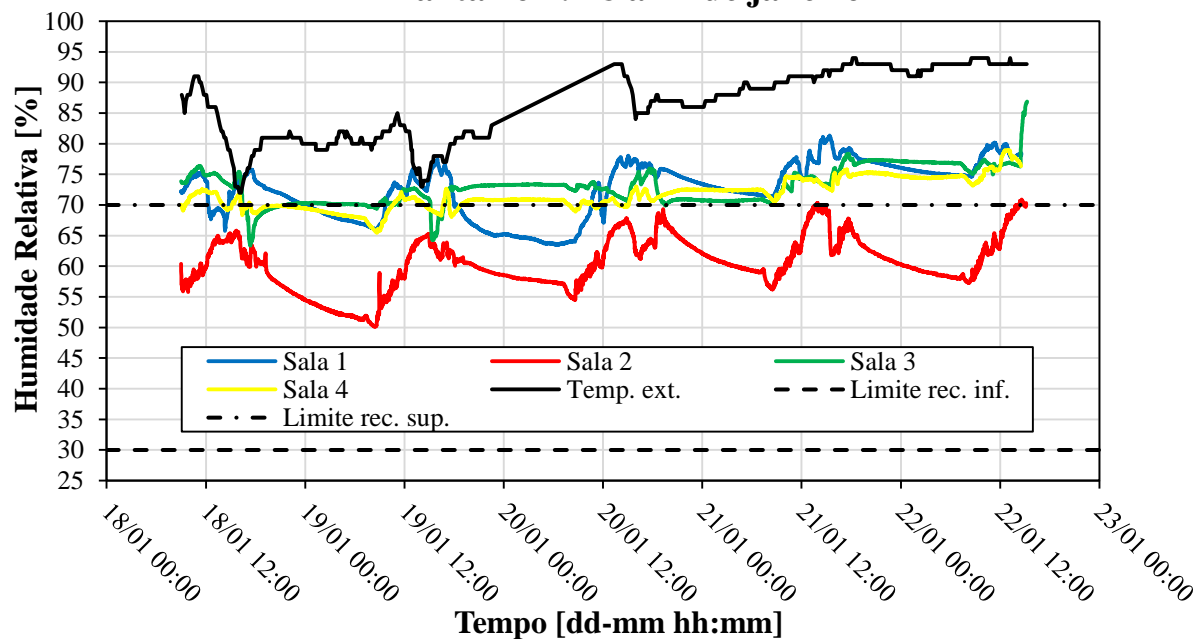


Gráfico V-8: Registro da  $HR$  nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

### Infantário 2: 18 a 22 de janeiro

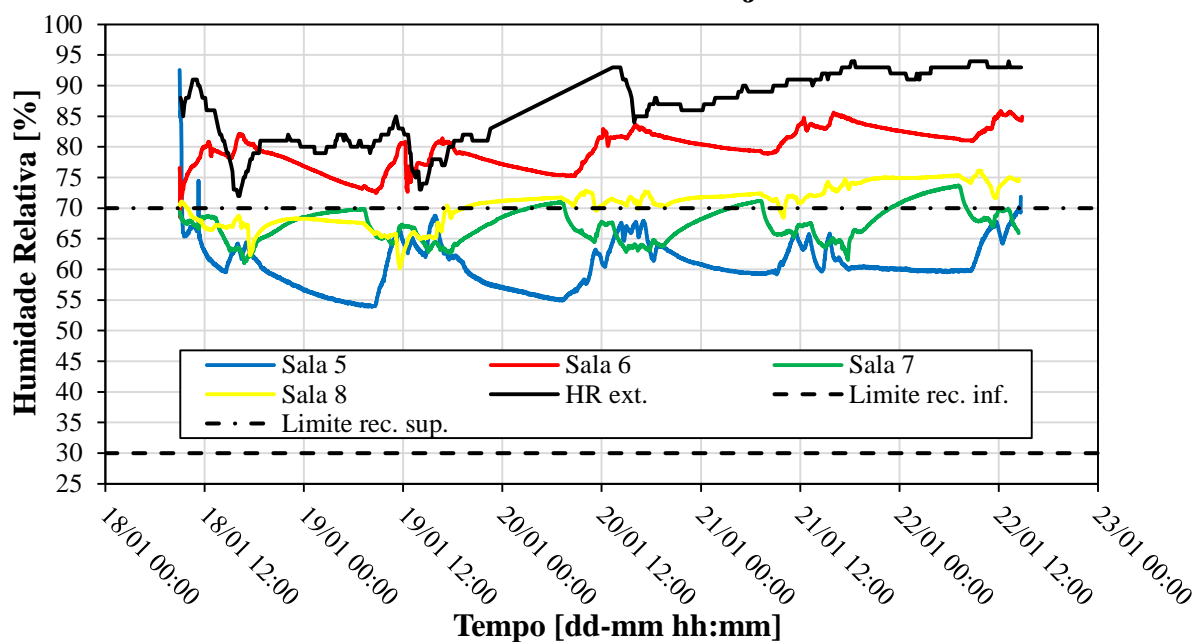


Gráfico V-9: Registo da *HR* nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

### Sala 1: 18-01-2016

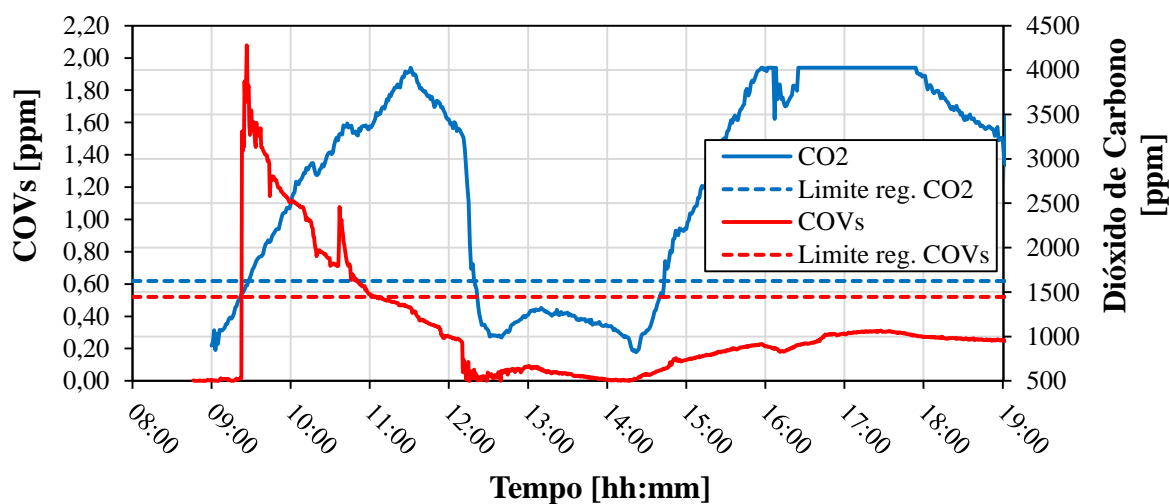


Gráfico V-10: Registo de  $\text{CO}_2$  e COVs na sala 1 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

### Sala 2: 19-01-2016

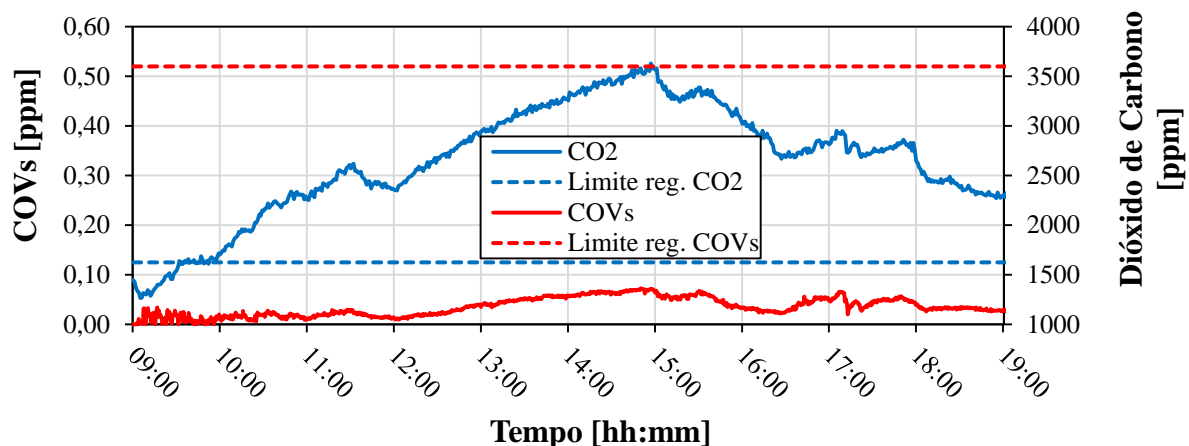


Gráfico V-11: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 2 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

### Sala 3: 20-01-2016

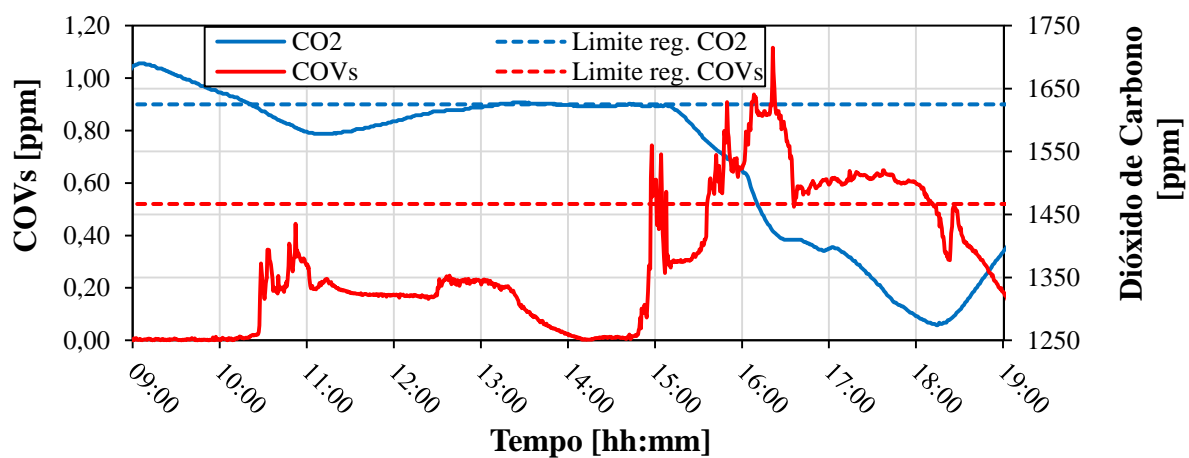


Gráfico V-12: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 3 do infantário 2 – 1ª campanha experimental

V.3 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTRADOS NOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 1 EM ESTUDO

**Lar de Idosos 1: 7 a 12 de dezembro**

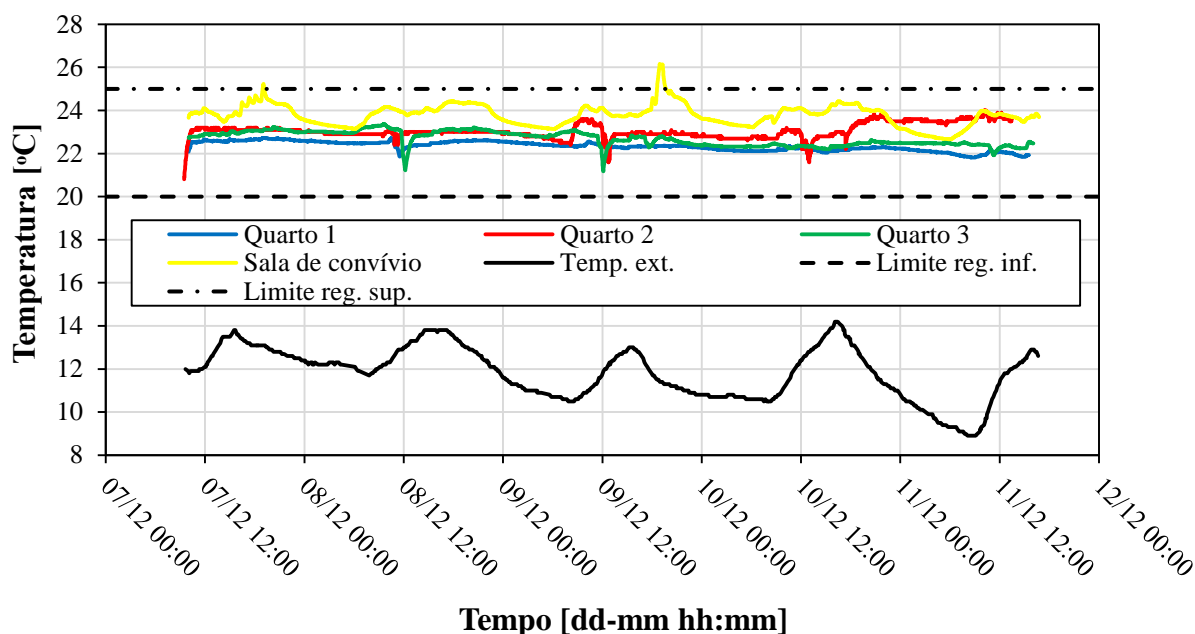


Gráfico V-13: Registro da  $T_{ar}$  nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

**Lar de Idosos 1: 7 a 12 de dezembro**

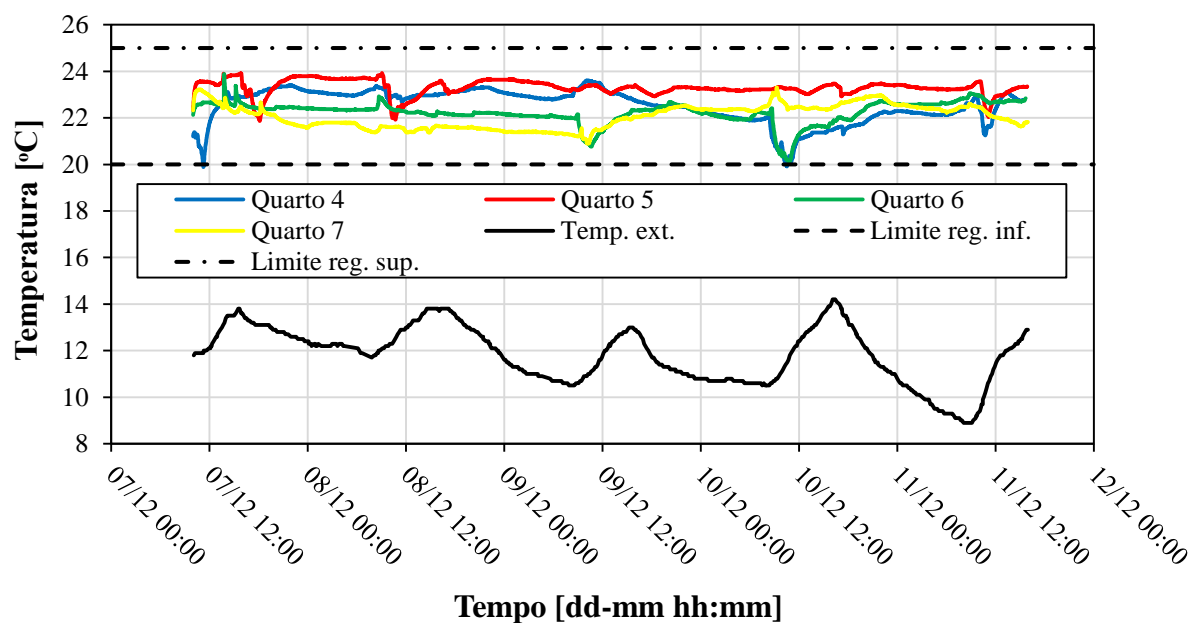


Gráfico V-14: Registro da  $T_{ar}$  nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

### Lar de Idosos 1: 7 a 12 de dezembro

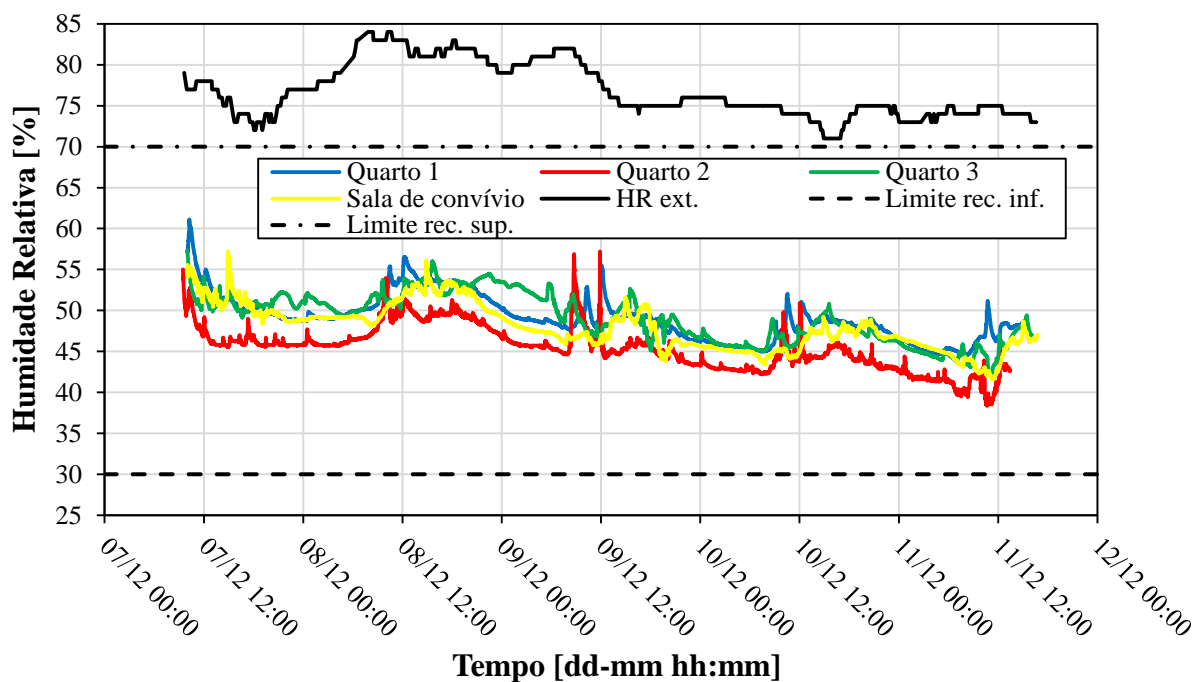


Gráfico V-15: Registo da *HR* nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

### Lar de Idosos 1: 7 a 12 de dezembro

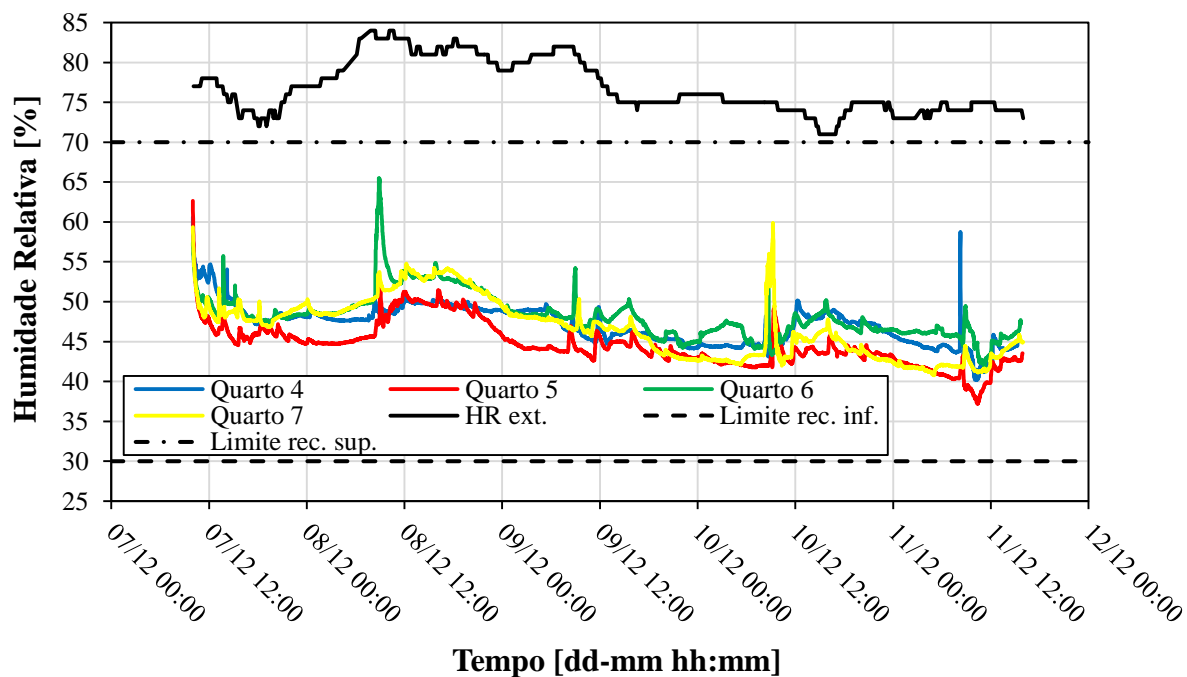


Gráfico V-16: Registo da *HR* nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

### Lar de Idosos 1: 7 a 12 de dezembro

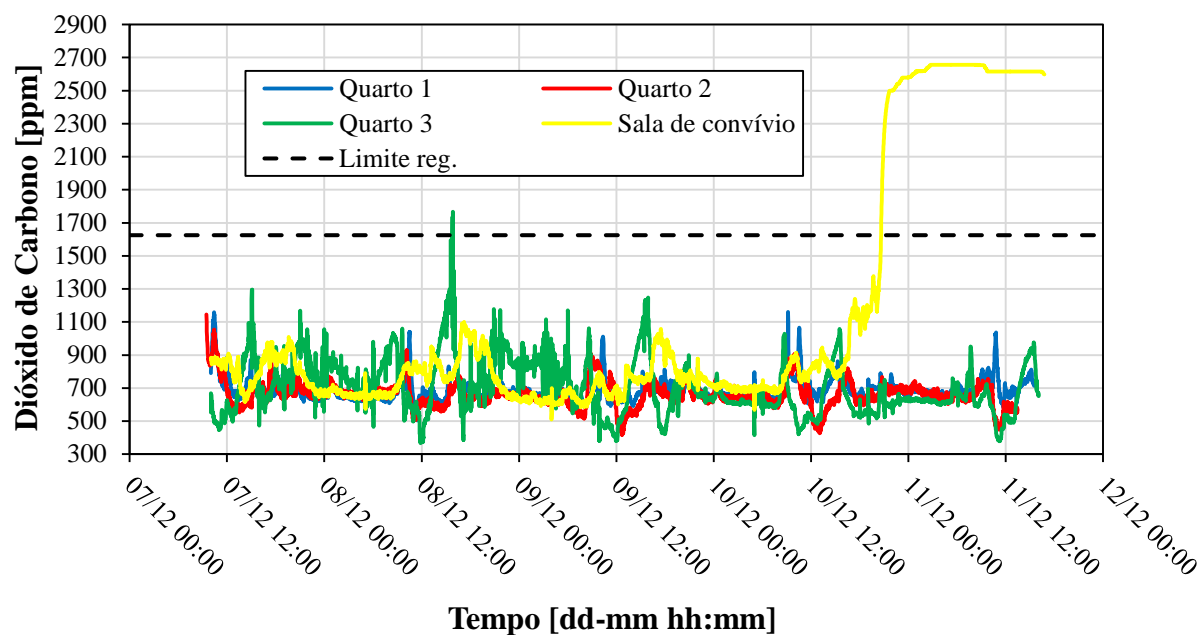


Gráfico V-17: Registro de CO<sub>2</sub> nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

### Quarto 1: 07-12-2015

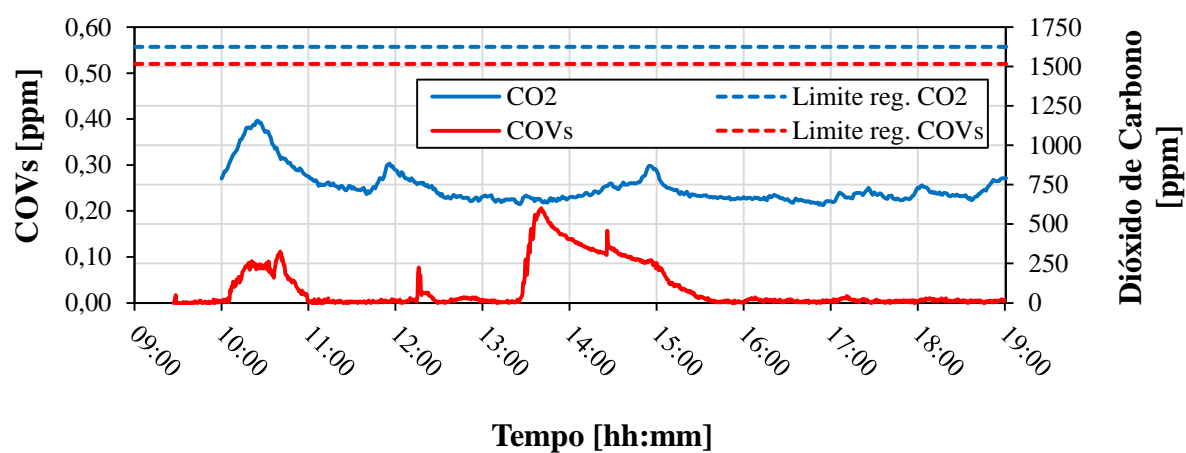


Gráfico V-18: Registro de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 1 do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

### Quarto 2: 08-12-2015

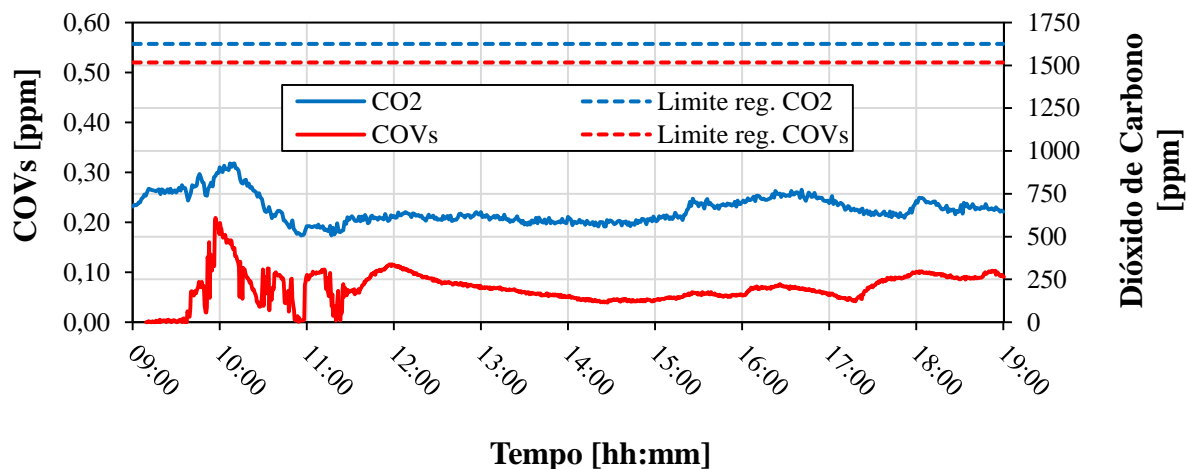


Gráfico V-19: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 2 do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

### Quarto 3: 09-12-2015

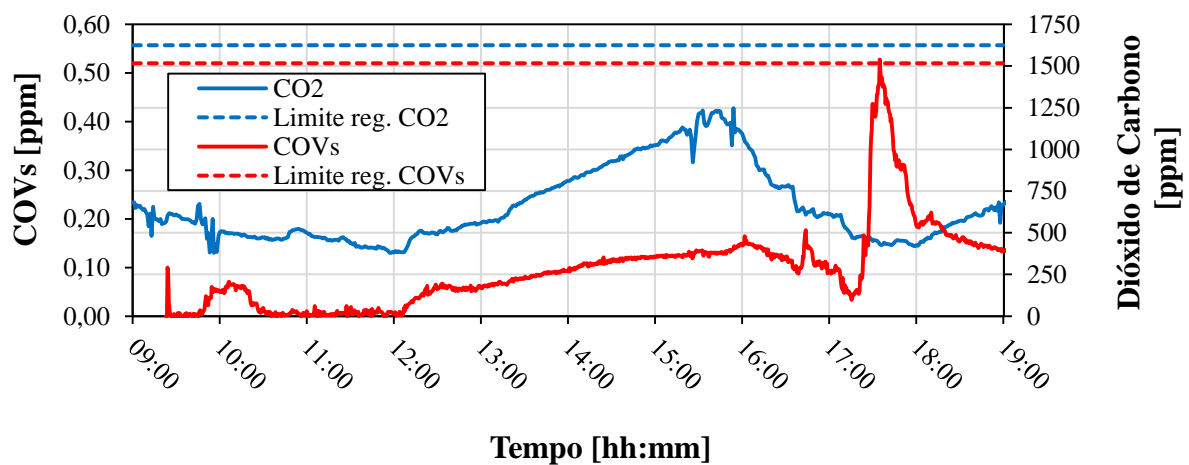


Gráfico V-20: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 3 do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

## Sala de convívio: 10-12-2015

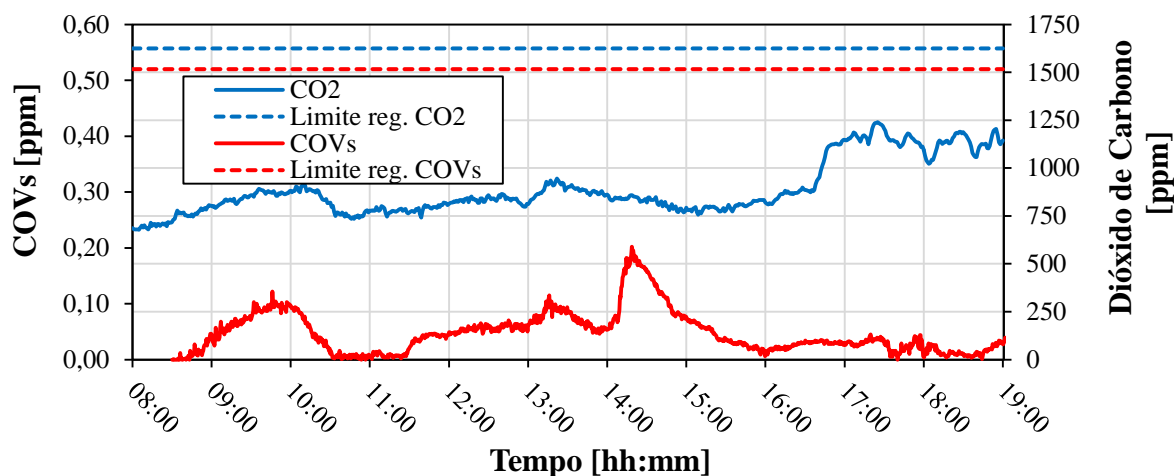


Gráfico V-21: Registro de CO<sub>2</sub> e COVs na sala de convívio do lar de idosos 1 – 1ª campanha experimental

#### V.4 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTRADOS NOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 2

## Lar de Idosos 2: 4 a 8 de janeiro

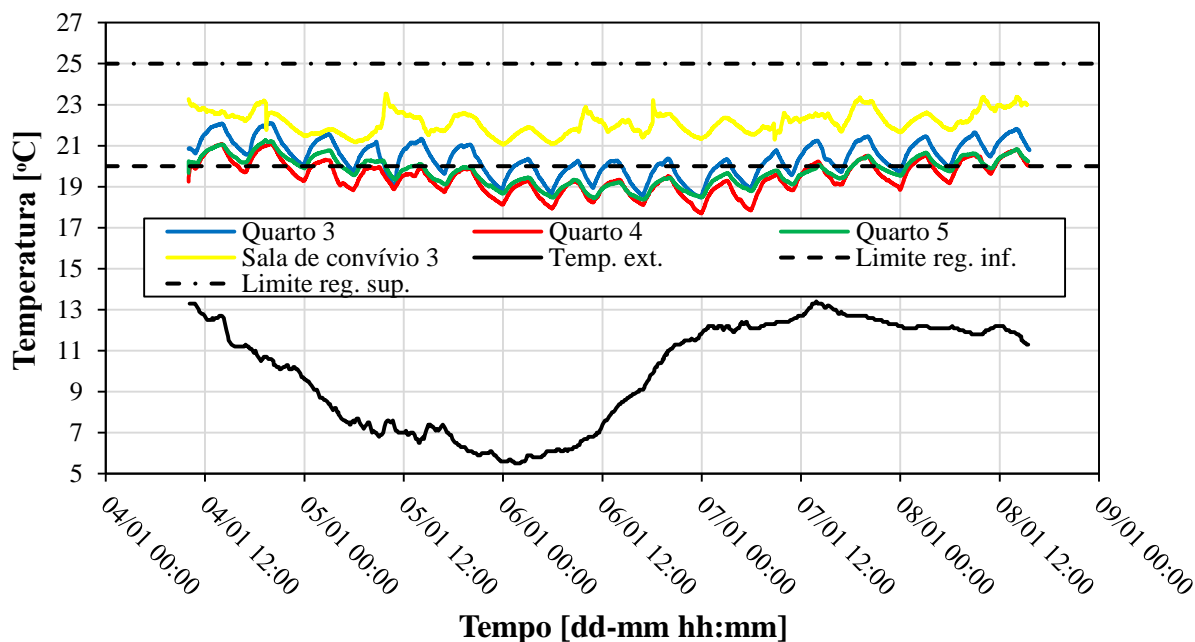


Gráfico V-22: Registro da  $T_{ar}$  nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

### Lar de Idosos 2: 4 a 8 de janeiro

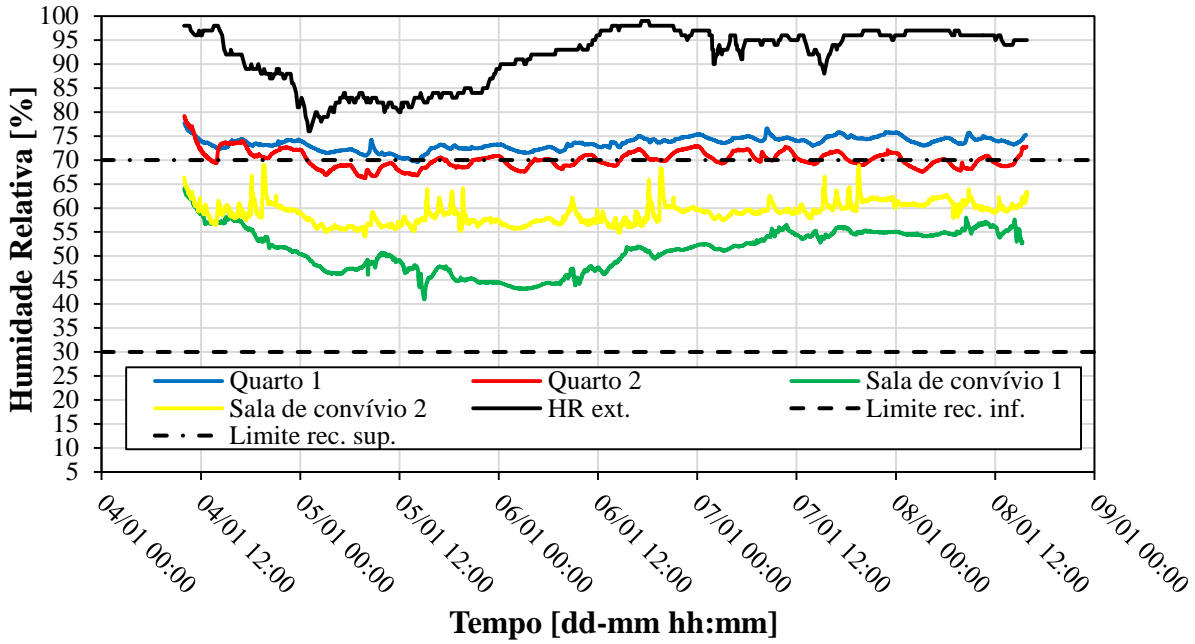


Gráfico V-23: Registo da *HR* nos quartos 1 e 2 e na sala de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

### Lar de Idosos 2: 4 a 8 de janeiro

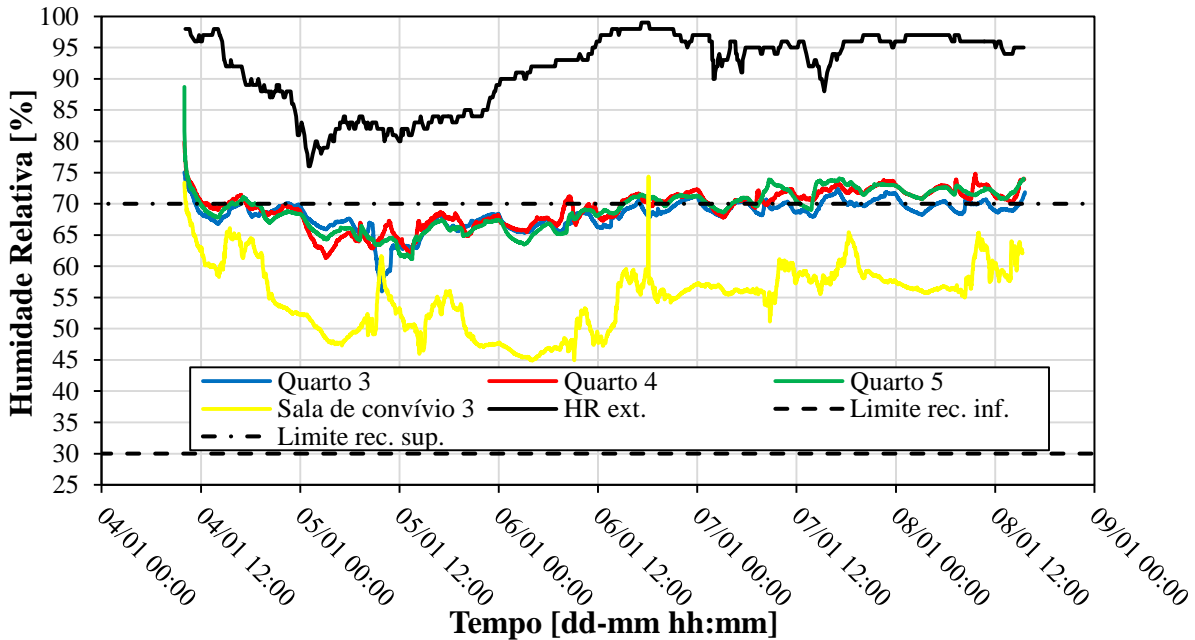


Gráfico V-24: Registo da *HR* nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

### Lar de Idosos 2: 4 a 8 de janeiro

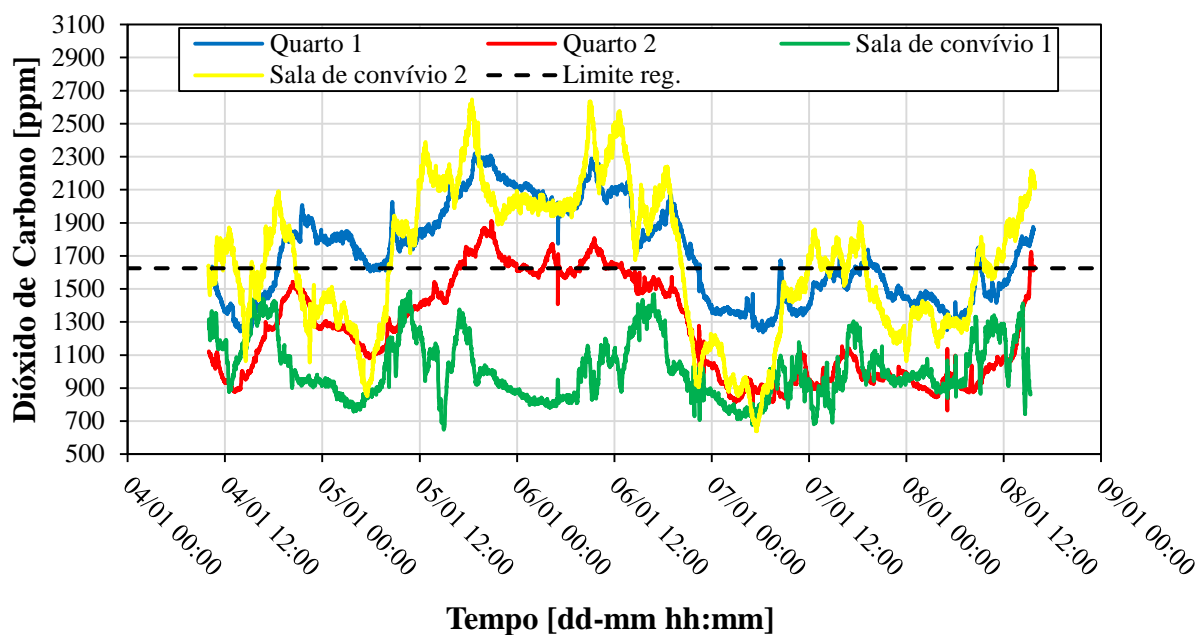


Gráfico V-25: Registro de CO<sub>2</sub> nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

### Quarto 2: 07-01-2016

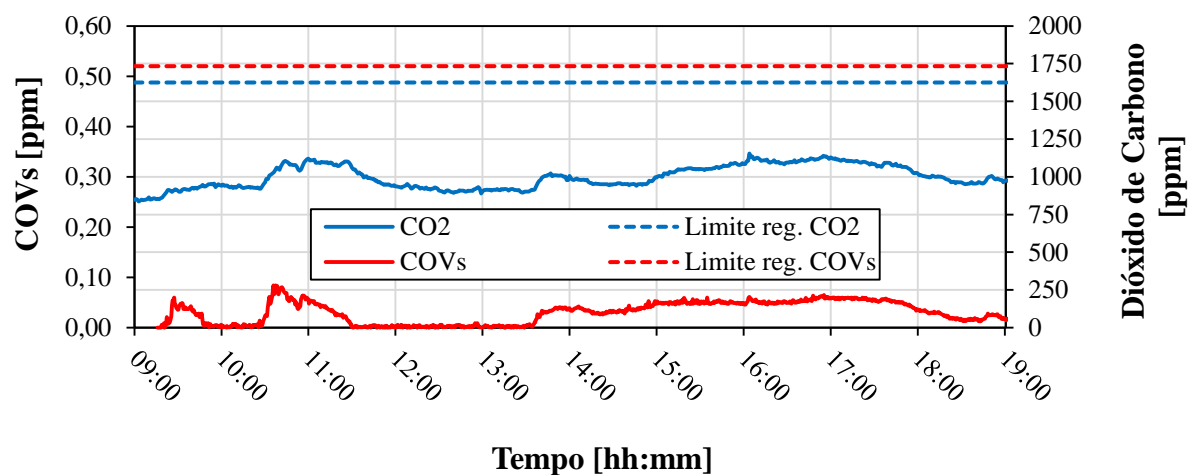


Gráfico V-26: Registro de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 2 do lar de idosos 2 – 1ª campanha experimental

### Sala de convívio 1: 4-1-2016

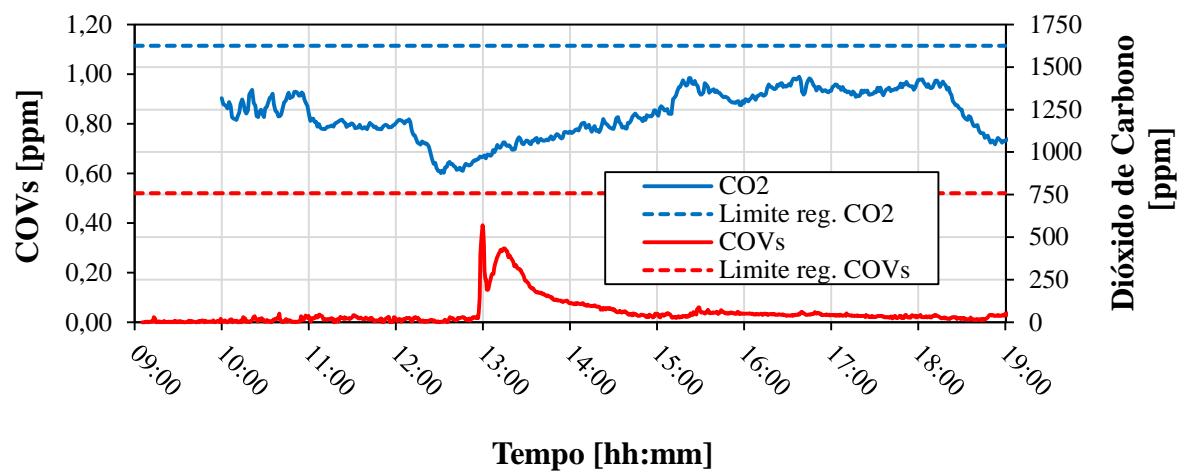


Gráfico V-27: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala de convívio 1 do lar de idosos 2 – 1<sup>a</sup> campanha experimental

## ANEXO VI – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO PROPOSTO PELO LNEC APLICADO A ALGUNS COMPARTIMENTOS – 1ª CAMPANHA EXPERIMENTAL

### VI.1 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 1

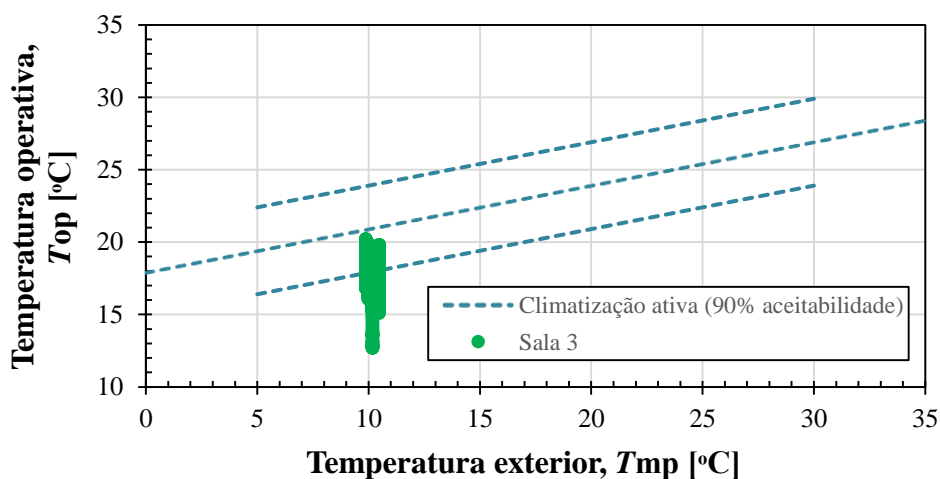


Gráfico VI-1: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental)

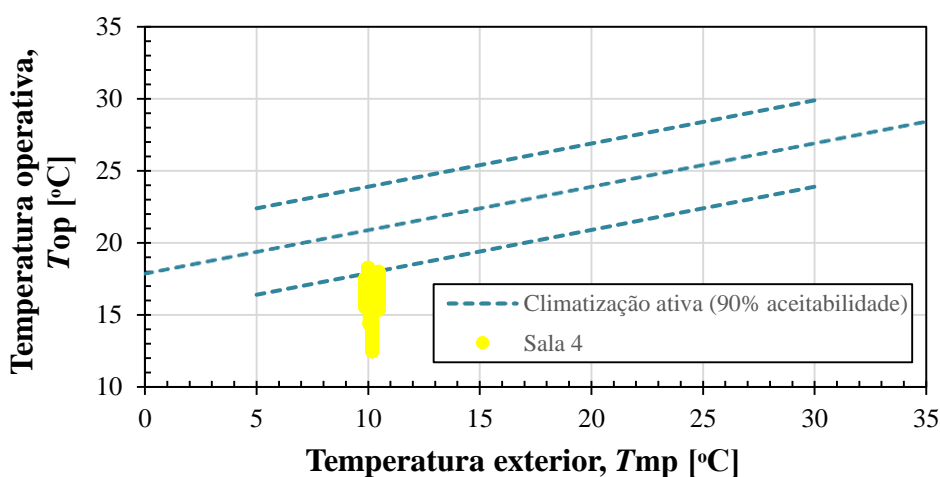


Gráfico VI-2: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental)

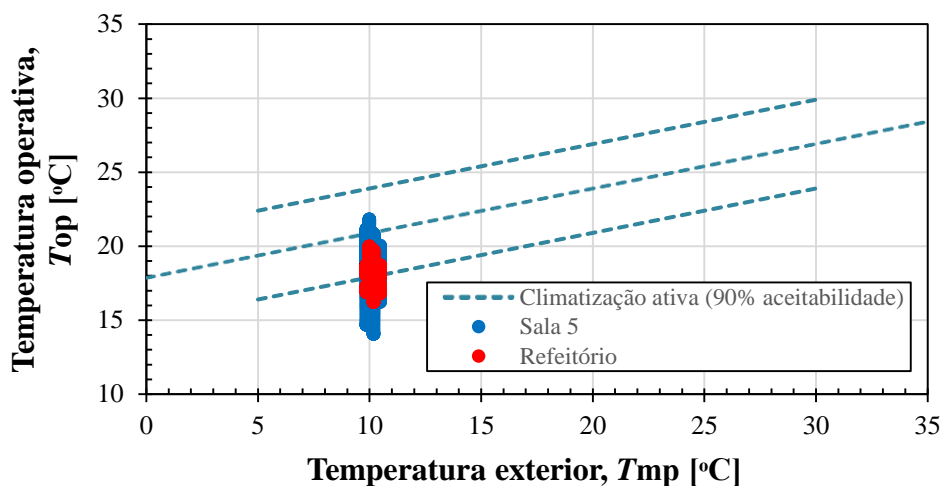


Gráfico VI-3: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 5 e refeitório do infantário 1 (1ª campanha experimental)

## VI.2 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 2

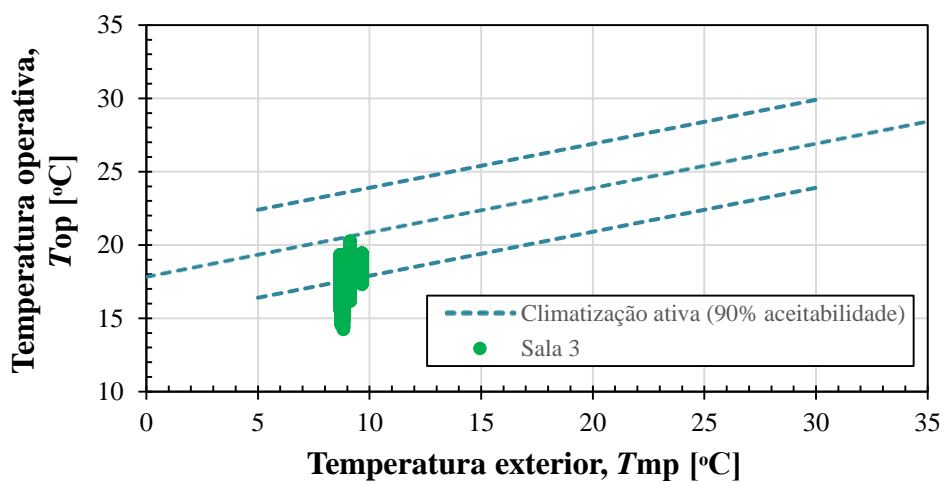


Gráfico VI-4: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 3 do infantário 2 (1ª campanha experimental)

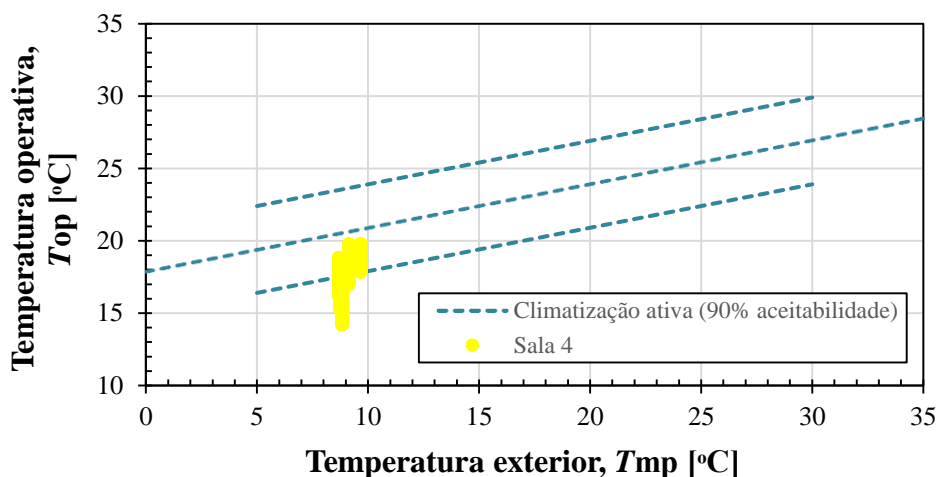


Gráfico VI-5: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 4 do infantário 2 (1ª campanha experimental)

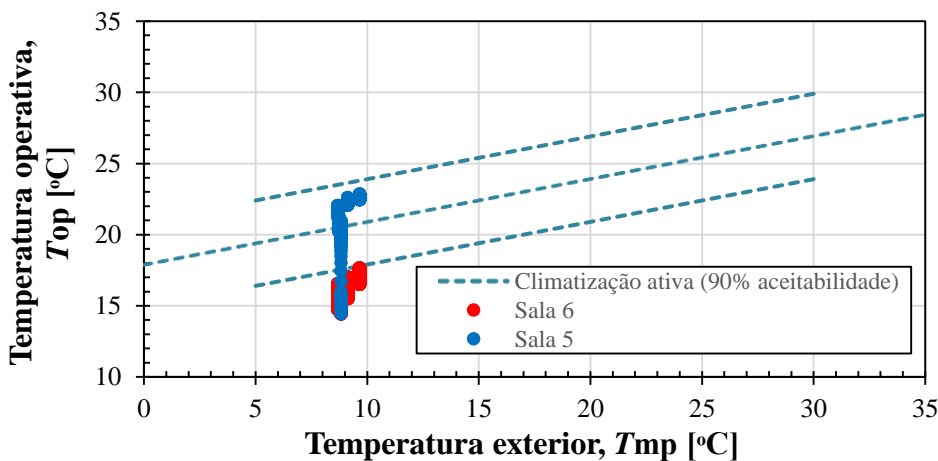


Gráfico VI-6: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 5 e 6 do infantário 2 (1ª campanha experimental)

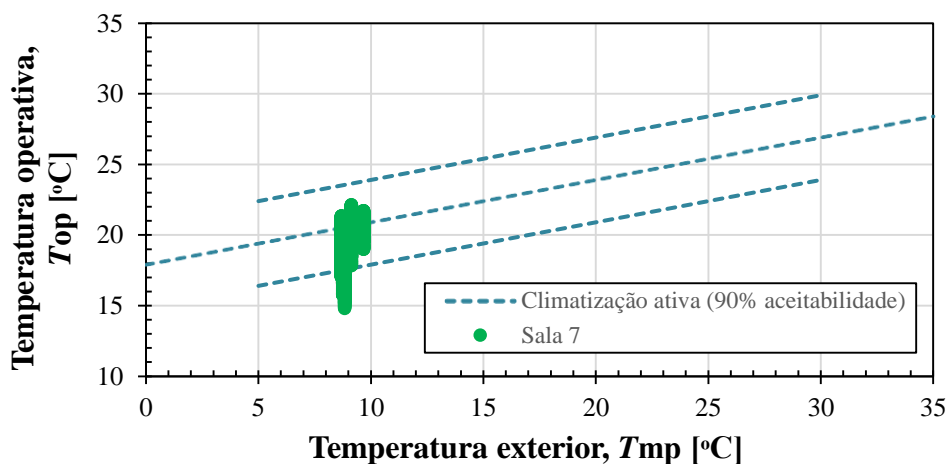


Gráfico VI-7: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 7 do infantário 2 (1ª campanha experimental)

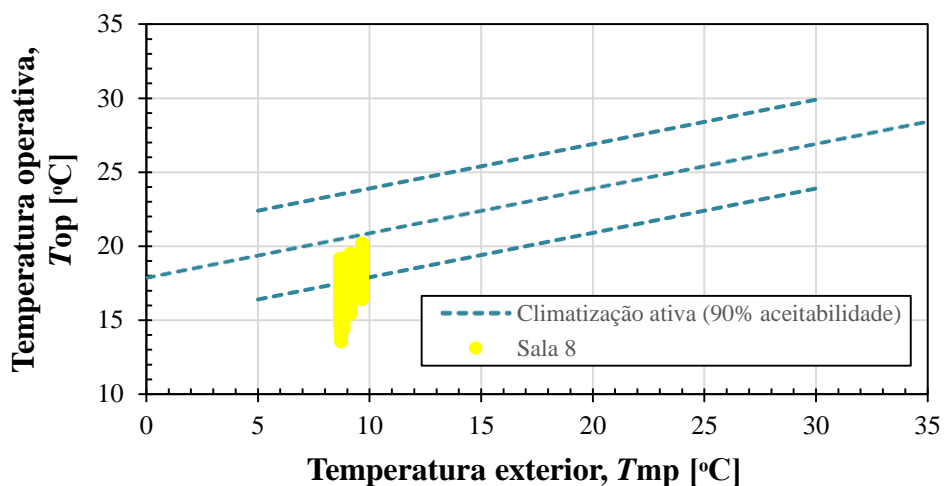


Gráfico VI-8: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 8 do infantário 2 (1ª campanha experimental)

### VI.3 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 1

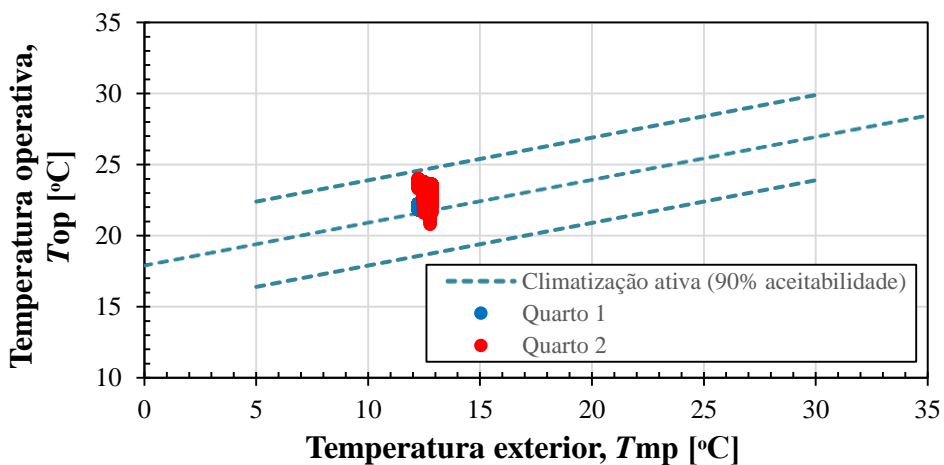


Gráfico VI-9: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental)

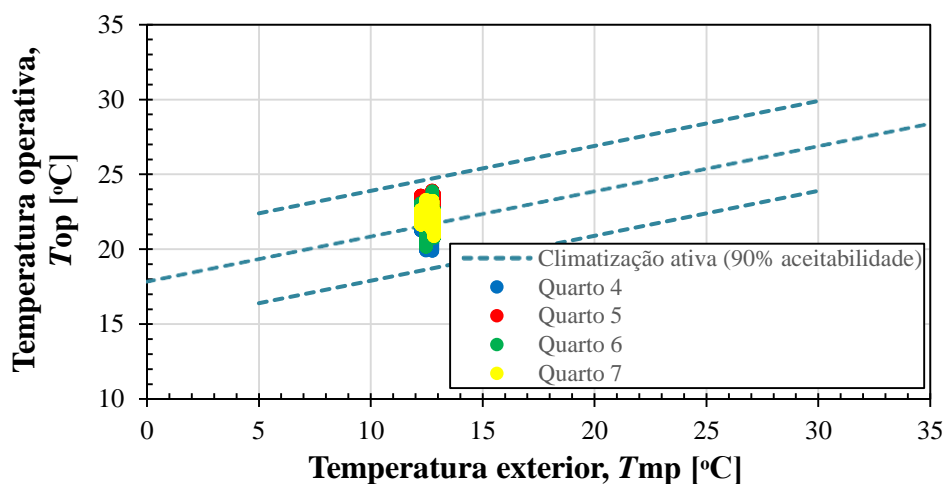


Gráfico VI-10: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 4 e 7 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental)

#### VI.4 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 2

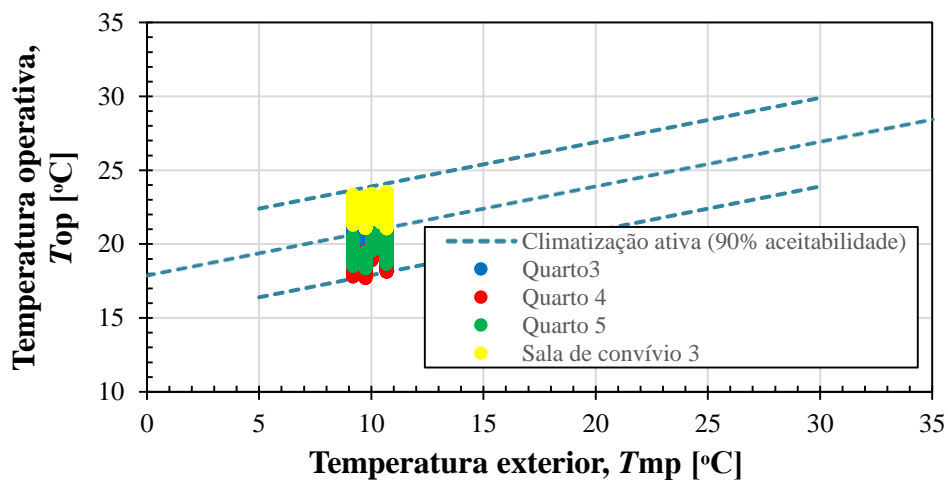


Gráfico VI-11: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 3 a 5 e sala de convívio 3 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental)



# ANEXO VII – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA NA DETERMINAÇÃO DA TAXA DE VENTILAÇÃO DE ALGUNS COMPARTIMENTOS – 1ª CAMPANHA EXPERIMENTAL

## VII.1 - TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 1

### Infantário 1 - Sala 3 (1ª campanha experimental)

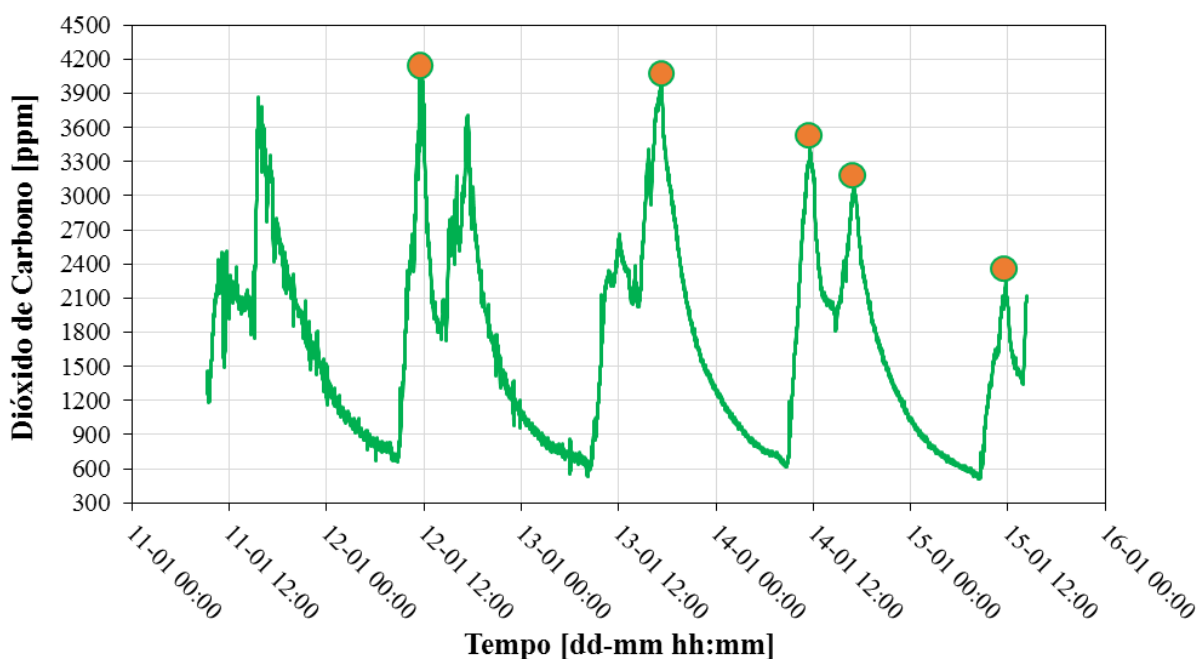


Gráfico VII-1: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 3 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental

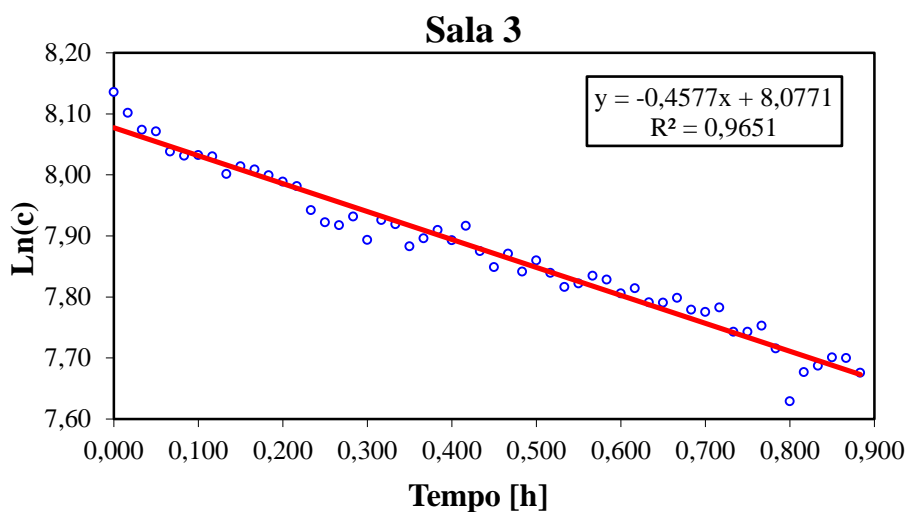


Gráfico VII-2: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 1

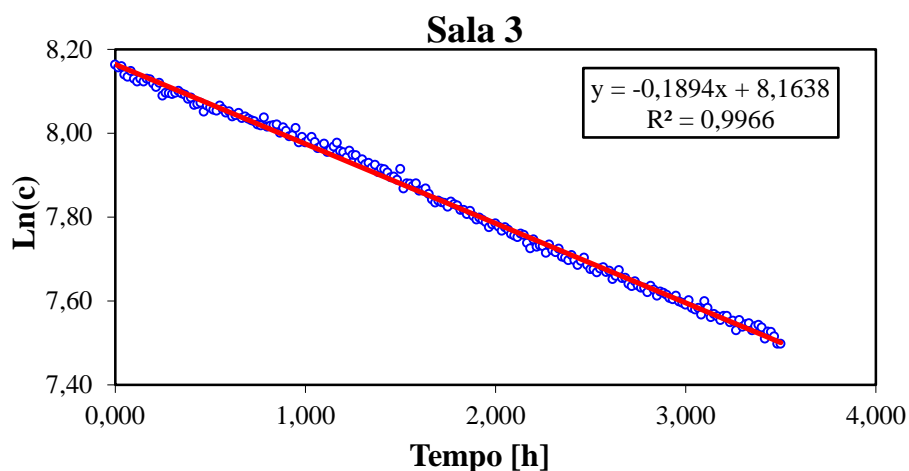


Gráfico VII-3: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 2

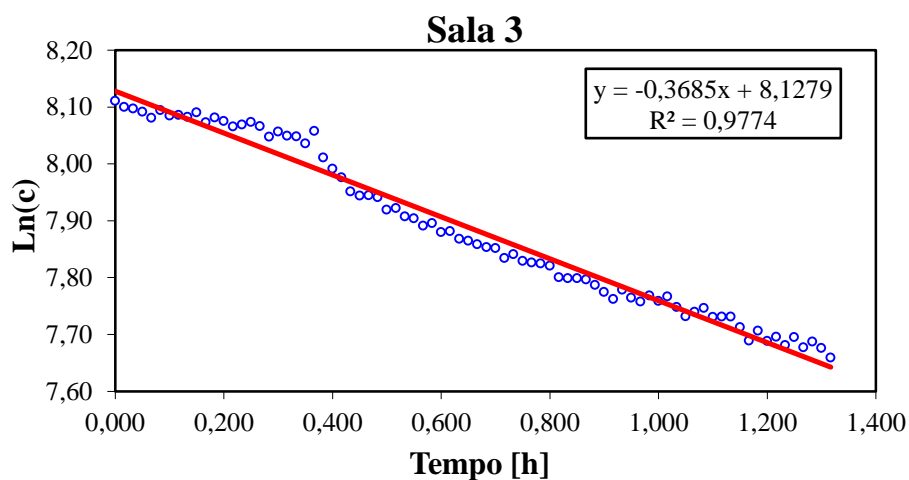


Gráfico VII-4: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 3

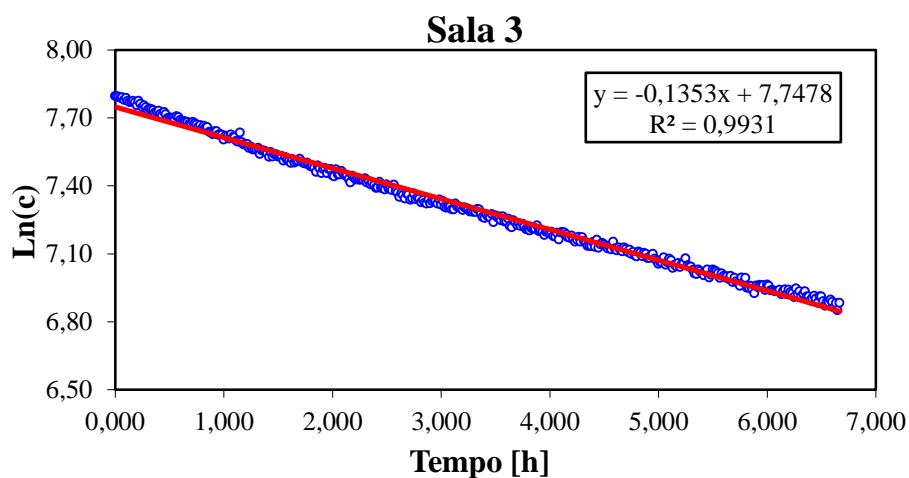


Gráfico VII-5: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4

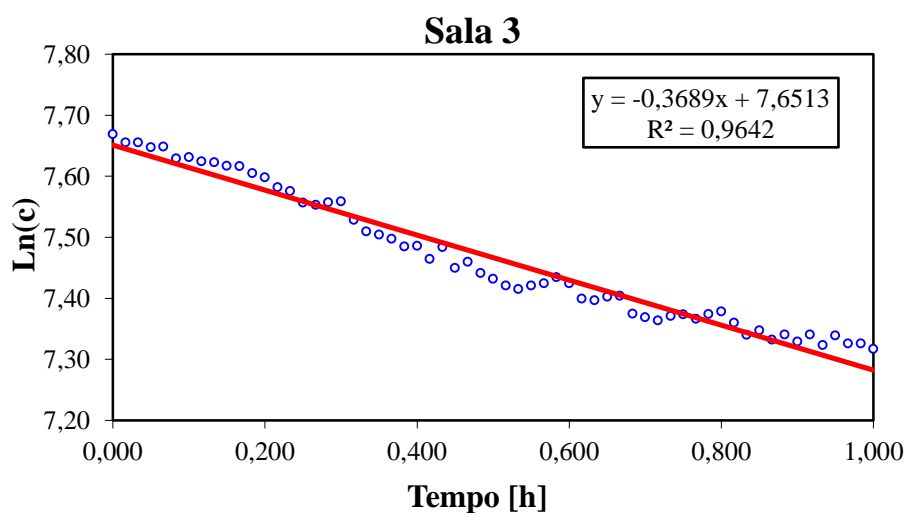


Gráfico VII-6: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 5

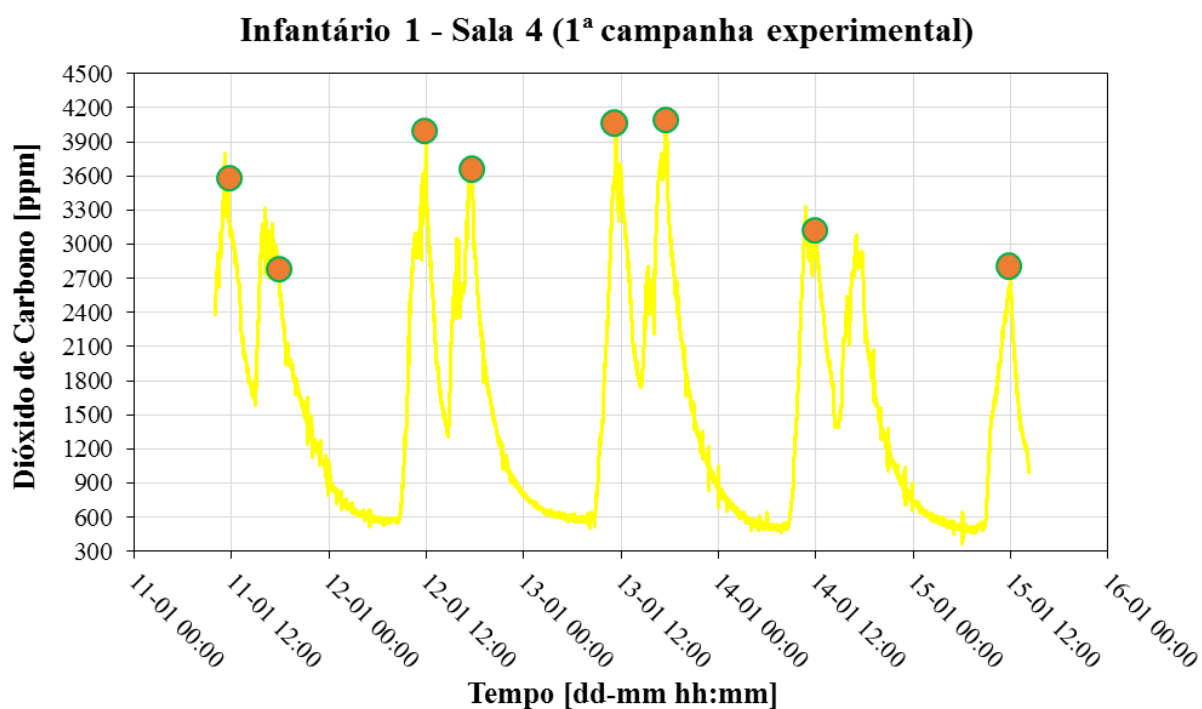
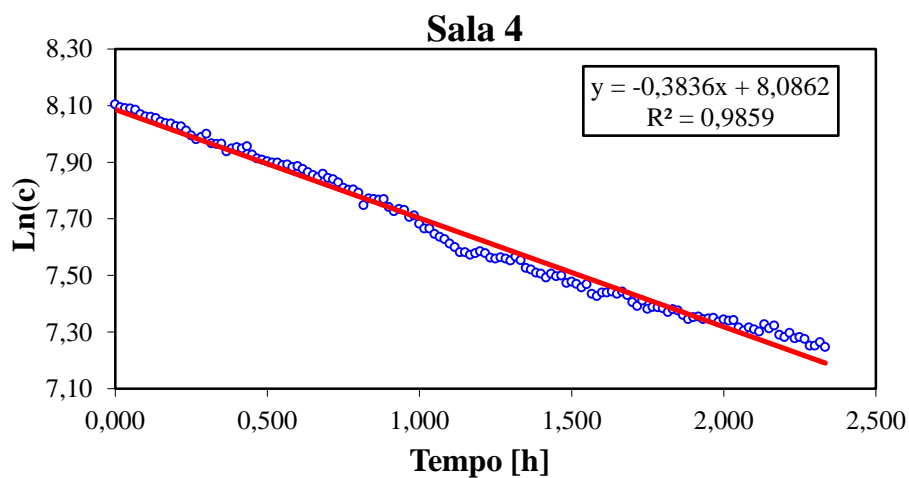
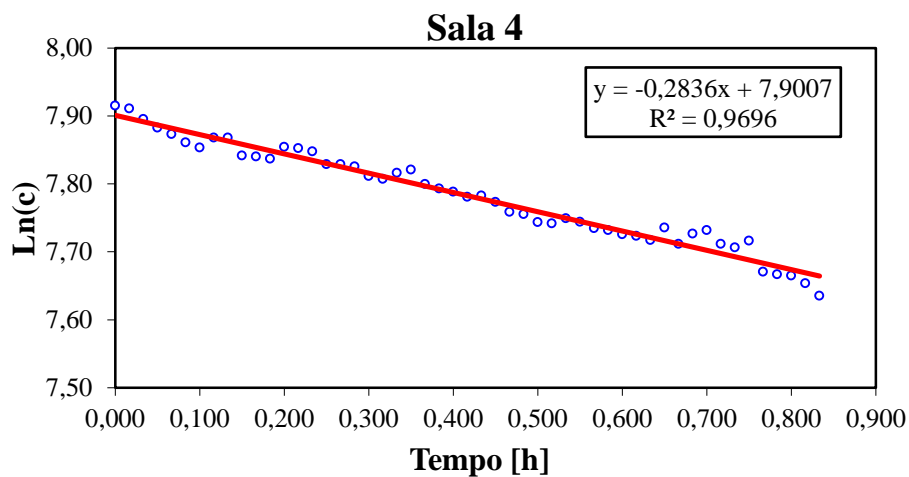
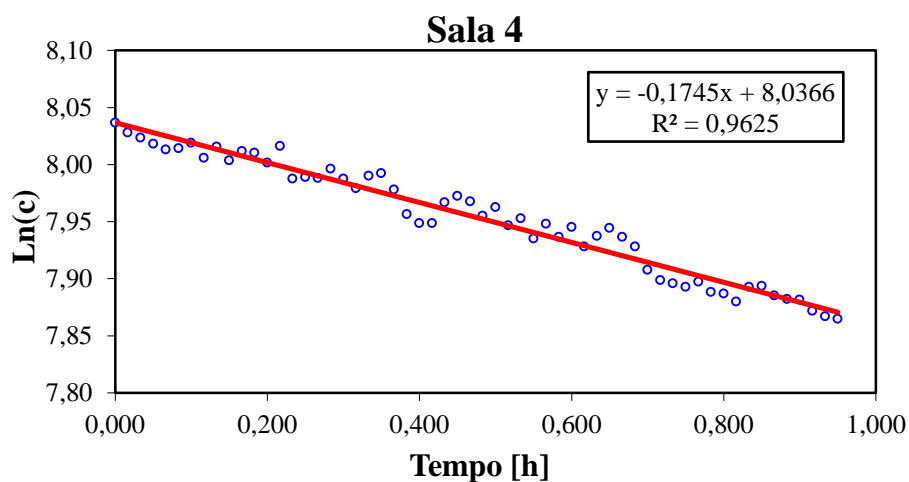


Gráfico VII-7: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 4 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental



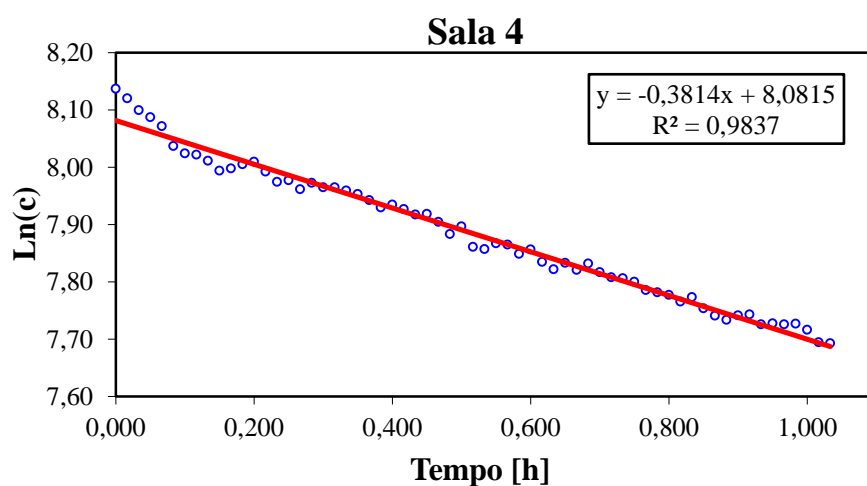


Gráfico VII-11: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4

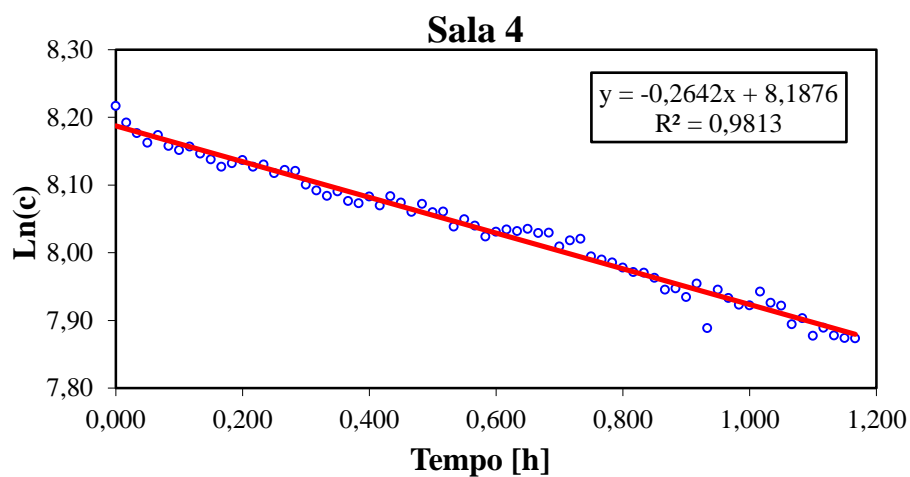


Gráfico VII-12: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 5

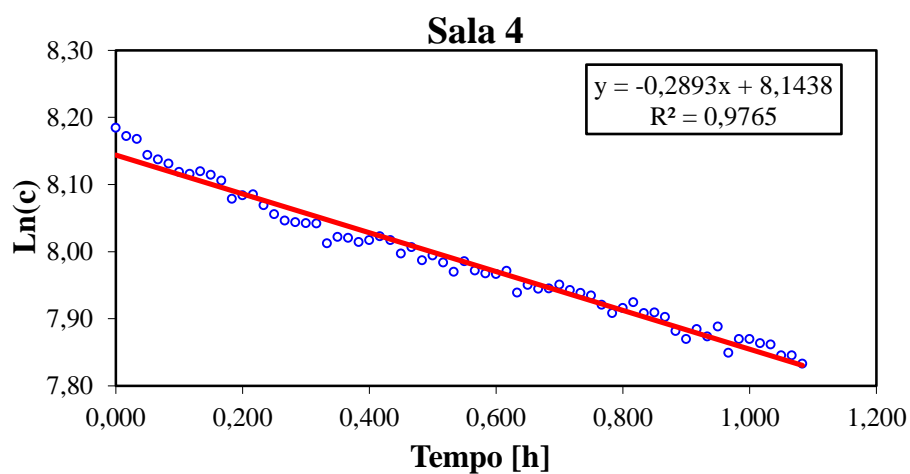


Gráfico VII-13: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 6

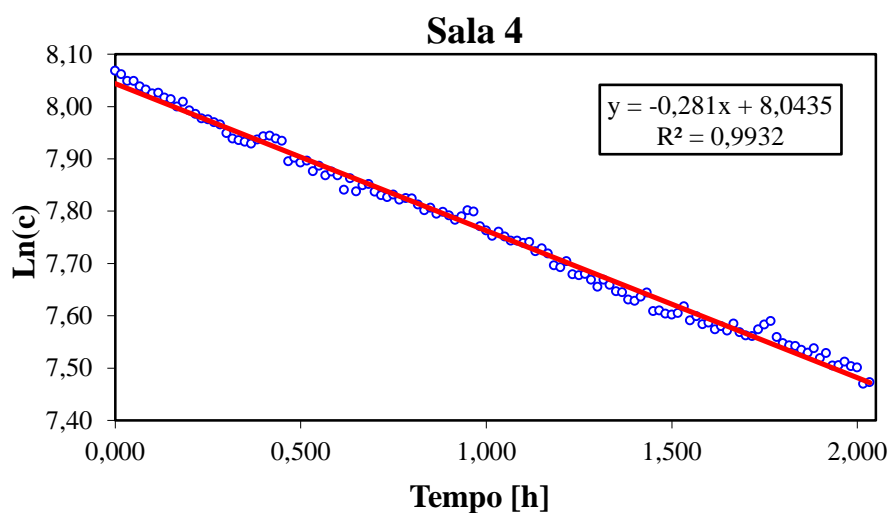


Gráfico VII-14: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 7

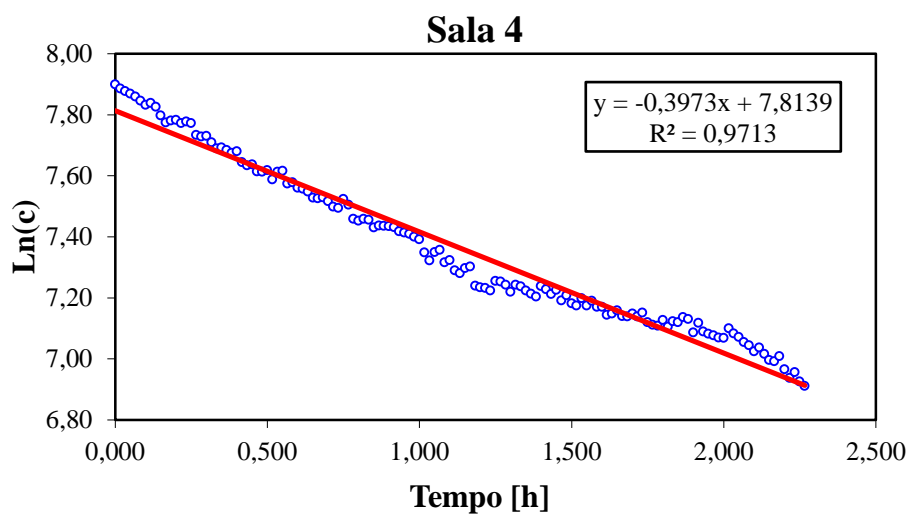


Gráfico VII-15: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 8

## VII.2 - TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 2

### Infantário 2 - Sala 1 (1ª campanha experimental)

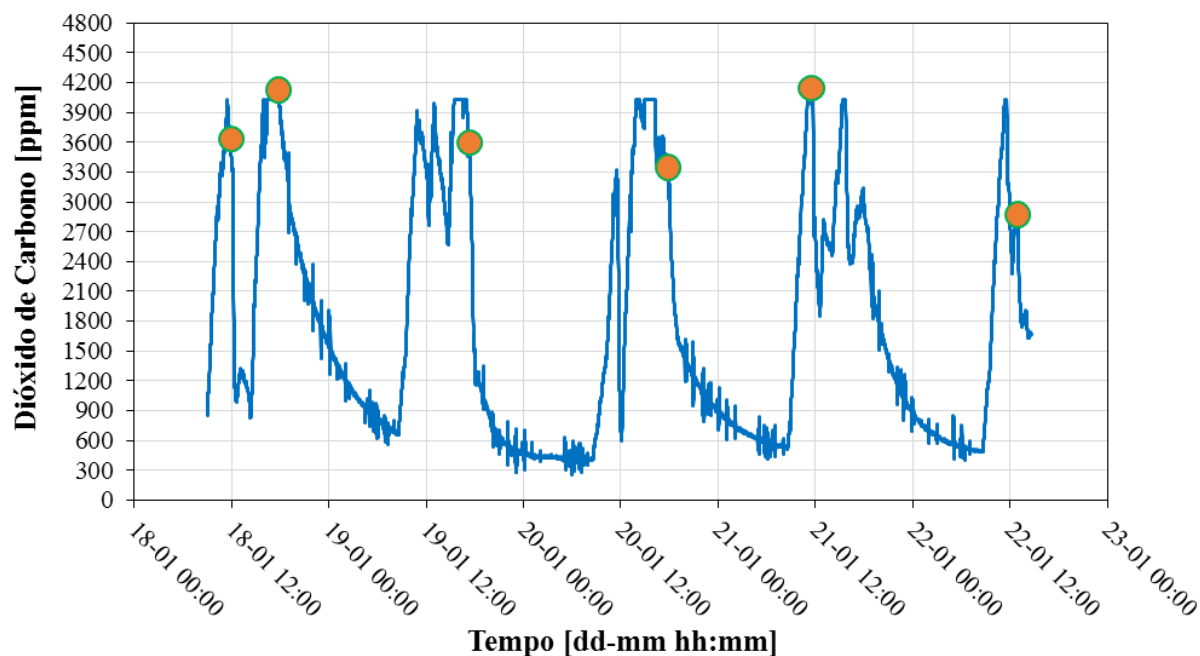


Gráfico VII-16: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 1 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental

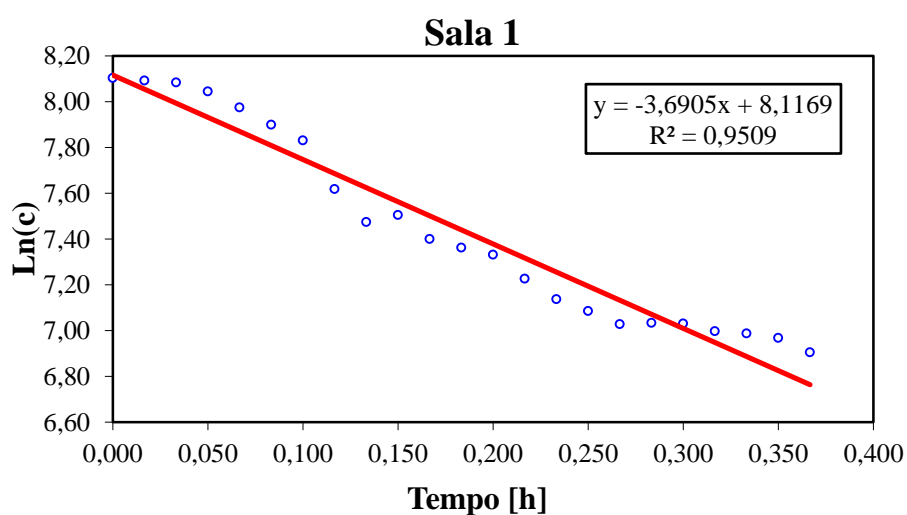


Gráfico VII-17: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 1

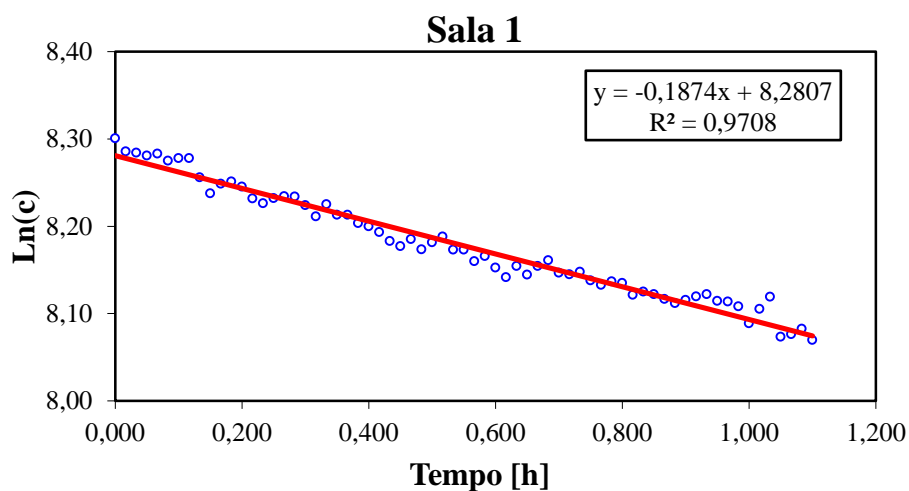


Gráfico VII-18: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 2

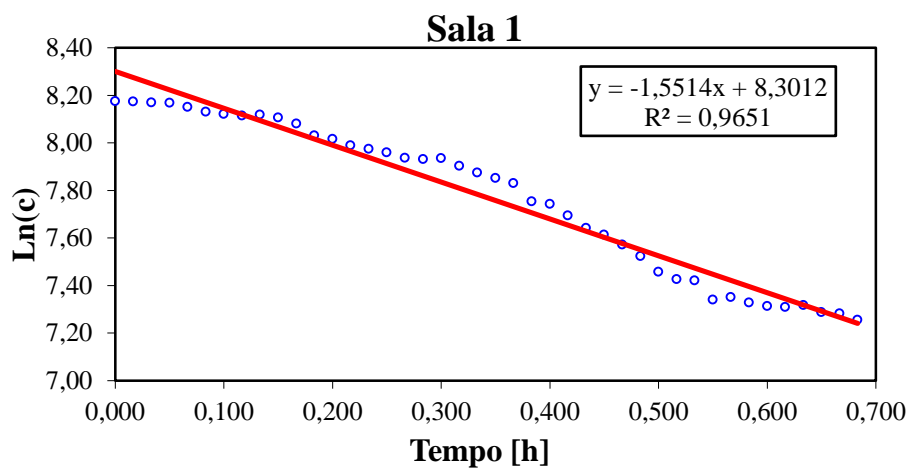


Gráfico VII-19: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 3

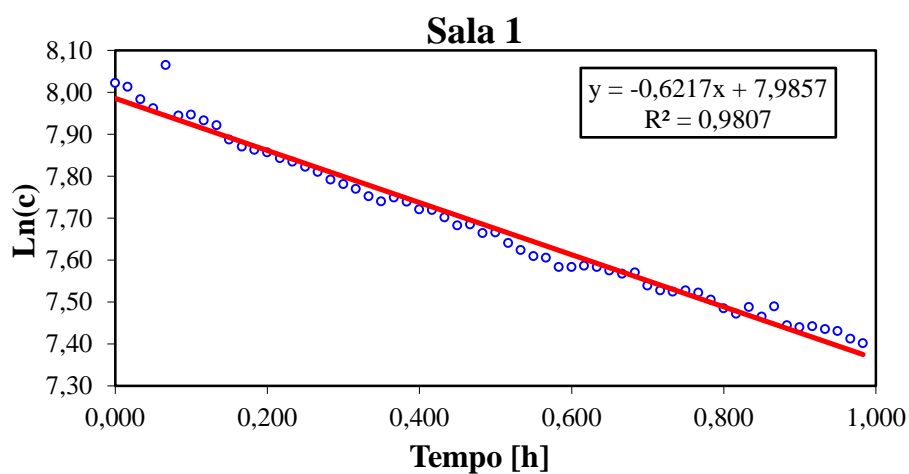


Gráfico VII-20: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 4

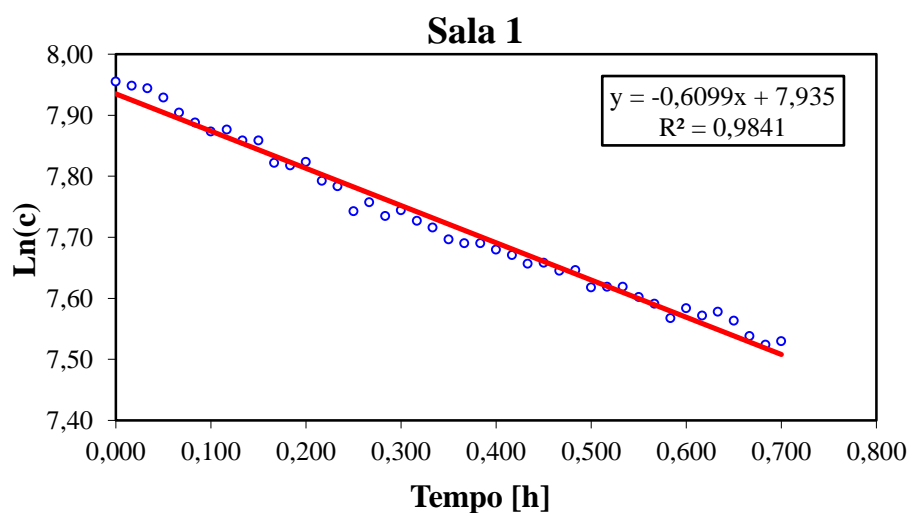


Gráfico VII-21: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 5

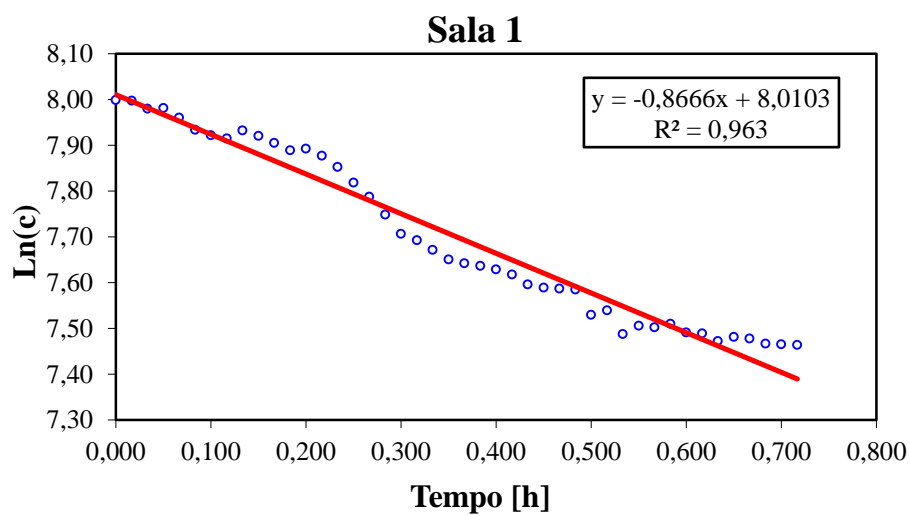


Gráfico VII-22: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 6

### Infantário 2 - Sala 2 (1ª campanha experimental)

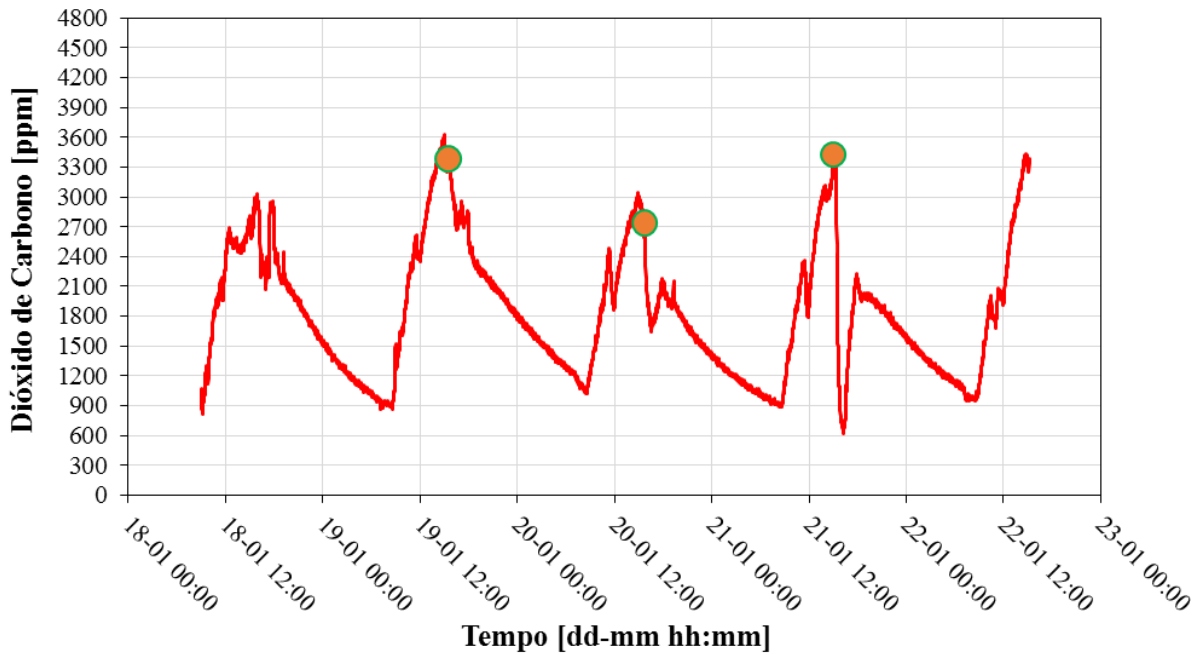


Gráfico VII-23: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 2 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental

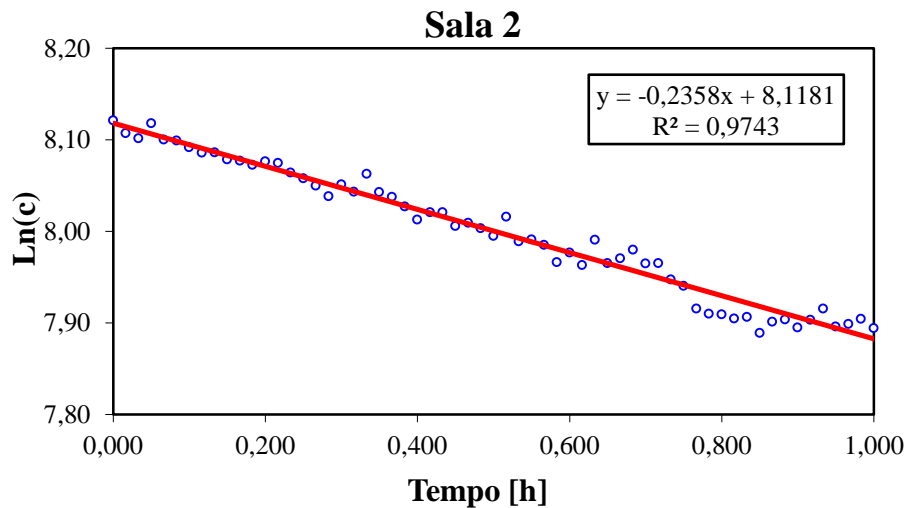


Gráfico VII-24: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 1

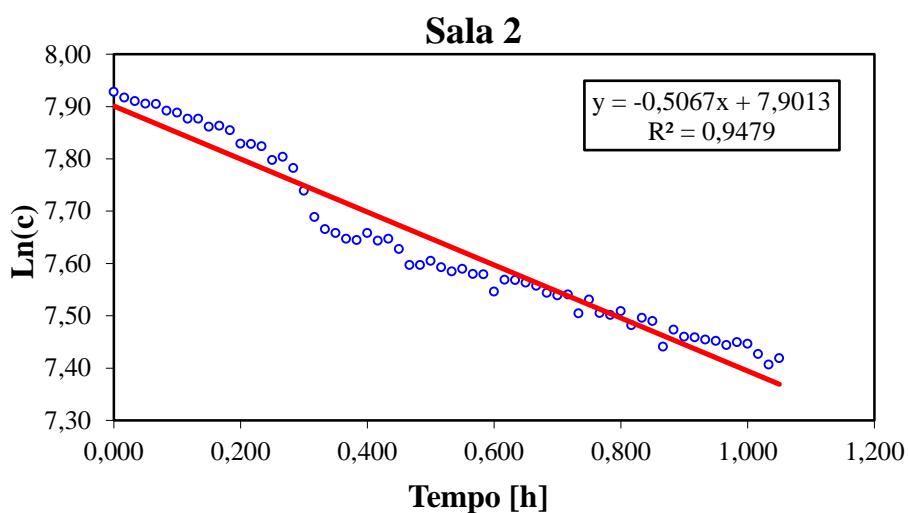


Gráfico VII-25: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 2

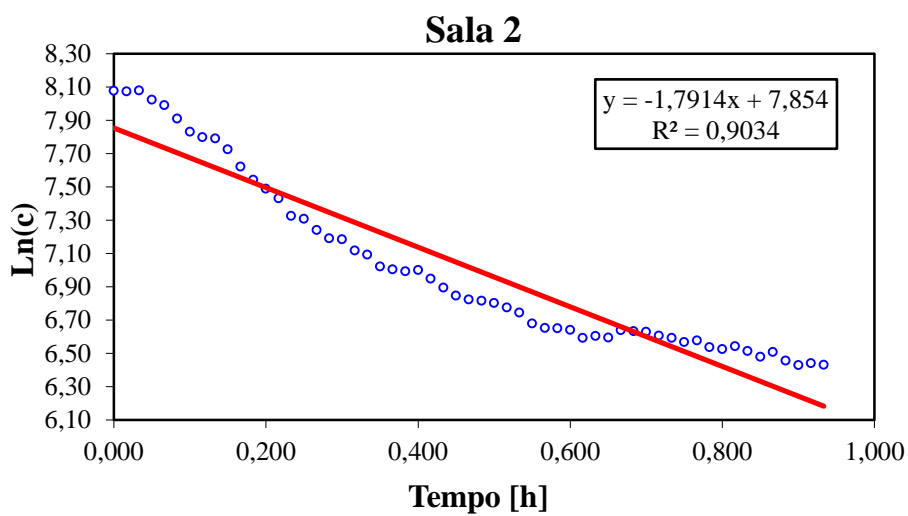


Gráfico VII-26: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 3

VII.3 - TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 1

Lar de Idosos 1 - Quarto 3 (1ª campanha experimental)

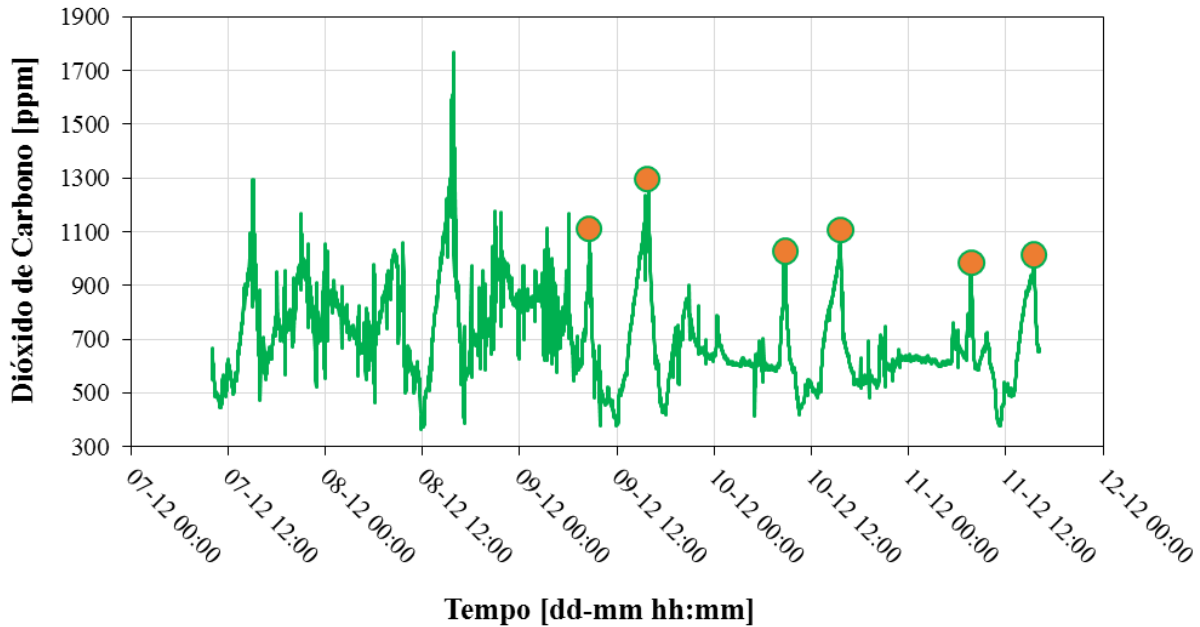


Gráfico VII-27: Evolução de CO<sub>2</sub> registado no quarto 3 do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental

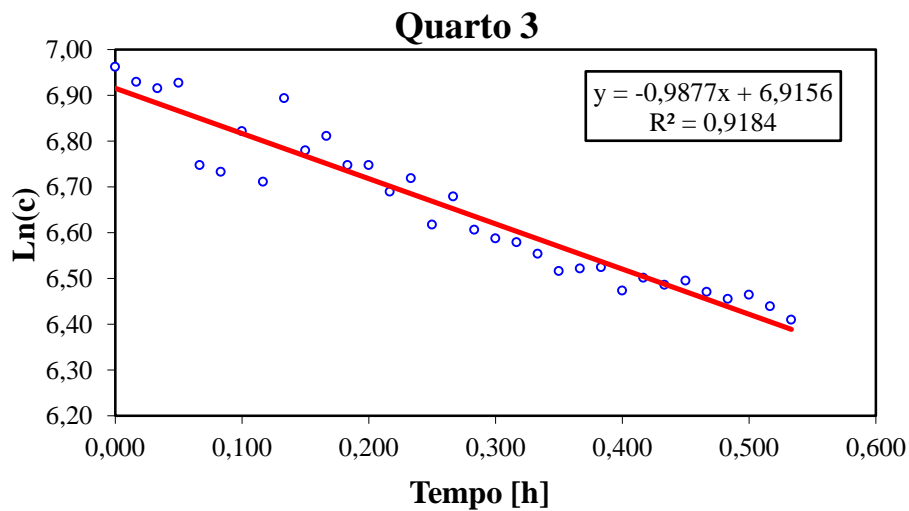


Gráfico VII-28: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 1

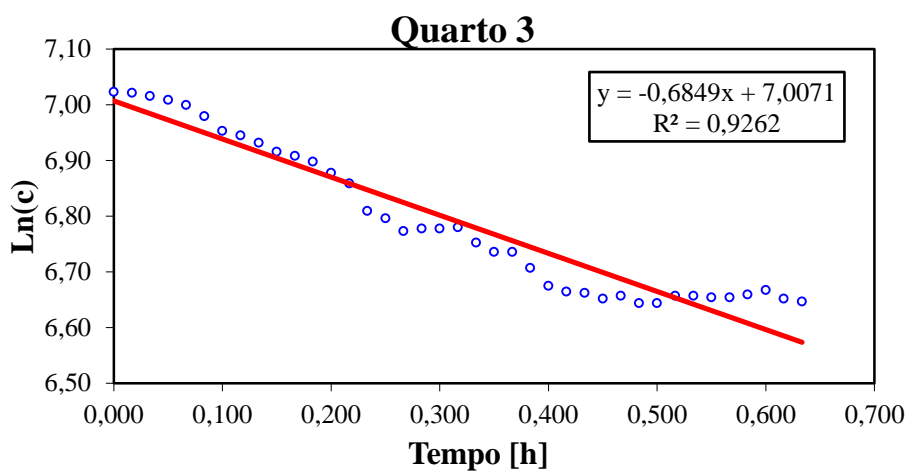


Gráfico VII-29: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 2

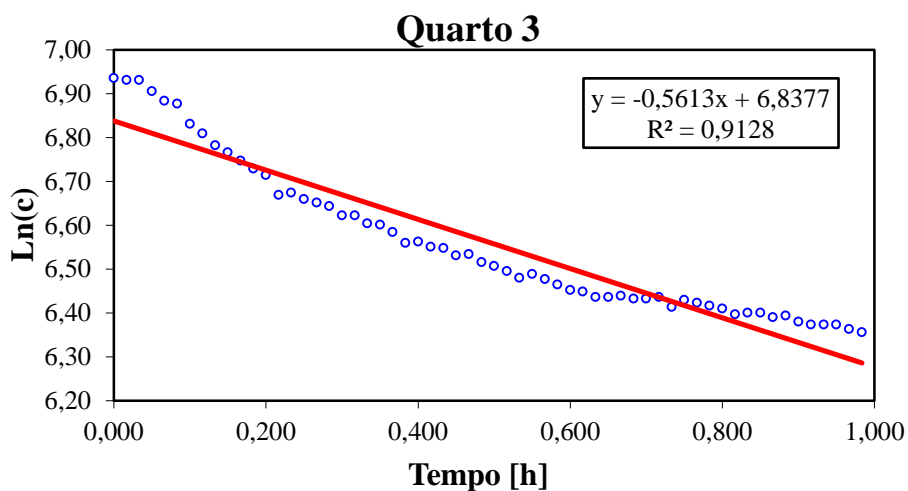


Gráfico VII-30: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 3

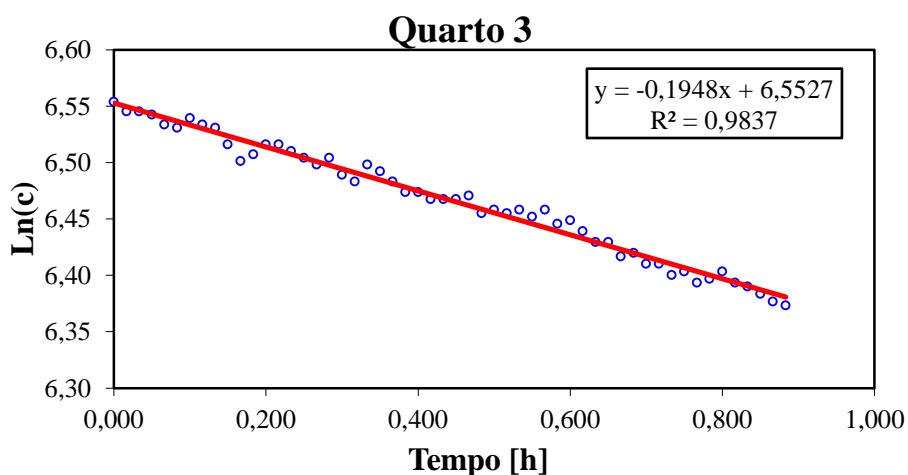


Gráfico VII-31: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4

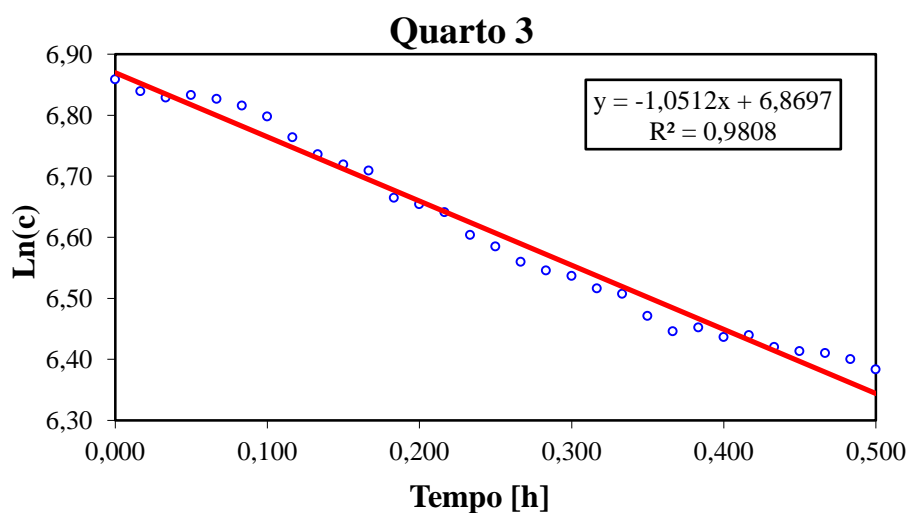


Gráfico VII-32: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 5

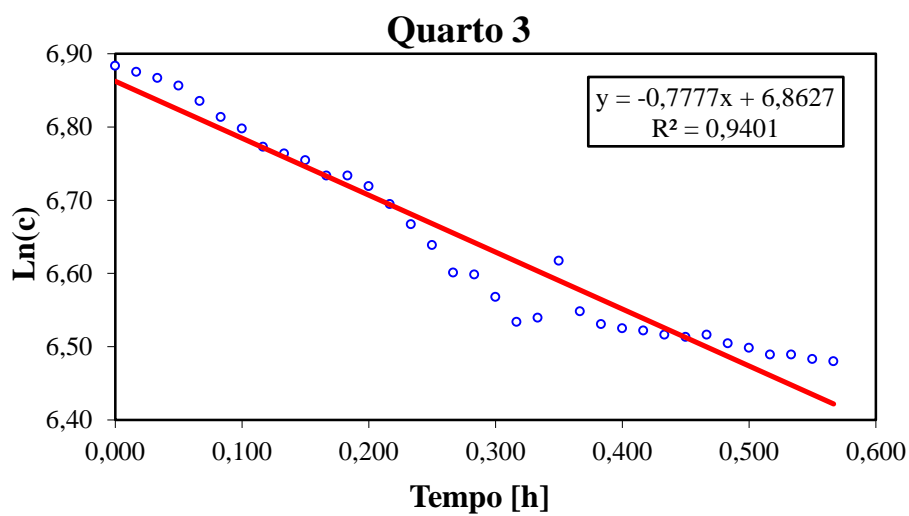


Gráfico VII-33: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 6

### Lar de Idosos 1 - Sala de convívio (1ª campanha experimental)

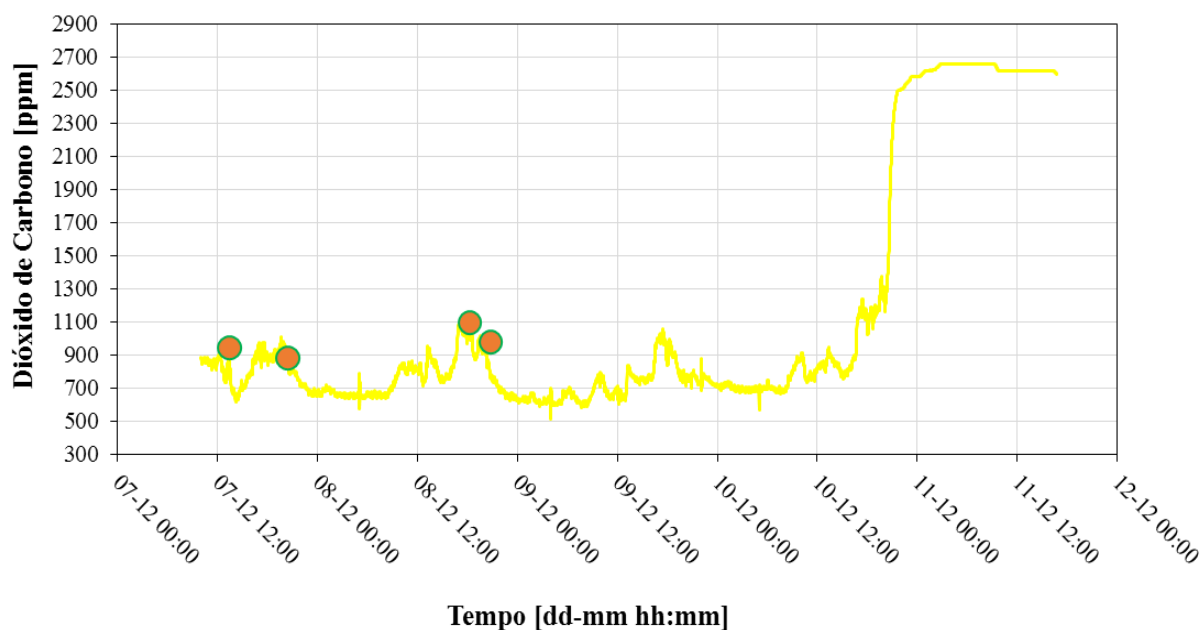


Gráfico VII-34: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala de convívio do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental

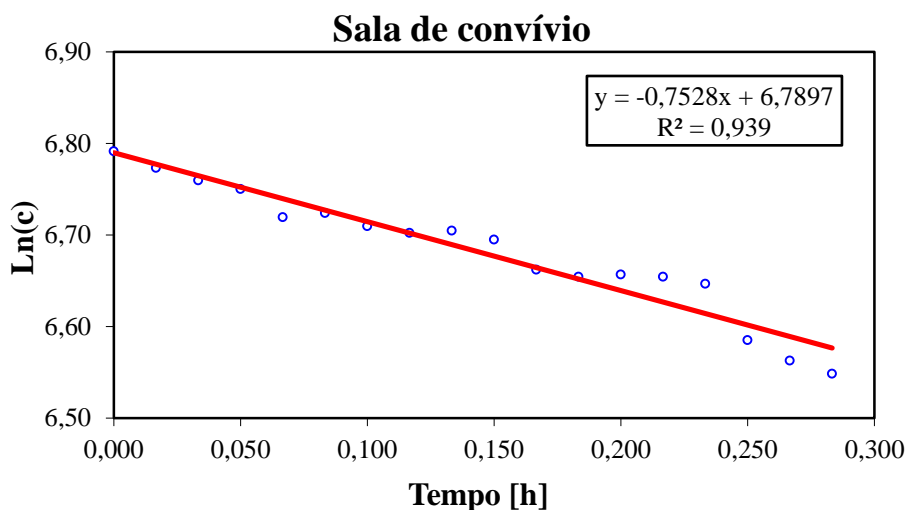


Gráfico VII-35: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 1

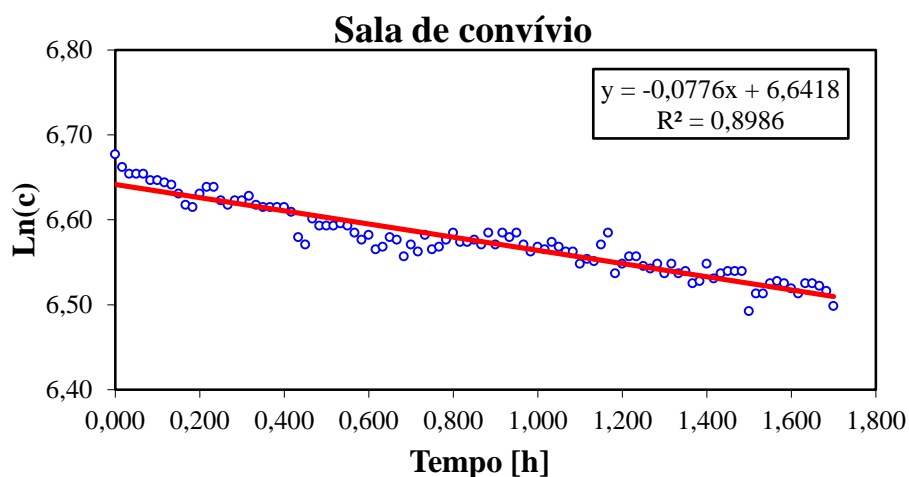


Gráfico VII-36: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 2

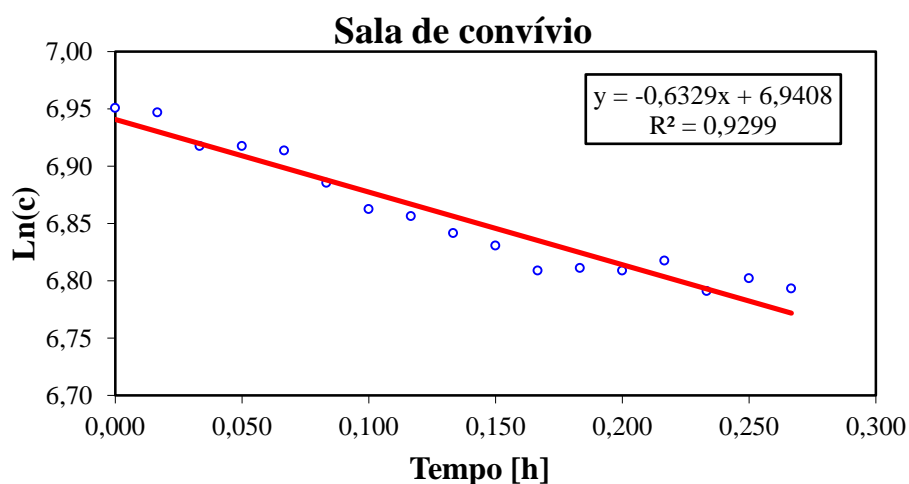


Gráfico VII-37: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 3

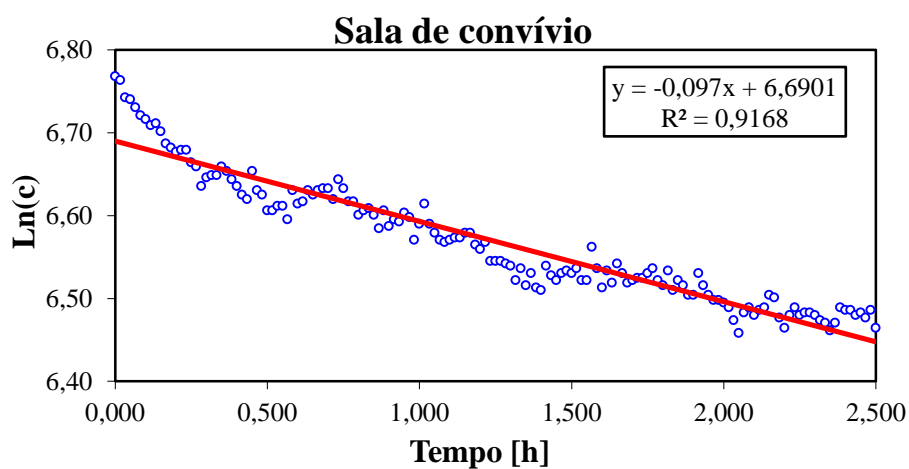


Gráfico VII-38: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (1ª campanha experimental) – gráfico 4

#### VII.4 - TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 2

##### Lar de Idosos 2 - Sala de convívio 1 (1ª campanha experimental)

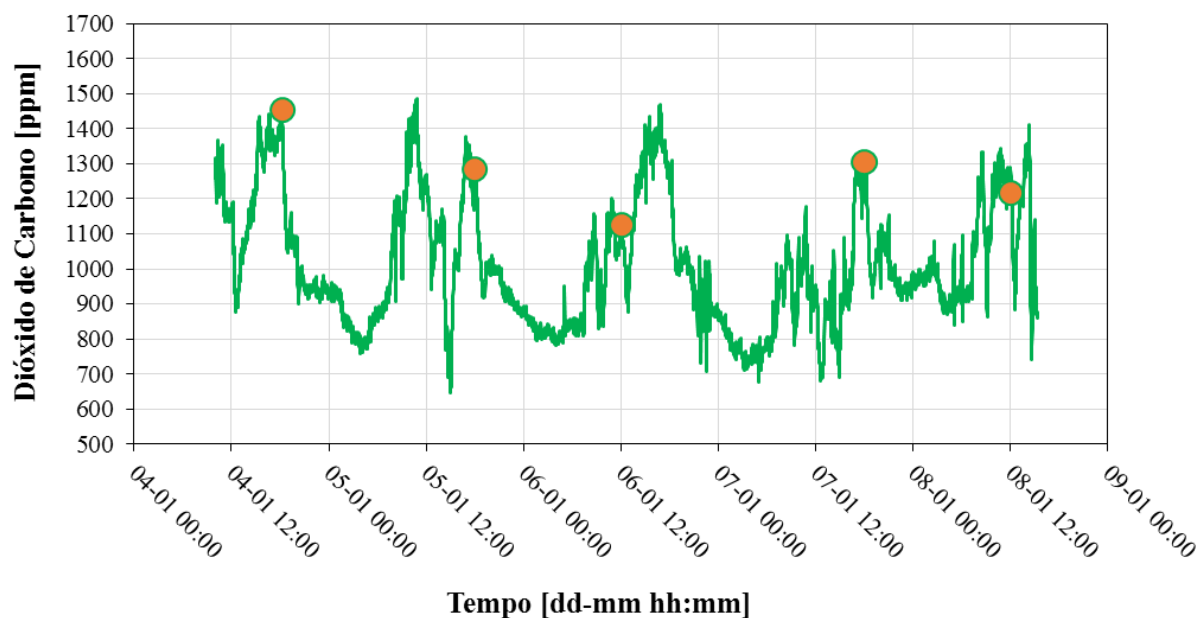


Gráfico VII-39: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala de convívio 1 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental

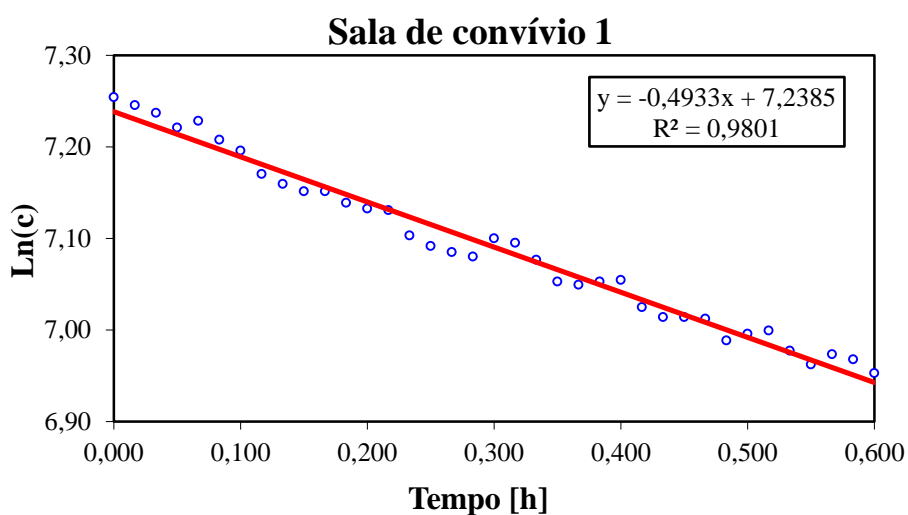


Gráfico VII-40: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 1

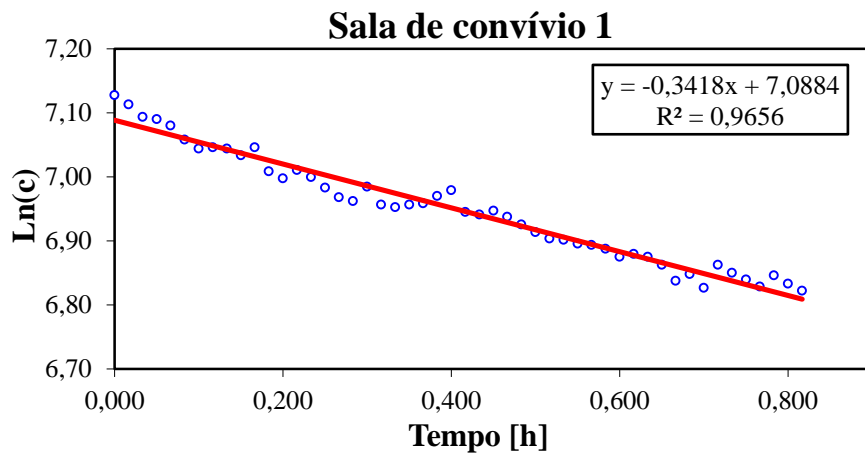


Gráfico VII-41: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 2

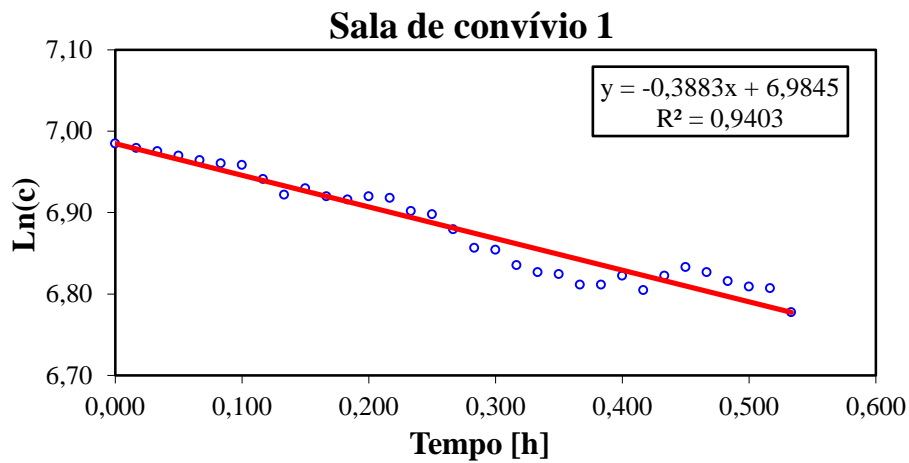


Gráfico VII-42: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 3

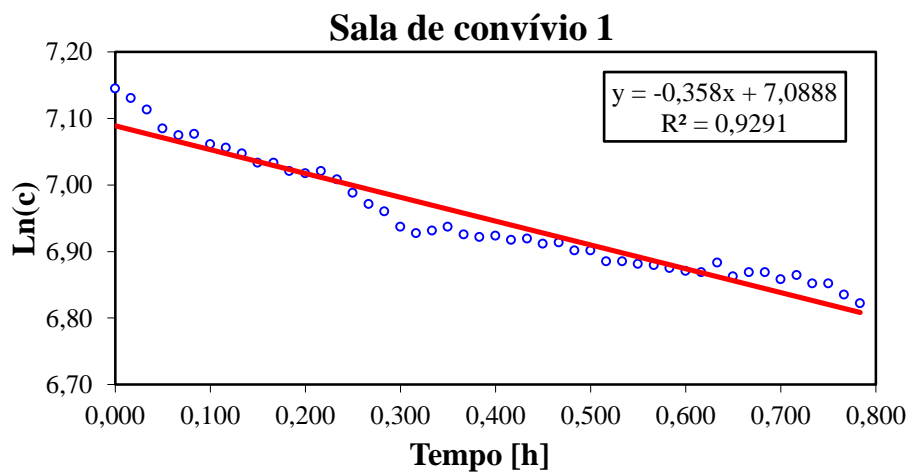


Gráfico VII-43: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 4

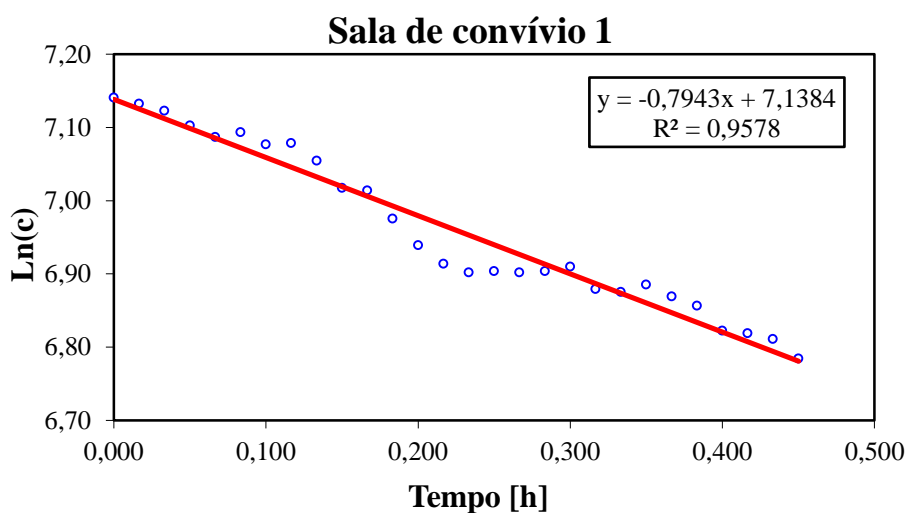


Gráfico VII-44: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 5

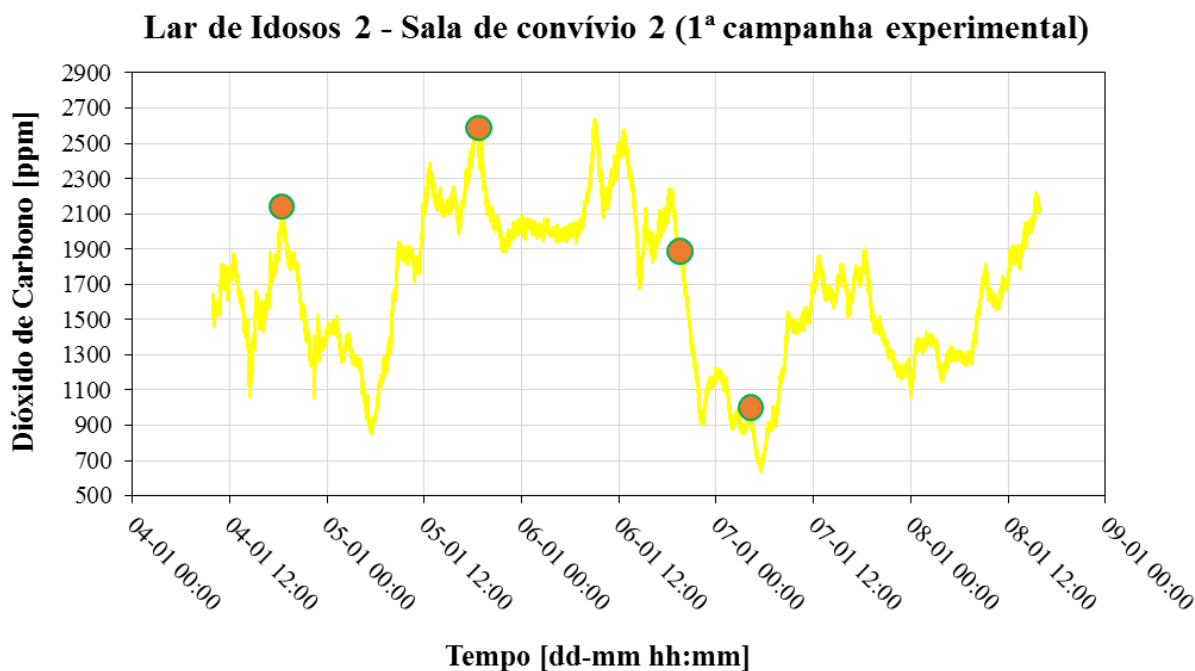


Gráfico VII-45: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala de convívio 2 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 1ª campanha experimental

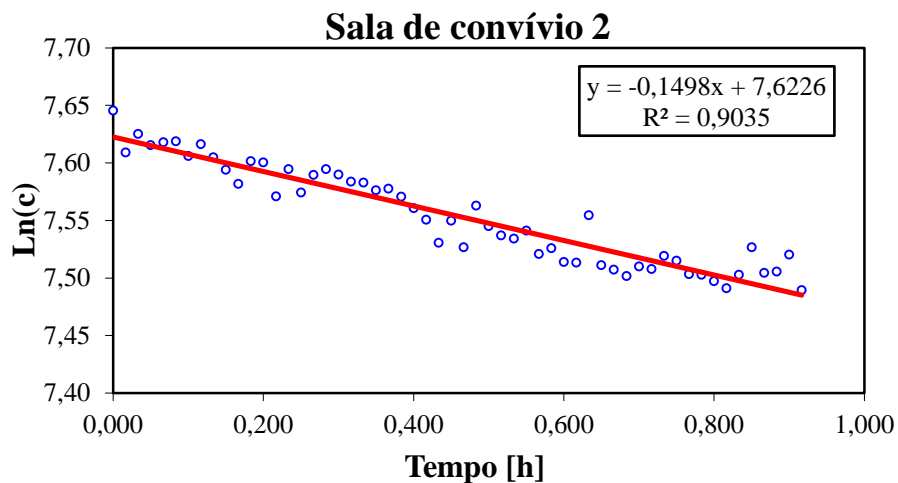


Gráfico VII-46: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 1

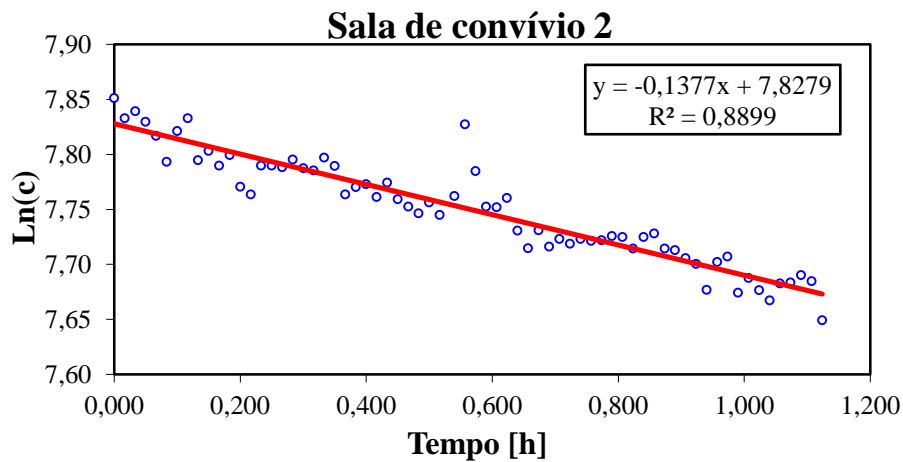


Gráfico VII-47: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 2

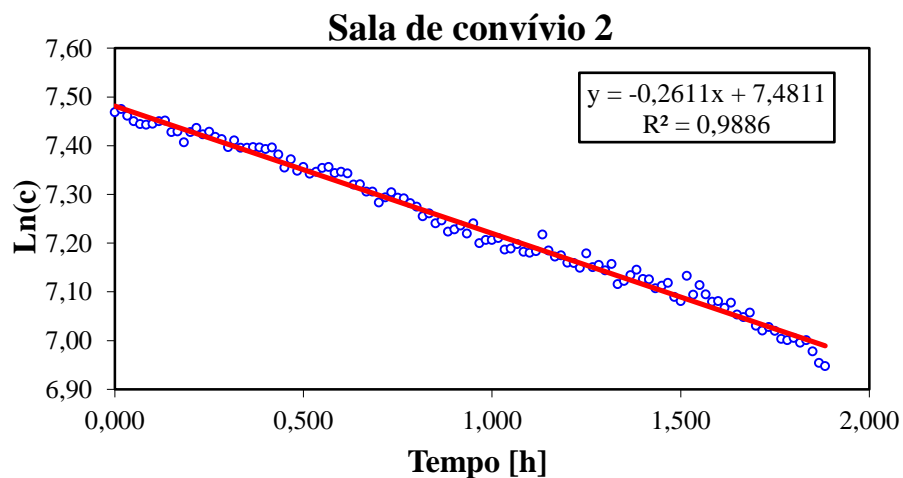


Gráfico VII-48: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 3

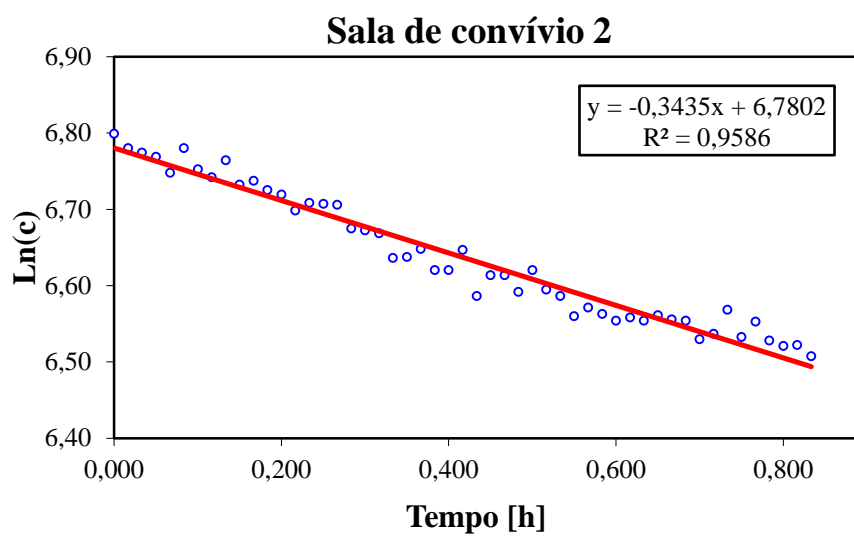


Gráfico VII-49: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (1ª campanha experimental) – gráfico 4



## ANEXO VIII – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS DE REGISTO CONTÍNUO DE ALGUNS COMPARTIMENTOS – 2ª CAMPANHA EXPERIMENTAL

### VIII.1 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTRADOS NOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 1

#### Infantário 1: 26 a 29 de abril

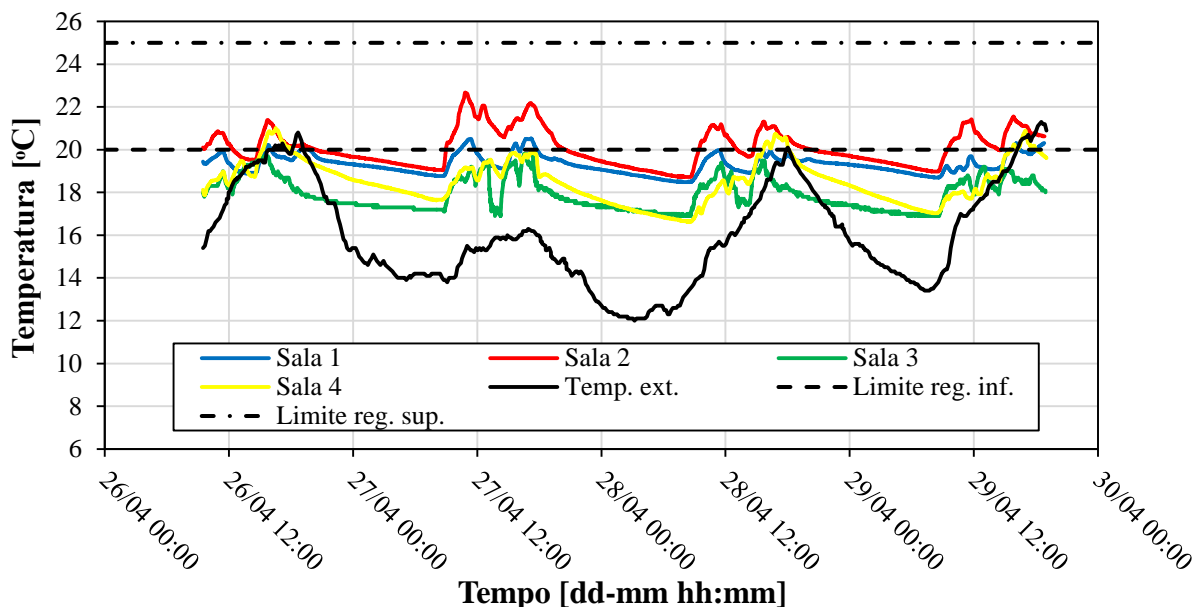


Gráfico VIII-1: Registo da  $T_{ar}$  nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 2ª campanha experimental

#### Infantário 1: 26 a 29 de abril

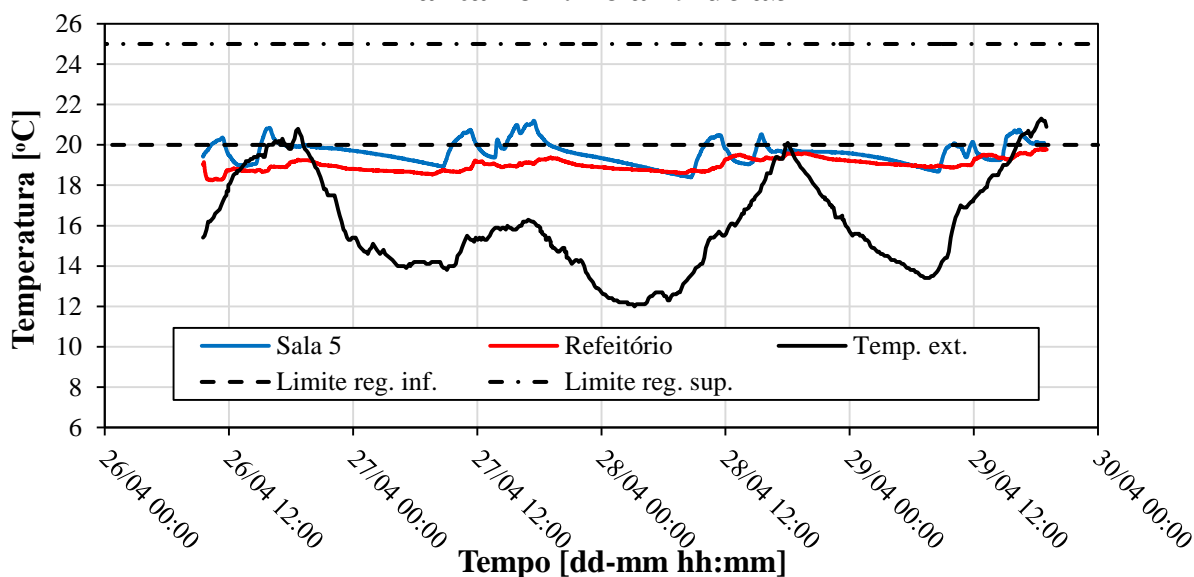


Gráfico VIII-2: Registo da  $T_{ar}$  na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 2ª campanha experimental

**Infantário 1: 26 a 29 de abril**

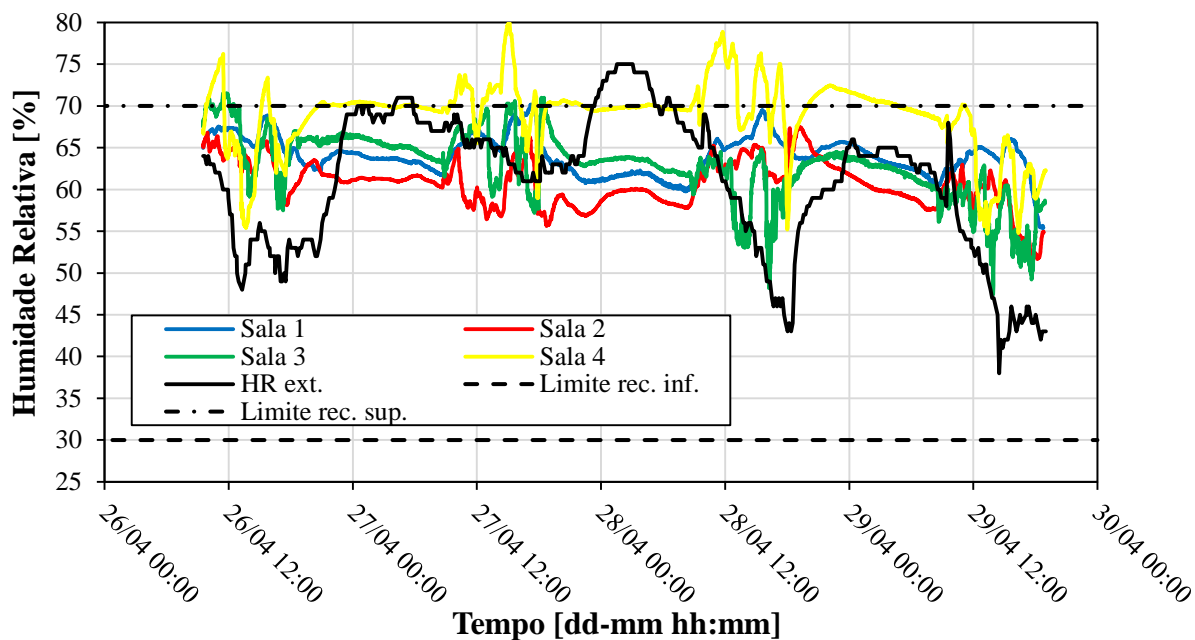


Gráfico VIII-3: Registo da *HR* nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 2ª campanha experimental

**Infantário 1: 26 a 29 de abril**

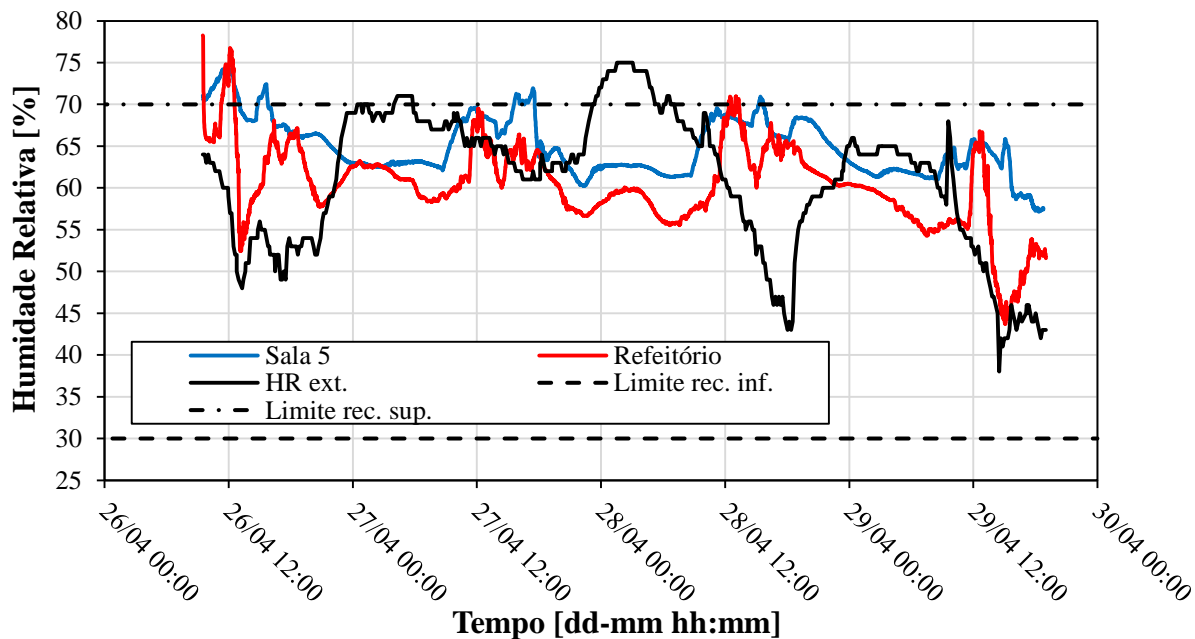


Gráfico VIII-4: Registo da *HR* na sala 5 e no refeitório do infantário 1 – 2ª campanha experimental

### Infantário 1: 26 a 29 de abril

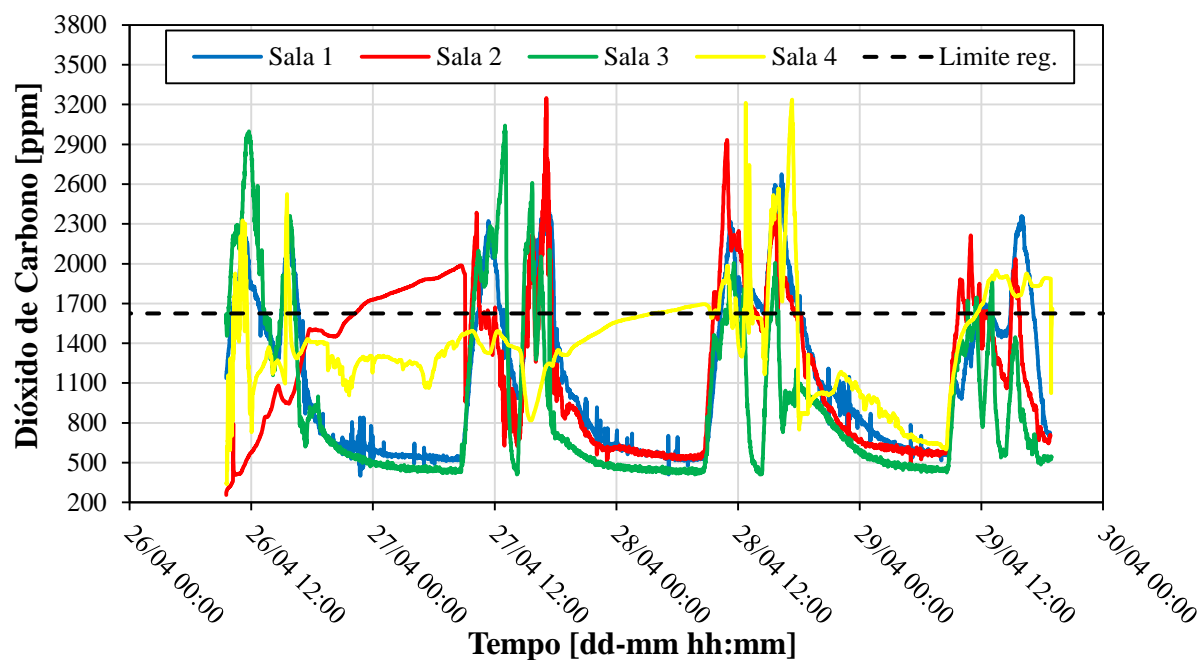


Gráfico VIII-5: Registo de CO<sub>2</sub> nas salas 1 a 4 do infantário 1 – 2ª campanha experimental

### Sala 1: 26-4-2016

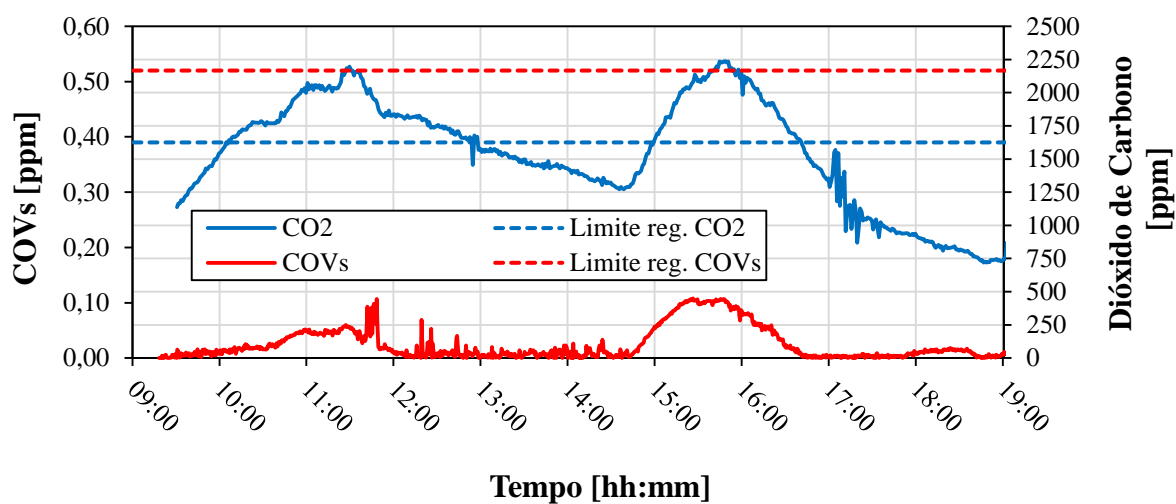


Gráfico VIII-6: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 1 do infantário 1 – 2ª campanha experimental

**Sala 3: 28-4-2016**

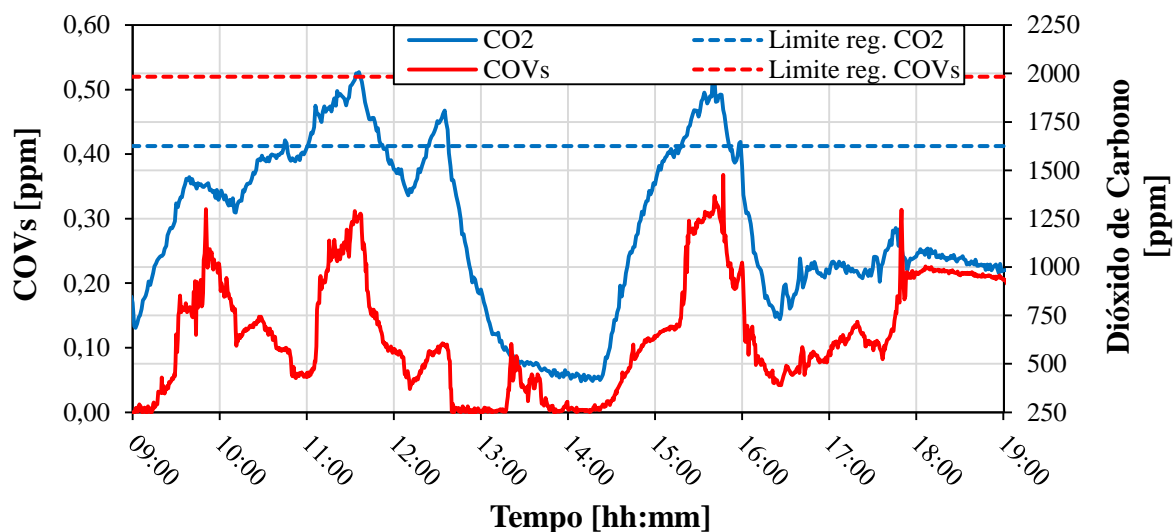


Gráfico VIII-7: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 3 do infantário 1 – 2ª campanha experimental

**Sala 4: 29-4-2016**

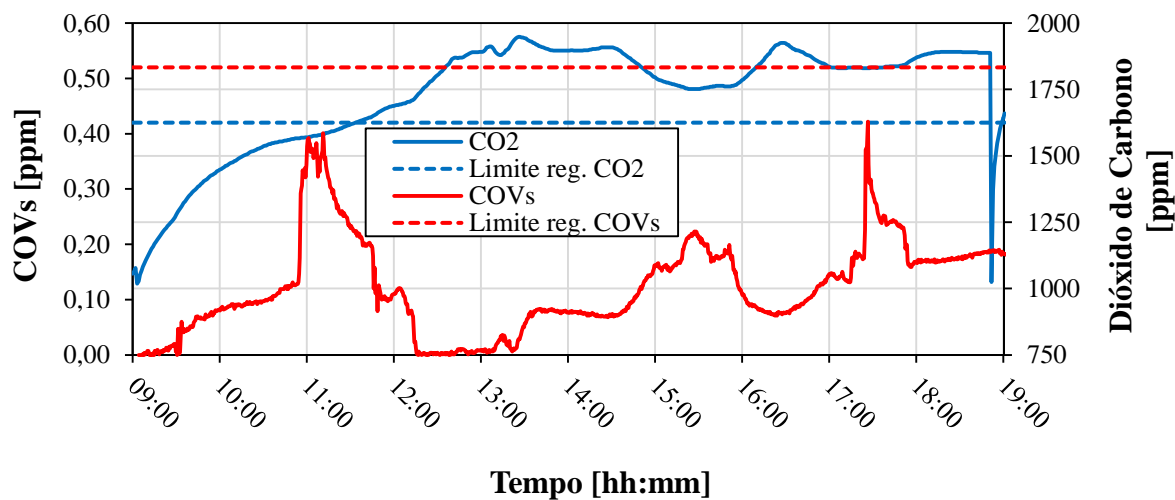


Gráfico VIII-8: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 4 do infantário 1 – 2ª campanha experimental

## VIII.2 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTRADOS NOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 2

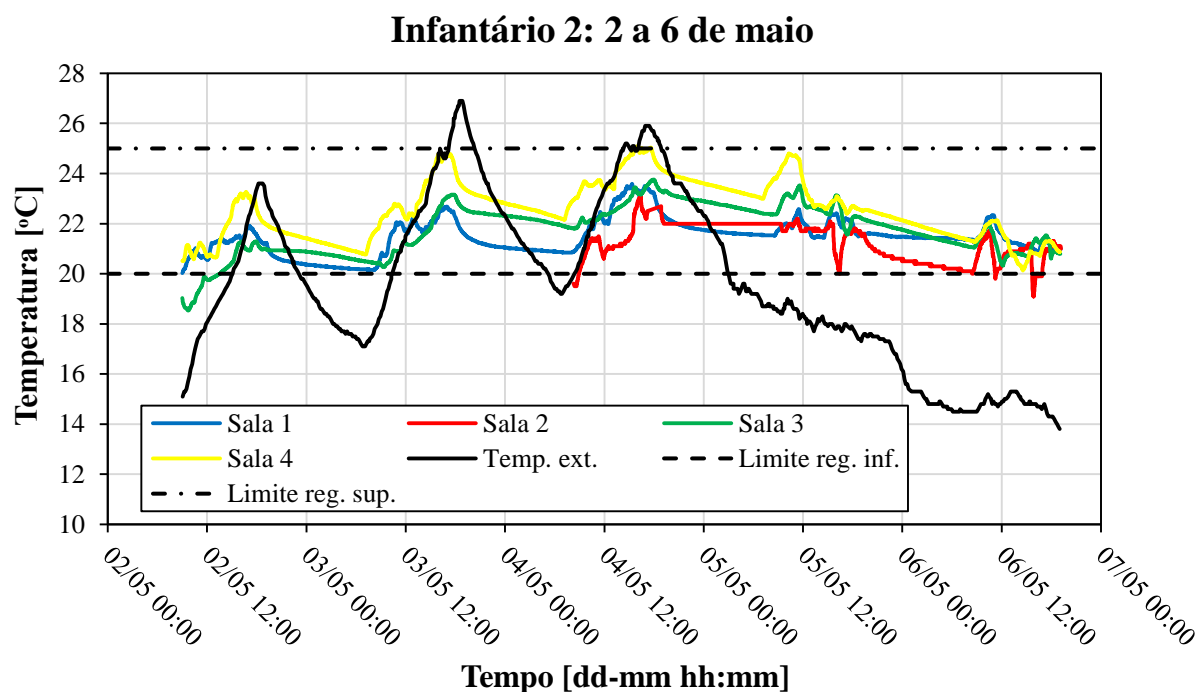


Gráfico VIII-9: Registo da  $T_{ar}$  nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 2ª campanha experimental

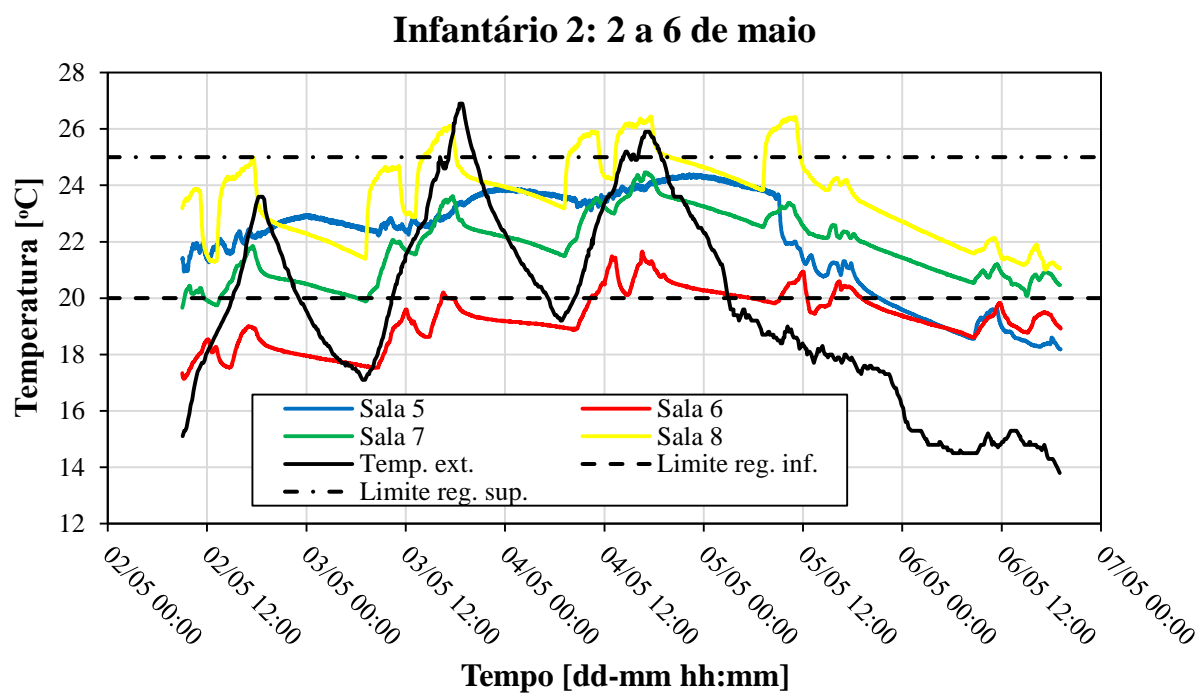


Gráfico VIII-10: Registo da  $T_{ar}$  nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 2ª campanha experimental

### Infantário 2: 2 a 6 de maio

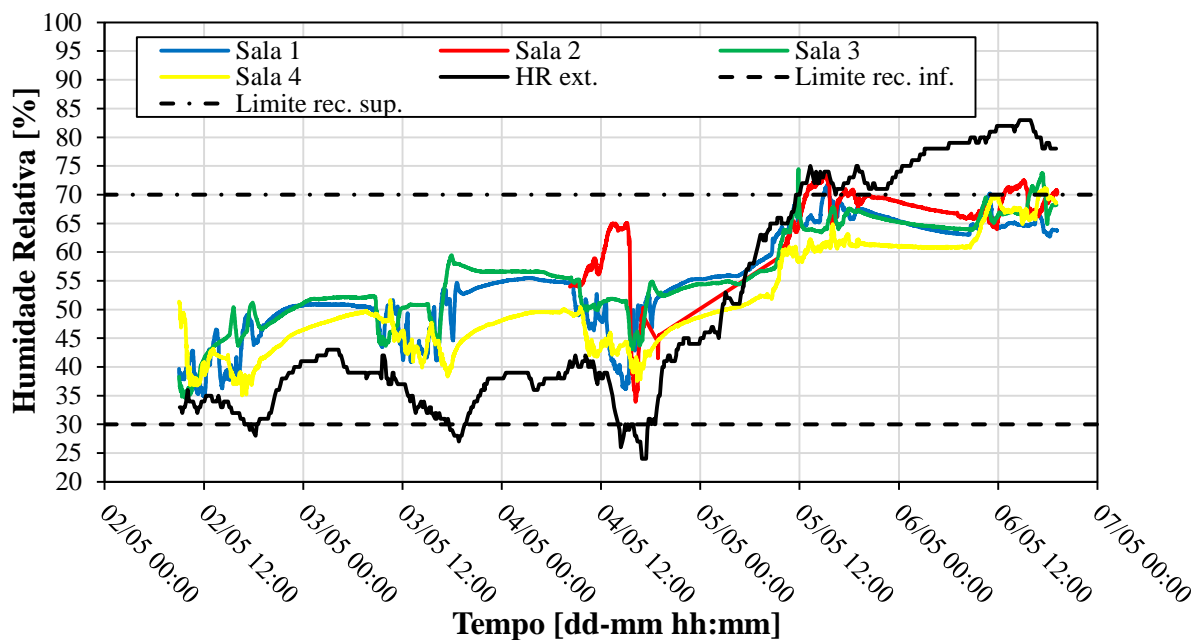


Gráfico VIII-11: Registo da HR nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 2ª campanha experimental

### Infantário 2: 2 a 6 de maio

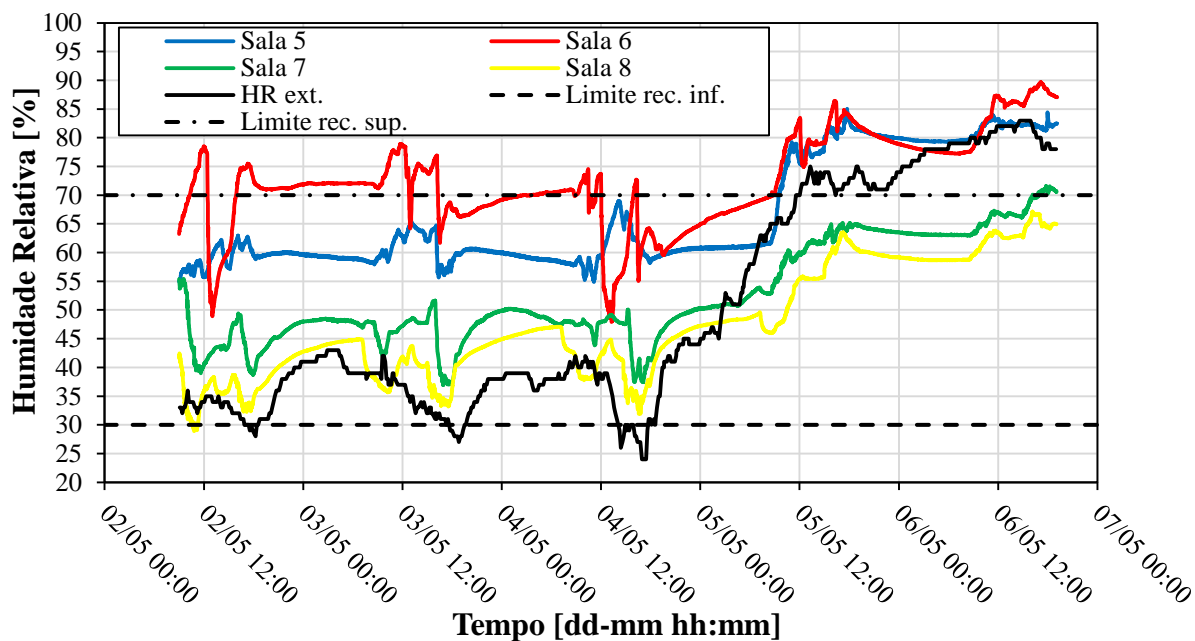
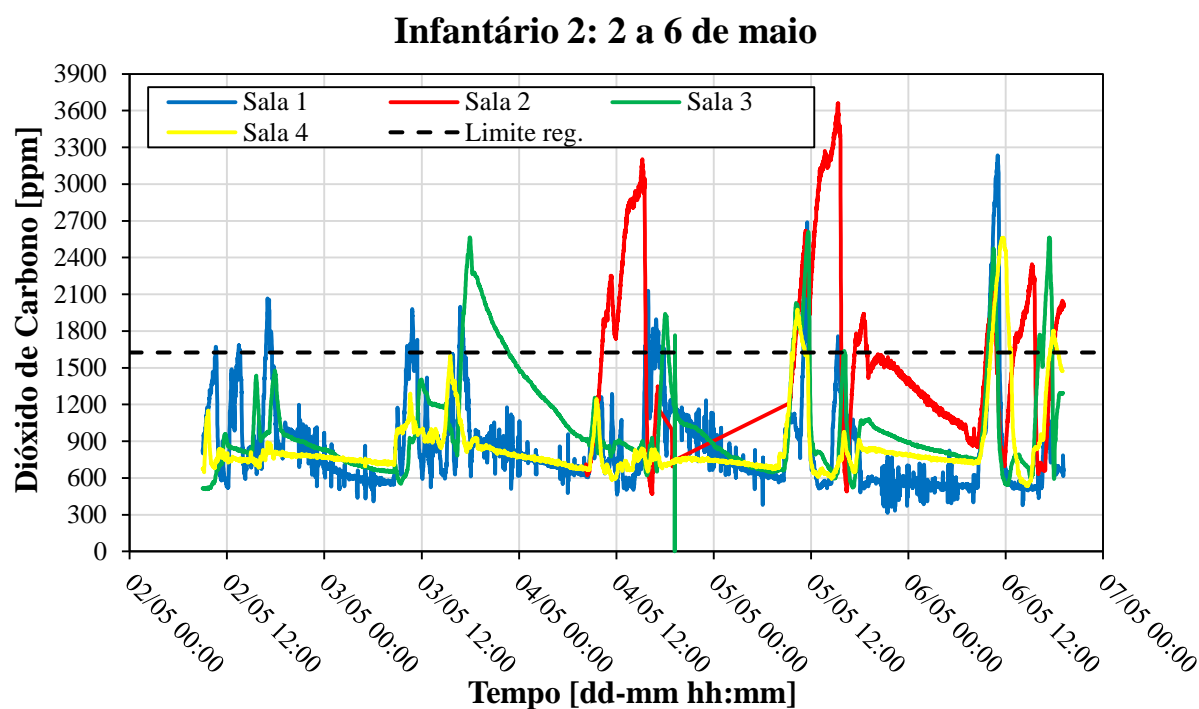
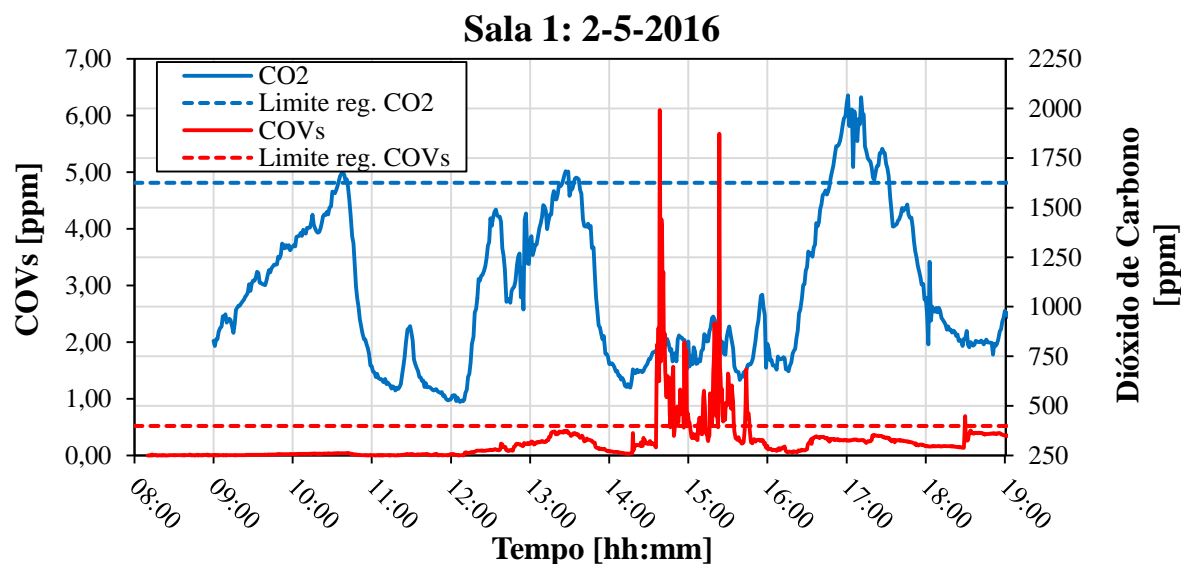


Gráfico VIII-12: Registo da HR nas salas 5 a 8 do infantário 2 – 2ª campanha experimental

Gráfico VIII-13: Registro de CO<sub>2</sub> nas salas 1 a 4 do infantário 2 – 2<sup>a</sup> campanha experimentalGráfico VIII-14: Registro de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 1 do infantário 2 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

### Sala 2: 6-5-2016

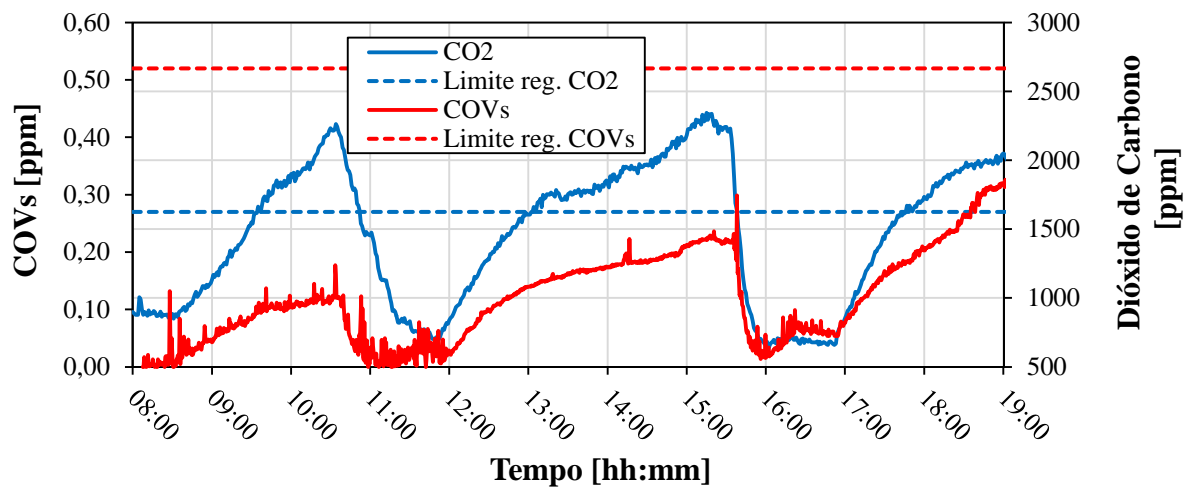


Gráfico VIII-15: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 2 do infantário 2 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

### Sala 3: 4-5-2016

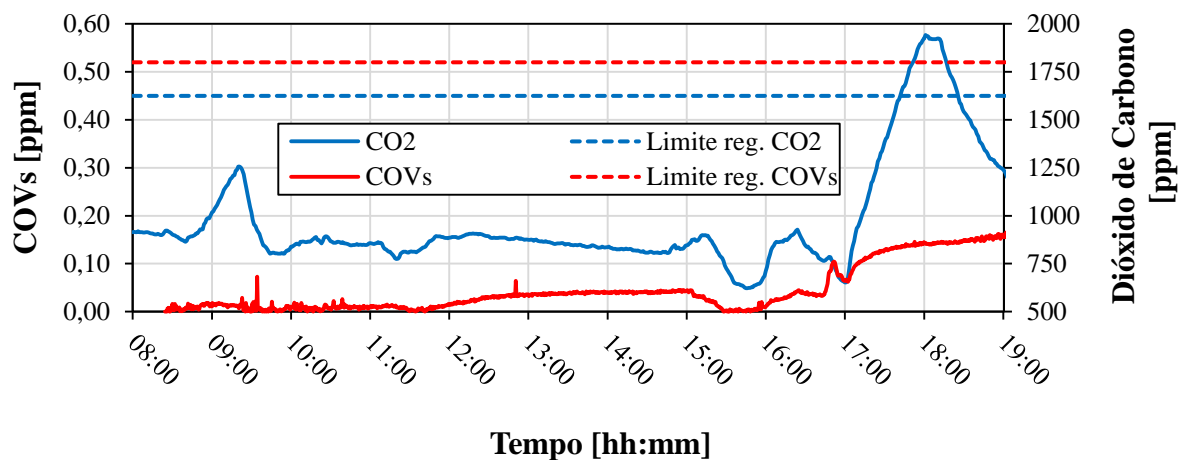


Gráfico VIII-16: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 3 do infantário 2 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

## Sala 4: 5-5-2016

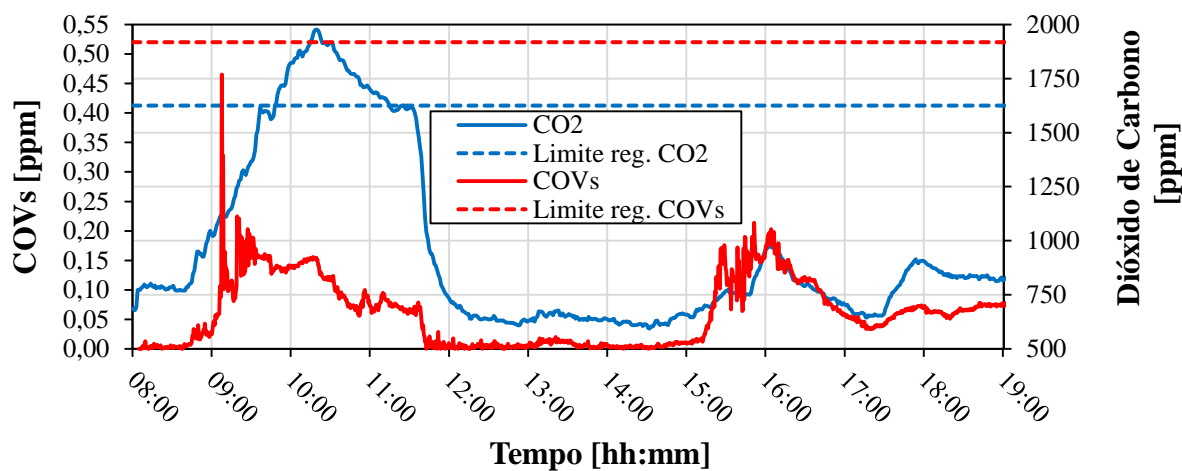


Gráfico VIII-17: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala 4 do infantário 2 – 2ª campanha experimental

### VIII.3 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTADOS NOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 1

## Lar de Idosos 1: 21 a 25 de março

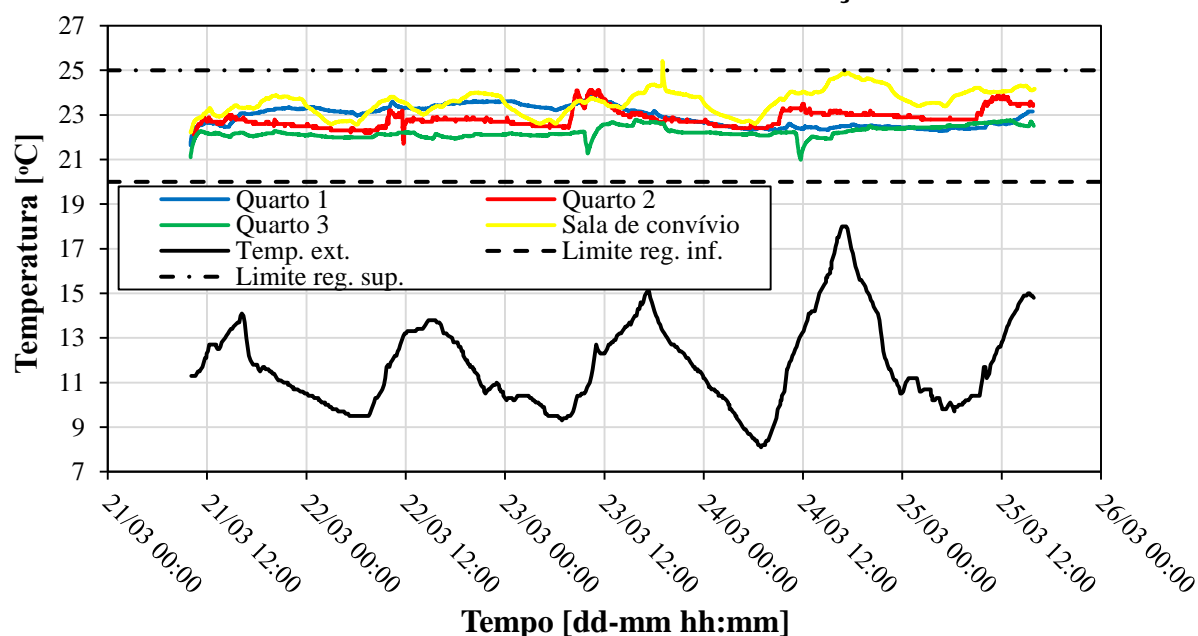


Gráfico VIII-18: Registo da  $T_{ar}$  nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental

### Lar de Idosos 1: 21 a 25 de março

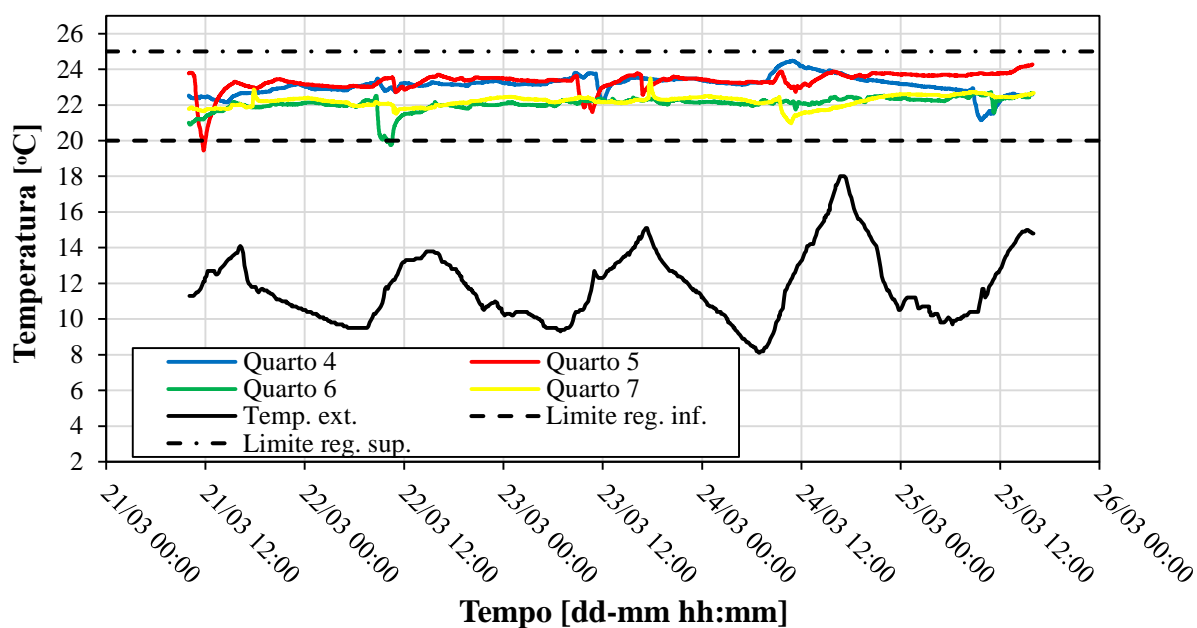


Gráfico VIII-19: Registo da  $T_{ar}$  nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental

### Lar de Idosos 1: 21 a 25 de março

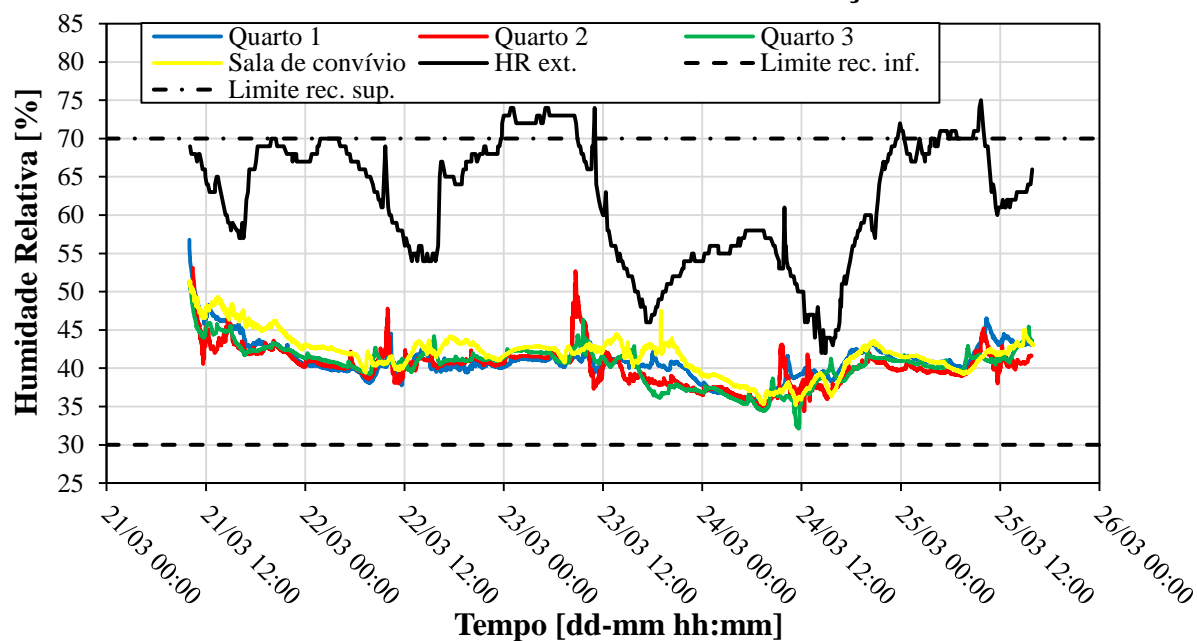


Gráfico VIII-20: Registo da  $HR$  nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental

### Lar de Idosos 1: 21 a 25 de março

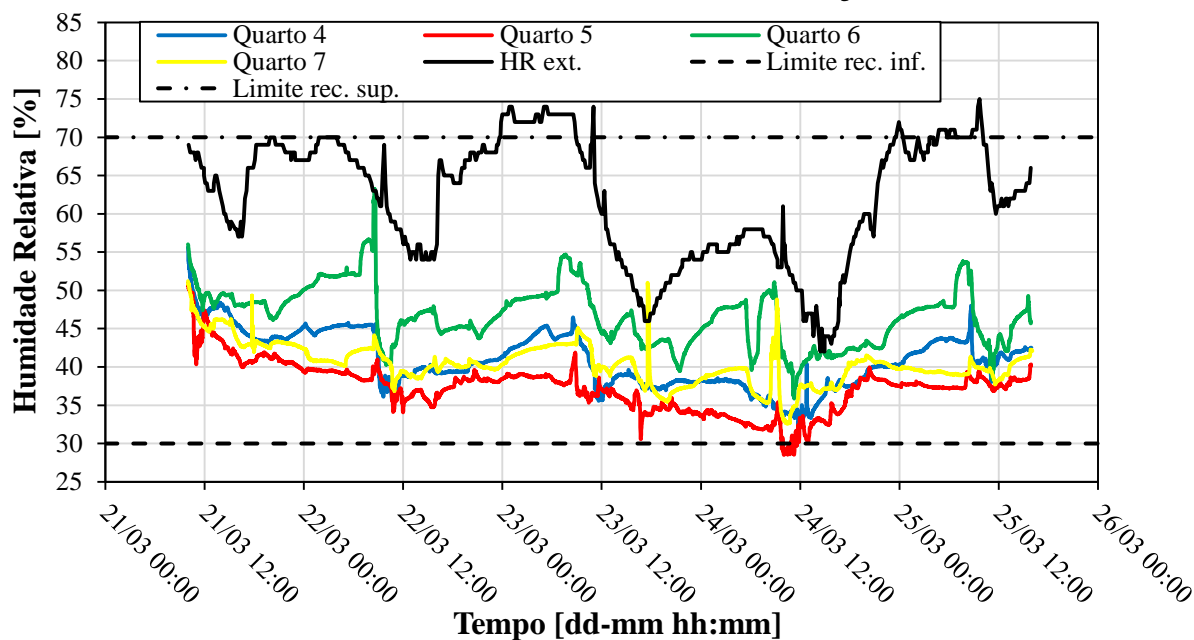


Gráfico VIII-21: Registro da HR nos quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental

### Lar de Idosos 1: 21 a 25 de março

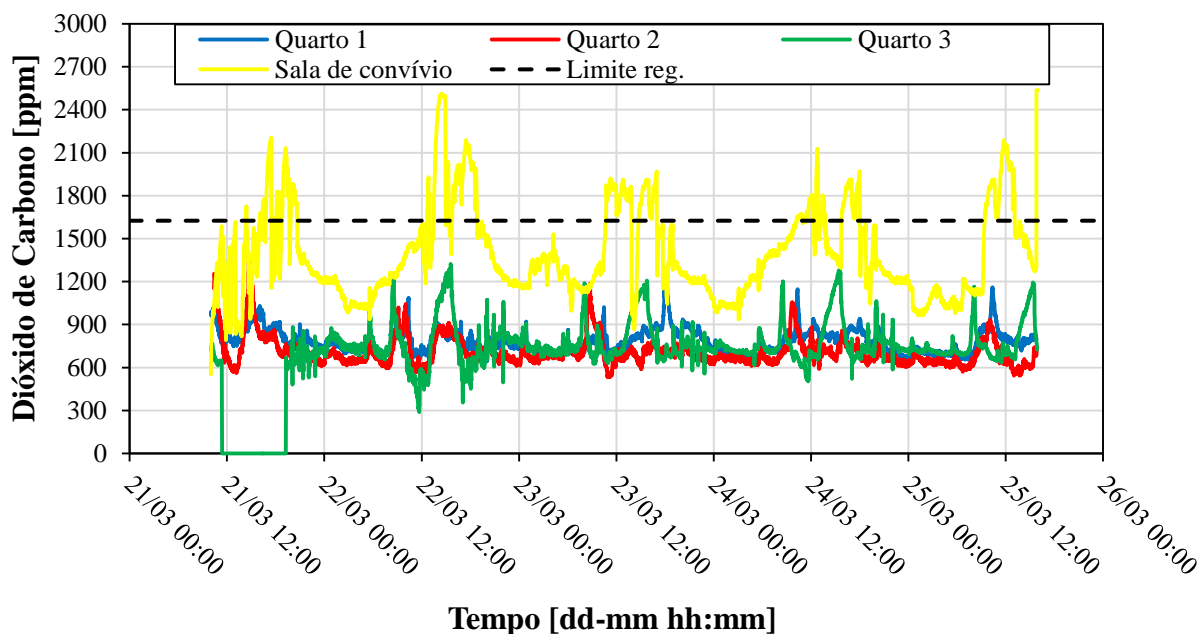


Gráfico VIII-22: Registro de CO<sub>2</sub> nos quartos 1 a 3 e na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental

### Quarto 1: 21-3-2016

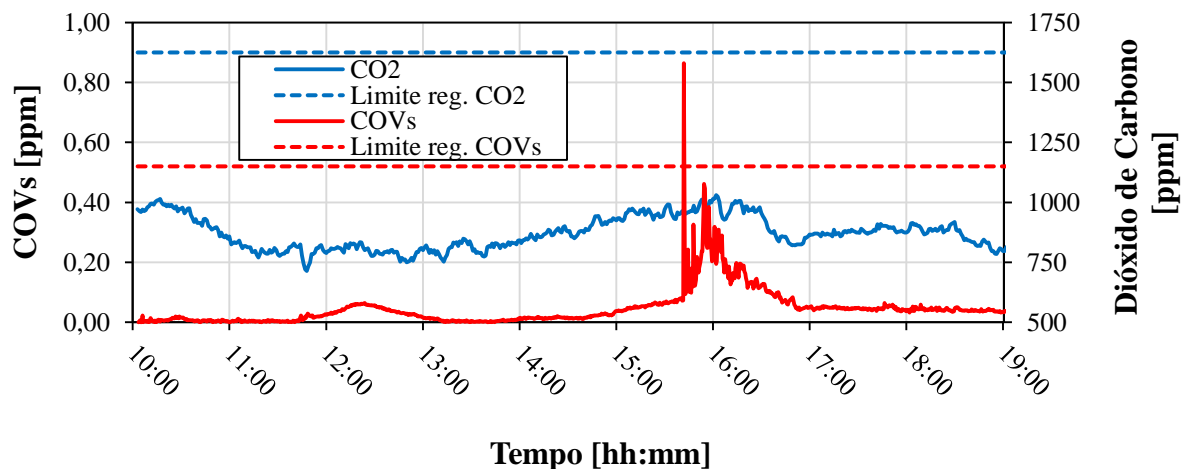


Gráfico VIII-23: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 1 do lar de idosos 1 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

### Quarto 2: 22-3-2016

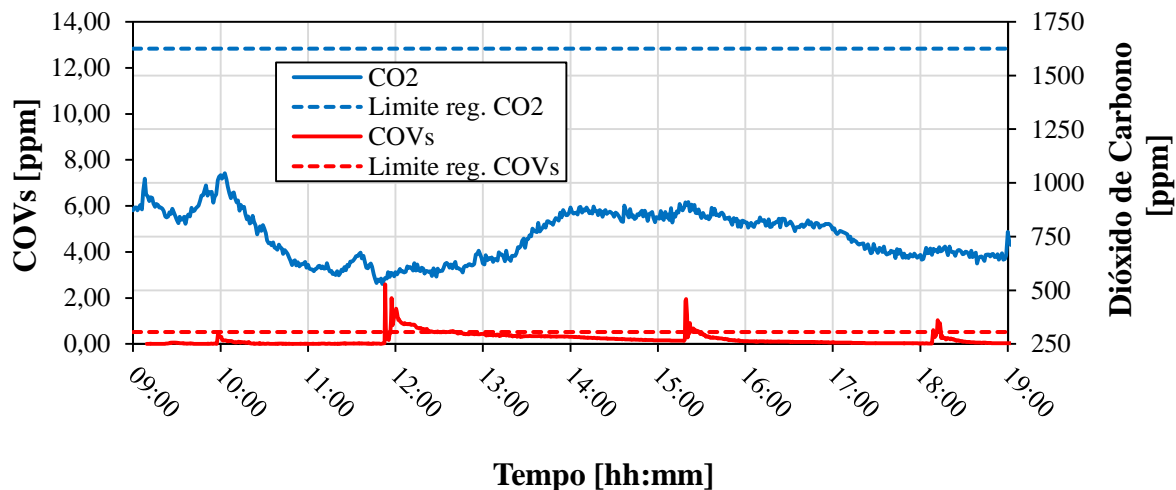


Gráfico VIII-24: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 2 do lar de idosos 1 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

## Quarto 3: 23-3-2016

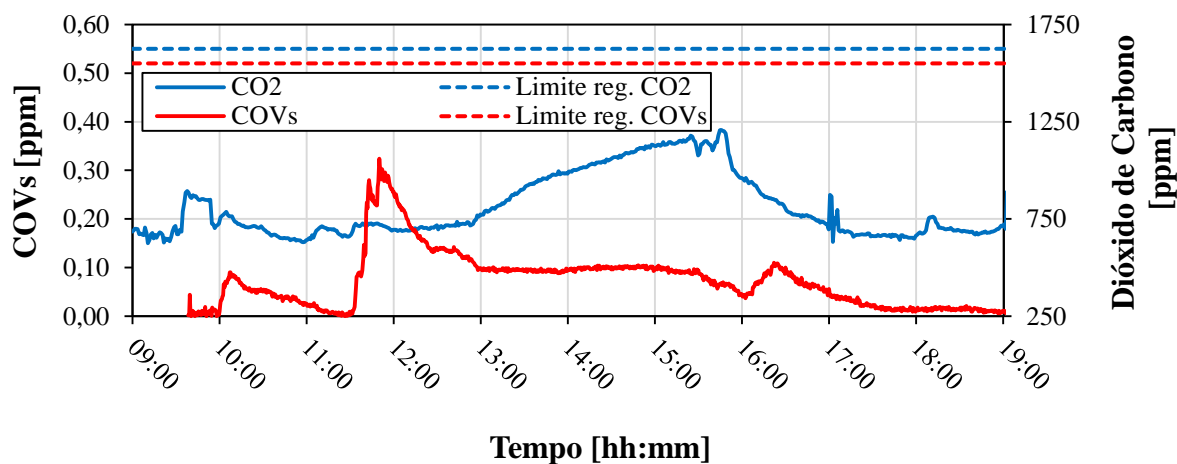


Gráfico VIII-25: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 3 do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental

## Sala de convívio: 24-3-2016

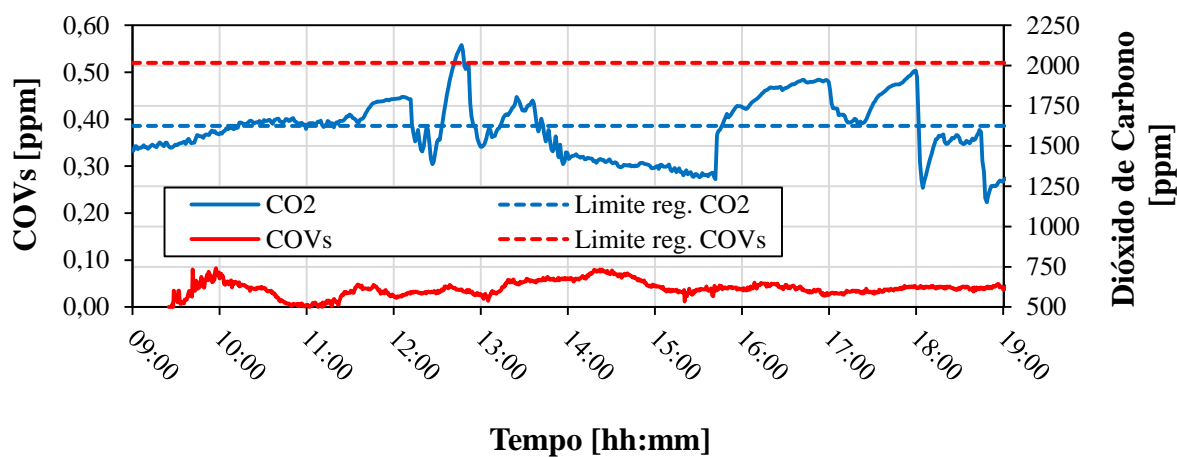


Gráfico VIII-26: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala de convívio do lar de idosos 1 – 2ª campanha experimental

VIII.4 – PARÂMETROS AMBIENTAIS REGISTRADOS NOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 2

Lar de Idosos 2: 28 de março a 1 de abril

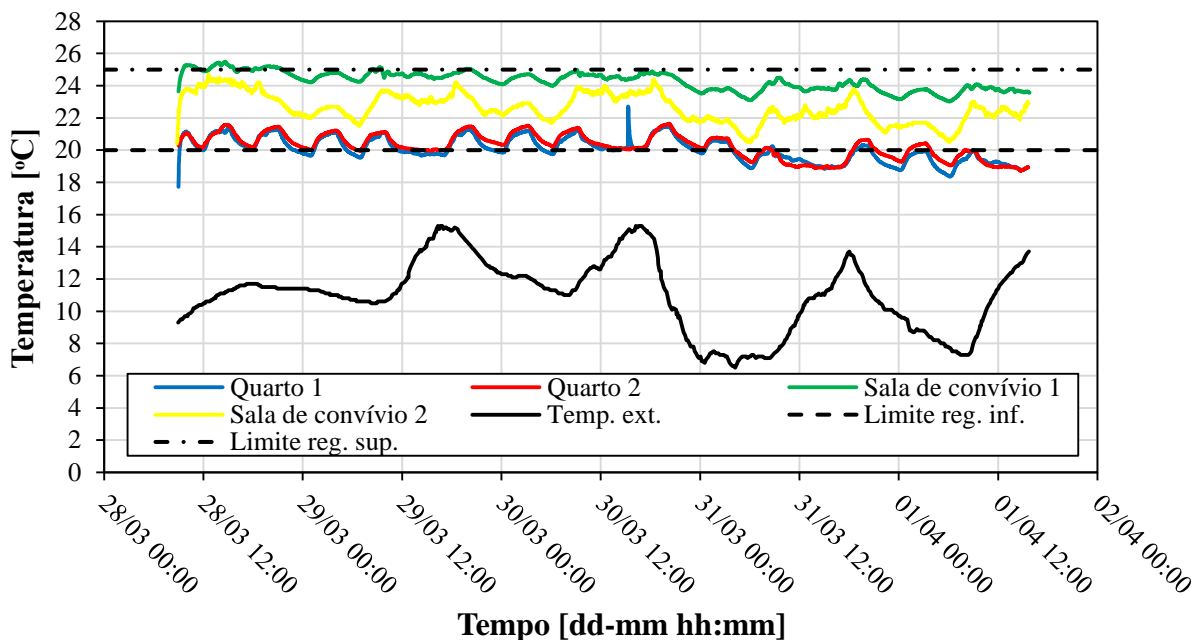


Gráfico VIII-27: Registro da  $T_{ar}$  nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental

Lar de Idosos 2: 28 de março a 1 de abril

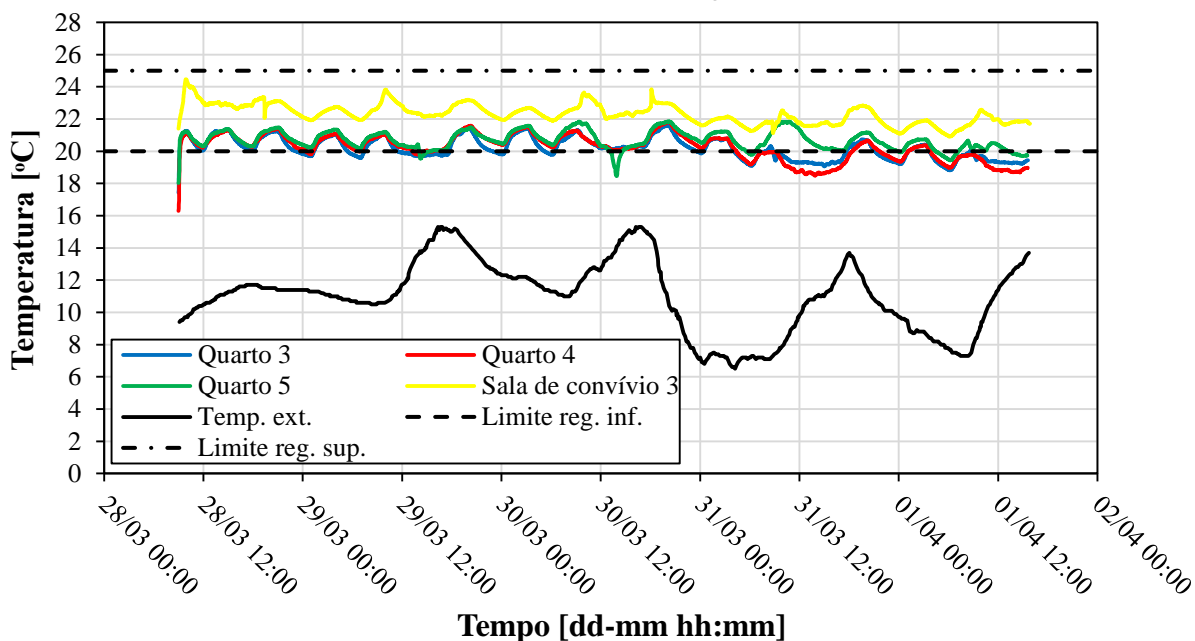


Gráfico VIII-28: Registro da  $T_{ar}$  nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental

## Lar de Idosos 2: 28 de março a 1 de abril

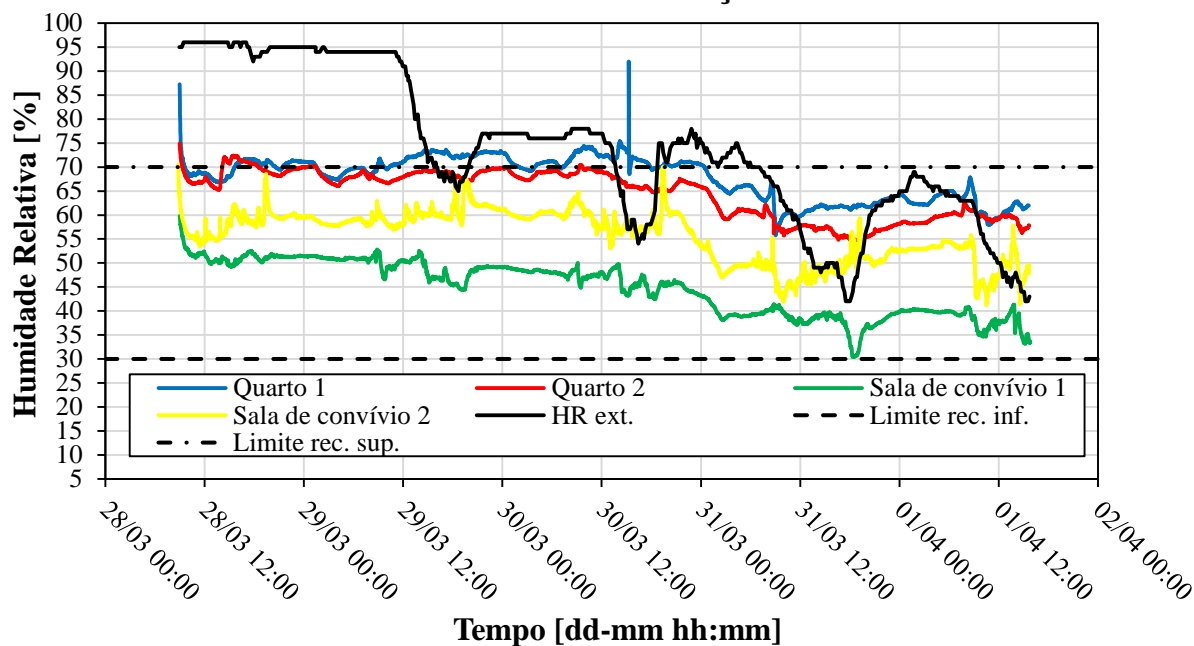


Gráfico VIII-29: Registo da *HR* nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental

## Lar de Idosos 2: 28 de março a 1 de abril

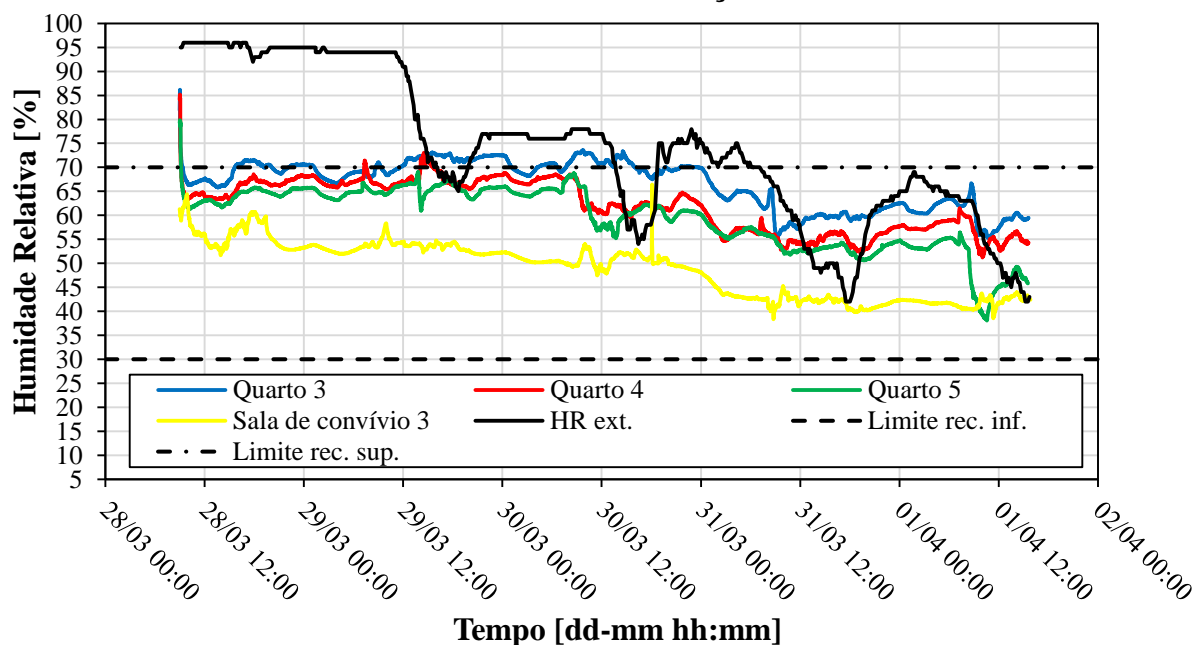


Gráfico VIII-30: Registo da *HR* nos quartos 3 a 5 e na sala de convívio 3 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental

### Lar de Idosos 2: 28 de março a 1 de abril

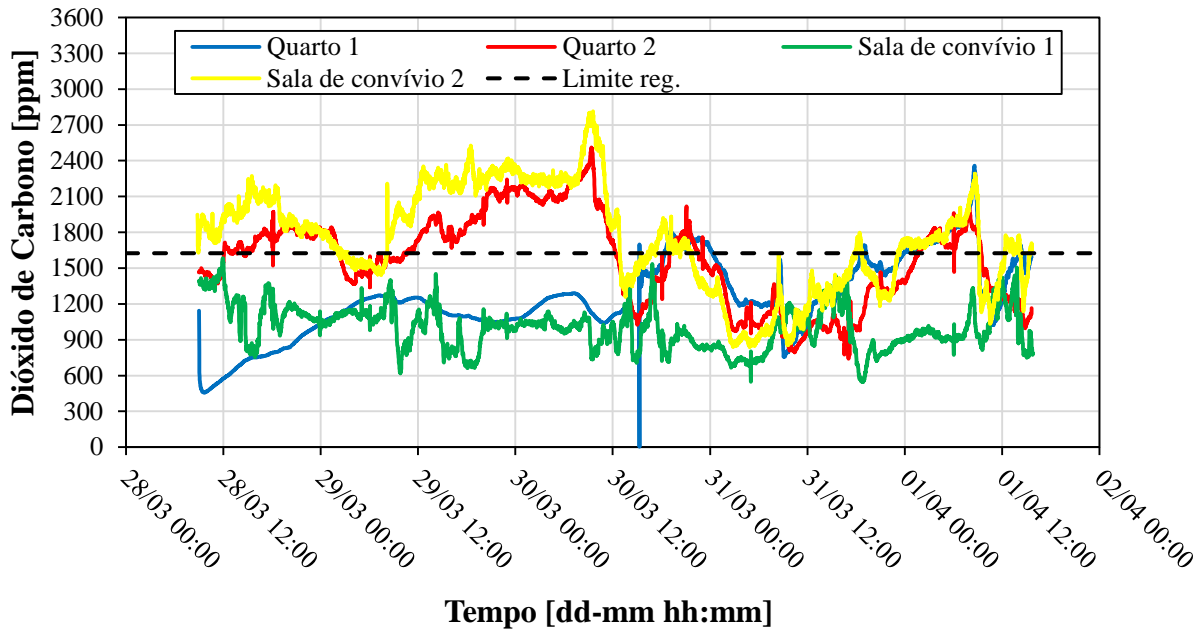


Gráfico VIII-31: Registo de CO<sub>2</sub> nos quartos 1 e 2 e nas salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

### Quarto 2: 31-3-2016

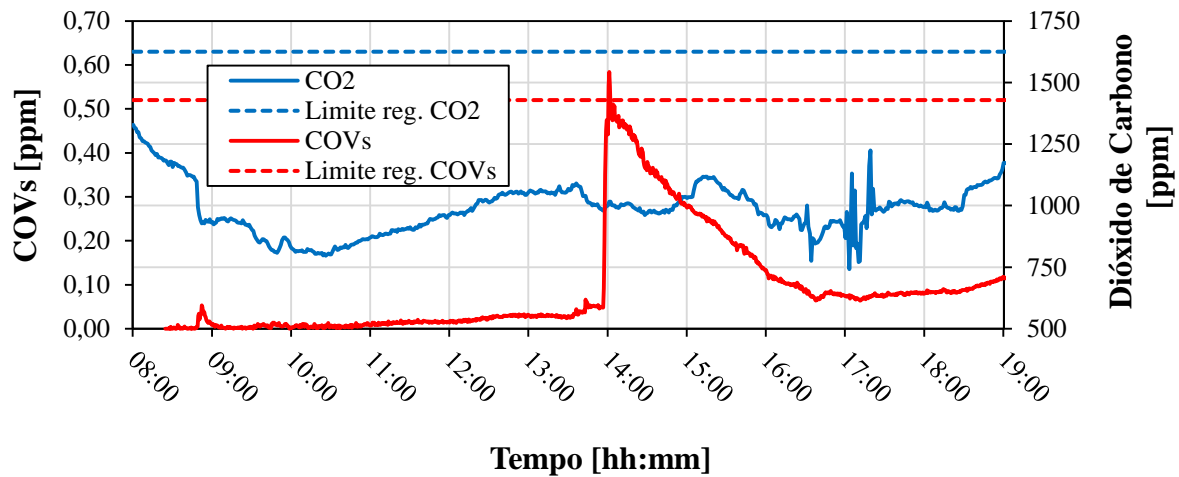


Gráfico VIII-32: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs no quarto 2 do lar de idosos 2 – 2<sup>a</sup> campanha experimental

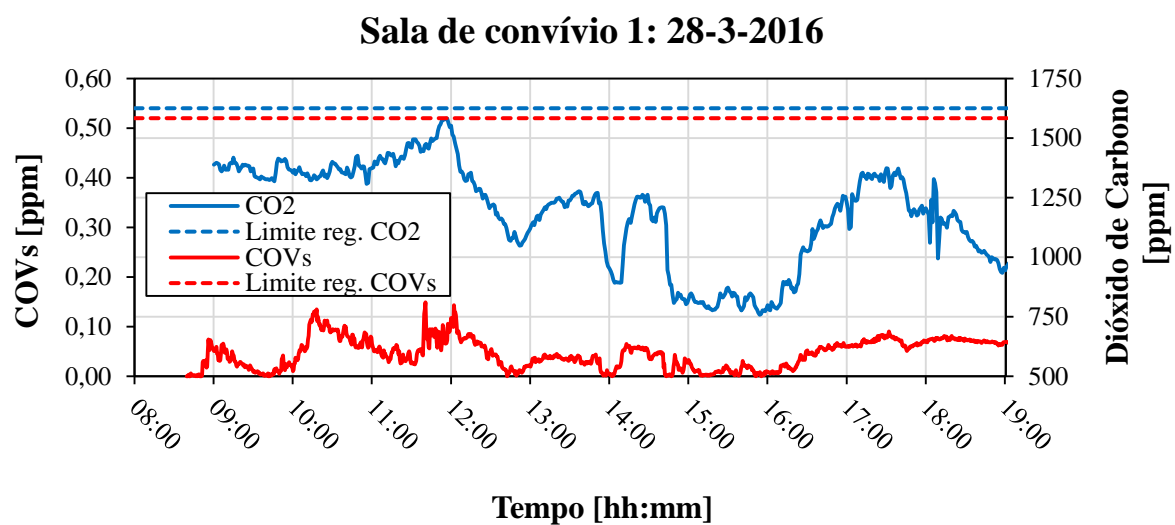


Gráfico VIII-33: Registo de CO<sub>2</sub> e COVs na sala de convívio 1 do lar de idosos 2 – 2ª campanha experimental



## ANEXO IX – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO PROPOSTO PELO LNEC APLICADO A ALGUNS COMPARTIMENTOS – 2ª CAMPANHA EXPERIMENTAL

### IX.1 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 1

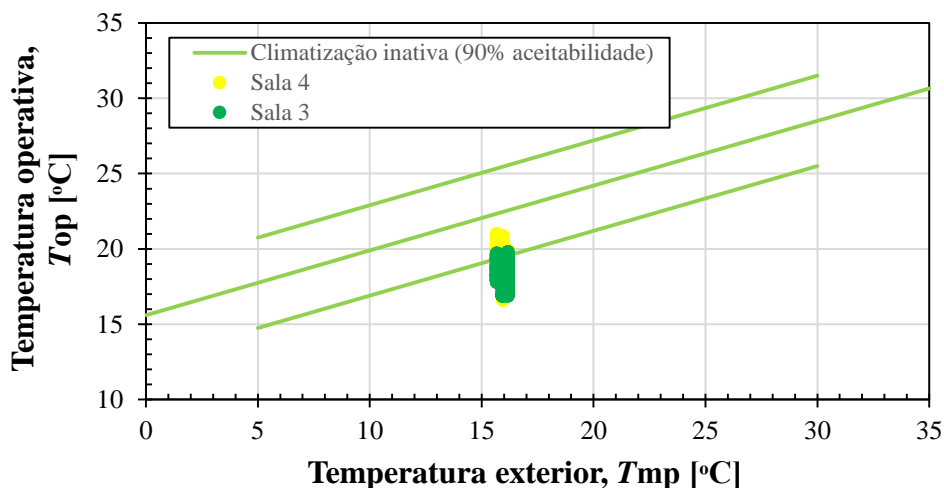


Gráfico IX-1: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 3 e 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental)

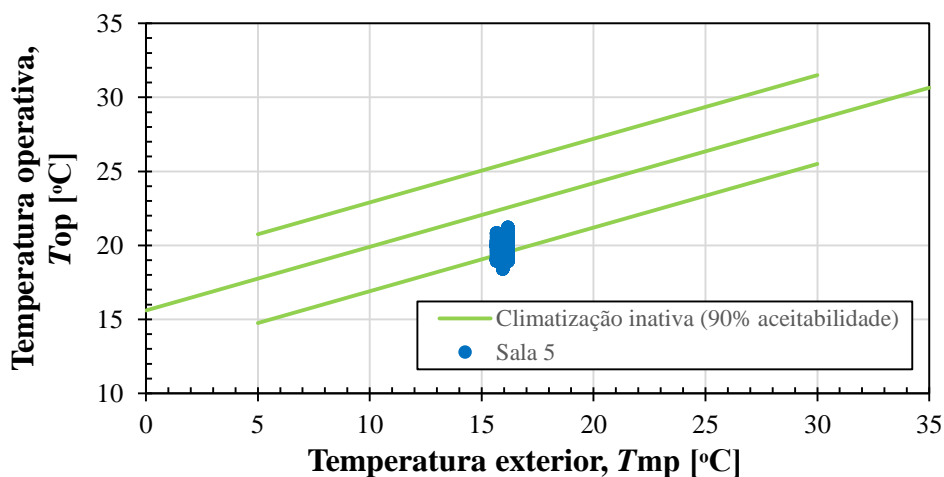


Gráfico IX-2: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 5 do infantário 1 (2ª campanha experimental)

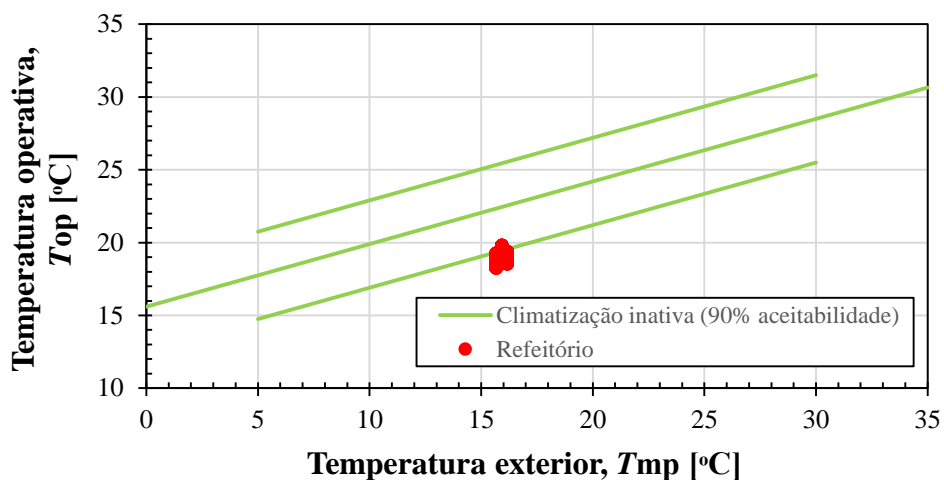


Gráfico IX-3: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – refeitório do infantário 1 (2ª campanha experimental)

## IX.2 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 2

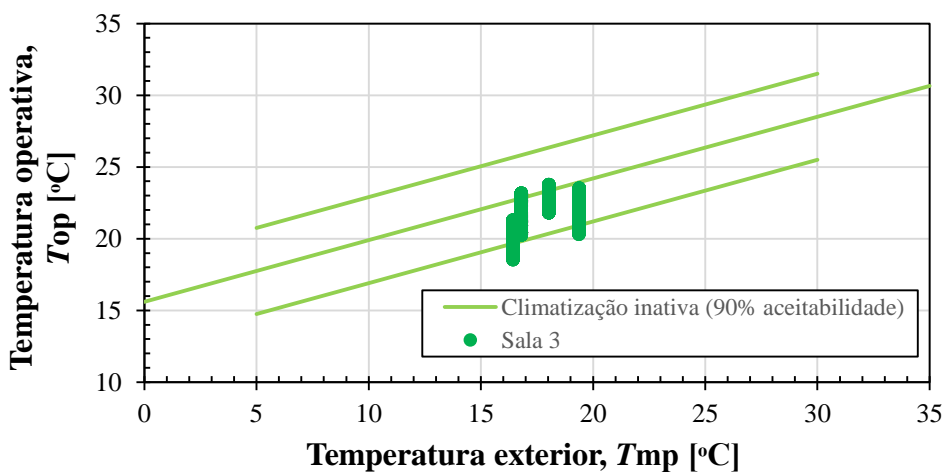


Gráfico IX-4: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 3 do infantário 2 (2ª campanha experimental)

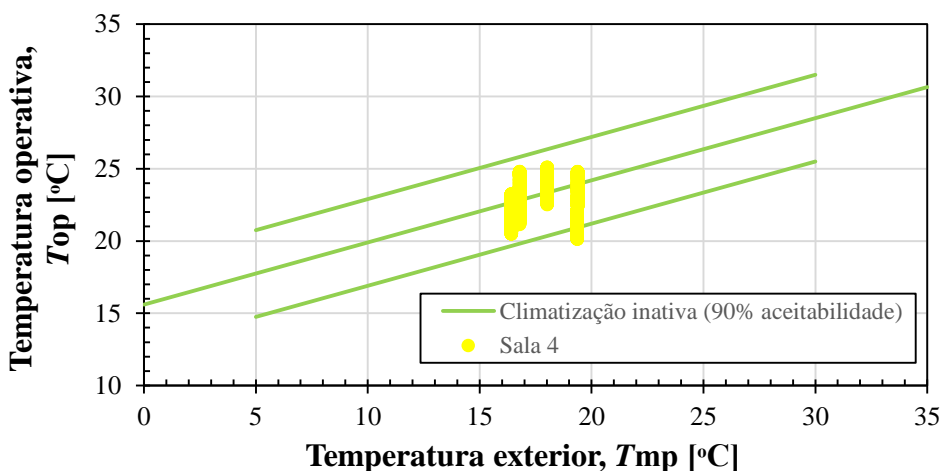


Gráfico IX-5: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – sala 4 do infantário 2 (2ª campanha experimental)

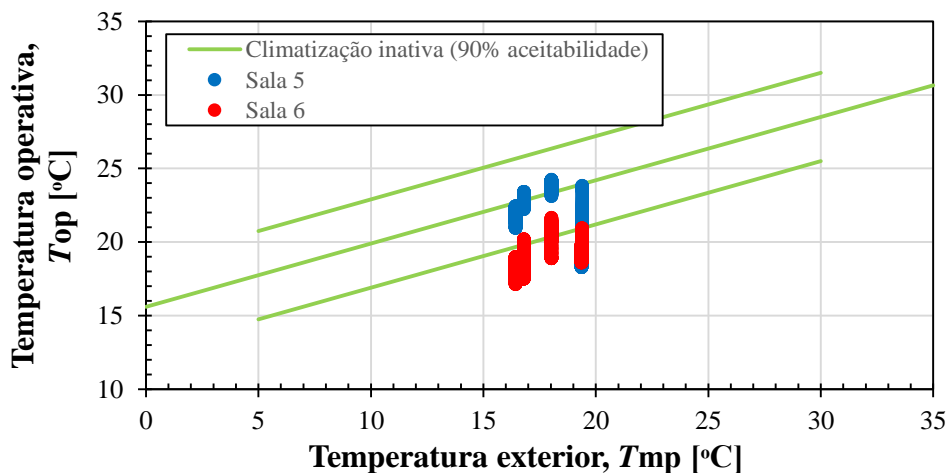


Gráfico IX-6: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 5 e 6 do infantário 2 (2ª campanha experimental)

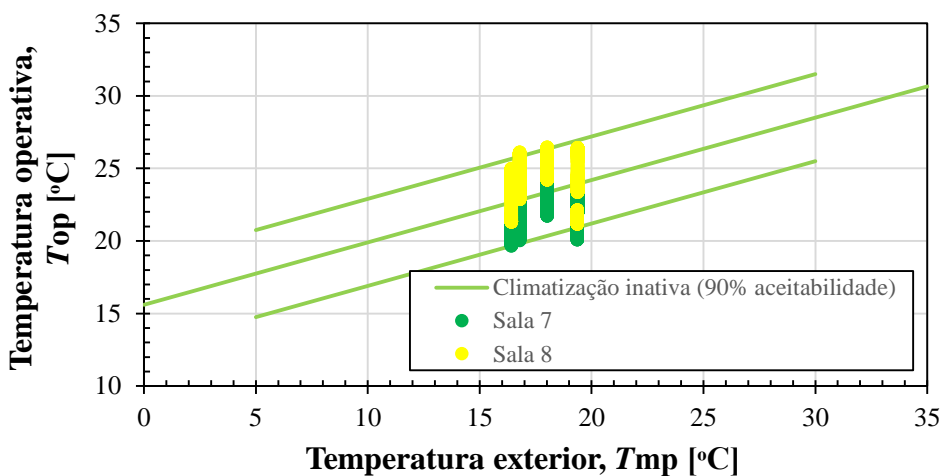


Gráfico IX-7: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – salas 7 e 8 do infantário 2 (2ª campanha experimental)

IX.3 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS  
COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 1

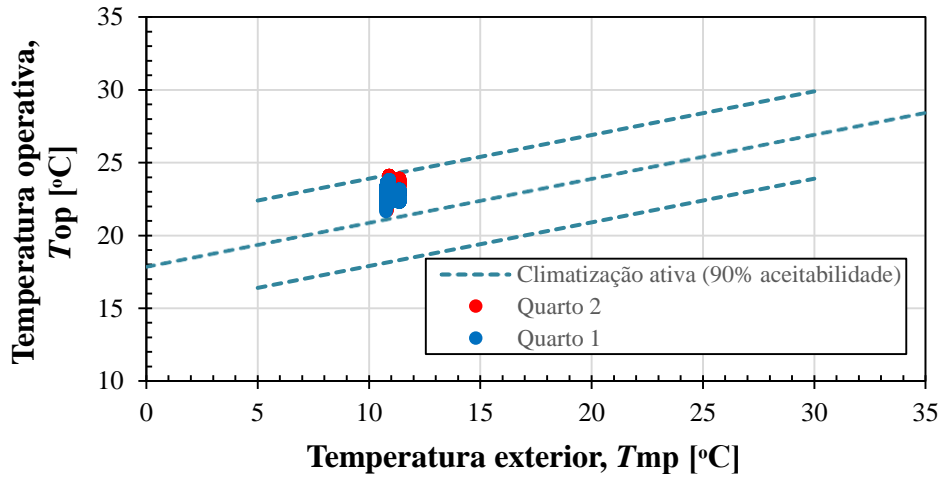


Gráfico IX-8: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 1 e 2 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental)

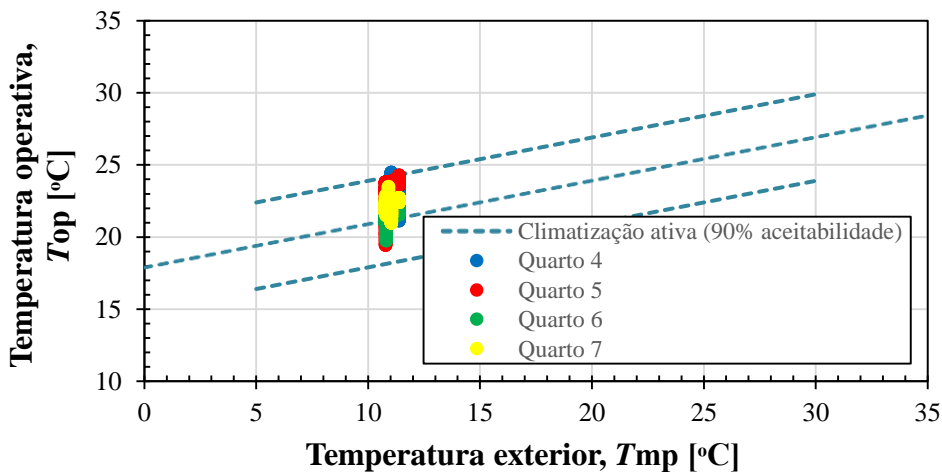


Gráfico IX-9: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 4 a 7 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental)

## IX.4 – MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO APLICADO AOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 2

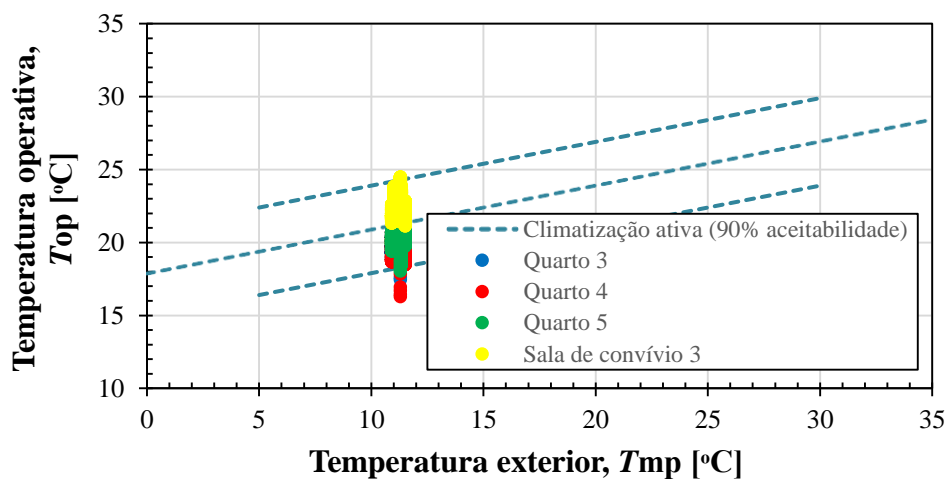


Gráfico IX-10: Avaliação do conforto térmico por aplicação do método sugerido pelo LNEC – quartos 3 a 5 e sala de convívio 3 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental)



# ANEXO X – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA NA DETERMINAÇÃO DA TAXA DE VENTILAÇÃO DE ALGUNS COMPARTIMENTOS – 2ª CAMPANHA EXPERIMENTAL

## X.1 – TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 1

### Infantário 1 - Sala 3 (2ª campanha experimental)

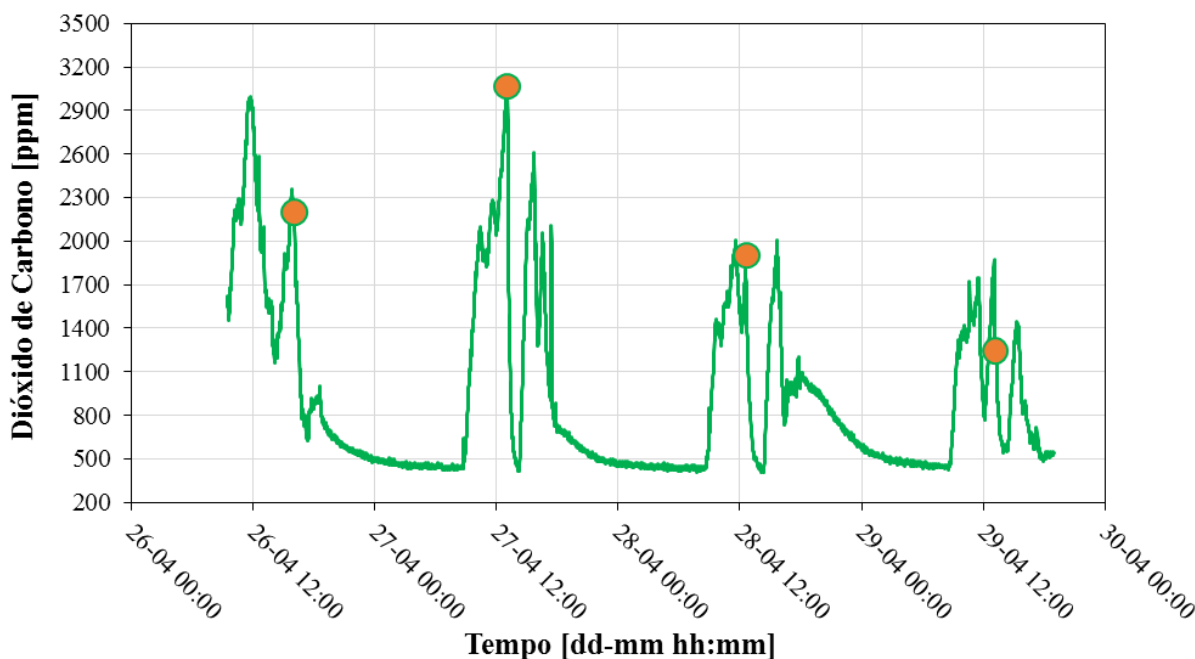


Gráfico X-1: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 3 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

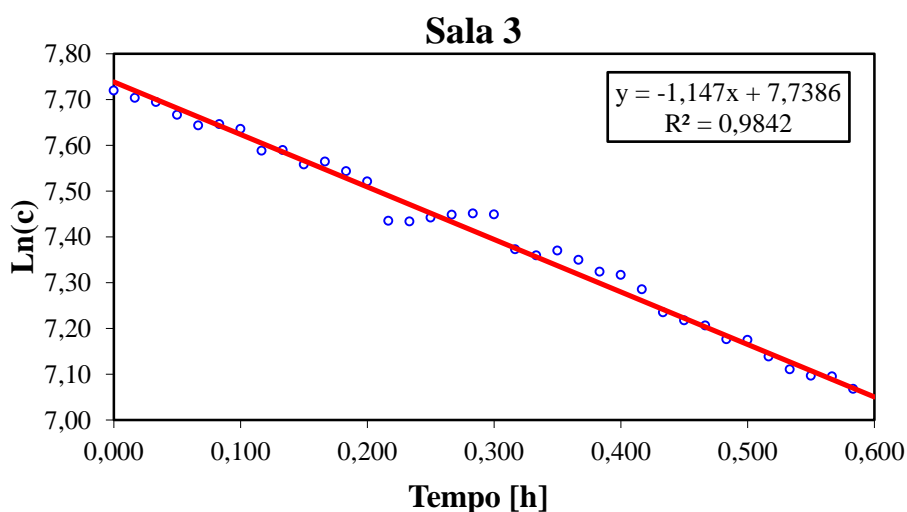
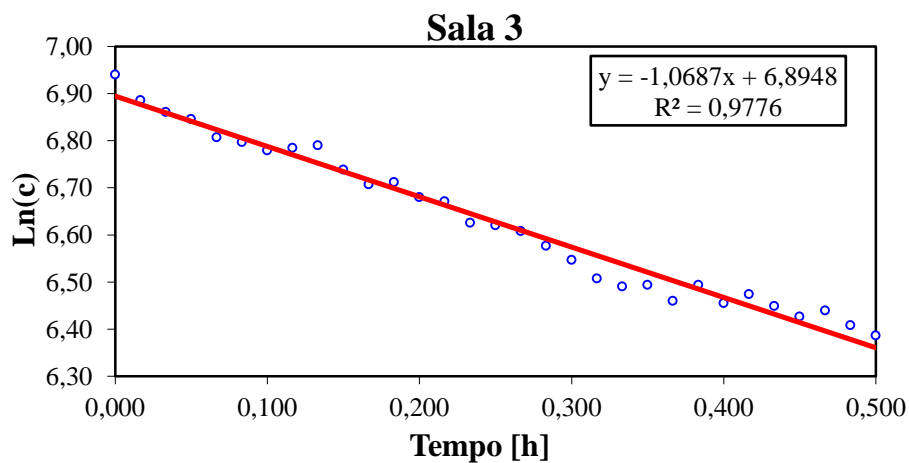
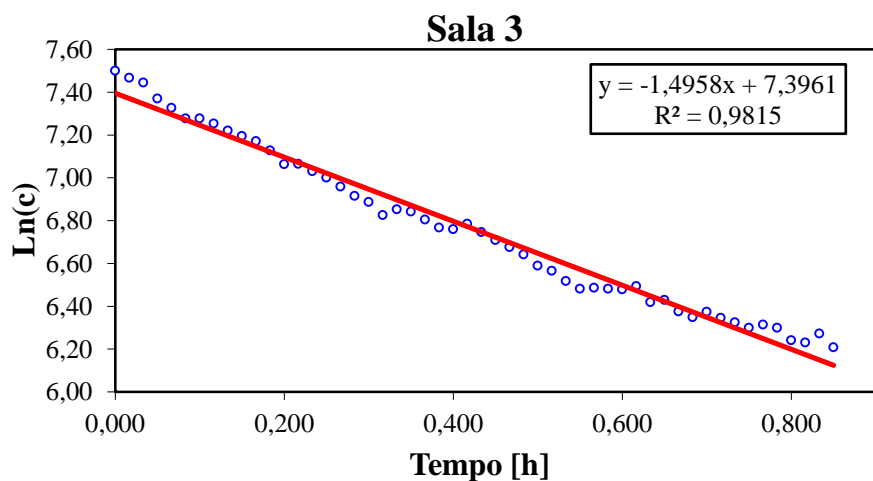
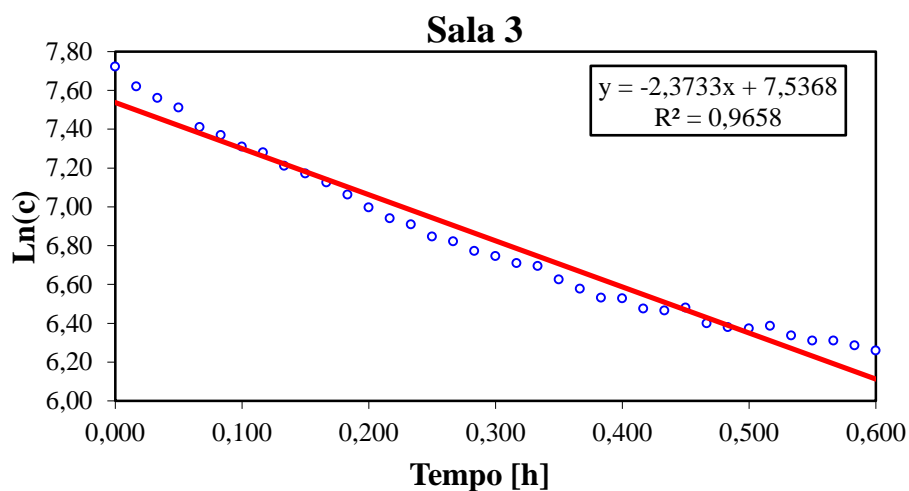


Gráfico X-2: Técnica do decaimento aplicada à sala 3 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1



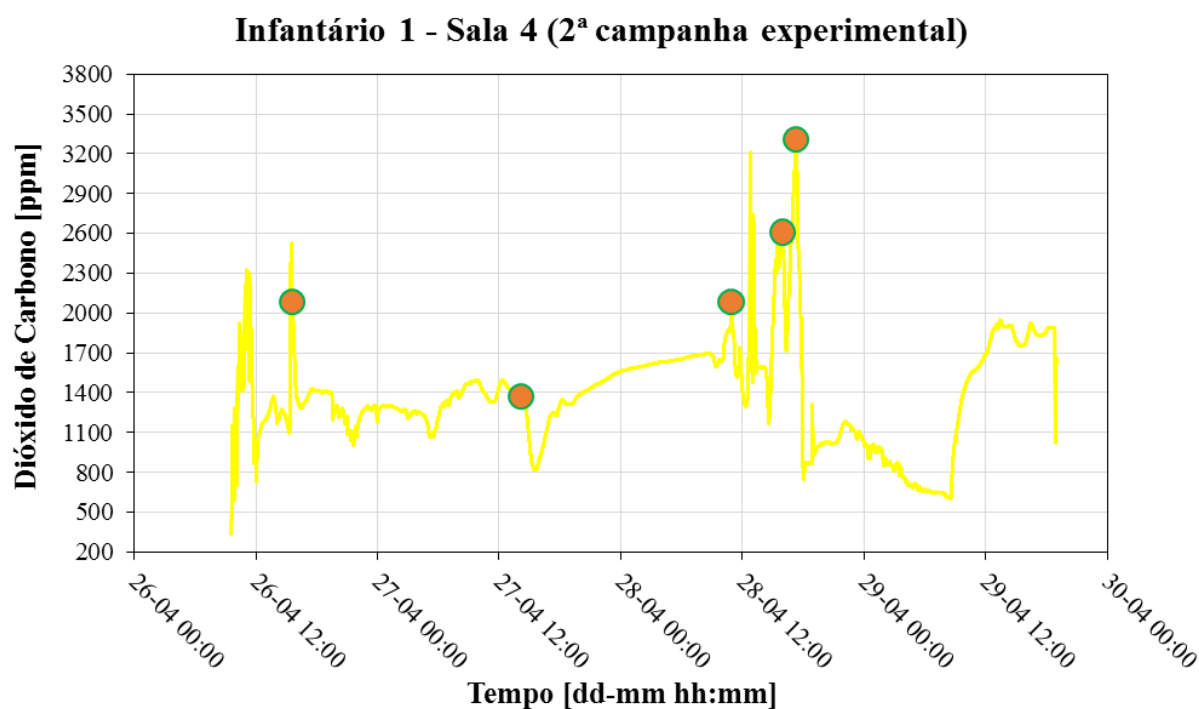


Gráfico X-6: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 4 do infantário 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

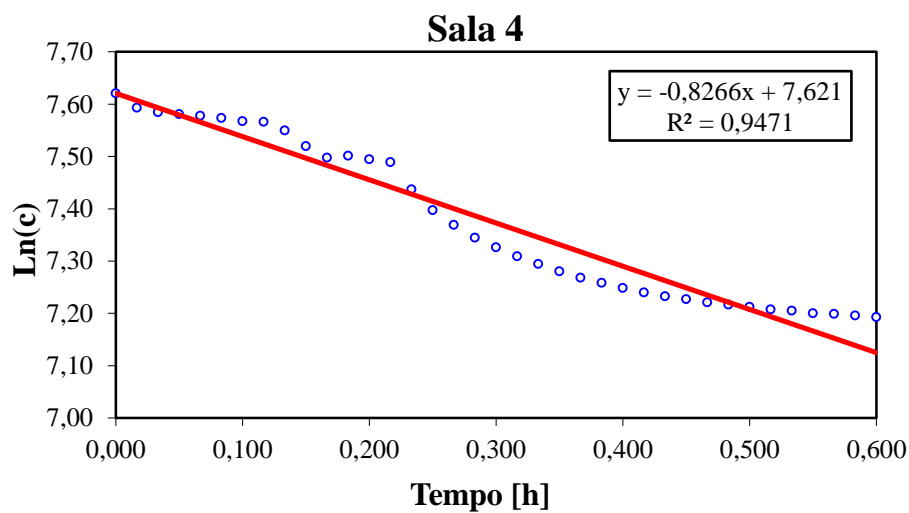


Gráfico X-7: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1

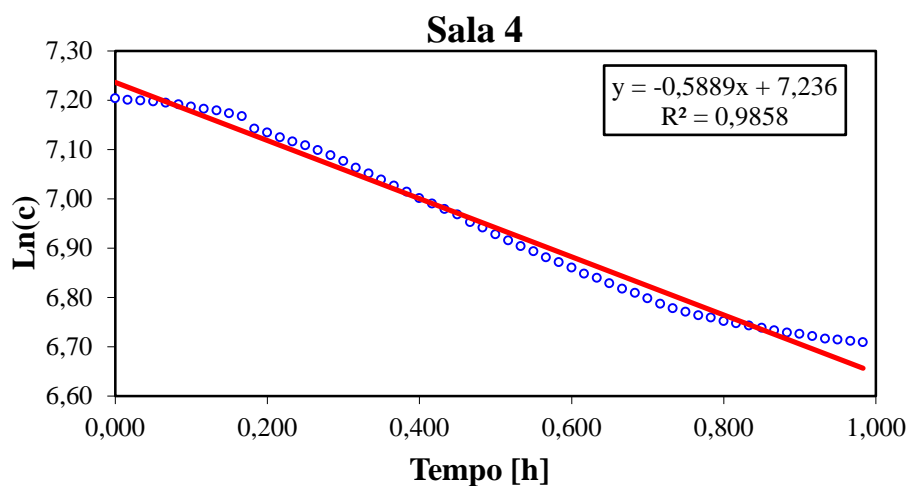


Gráfico X-8: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 2

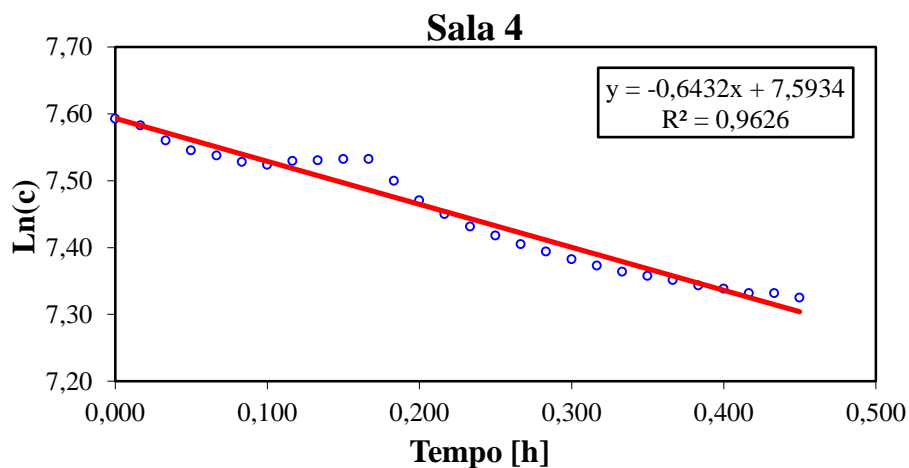


Gráfico X-9: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 3

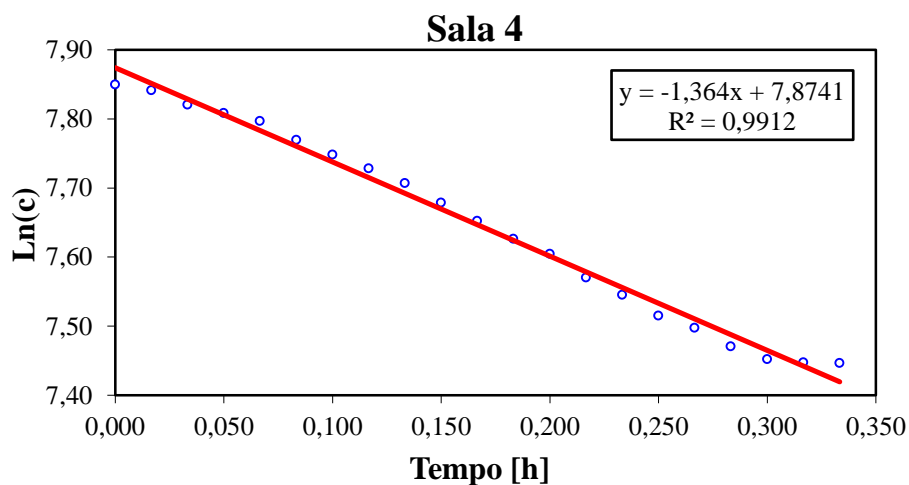


Gráfico X-10: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 4

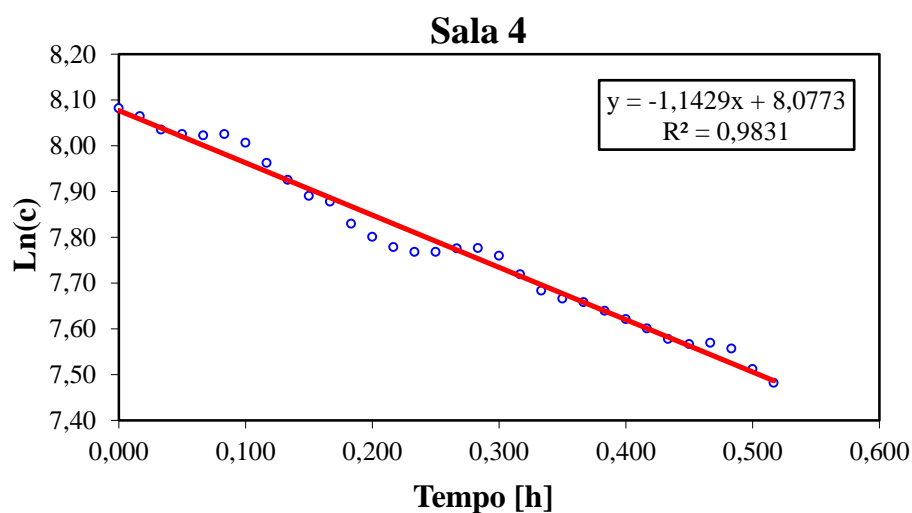


Gráfico X-11: Técnica do decaimento aplicada à sala 4 do infantário 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 5

## X.2 - TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO INFANTÁRIO 2

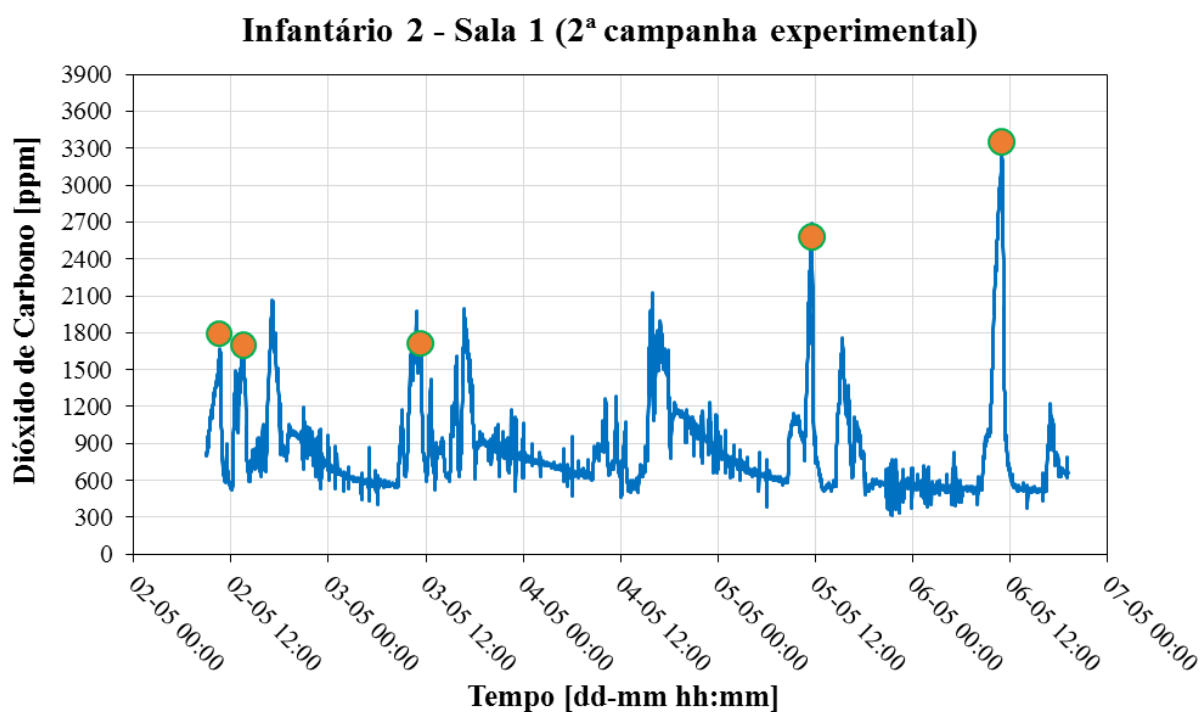


Gráfico X-12: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 1 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

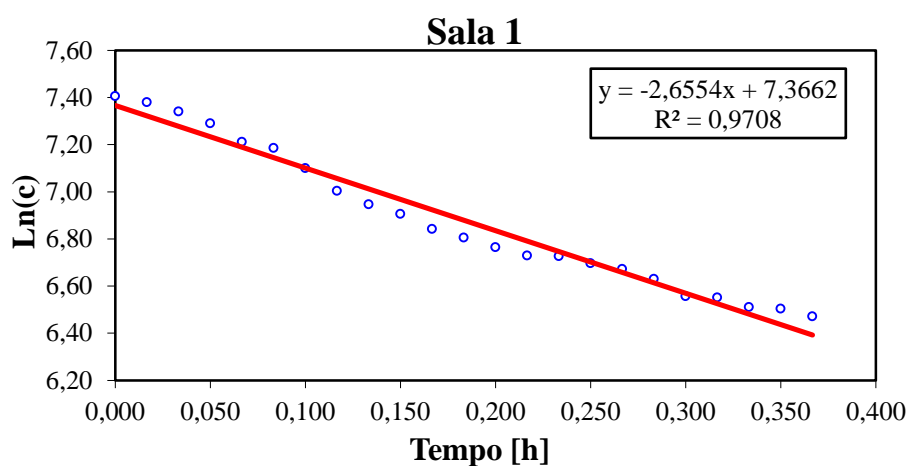


Gráfico X-13: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1

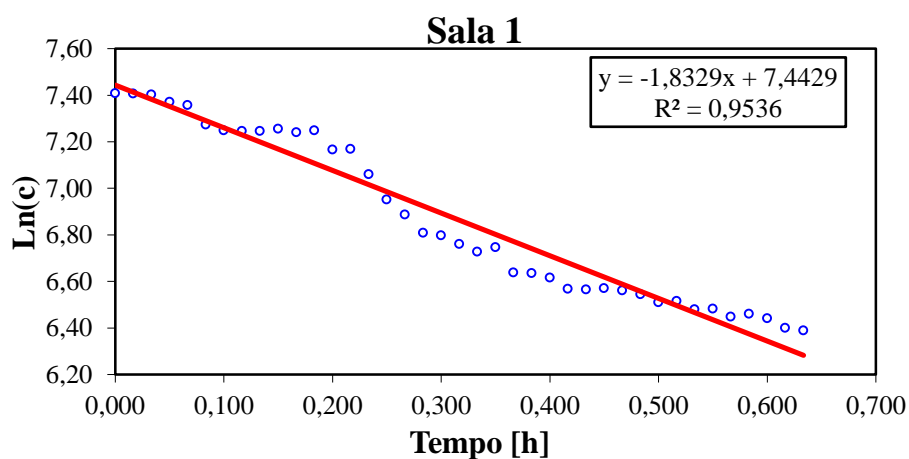


Gráfico X-14: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 2

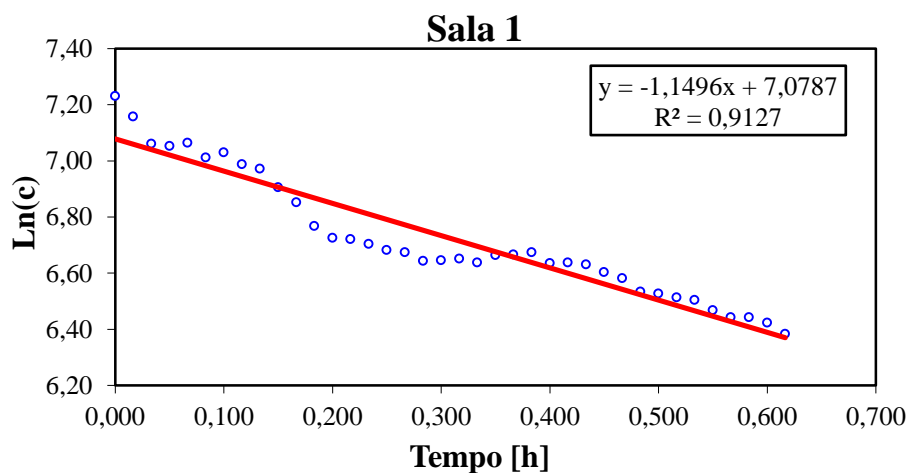


Gráfico X-15: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 3

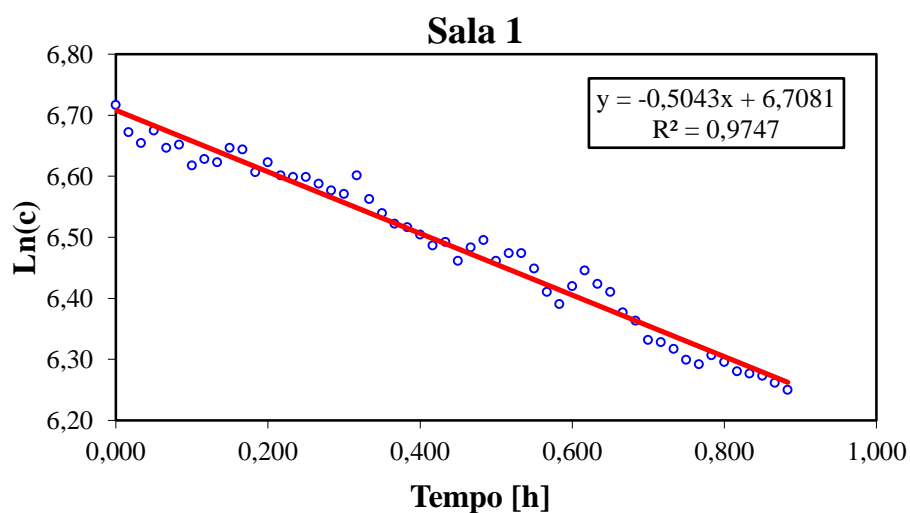


Gráfico X-16: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 4

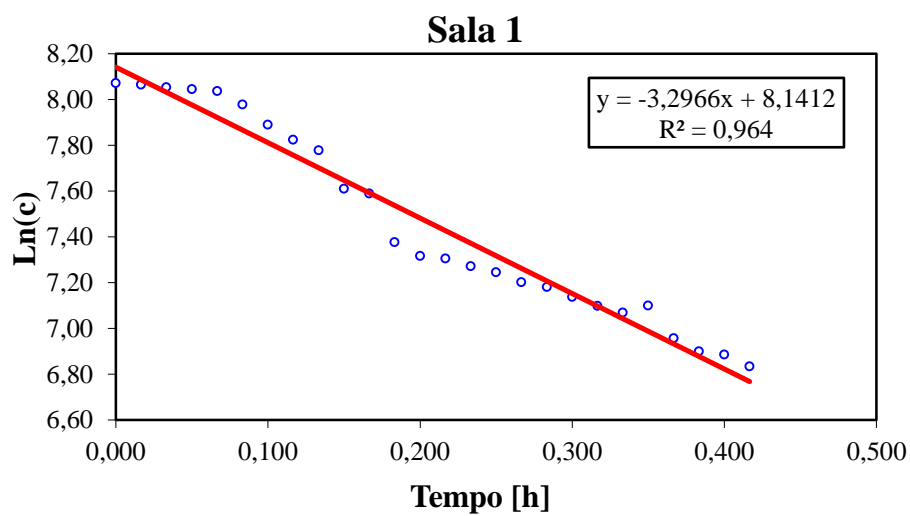


Gráfico X-17: Técnica do decaimento aplicada à sala 1 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 5

**Infantário 2 - Sala 2 (2ª campanha experimental)**

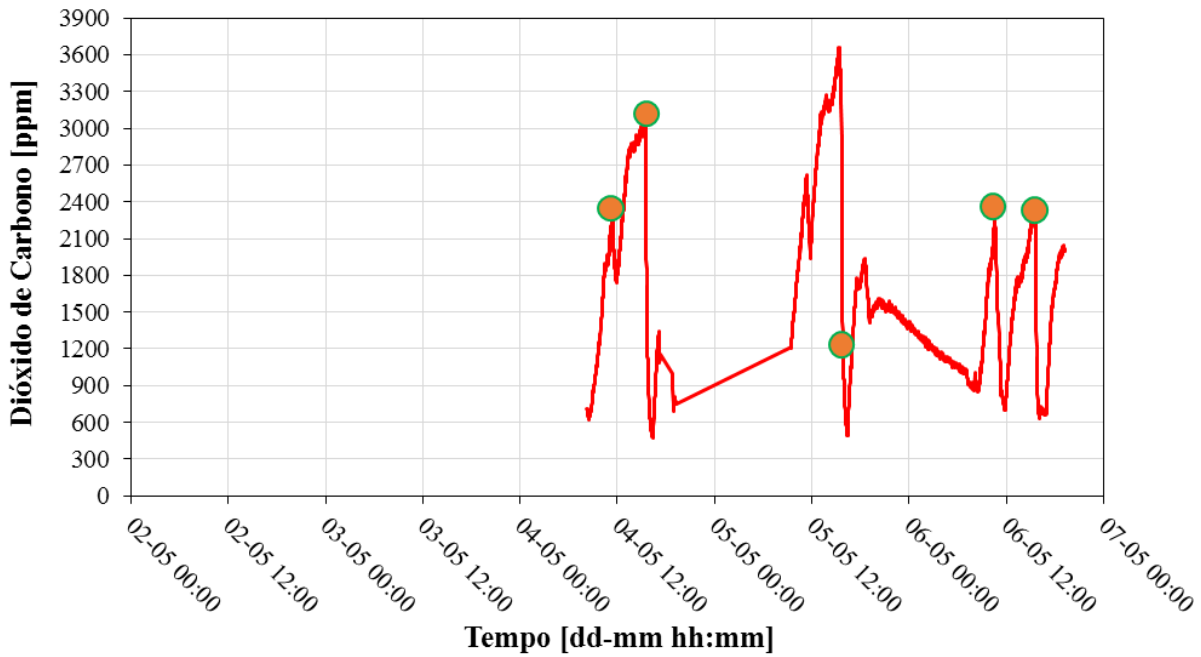


Gráfico X-18: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala 2 do infantário 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

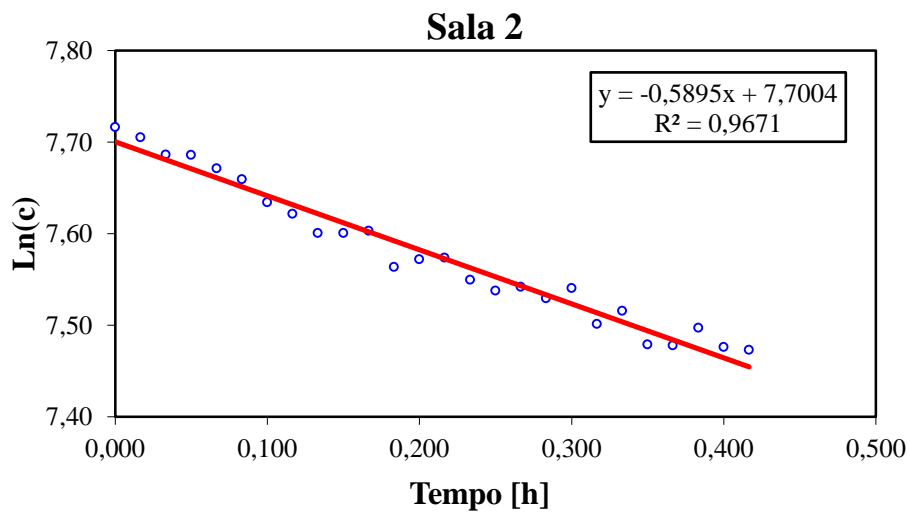
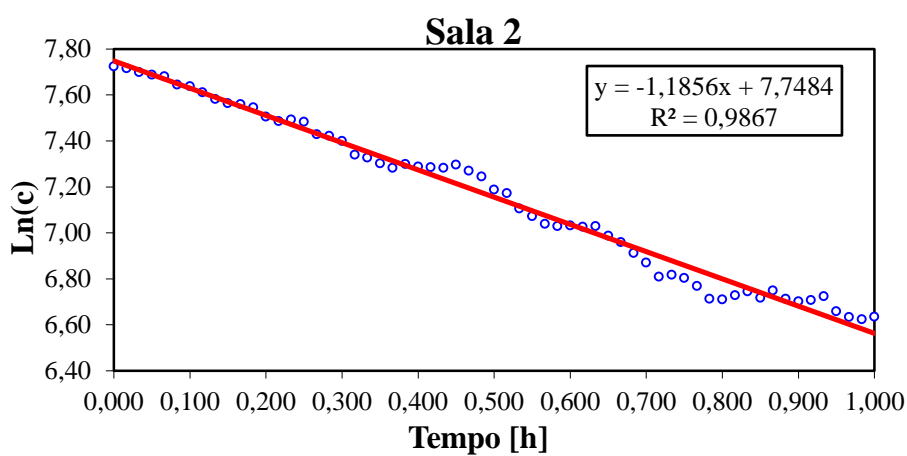
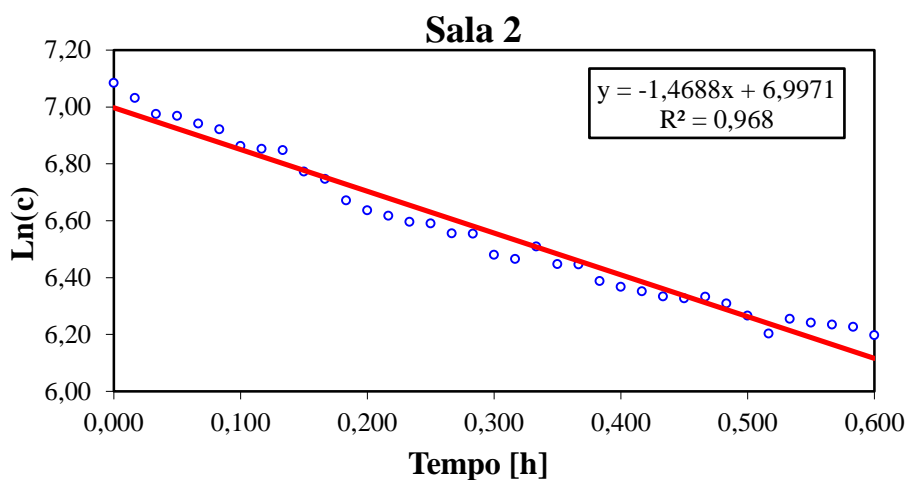
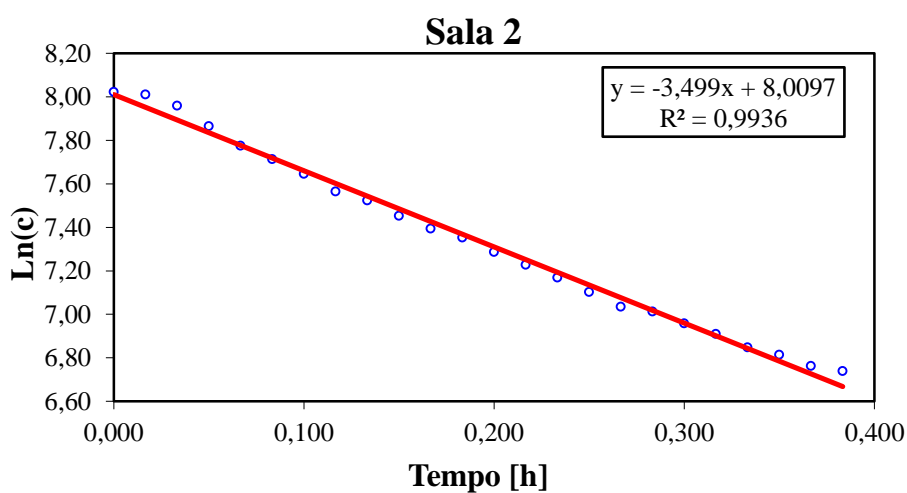


Gráfico X-19: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1



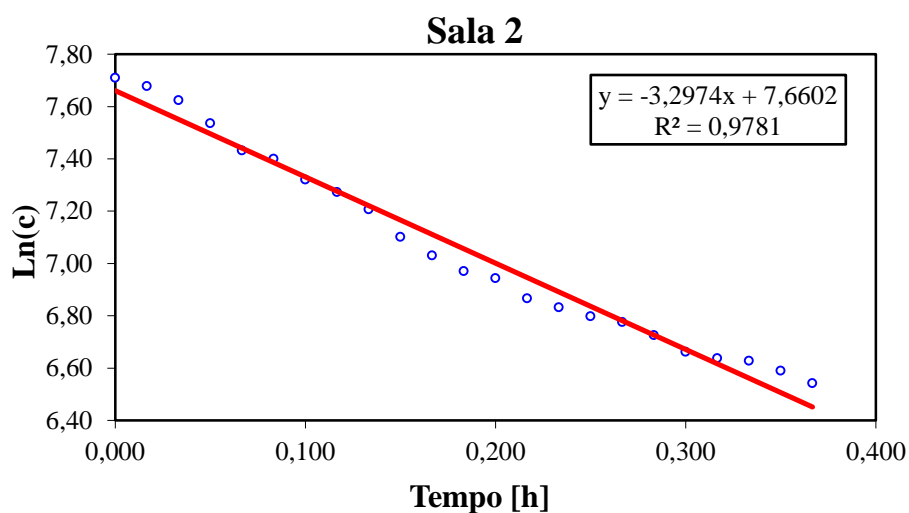


Gráfico X-23: Técnica do decaimento aplicada à sala 2 do infantário 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 5

### X.3 - TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 1

#### Lar de Idosos 1 - Quarto 3 (2ª campanha experimental)

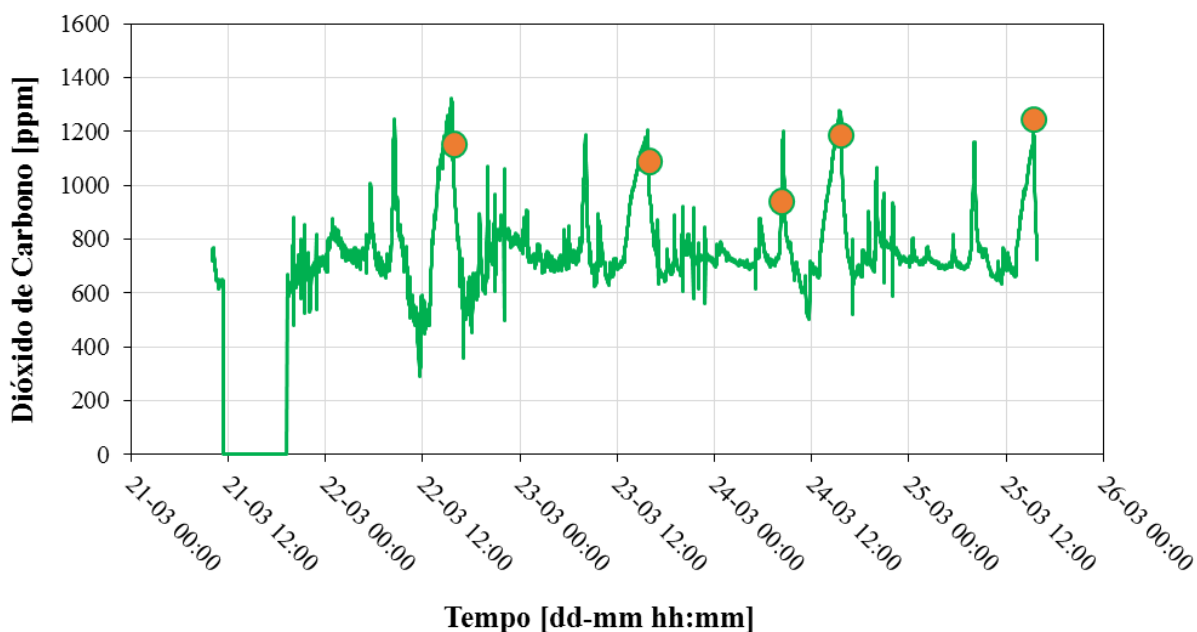


Gráfico X-24: Evolução de CO<sub>2</sub> registado no quarto 3 do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

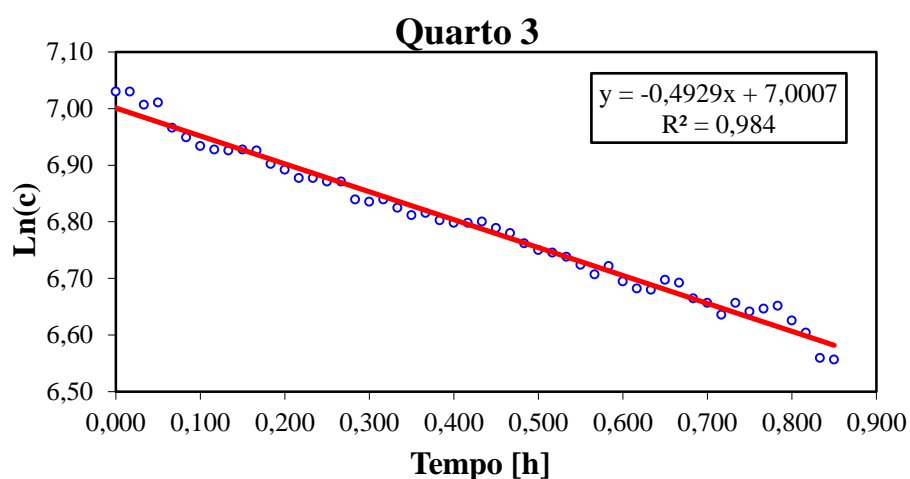


Gráfico X-25: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1

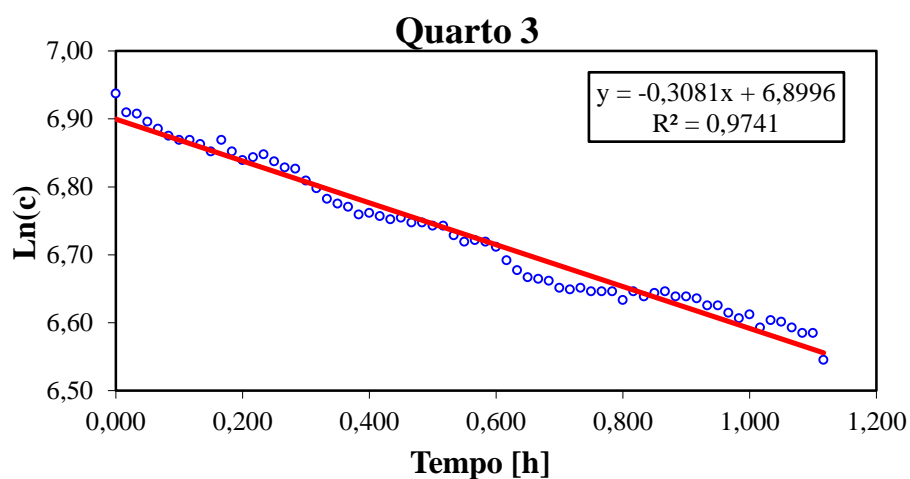


Gráfico X-26: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 2

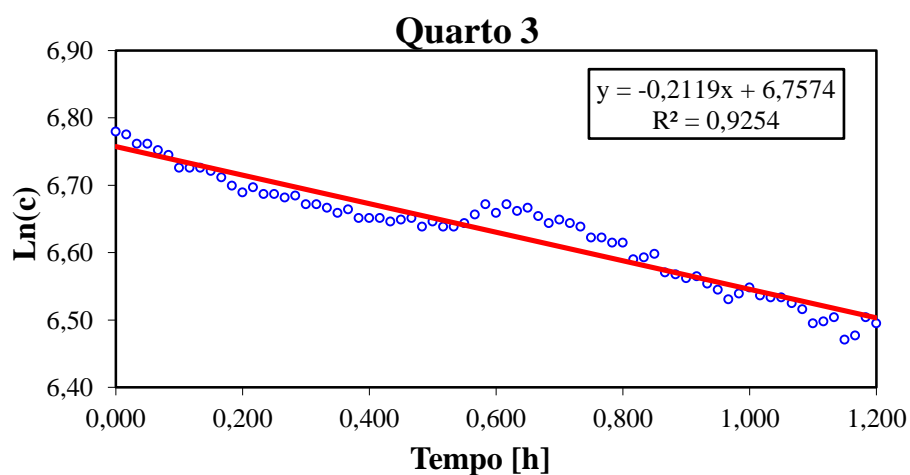


Gráfico X-27: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 3

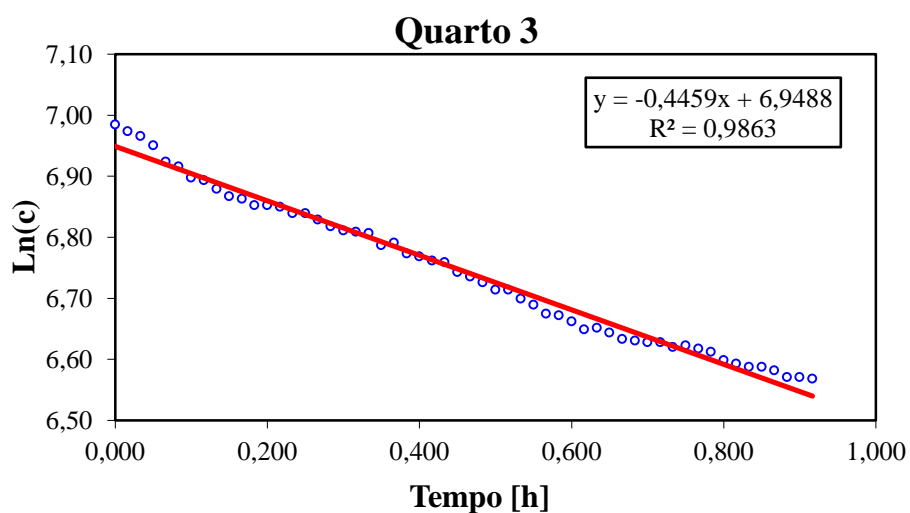


Gráfico X-28: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 4

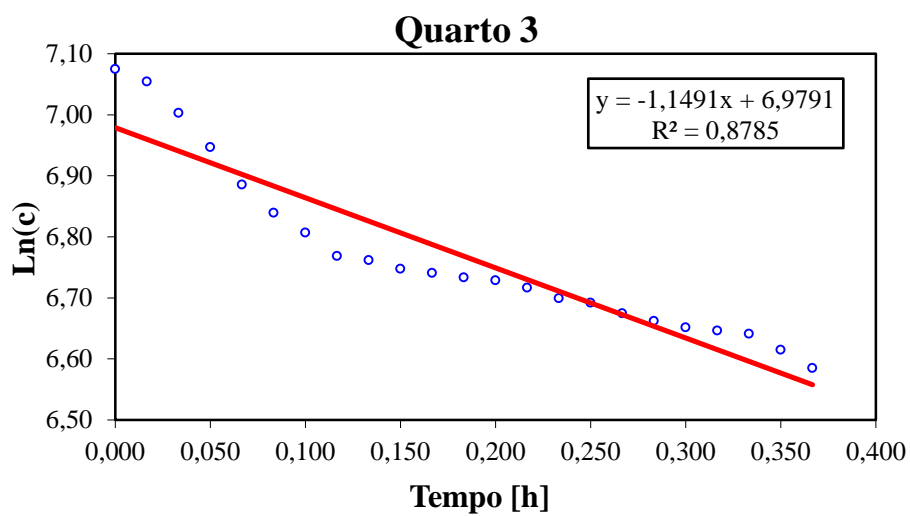


Gráfico X-29: Técnica do decaimento aplicada ao quarto 3 do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 5

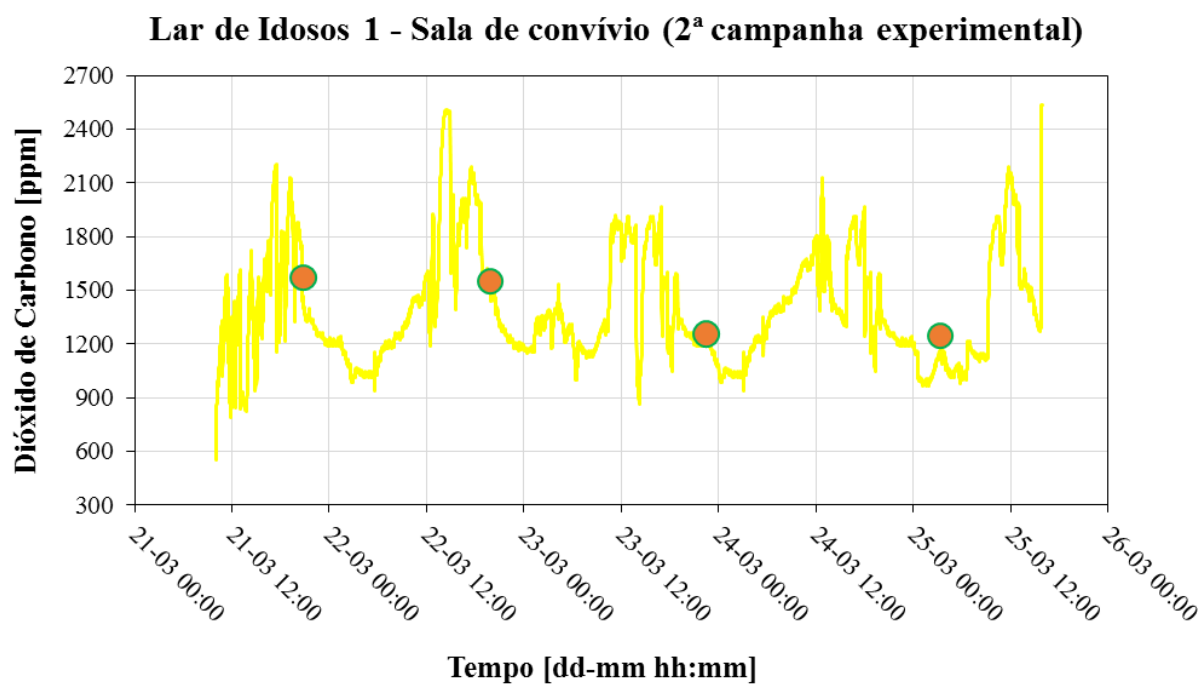


Gráfico X-30: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala de convívio do lar de idosos 1, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

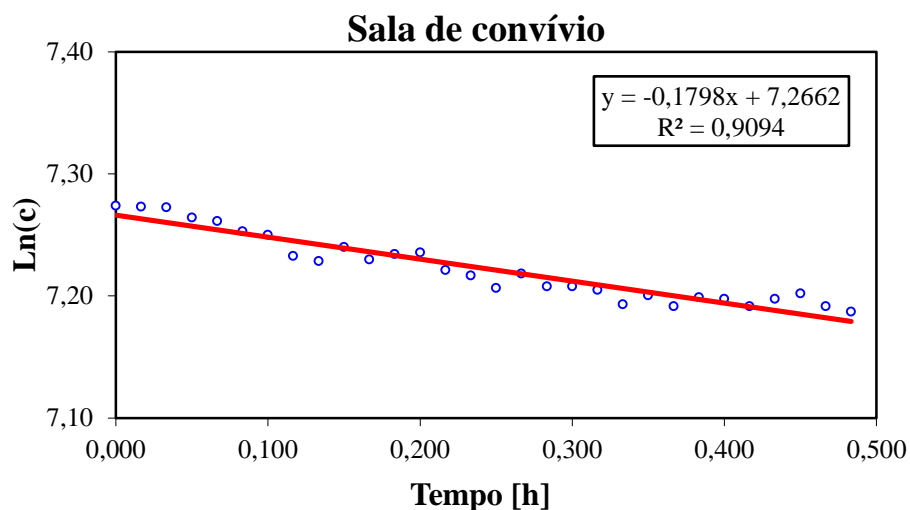


Gráfico X-31: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 1

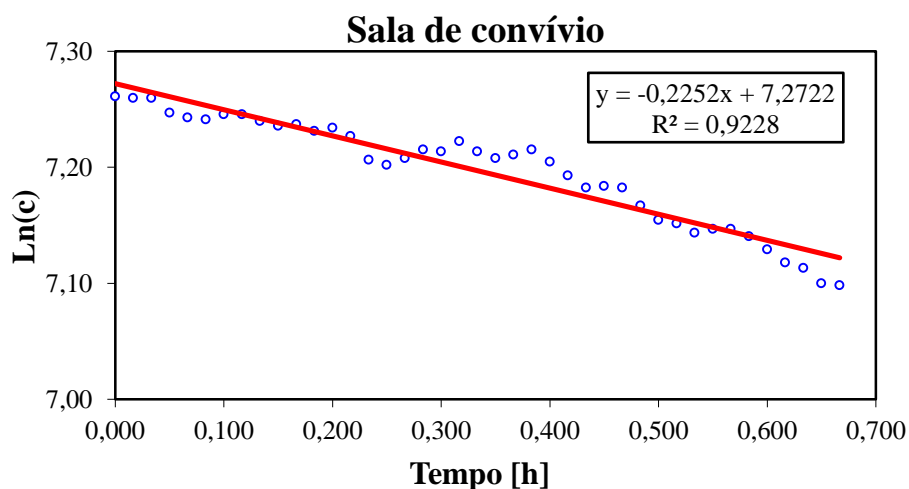


Gráfico X-32: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 2

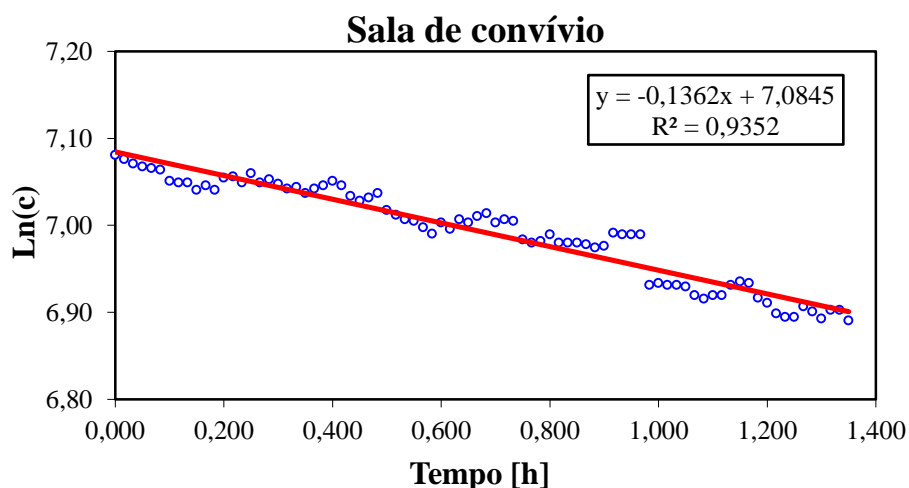


Gráfico X-33: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 3

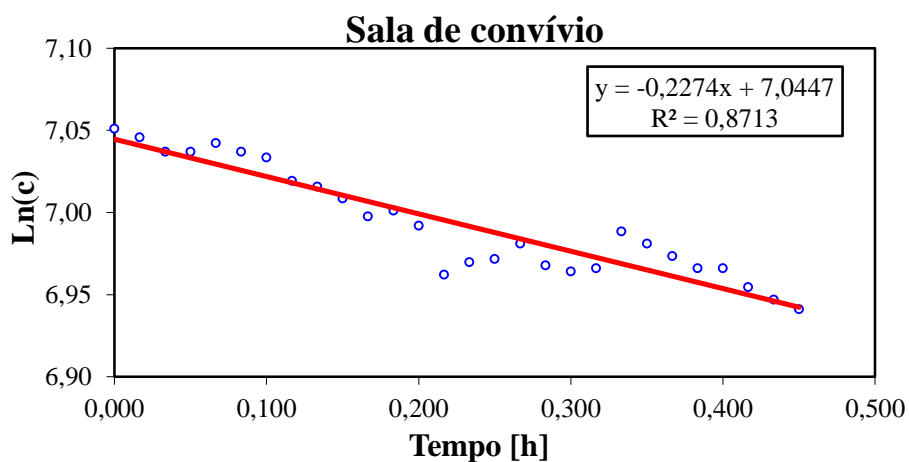


Gráfico X-34: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio do lar de idosos 1 (2ª campanha experimental) – gráfico 4

#### X.4 - TÉCNICA DO DECAIMENTO APLICADA AOS COMPARTIMENTOS DO LAR DE IDOSOS 2

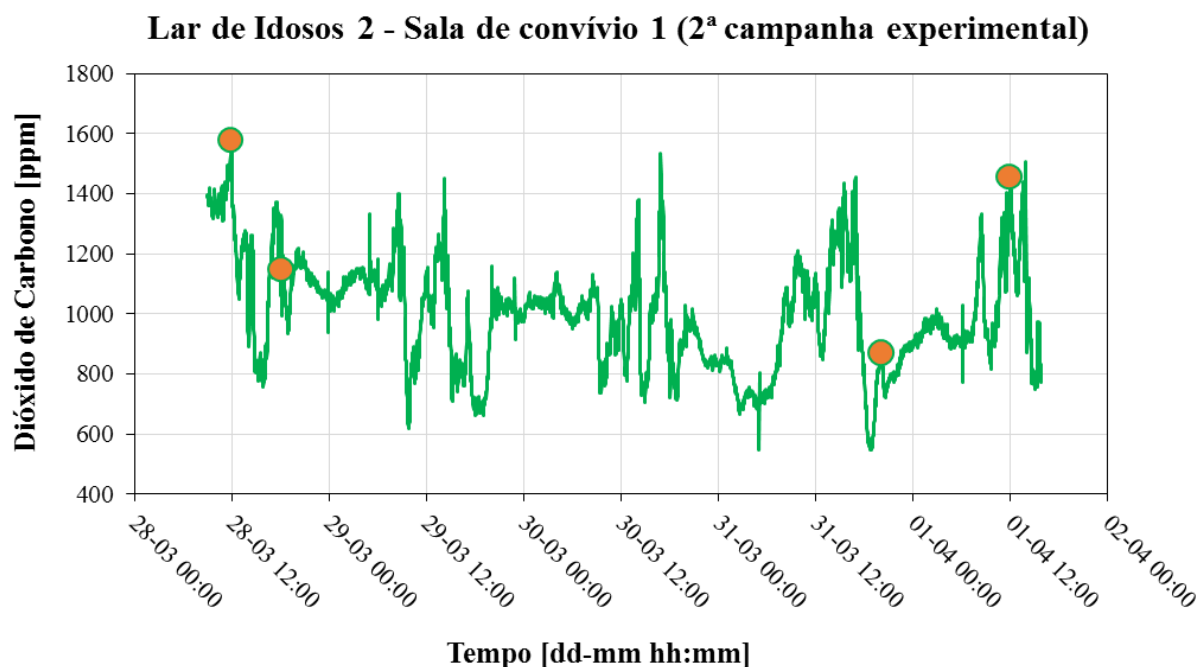


Gráfico X-35: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala de convívio 1 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

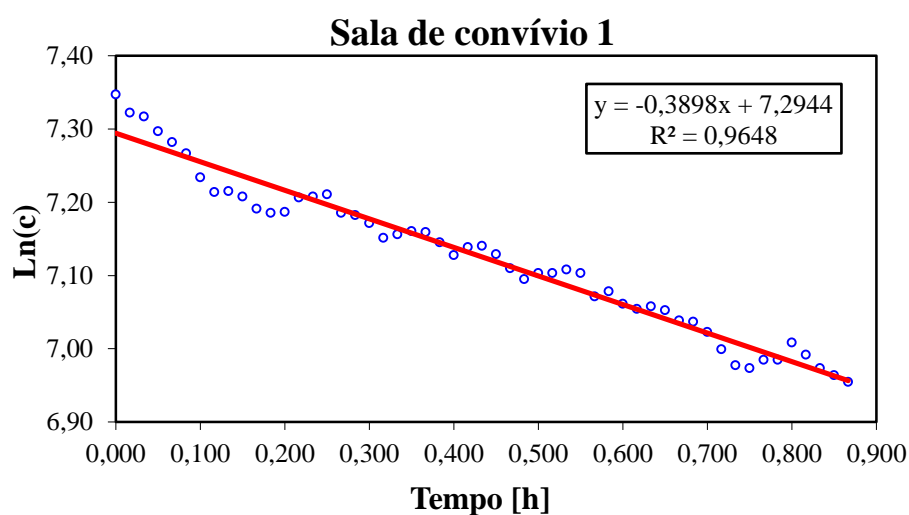


Gráfico X-36: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1

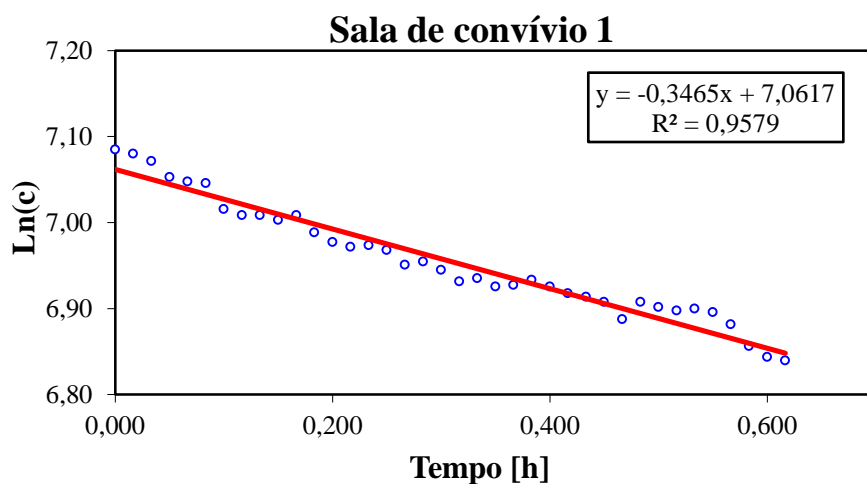


Gráfico X-37: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 2

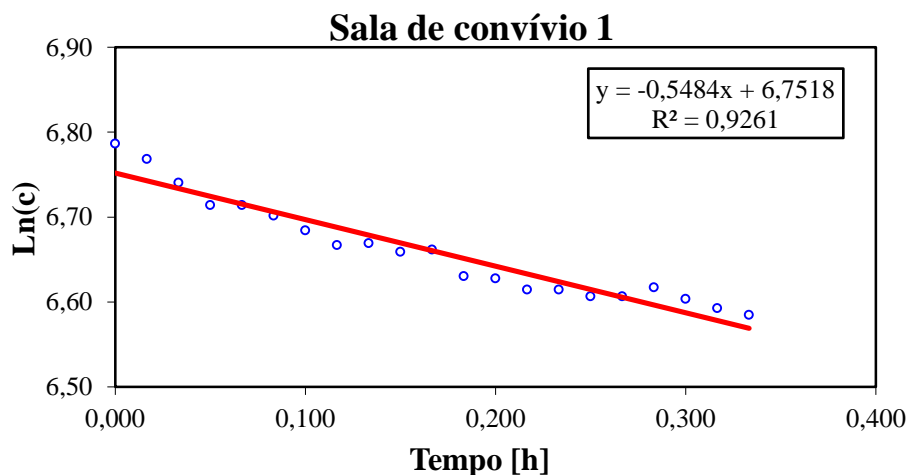


Gráfico X-38: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 3

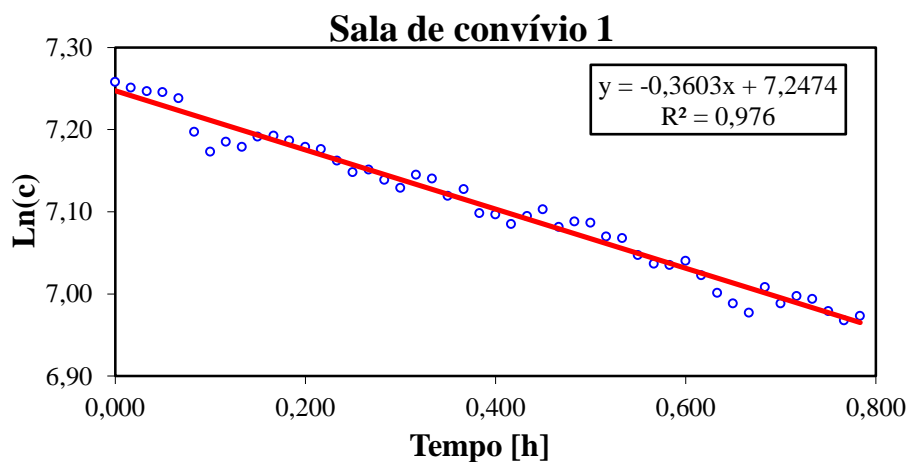


Gráfico X-39: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 1 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 4



Gráfico X-40: Evolução de CO<sub>2</sub> registado na sala de convívio 2 do lar de idosos 2, com os pontos iniciais do decaimento devidamente identificados – 2ª campanha experimental

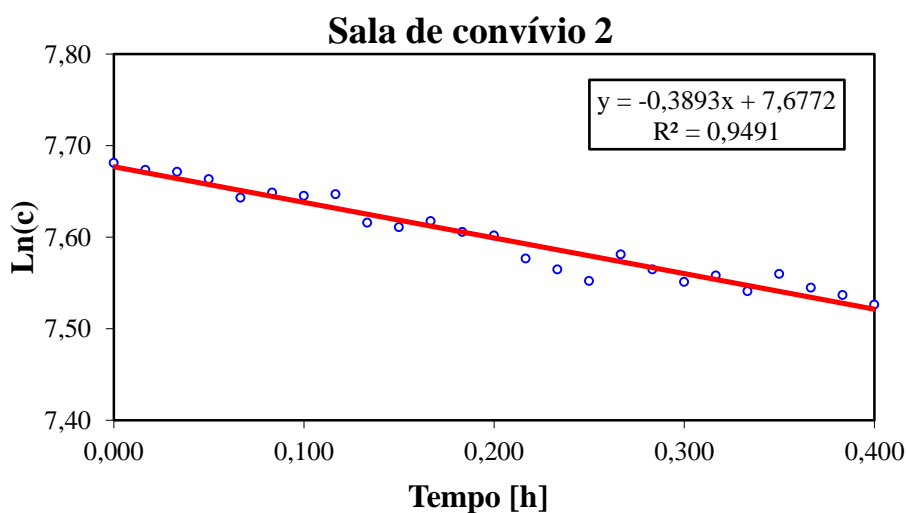


Gráfico X-41: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 1

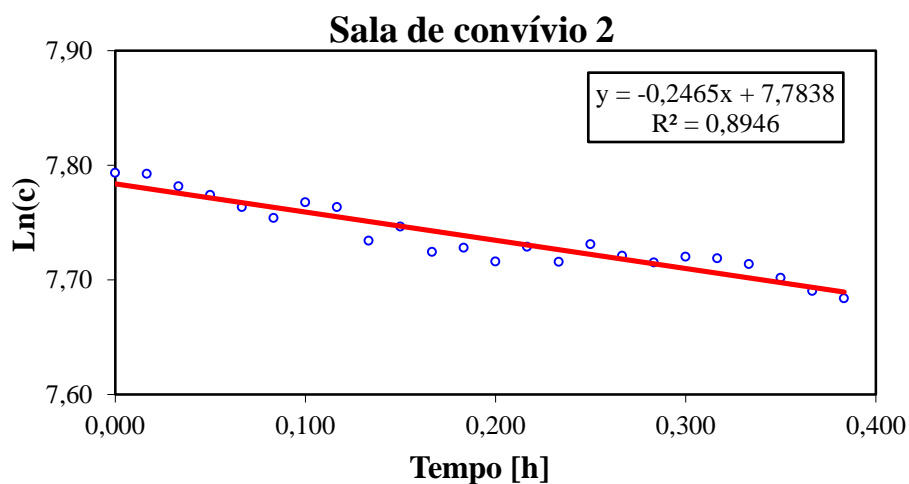


Gráfico X-42: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 2

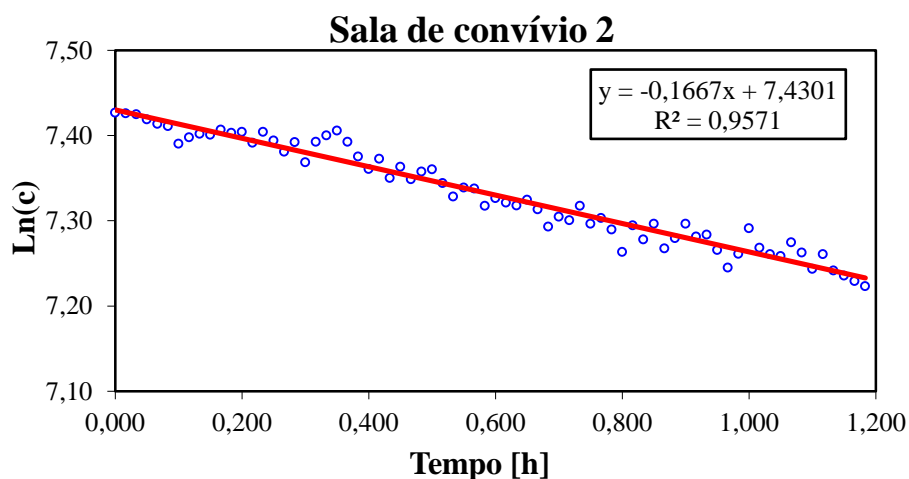


Gráfico X-43: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 3

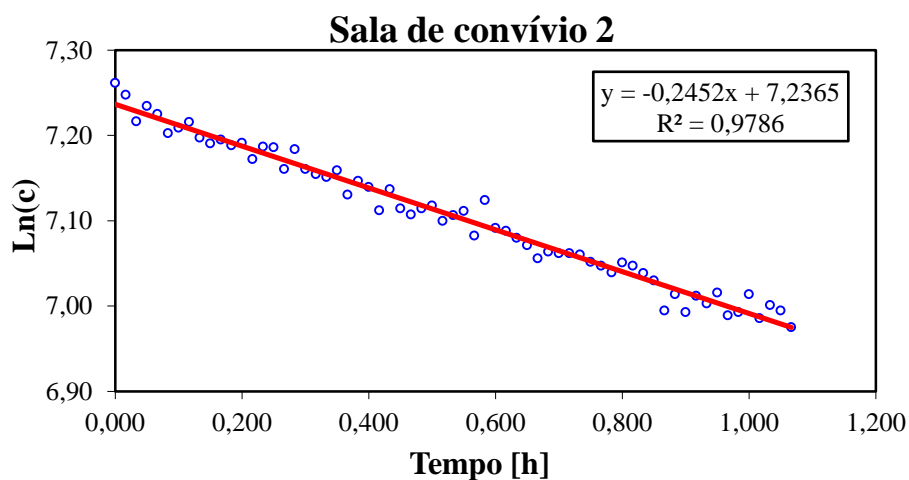


Gráfico X-44: Técnica do decaimento aplicada à sala de convívio 2 do lar de idosos 2 (2ª campanha experimental) – gráfico 4



