



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Edifícios Escolares
Avaliação das condições de conservação, conforto e
qualidade do ambiente interior
(Versão final após defesa)

Diogo Arraiano Xavier

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha
Coorientador: Prof. Doutor Manuel António Pinto da Silva Amaral

Covilhã, julho de 2016

Esta versão contém as alterações solicitadas pelo júri no dia da prova pública ocorrida a 05/07/16

Dedicatória

Dedico esta dissertação à minha família, em especial ao meu pai, à minha mãe e ao meu irmão que me apoiaram desde sempre até ao momento de entrega desta dissertação, fazendo com que este objetivo fosse alcançado. Em especial agradecimento também à minha namorada que sempre esteve presente nos bons e maus momentos durante a elaboração desta dissertação.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor João Carlos Lanzinha que me orientou ao longo deste trabalho e esteve sempre disponível, quer para discutir os assuntos mais questionáveis, quer para partilhar os seus conhecimentos.

Deixo também uma palavra de agradecimento a todos os docentes e/ou investigadores, funcionários e alunos do Departamento de Engenharia Civil na UBI que colaboraram neste trabalho. Em particular, agradeço ao Técnico Albino Alves pela sua disponibilidade para me ajudar na execução das medições que permitiram que esta tese fosse feita.

Não posso deixar de também agradecer a direção do Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã na pessoa do seu diretor Dr. Jorge Antunes pela abertura e disponibilidade para podermos realizar este estudo em escolas deste Agrupamento.

Por fim, e não menos importante, agradeço à minha família pela compreensão, pela paciência e por estarem sempre disponíveis para me ouvirem.

Aos meus amigos de curso que percorreram este mesmo esforço comigo e a todos os meus amigos que me apoiaram incondicionalmente nos momentos mais difíceis.

Resumo

Esta Dissertação têm como principal objetivo descrever e analisar as condições a que os alunos de algumas escolas do 1º ciclo da cidade da Covilhã estão sujeitos no seu dia-a-dia, no interior das infraestruturas que são utilizadas como meio para a sua aprendizagem.

Ao fazermos uma análise de quinze salas de aula de quatro edifícios escolares pertencentes ao Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã nomeadamente ao efetuar a avaliação das condições de conservação, conforto e qualidade do ambiente interior, pretendemos para além da caracterização dos espaços e do enquadramento teórico, identificar em pormenor as concentrações de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), formaldeído (CH₂O), compostos orgânicos voláteis (cov's) e radão existentes nas salas de aula, como também a recolha, em períodos de duas semanas na estação de aquecimento, dos dados relativos às condições de conforto interior, nomeadamente da temperatura ambiente e humidade relativa.

Neste trabalho também foram objetos de estudo e análise as condições de iluminação das salas de aula, bem como se realizou um estudo de termografia que nos permite identificar os pontos singulares da envolvente de cada sala, demonstrando-se como um dos fatores que será determinante para a identificação de possíveis soluções de reabilitação.

Foram também desenvolvidas leituras acústicas do tempo de reverberação nas salas em estudo procurando-se avaliar as condições a que os ocupantes das salas estão sujeitos relativamente ao conforto acústico.

De seguida comparámos os dados recolhidos nos diversos ensaios com os valores estipulados na normas portuguesas e regulamentação nomeadamente a Portaria nº 353 - A/ 2013 que estipula os valores máximos para concentrações (CO₂, formaldeído, cov's, entre outros) permitindo-nos ter uma perceção das condições fornecidas por cada sala de aula, sendo assim mais fácil identificar os pontos a intervir e as soluções a adotar para minimizar os efeitos negativos na qualidade do ar interior e no conforto Interior insuficiente identificado em várias salas.

Por fim identificamos o caso mais gravoso dos casos em estudo sugerindo neste caso algumas possibilidades de reabilitação.

Palavras-chave

Qualidade do Ar Interior, Conforto Interior, Conservação, Edifícios Escolares.

Abstract

This dissertation has as main objective to describe and analyze the conditions that students, in some primary schools in the city of Covilhã, are daily subject inside the buildings used for their learnings.

Analyzing fifteen classrooms in four school buildings belonging to “Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã”, including the evaluation of the storage, comfort and indoor environmental quality conditions we want, in addition to the characterization of the spaces and the theoretical framework, identify, in detail, the amounts of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), formaldehyde (CH₂O), volatile organic compounds (VOCs) and radon in classrooms, as well as the collection, in periods of two weeks in heating season of data relating to conditions of inner comfort, in particular of ambient temperature and relative humidity.

In this work, the lighting conditions of the classrooms were also object of study and analysis, as well as a thermography study which allows us to identify the specific spots of the envelope of every room, proving itself as one of the factors that will be crucial to the identification of possible solutions.

Acoustic reverberation time readings in the rooms studied were also measured for evaluating the acoustic comfort conditions that the occupants of the rooms are subject.

Then we compared the data collected in the different tests with the values stipulated in Portuguese laws and regulations, inter alia, “Portaria nº 353-A/2013” which stipulates the maximum values for concentrations (CO₂, formaldehyde, VOCs), among others) allowing us to have a lack of conditions provided by each classroom, making it easier to identify the points to intervene and to adopt solutions to minimize the negative effects on indoor air quality and insufficient comfort identified in several rooms.

Finally have identified the most serious of the studied cases, suggesting some possibilities for rehabilitation.

Keywords

Indoor air quality, Comfort, conservation, school buildings.

Índice

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Introdução | 1 |
| 1.1 | Relevância e Importância Social | 3 |
| 1.2 | Objetivos | 10 |
| 1.3 | Organização da Dissertação..... | 11 |
| 2. | Enquadramento Teórico..... | 13 |
| 2.1 | Qualidade do Ar Interior em Edifícios Escolares | 15 |
| 2.2 | Conforto Interior em Edifícios Escolares | 18 |
| 2.3 | Termografia | 26 |
| 3. | Procedimento adotado para as medições | 29 |
| 3.1 | Formaldeído | 31 |
| 3.2 | Dióxido de Carbono (CO ₂)..... | 33 |
| 3.3 | Monóxido de Carbono (CO)..... | 35 |
| 3.4 | COV's | 37 |
| 3.5 | Radão (Rn) | 39 |
| 3.6 | Humidade Relativa | 41 |
| 3.7 | Temperatura Interior | 43 |
| 3.8 | Iluminação | 45 |
| 3.9 | Termografia | 47 |
| 3.10 | Tempo de Reverberação | 49 |
| 4. | Casos de Estudo | 53 |
| 4.1 | Descrição Geral do Agrupamento de Escolas da Pêro da Covilhã | 55 |
| 4.2 | Escola Pêro da Covilhã..... | 57 |
| 4.2.1 | Sala de Aula A1 | 60 |
| 4.2.2 | Sala de Aula A5 | 63 |
| 4.2.3 | Sala de Aula A6 | 66 |
| 4.2.4 | Sala de Aula A8 | 69 |
| 4.2.5 | Sala de Aula A26 | 71 |
| 4.2.6 | Sala de Aula A25 | 74 |
| 4.3 | Escola de Santo António | 76 |
| 4.3.1 | Sala de Aula SA2 | 78 |
| 4.3.2 | Sala de Aula SA4 | 81 |
| 4.4 | Escola do Rodrigo..... | 83 |
| 4.4.1 | Sala de Aula R1A..... | 85 |
| 4.4.2 | Sala de Aula R2B..... | 87 |
| 4.4.3 | Sala de Aula 5 | 89 |
| 4.5 | Escola do Refúgio..... | 91 |
| 4.5.1 | Sala de aula RE1 | 93 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.5.2 | Sala de aula RE2 | 96 |
| 4.5.3 | Sala de aula RE3 | 98 |
| 5. | Medições registadas e análise de resultados | 101 |
| 5.1 | Formaldeído | 103 |
| 5.2 | Dióxido de Carbono (CO ₂)..... | 118 |
| 5.3 | Monóxido de Carbono (CO)..... | 132 |
| 5.4 | Compostos Orgânicos Voláteis (cov's) | 147 |
| 5.5 | Radão | 161 |
| 5.6 | Humidade Relativa e Temperatura Interior | 162 |
| 5.7 | Iluminação | 171 |
| 5.8 | Tempo de Reverberação | 173 |
| 5.9 | Termografia | 187 |
| 5.10 | Resumo das Medições | 188 |
| 6. | Conclusões..... | 195 |
| 6.1 | Considerações Finais | 197 |
| 6.2 | Possíveis alterações para melhoria de condições..... | 199 |
| 6.3 | Sugestão para trabalhos futuros | 200 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.1.1 - Modelo de Escola do Plano dos Centenários | 4 |
| Figura 1.1.2 - Escola Penhaforte, Lamegal, Pinhel, Guarda; Edifício com 1 sala, Tipo Beira Alta | 6 |
| Figura 1.1.3 - Escola de Dornelas, Aguiar da Beira, Guarda; Edifício de 3 salas, Tipo Beira Alta | 7 |
| Figura 1.1.4 - Escola Peraboa, Covilhã - Utilização de Painéis Solares | 8 |
| Figura 1.1.5 - Escola do Rodrigo, Covilhã - Criação de um Sala multiusos contigua ao Edifício Principal | 9 |
| Figura 1.1.6 - Escola Internacional da Covilhã, Covilhã - Edificação Nova | 9 |
| Figura 2.1.1 - Esquema sobre a qualidade do ambiente interior | 15 |
| Figura 2.2.1 - Esquema Ilustrativo referente ao Conforto Interior | 18 |
| Figura 2.2.2 - Carta Bioclimática | 20 |
| Figura 2.2.3 - Vista Interior de uma sala de aula na escola do Rodrigo, Covilhã | 21 |
| Figura 2.2.4 - Influência da qualidade na Iluminação | 22 |
| Figura 2.2.5 - Vista Interior de uma sala de aula na escola do Rodrigo, Covilhã | 22 |
| Figura 2.2.6 - Documento de Referência para o nível de Iluminação | 23 |
| Figura 2.2.7 - Pátio exterior com presença de Árvores - Escola do Refúgio, Covilhã | 24 |
| Figura 2.3.1 - Imagem ilustrativa de leitura de temperatura numa fachada | 26 |
| Figura 2.3.2 - Aplicações da Termografia em Edifícios | 27 |
| Figura 2.3.3 - Caracterização da Termografia | 28 |
| Figura 3.1.1 - Níveis de concentração de Formaldeído e efeitos consequentes na saúde | 31 |
| Figura 3.1.2 - Sonda Multifunções 9565-P Velocicalc | 32 |
| Figura.3.2.1 - Exemplo de tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de CO2..... | 33 |
| Figura 3.2.2 - Sonda Multifunções 9565-P Velocicalc | 34 |
| Figura 3.3.1 - Exemplo de tabela parcial referente à tabela de valores de CO | 35 |
| Figura 3.3.2 - Equipamento Easylog EL-USB para leituras de CO..... | 36 |
| Figura 3.4.1 - Leitura de cov's no exterior do edifício | 38 |
| Figura 3.4.2 - Leitura de cov's no interior do edifício..... | 38 |
| Figura 3.5.1 - Leitura de cov's no interior do edifício..... | 40 |
| Figura 3.6.1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2 | 42 |
| Figura 3.7.1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2 | 44 |
| Figura 3.8.1 - Aparelho da Testo 540 | 46 |
| Figura 3.9.1 - Representação do programa utilizado da Testo para tratamento de dados termográficos..... | 47 |
| Figura 3.9.2 - Câmara Termográfica Testo 885..... | 48 |
| Figura 3.10.1 - Curvas de igual sensação sonora (isofónicas) / Superfície de audição | 50 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.10.2 - Modelo tipo da colocação da Torre e Microfone | 51 |
| Figura 3.10.3 -Sonómetro analisador | 51 |
| Figura 3.10.4 - Amplificador AP601 CESVA FP 121 | 51 |
| Figura 4.1.1 - Imagem de Satélite da Localização da Escola Pêro da Covilhã | 55 |
| Figura 4.1.2 - Imagem referente ao conjunto de Escolas presentes no Agrupamento de Escolas | 56 |
| Figura 4.2.1 - Imagem de Satélite da Escola Pêro da Covilhã | 57 |
| Figura 4.2.2 - Imagem identificativa da Escola Pêro da Covilhã | 57 |
| Figura 4.2.1.1 - Localização por satélite referente ao Bloco A onde de localiza a Sala A1 | 60 |
| Figura 4.2.1.2 - Interior da sala A1 | 60 |
| Figura 4.2.1.3 - Exterior da Sala A1 | 60 |
| Figura 4.2.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala A1 | 61 |
| Figura 4.2.1.5 - Imagem em planta da sala A1 | 61 |
| Figura 4.2.1.6 - Estores metálicos | 62 |
| Figura 4.2.1.7 - Janelas em alumínio exteriores | 62 |
| Figura 4.2.1.8 - Painéis de cortiça | 62 |
| Figura 4.2.1.9 - Tacos de madeira e mosaico | 62 |
| Figura 4.2.1.10 - Porta Interior em Madeira | 62 |
| Figura 4.2.1.11 - Porta exterior em alumínio | 62 |
| Figura 4.2.1.12 - Luminárias | 62 |
| Figura 4.2.2.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a sala A5 | 63 |
| Figura 4.2.2.2 - Exterior da sala A5 | 63 |
| Figura 4.2.2.3 - Interior da sala A5 | 63 |
| Figura 4.2.2.4 - Tabela de caraterísticas da sala A5 | 64 |
| Figura 4.2.2.5 - Imagem em planta da sala A5 | 64 |
| Figura 4.2.2.6 - Armários em madeira | 65 |
| Figura 4.2.3.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a Sala A6 | 66 |
| Figura 4.2.3.2 - Exterior da Sala A6 | 66 |
| Figura 4.2.3.3 -Interior da Sala A6..... | 66 |
| Figura 4.2.3.4 - Tabela de caraterísticas da sala A6 | 67 |
| Figura 4.2.3.5 - Imagem em planta da sala A6 | 68 |
| Figura 4.2.3.6 - Floreira | 68 |
| Figura 4.2.3.7 - Janela circular | 68 |
| Figura 4.2.3.8 - Porta interior incluindo envidraçado | 68 |
| Figura 4.2.4.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a sala A8 | 69 |
| Figura 4.2.4.2 - Exterior da sala A8..... | 69 |
| Figura 4.2.4.3 - Interior da sala A8 | 69 |
| Figura 4.2.4.4 - Tabela de caraterísticas da sala A8 | 70 |
| Figura 4.2.4.5 - Imagem em planta da sala A8 | 70 |
| Figura 4.2.5.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde de localiza a sala A26 ... | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.2.5.2 - Exterior da Sala A26..... | 71 |
| Figura 4.2.5.3 - Interior da Sala A26 | 71 |
| Figura 4.2.5.4 - Tabela de caraterísticas da sala A26..... | 72 |
| Figura 4.2.5.5 - Imagem em planta da sala A26..... | 72 |
| Figura 4.2.5.6 - Placas de lâ de rocha | 73 |
| Figura 4.2.5.7 - Pavimento flutuante em madeira..... | 73 |
| Figura 4.2.5.8 - Móveis em madeira..... | 73 |
| Figura 4.2.6.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde de localiza a sala A25 ... | 74 |
| Figura 4.2.6.2 - Exterior da Sala A25..... | 74 |
| Figura 4.2.6.3 - Interior da Sala A25 | 74 |
| Figura 4.2.6.4 - Tabela de caraterísticas da sala A25 | 75 |
| Figura 4.2.6.5 - Imagem em planta da sala A25..... | 75 |
| Figura 4.3.1 - Imagem de Satélite referente à localização da escola de Santo António, Covilhã | 76 |
| Figura 4.3.2 - Imagem identificativa da Escola de Santo António, Covilhã..... | 76 |
| Figura 4.3.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala SA2 na Escola de St. António | 78 |
| Figura 4.3.1.2 - Exterior da sala SA2 | 78 |
| Figura 4.3.1.3 - Interior da sala SA2..... | 78 |
| Figura 4.3.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala SA2 | 79 |
| Figura 4.3.1.5 - Imagem em planta da sala SA2..... | 79 |
| Figura 4.3.1.6 - Móvel com lavatório e pedra e mármore | 80 |
| Figura 4.3.1.7 - Porta em madeira | 80 |
| Figura 4.3.1.8 - Parquê em madeira | 80 |
| Figura 4.3.1.9 - Revestimento vinílico | 80 |
| Figura 4.3.1.10 - Janelas exteriores..... | 80 |
| Figura 4.3.1.11 - Blackout em Plástico | 80 |
| Figura 4.3.1.12 - Iluminarias..... | 80 |
| Figura 4.3.15 - Localização por satélite referente à localização da sala SA4 na Escola de St. António | 81 |
| Figura 4.3.16 - Interior da sala SA4..... | 81 |
| Figura 4.3.17 - Exterior da sala SA4..... | 81 |
| Figura 4.3.18 - Tabela de caraterísticas da sala SA4..... | 82 |
| Figura 4.3.19 - Imagem em planta da sala SA4..... | 82 |
| Figura 4.4.1 - Imagem de Satélite referente à localização da escola do Rodrigo, Covilhã | 83 |
| Figura 4.4.2 - Imagem identificativa da Escola do Rodrigo, Covilhã..... | 83 |
| Figura 4.4.3 - Localização por satélite referente à localização da sala R1A na Escola do Rodrigo | 85 |
| Figura 4.4.4 - Exterior da sala R1A | 85 |
| Figura 4.4.5 - Interior da Sala R1A..... | 85 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.4.6 - Tabela de características da sala R1A | 86 |
| Figura 4.4.7 - Porta em Madeira | 86 |
| Figura 4.4.8 - Caixilharia | 86 |
| Figura 4.4.9 -Pavimento flutuante..... | 86 |
| Figura 4.4.10 - Luminárias | 86 |
| Figura 4.4.11 - Localização por satélite referente à localização da sala R2B na Escola do Rodrigo | 87 |
| Figura 4.4.12 - Interior da sala R2B | 87 |
| Figura 4.4.13 - Exterior da sala R1A..... | 87 |
| Figura 4.4.14 - Tabela de características da sala R2B..... | 88 |
| Figura 4.4.15 -Localização por satélite referente à localização da sala R5 na Escola do Rodrigo | 89 |
| Figura 4.4.16 - Interior da sala R5 | 89 |
| Figura 4.4.17 - Exterior da sala R5 | 89 |
| Figura 4.4.18 - Tabela de características da sala R5 | 90 |
| Figura 4.5.1 -Imagem de satélite referente à localização da escola do Refúgio, Covilhã | 91 |
| Figura 4.5.2 - Imagem identificativa da escola do Refúgio, Covilhã..... | 91 |
| Figura 4.5.3 - Localização por satélite referente à localização da sala RE1 na escola do Rodrigo | 93 |
| Figura 4.5.4 - Interior da sala RE1 | 93 |
| Figura 4.5.5 -Exterior da Sala RE1 | 93 |
| Figura 4.5.6 - Luminárias..... | 94 |
| Figura 4.5.7 - Pavimento | 95 |
| Figura 4.5.8 - Janelas | 95 |
| Figura 4.5.9 - Porta de Sala de Aula..... | 95 |
| Figura 4.5.10 - Localização por satélite referente à localização da sala RE2 na escola do Rodrigo | 96 |
| Figura 4.5.11 - Exterior da sala RE2 | 96 |
| Figura 4.5.12 - Interior da sala RE2 | 96 |
| Figura 4.5.13 - Tabela de características da sala RE2 | 97 |
| Figura 4.5.14 - Localização por satélite referente à localização da sala RE3 na escola do Rodrigo | 98 |
| Figura 4.5.15 - Interior da sala R3 | 98 |
| Figura 4.5.16 - Tabela de características da sala RE2..... | 99 |
| Figura 5.1.1 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola Pêro da Covilhã..... | 103 |
| Figura 5.1.2 - - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola Pêro da Covilhã | 104 |
| Figura 5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A1 da escola Pêro da Covilhã | 104 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5.1.4 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A5 da escola Pêro da Covilhã | 105 |
| Figura 5.1.5 . Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A6 da escola Pêro da Covilhã | 105 |
| Figura 5.1.6 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A8 da escola Pêro da Covilhã | 106 |
| Figura 5.1.7 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã | 106 |
| Figura 5.1.8 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã | 107 |
| Figura 5.1.9 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola de Santo António | 108 |
| Figura 5.1.10 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA2 de Santo António..... | 109 |
| Figura 5.1.11 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA4 de Santo António..... | 110 |
| Figura 5.1.12 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola do Rodrigo | 111 |
| Figura 5.1.13 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo | 112 |
| Figura 5.1.14 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R2B da escola do Rodrigo | 112 |
| Figura 5.1.15 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo | 113 |
| Figura 5.1.16 - Resultados de formaldeído referente ao exterior da escola do Rodrigo | 113 |
| Figura 5.1.17 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE1 da escola do Refúgio | 116 |
| Figura 5.1.18 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE2 da escola do Refúgio | 116 |
| Figura 5.1.19 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE3 da escola do Refúgio | 117 |
| Figura 5.2.2 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo | 127 |
| Figura 5.5.1 - Tabela representativa dos valores recolhidos de Radão na Escola Pêro da Covilhã..... | 161 |
| Figura 5.6.1 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A1..... | 161 |
| Figura 5.6.1 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A5..... | 162 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 2.1.1 - Valores limiares de proteção e margem de tolerância para os poluentes físicos - químicos | 17 |
| Tabela 2.2.1 - Quadro III do anexo do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios ... | 25 |
| Tabela 3.1.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Formaldeído | 32 |
| Tabela 3.4.1 - Equipamento Easylog EL-USB para leituras de (CO) | 38 |
| Tabela 3.5.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Radão | 40 |
| Tabela 3.6.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras de humidade relativa | 41 |
| Tabela 3.8.1 - Tabela parcial relativa à recolha de dados de Iluminação nas salas de Aula ... | 46 |
| Tabela 5.1.1 - Tabela 5.1.1 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola de Santo António | 108 |
| Tabela 5.1.2 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola do Rodrigo | 111 |
| Tabela 5.1.3 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola do Refúgio..... | 115 |
| Tabela 5.2.1 - Tabela referente aos resultados de CO2 recolhidos na escola do Rodrigo | 126 |

Lista de Acrónimos

| | |
|-------------------|---|
| CO ₂ | Dióxido de Carbono |
| CO | Monóxido de Carbono |
| QAI | Qualidade do Ar Interior |
| LABSED | Laboratório de Saúde na Edificação da Universidade da Beira Interior |
| UBI | Universidade da Beira Interior |
| RECS | Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios |
| SCE | Sistema Nacional de Certificação Energética e da qualidade do Ar Interior nos Edifícios |
| CH ₂ O | Formaldeído |
| RN... | Radão |

Lista de Unidades

| | |
|----------------|----------------|
| °C | Grau Celsius |
| m | Metro |
| m ² | Metro Quadrado |
| m ³ | Metro Cúbico |
| s | Segundo |

1. Introdução

1.1 Relevância e Importância Social

1.2 Objetivos

1.3 Organização da Dissertação

1.1 Relevância e Importância Social

“A Organização do espaço escolar depende em muito das condições económico- sociais, com as quais se foi desenvolvendo, não se podendo por isso dissociar de contextos históricos, políticos, religiosos e sociais. “ [1]

A relação entre infância e escolaridade começou a ganhar forma no séc. XVI e XVII onde surgiu uma mudança de mentalidades em relação à habitação como também no que diz respeito à educação.

Em Portugal o tempo que se passou desde a tomada de consciência que o sistema de ensino primário era deveras importante foi demasiado longo, mesmo assim é com a revolução do ensino primário de Marquês de Pombal que em primeira instância são criadas escolas primárias em Portugal, para cada sexo. O Marquês de Pombal aprovou a criação de escolas para cada sexo no ensino público em 17 de Agosto de 1758, atingindo um número total de 440 escolas primárias no Continente e 15 nas ilhas, correspondentes a Madeira e Açores.[1]

“A arquitetura escolar pode ser vista como um programa, uma espécie de discurso que institui na sua materialidade um sistema de valores, sendo que simultaneamente, o espaço educativo reflete as inovações pedagógicas, tanto nas suas conceções gerais, como nos aspetos mais técnicos “ [1]

Foi nos meados do séc. XIX mais precisamente em 1866 que surge o primeiro projeto modelo de uma escola onde se descrevem as condições diferenciais e necessárias de uma escola primária. Estas escolas foram conhecidas pelas escolas Conde Ferreira sendo contruídas cerca de 120 escolas num período de vinte anos. Mais tarde em 1902 e 1912 foi lançado pelo governo Português o primeiro concurso público destinado à construção de escolas de instrução primária, através do projeto do Arquiteto Adães Bermudes, que deu lugar a mais de 184 escolas.

Sendo assim podemos dizer que do programa pedagógico passa a pertencer também a arquitetura juntamente com o urbanismo oferecendo uma vasta cobertura à educação das crianças e permitindo-lhes, desta forma, usufruir de um espaço de repouso e de acesso à pedagogia aliados a um local temperado, limpo, agradável e com ar e luz proporcionados por espaços verdes à sua volta.

Passou-se então a ter a escola primária como dominante em relação às restantes construções locais visto a nível do seu volume, do traço geométrico, bem como dos símbolos que encorpa, permitindo a sua fácil identificação em relação aos demais edifícios.

“Os Projetos foram concebidos para serem construídos em série, em harmonia com as características da arquitetura regional impostas, não só pela aplicação dos materiais próprios das regiões como também pelas variações do clima “ [2]

Em 1941 ocorreu em Portugal um ciclone devastador derrubando várias árvores (pinheiros, carvalhos entre outros) e danificando gravemente os edifícios escolares existentes, impulsionando desta forma o início do “*Plano dos Centenários*” que se baseou nos modelos projetados pelos Arquitetos Rogério Azevedo e Raul Lino, multiplicando-se até aos anos sessenta.

“O Governo iniciará a execução do plano geral da rede escolar, que será denominado dos Centenários e em que serão fixados o número, localização e tipos de escolas a construir para completo apetrechamento do ensino primário, inscrevendo-se no orçamento de verbas necessárias para as obras a realizar em participação com os corpos administrativos ou outras entidades ” [3]

Na (Figura 1.1.1) podemos observar um modelo arquitetónico usado na construção das escolas do *Plano dos Centenários*.

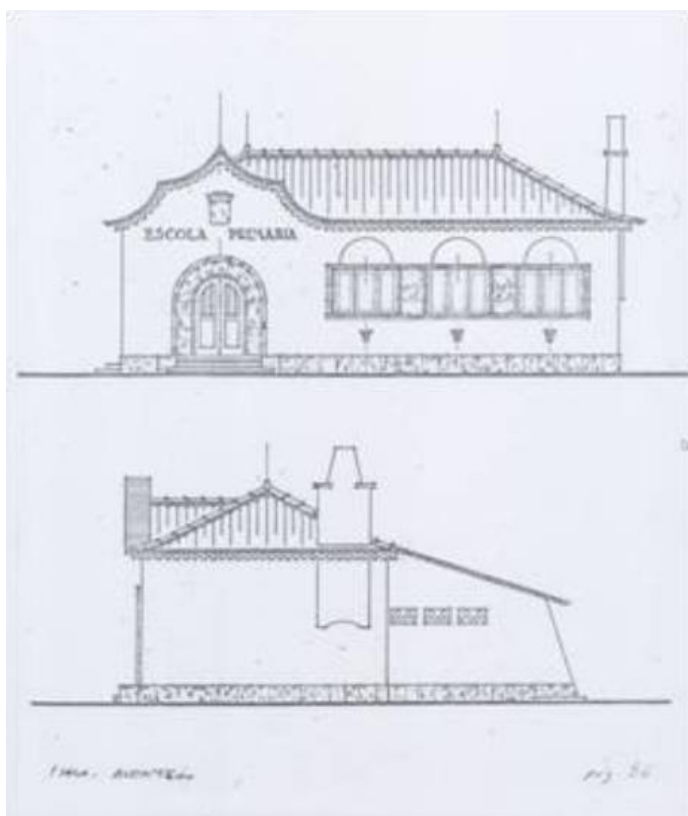


Figura 1.1.1 - Modelo de Escola do Plano dos Centenários [1]

Dada a urgência de iniciar os trabalhos, o ministro Duarte Pacheco teve a intenção de rapidamente iniciar a construção de 200 edifícios em todo o país. Assim, cada Direção Regional, da Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, estudaria a localização de 50 escolas. Como os novos projetos ainda não estavam prontos, foram construídos, conforme a região, os projetos tipo Rogério de Azevedo e Raul Lino com as alterações exigidas pelo Plano, isto é, os edifícios com mais de 1 sala seriam geminados de forma a poderem garantir a separação total dos sexos. Alguns pormenores das fachadas também foram simplificados. [3]

Quanto aos projetos em si estes vão ser utilizados conforme a localização geográfica da localidade onde se quer implementar a escola, nomeadamente irá utilizar-se o modelo proposto pelo arquiteto Rogério de Azevedo, este muito caracterizado pelo uso do granito nas suas construções, nos distritos de Norte e Centro do País, e o modelo do arquiteto Raul Lino, muito caracterizado pelo forma e gosto romântico nos seus projetos, nos distritos do Litoral e Sul do País.

O total de escolas previstas no plano dos centenários era cerca de 11458 salas de aula correspondentes a 6809 escolas, mas apenas na primeira fase de execução se levou a cabo a execução de 561 escolas perfazendo um total de 1250 salas de aula. Os projetos dos arquitetos Rogério de Azevedo e Raul Lino tratavam-se de edifícios que se destinavam a ter de um lado o sexo masculino e de outro o sexo feminino, fazendo desta forma parte da sua estrutura um edifício geminado construído com base das características da arquitetura regional, desde a utilização de materiais típicos locais, referentes à sua localização.

Ambos os projetos arquitetónicos são repetitivos com a formalização de base nas mesmas plantas, refletindo em muito nas características regionais e tendo em conta que o edifício escolar deveria ser preparado para o tamanho das crianças, compartilhando e desenvolvendo uma ideia de uma escola aberta ao exterior, não confinada apenas à sala de aula.

Nos projetos de Rogério Azevedo a planta mais usada é em L, com salas retangulares com três amplos vãos a iluminá-las, fazendo com que haja boa iluminação dentro das salas, sendo o edifício constituído por dois pisos, quatro salas e um recreio coberto onde se localizam os sanitários. É bem visível também a presença de granito como decoração, nomeadamente nas entradas em forma de arco, mas em norma variando o aspeto exterior em função da região em causa. Porém, nos projetos de Rogério Azevedo podem encontrar-se várias soluções que foram adotadas, umas com um piso, outras com dois pisos, alternando deste modo o número de salas existentes.

No seguimento dos projetos dos Centenários foram propostos pela direção dos edifícios nacionais de Portugal a possibilidade de cada região, nomeadamente Norte, Centro, Lisboa, Sul, Açores e Madeira, proporem os seus próprios projetos com base no estudo da sua região os seus projetos de escolas primárias tendo em vista a continuidade do modelo existente.

Os estudos apresentados pela Direção dos Edifícios Nacionais do Norte serviram de base aos projetos definitivos das escolas primárias de todo o país. Os edifícios, todos com a mesma planta, obedeciam a dois tipos destinados a um só sexo ou com separação para os dois sexos. Os alçados seriam elaborados de forma a marcar, mesmo por qualquer pequena característica, cada uma das regiões. Estavam previstas soluções para 1, 2, 3 e 4 salas de aula, para um sexo, e para 2, 3 e 4 salas de aula para dois sexos. Todas as soluções foram estudadas de forma a serem suscetíveis de ampliação quando julgado oportuno. O Plano dos Centenários previa a construção de edifícios de 6 e 8 salas. Foram estudadas como ampliação dos projetos aprovados em 1944. Mantinha-se o mesmo tratamento dos espaços e, de um modo geral, o mesmo aspeto dos interiores e exteriores. Os projetos eram da autoria do Arquiteto Manuel Fernandes de Sá. [3]

Quanto à região que engloba o nosso estudo, a região Centro, os projetos da Direção dos Edifícios Nacionais do Centro foram projetos da autoria do arquiteto Joaquim Areal.

Houve também uma diferenciação em relação ao modelo de edifícios usados como escolas em meio urbano (Figura 1.1.2) e meio rural (Figura 1.1.3) diferenciando-se principalmente no número de pisos do edifício, implicando assim o número de salas disponíveis, sendo fator determinante o número de habitantes da zona em questão e o seu desenvolvimento socioeconómico.



*Figura 1.1.2 - Escola Penhaforte, Lamegal, Pinhel, Guarda; Edifício com 1 sala, Tipo Beira Alta
Arquivo Direção - Geral do Equipamento Escolar 1970 [4]*



*Figura 1.1.3 - Escola de Dornelas, Aguiar da Beira, Guarda; Edifício de 3 salas, Tipo Beira Alta
Arquivo Direção - Geral do Equipamento Escolar 1973 [3]*

Na atualidade em Portugal têm-se levado a cabo nos últimos anos um programa de modernização das escolas existentes, recuperando as antigas escolas primárias, adaptando-as às novas necessidades pedagógicas, com o objetivo de proporcionar espaços com uma qualidade interior maior, ou seja proporcionar um melhor conforto aos utilizadores, e a nível da estrutura tornando-a mais atrativa, flexível, multifuncional e duradoura. Com início em 2011 o plano “*Parque Escolar*” com vista à modernização das escolas tinha por objetivo centralizar a educação, sendo já alvo de encerramento vários edifícios escolares do Plano Centenário em aldeias e vilas mais pequenas levando à concentração de toda a população escolar local em novos e modernos centros escolares, alguns deles já incorporando as novas necessidades nomeadamente ginnodesportivo e piscina interior, dando assim início à construção das novas escolas do século XXI.

Um dos objetivos das novas escolas, ou simplesmente a reabilitação das existentes é o projeto de modernização da escola em si, ou seja, tal como este trabalho irá referir pretendia-se melhorar a eficiência dos edifícios escolares do ponto de vista ambiental, acústico, iluminação e a integração de novas tecnologias, contribuindo assim para uma escola mais eficiente e segura de modo a poder contribuir diretamente com o rendimento e saúde dos seus ocupantes, nomeadamente as crianças.

Contudo, tem de existir em cada caso uma preocupação quanto à decisão a ser tomada, nomeadamente na reabilitação, tendo sempre o cuidado de partir do edifício já existente, preservando o seu valor arquitetónico, construtivo, como também o seu valor urbano e suas características funcionais.

No caso das edificações novas há que ter em conta a sua finalidade podendo entre muitas outras soluções optar por uma construção de edifícios mais abertos, mais apropriados às diferentes necessidades sociais e educativas, com um maior controle e qualidade do ambiente interior, nomeadamente o tipo de materiais usados no isolamento, ao nível das janelas, pavimento e tetos, bem como soluções de aquecimento interno tanto de aquecimento central como possibilidade de painéis solares. As possibilidades são imensas e as necessidades das crianças estão sempre a mudar sendo por isso necessário um estudo prévio quanto as condições ambientais na zona, bem como quanto às necessidades da população escolar local, porque o mais importante é a segurança e o conforto das crianças para que se possam desenvolver dinamicamente. As figuras seguintes (Figura 1.1.4, Figura 1.1.5 e Figura 1.1.6) são ilustrativas quanto às soluções distintas, a da reabilitação e a da edificação nova com vista à ocupação escolar no município da Covilhã.



Figura 1.1.4 - Escola Peraboa, Covilhã - Utilização de Painéis Solares



Figura 1.1.5 - Escola do Rodrigo, Covilhã - Criação de uma sala multiusos contigua ao Edifício Principal



Figura 1.1.6 - Escola Internacional da Covilhã, Covilhã - Edificação Nova

1.2 Objetivos

Com a realização deste trabalho pretende-se relacionar o estado geral dos edifícios escolares com os seus ocupantes, neste caso maioritariamente crianças, tratando-se assim de uma razão prioritária e de maior importância perceber o estado das suas condições físicas e ambientais.

Ao longo deste trabalho procurou-se também realizar vários estudos e campanhas de medição destinadas a quantificar o estado da qualidade do ar interior dentro dos vários edifícios escolares analisados, bem como avaliar o seu conforto Interior.

Para que esse fim fosse alcançado estudámos e testámos desde a quantidade de formaldeído existente no interior das salas de aula, até à avaliação das características acústicas, deixando-nos desta forma um leque variado de resultados e perspectivas para uma melhor conclusão e perceção dos pontos a intervir.

Estes resultados foram obtidos com diferentes volumes de ocupação, com características construtivas distintas nomeadamente áreas e volumes das salas e suas componentes construtivas nomeadamente materiais de revestimento.

Com este estudo esperamos obter algumas conclusões quanto ao estado geral do conforto Interior e da qualidade do ar em várias salas das escolas do Rodrigo, Refúgio, Pêro da Covilhã e Santo António localizadas na cidade da Covilhã. Pretende-se analisar e compreender os resultados obtidos em cada um dos fatores estudados, identificando assim os pontos mais frágeis e em que é necessário intervir, por forma a melhorar as condições existentes no que se refere à qualidade do ar interior e do seu conforto, seja visual, térmico ou mesmo acústico para os seus utentes.

Tratando-se deste caso de crianças do ensino básico a nossa vontade de aumentar, se possível, a satisfação dos utentes nomeadamente, do seu conforto e bem-estar, é de todo o interesse que, se possível, o possamos melhorar, menorizando os pontos de maior debilidade, visto tratar-se da nossa geração futura à qual queremos proporcionar o melhor desenvolvimento intelectual e mental nas suas escolas.

1.3 Organização da Dissertação

Iniciamos o nosso trabalho no **Capítulo 1** destinado à primeira envolvência do leitor ao nosso tema de Dissertação “ *Edifícios Escolares - Avaliação das Condições de Conservação, Conforto e Qualidade do Ambiente Interior* “ nomeadamente uma breve descrição desde o início de construção dos edifícios escolares do plano dos Centenários até aos dias de hoje. No seguimento foi introduzido o **Capítulo 2** onde se pretende descrever um pouco sobre a qualidade do ar nos edifícios escolares, o conforto interior, nomeadamente as condições que são ou não favoráveis aos utentes do espaço público, analisando e sintetizando as normas em vigor em Portugal. Iremos também fazer uma breve introdução sobre o tema da Termografia, descrevendo essencialmente que este é um parâmetro importante para a identificação dos pontos singulares da envolvente dos edifícios.

O **Capítulo 3** irá incidir na descrição dos procedimentos adotados bem como dos equipamentos utilizados para a recolha de dados de vários parâmetros que nesta dissertação consideramos importantes englobar com vista a podermos ficar com uma visão quase global dos casos em estudo, nomeadamente na medição de formaldeído, de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV'S), radão (RN), humidade relativa, temperatura ambiente, iluminação, termografia e tempo de reverberação nas salas de aula.

No seguimento deste trabalho irá encontrar-se um **Capítulo 4** onde pretendemos dar a conhecer ao leitor os casos que foram objetos de estudo nesta dissertação com um registo fotográfico das salas das quatro escolas em estudo e descrição dos seus componentes construtivos e das condições de ocupação.

No **Capítulo 5** apresentamos as medições e resultados referentes aos parâmetros já descritos anteriormente como os escolhidos para a base científica e matemática do nosso estudo, onde iremos comparar com os valores recomendados na regulamentação portuguesa para cada um deles, podendo assim obter um conjunto de conclusões quando ao estado do conforto interior e da qualidade do ar existentes nas diferentes salas de aula analisadas.

Concluimos com um **Capítulo 6** onde depois de um enquadramento teórico e normativo e recorrendo aos dados resultantes das medições efetuadas pretendemos retirar considerações finais quanto ao estado atual de algumas salas de aula das escolas primárias do 1º ciclo pertencentes ao Agrupamento Pêro da Covilhã, propondo neste caso algumas soluções de possíveis alterações para melhoria das condições, bem como algumas propostas de trabalhos futuros.

2. Enquadramento Teórico

2.1 Qualidade do Ar Interior em Edifícios Escolares

2.2 Conforto Interior em Edifícios Escolares

2.3 Termografia

2.1 Qualidade do Ar Interior em Edifícios Escolares

“As exigências de aquecimento e arrefecimento, iluminação, qualidade do ar e de isolamento acústico devem ser consideradas pelos Arquitetos e Engenheiros logo na fase inicial do projeto de modo a serem asseguradas as condições de conforto nos edifícios ou seja garantir a Qualidade do Ambiente Interior e a sua sustentabilidade” [4]

Na (Figura 2.1.1) é representado os diferentes parâmetros que influenciam a qualidade do ambiente interior, como a qualidade do ar e o conforto interior .

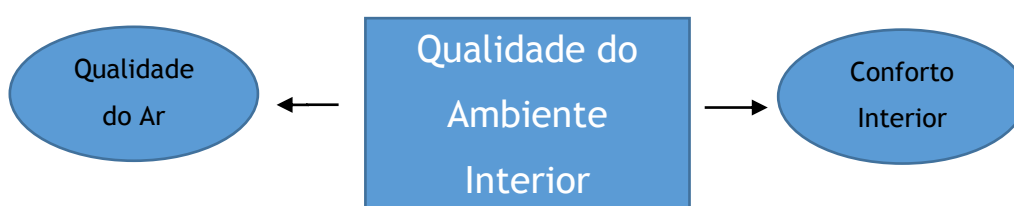


Figura 2.1.1 - Esquema sobre a qualidade do ambiente interior

A qualidade do ar interior é definida pelas várias variantes que possam existir no edifício como se descreve na figura anterior (Figura 2.1.1), fazendo com que a conjugação de todas possam proporcionar um espaço agradável e com conforto para os seus utentes.

Principalmente nos espaços escolares onde os utilizadores são maioritariamente crianças a atenção e o cuidado que teremos de ter com os principais fatores que influenciam a qualidade do ar tem de ser redobrado, nomeadamente o desenvolvimento de microrganismos, o uso de produtos de limpeza, a renovação do ar ou a deficiente ventilação.

Não podemos esquecer de que se trata de um grupo particularmente vulnerável devido à idade das crianças que ficam assim suscetíveis a problemas de saúde. Assim sendo, as condições da qualidade do ar Interior deverão ser garantidos.

“A qualidade do ar interior pode ser definida como a natureza do ar que afeta a saúde e o bem-estar dos ocupantes de determinado espaço fechado. Não engloba apenas a existência de poluentes, mas também o nível de conforto e a perceção que cada utilizador tem da qualidade do ar que se respira.” [5]

Os parâmetros que influenciam a qualidade do ar interior são desde a humidade relativa, a quantidade de (CO₂), a quantidade de monóxido de carbono (CO), a quantidade de formaldeído (HCHO), radão, (cov's) e circulação de ar, entre outros fatores.

No que diz respeito à ventilação, este fator contribui bastante para a melhoria da qualidade do ar interior dos edifícios garantindo assim um maior conforto e bem-estar aos seus ocupantes. Através de metodologias adequadas podemos garantir a renovação do ar interior dos edifícios diminuindo desta forma as perdas energéticas e como consequente aumentando a qualidade do ambiente interior. Conforme as características dos edifícios, a sua ocupação, local de implantação, aberturas para o exterior, a orientação e a exposição aos agentes atmosféricos, nomeadamente temperatura, vento e pressões, a ventilação dos edifícios podem variar.

Quanto aos sistemas de ventilação em edifícios estes deverão evacuar para o exterior as substâncias poluentes de forma eficiente de forma a diminuir significativamente a contaminação do ar interior.

No caso do nosso estudo relativo aos edifícios escolares, tratando-se de edifícios já existentes, as baixas taxas de renovação de ar que poderão verificar-se resolver-se-iam com atividades básicas como a simples abertura periódica das janelas, ou uma melhoria da admissão do ar com aberturas na envolvente. No caso de as taxas de renovação serem elevadas uma das opções seria entre a substituição de janelas e uma melhor vedação de janelas e estores.

Na regulamentação portuguesa são definidas condições básicas no que diz respeito à qualidade do ar interior sendo definidos valores de referência relativos à temperatura do ar, valores mínimos de renovação horária, humidade relativa e de coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis dos elementos da envolvente e também valores máximos das concentrações de poluentes do ar interior, descritos inicialmente na lei do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios - SCE, composto por um extenso pacote legislativo (Decretos-Lei 78, 79 e 80 de 4 de Abril de 2006).

Porém, em 20 de Agosto de 2013 foi publicado o Decreto-Lei, D.L.118/2013, juntamente com as suas portarias e despachos auxiliares que vieram alterar o modo pelo qual eram determinados e definidos os valores mínimos da taxa de renovação de ar dos edifícios. Esta lei veio revogar os anteriores Sistemas de Certificação Energética dos Edifícios (SCE - DL78/2006 de 4 de Abril), Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE - DL80/2006 de 4 de Abril). Juntamente com uma revisão na legislação nacional e com as alterações sofridas, este veio incluir o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) num

único diploma. No que diz respeito ao desempenho energético de edifícios de habitação, para além de alterações ao nível dos requisitos térmicos e energético, são preconizadas alterações nas metodologias de cálculo do desempenho energético. [6]

No Capítulo nº 12 podemos encontrar o Despacho 15793 - K relativo aos valores utilizados para verificação do requisito mínimo de ventilação como também quanto à taxa de renovação do ar, nomeadamente o caudal mínimo na estação de aquecimento RPH, i é de 0.4 h (portaria 349B/2013) e o valor mínimo de taxa de renovação de ar é de 0,4 h (portaria 349B/2013).

Quanto às concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos Edifícios segundo o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização [7], estas são apresentadas na tabela seguinte, onde das quais o nosso estudo vai incidir particularmente apenas nos parâmetros químicos.

Na tabela 2.1.1 são indicados os valores limites máximos recomendados na norma portuguesa quantos ao poluentes físicos-químicos em edifícios.

Tabela 2.1.1 - Valores limiares de proteção e margem de tolerância para os poluentes físicos - químicos [8]

| Poluentes | Unidade | Limiar de proteção | Margem de tolerância (MT) [%] |
|---|----------------------|--------------------|-------------------------------|
| Partículas em suspensão (fração PM ₁₀) | [µg/m ³] | 50 | 100 |
| Partículas em suspensão (fração PM _{2,5}) | [µg/m ³] | 25 | 100 |
| Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs) | [µg/m ³] | 600 | 100 |
| Monóxido de carbono (CO) | [mg/m ³] | 10 | - |
| Formaldeído (CH ₂ O) | [ppmv] | 9 | - |
| | [µg/m ³] | 100 | - |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | [ppmv] | 0,08 | - |
| | [mg/m ³] | 2250 | 30 |
| Radão | [ppmv] | 1250 | - |
| | [Bq/m ³] | 400 | - |

2.2 Conforto Interior em Edifícios Escolares

Ao que ao conforto interior diz respeito, este pode ser descrito por três tipos de conforto diferentes desde conforto térmico, conforto visual, e conforto acústico no interior dos edifícios como é demonstrado na (Figura 2.2.1), sendo essencial a conjugação entre eles para proporcionar aos seus ocupantes um conforto interior adequado.

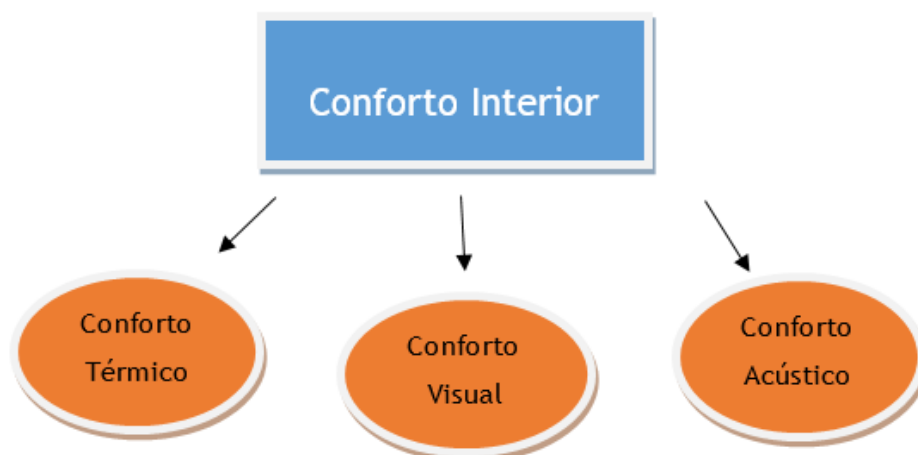


Figura 2.2.1 - Esquema Ilustrativo referente ao conforto Interior

Conforto Térmico

O Conforto Térmico é, em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores, ambientais ou pessoais, governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução. De acordo com literatura o conforto térmico humano e a sua resposta fisiológica, ao stresse térmico, dependem da produção de calor metabólico, do nível de fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar, humidade relativa e temperatura média radiante) e do tipo de roupa que o indivíduo estiver usando. O efeito conjugado dos mesmos definirá o grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas. Desta forma, os parâmetros mais importantes do conforto térmico subdividem-se em duas classes: individuais e ambientais [9]

O Conforto Térmico é entendido principalmente como o conforto sentido pelo ocupante do espaço em relação à temperatura nele existente, nomeadamente em relação às trocas térmicas que dependem de dois fatores, individuais e Ambientais.

No caso dos individuais, vai depender o metabolismo e o vestuário de cada ocupante e o conforto térmico é obtido por trocas térmicas.

No caso das ambientais depende da temperatura do ar; humidade relativa do ar; velocidade do ar; temperatura média radiante.

Quanto à temperatura do ar este fator condiciona para além da quantidade de perda de calor do corpo humano, a temperatura a que o ar é expirado. Outro dos fatores é a humidade do ar influenciando o conforto térmico tendo interferência na quantidade de perda de água do corpo humano, através da transpiração da pele e a conseqüente evaporação do suor da pele provocam a humificação do ar que depois é respirado pelo utilizador da sala. Quanto maior for a temperatura maior vai ser a perda de água por parte dos utilizadores através da transpiração.

Outro dos fatores é como descrita anteriormente como a velocidade do ar sendo importante na troca de calor por convecção entre o corpo e o meio ambiente. É um fator importante a nível do conforto interior, também estudado no nosso estudo, onde a ventilação de um edifício desempenha um papel importante na quantidade de calor trocada entre o ar e o ocupante, ou seja, quanto mais eficiente for a ventilação de um edifício menor é a sensação de calor transmitida ao corpo humano.

Relativamente à temperatura média radiante esta é difícil de quantificar com exatidão visto tratar-se da temperatura média das superfícies opacas visíveis em relação direta com o vestuário do ocupante, dependendo claro está da forma e materiais correspondentes ao vestuário usado.

A (figura 2.2.2) refere-se ao desenvolvimento de uma carta bioclimática em 1991 por Givoni [10] destinada a estudos no Brasil, baseando-se em temperaturas internas, sendo:

- O número 1 definido como zona de conforto térmico;
- O número 2 destinado à Ventilação (substituição do ar interno pelo ar externo);
- O número 3 relacionado com a relação humidade relativa do ar / temperatura;
- O número 4 abrange a utilização de componentes construtivos com a inércia térmica;
- O número 5 trata do resfriamento artificial relacionado com o tipo de ventilação existente;
- O número 6 destinado à humidificação;
- O número 7 relacionado com a massa térmica e aquecimento Solar;
- O número 8 abrange o Aquecimento Sola Passivo;
- O número 9 destinado ao Aquecimento Artificial.

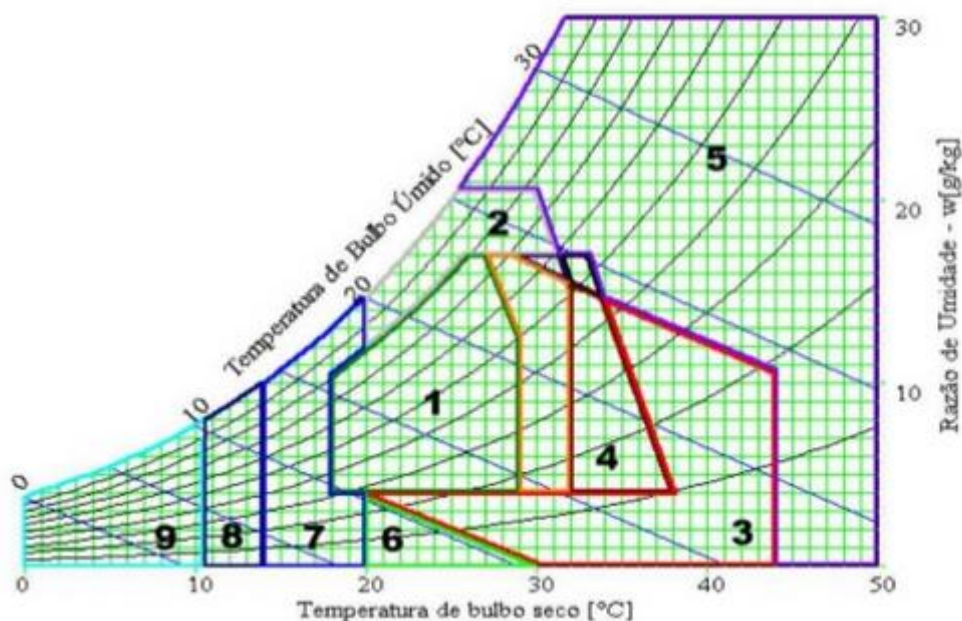


Figura 2.2.2 - Carta Bioclimática [10]

Em Portugal na legislação em vigor os valores considerados para a determinação do conforto térmico são a nível da Temperatura do ar de 20°C para a estação de aquecimento e uma temperatura do ar de 25°C e 50% de humidade relativa para a estação de arrefecimento.

Conforto Visual

“Um edifício destinado ao ensino deve prover um ambiente visual adequado para os alunos e professores, ou seja: permitir aos ocupantes executar as tarefas visuais de forma precisa, rápida e confortável. Os níveis, a distribuição e as cores da iluminação afetam a perceção do ocupante e transmitem mensagens não-verbais a cerca do ambiente construído, devendo suprir as necessidades físicas, psicológicas e fisiológicas dos ocupantes. “ [11]

O Conforto Visual é um fator indispensável para o bem-estar dos utentes do edifício, sendo que no nosso caso particular do nosso estudo, nos edifícios escolares, a saúde e a produtividade são essenciais, sendo importante desde já vários fatores como:

- Vista para o Exterior (nomeadamente a qualidade e quantidade de luz Natural incidente dependendo do número e áreas dos envidraçados)
- Iluminação (Uso de cores e Texturas)
- Espaço Verdes (Cores e texturas da Vegetação e área correspondente)

[“O impacto da luz natural no rendimento escolar das aulas europeias” é o nome do estudo desenvolvido pela UPMC (universidade Pierre et Marie Curie) e o Inserm (instituto Nacional de Saúde e investigação médica da França). Este estudo [12] encontrou uma relação direta entre a área das janelas, a superfície das salas de aulas e os resultados académicos dos alunos. Os científicos chegaram á conclusão que os alunos que trabalham em salas de aula com janelas maiores podiam melhorar até 15% as suas classificações em provas de matemática e lógica. Este estudo foi levado a cabo com 2837 crianças, entre os 9 e os 12 anos, em 148 aulas de 54 escolas de toda a Europa.

Adicionalmente, também se detetou que os alunos de classes com uma maior percentagem de janelas orientadas a Sul e com uma adequada gestão de luz conseguiram melhores resultados que os outros, *“o que indica que não se deve apenas investir no aumento da luz natural sem o controlo da mesma quando necessário”*, segundo o explicado pela firma Velux. Isabella Annesi-Maesano, diretora da investigação, comentou, *“o acesso a mais luz natural através de janelas maiores tem um impacto positivo nos resultados nas provas dos alunos. Em combinação com outros estudos recentes sobre a importância de uma boa qualidade do ar, esperamos que as condições do ambiente interior das escolas europeias se tenha mais em conta por todos”*. [12]

Vista para o Exterior

Num Edifício é importante proporcionar aos seus ocupantes um conforto e bem-estar com o contacto com a envolvente, nomeadamente, com os espaços Verdes constituídos por elementos Naturais, onde a possibilidade de contacto visual do interior do edifício com estes elementos reforça a sensação de serenidade, confiança e calma ao ocupante, principalmente a uma criança. É de toda a importância um edifício, principalmente escolar, englobar na sua envolvente elementos naturais como também possuir boas áreas de envidraçados e incidência Solar nas salas de Aula, como é demonstrado na (Figura 2.2.3).



Figura 2.2.3 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã

Iluminação

Quanto à iluminação utilizada num edifício, a escolha de cores e texturas adequadas podem em muito produzir ambientes apelativos aos ocupantes, principalmente num edifício com incidência solar diminuta, possibilitando a criação de contrastes a partir de uma boa escolha de lâmpadas e da posição adotada para as mesmas. A qualidade da iluminação é influenciada por diferentes aspetos como demonstrado na (Figura 2.2.4).



Figura 2.2.4 - Influência da qualidade na iluminação

Para proporcionar um adequado conforto visual aos ocupantes do edifício, há que ter em conta todos os pormenores desde a cor das lâmpadas usadas, tendo estas influências diretas na sensação de ambiente que transmitem. Relativamente ao nosso caso em estudo, os edifícios escolares a cor das lâmpadas é maioritariamente branca e em cada sala de aula uma média de quatro pontos fixos de Iluminação induzida.



Figura 2.2.5 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã

A norma nacional em vigor relativamente ao nível de iluminação interior para os espaços escolares, foi seguida pela norma europeia em Maio de 2003 pelo programa “Parque Escolar” [13]. A (Figura 2.2.6) faz o paralelo entre a designação dos espaços funcionais e a designação dos mesmos espaços a nível de iluminação interior com a norma.

| DESIGNAÇÃO DO ESPAÇO (PE) | DESIGNAÇÃO NA NORMA / PONTO DA NORMA | NÍVEL MÉDIO DE ILUMIN. (LUX) | UGR |
|---|--|------------------------------|-----|
| SALA DE AULA NORMAL | CLASSROOM / 6.2.1 | 300 | 19 |
| QUADRO DO PROFESSOR | BLACK BOARD / 6.2.4 | 500 | 19 |
| SALA DE AULA NORMAL COM UTILIZAÇÃO NOCTURNA E PARA FORMAÇÃO DE ADULTOS | CLASSROOM FOR EVENING CLASSES AND ADULTS EDUCATION / 6.2.2 | 500 | 19 |
| SALA DE AULA TIC | COMPUTER PRACTICE ROOMS / 6.2.13 | 300 | 19 |
| SALA DE DESENHO NORMAL | ART ROOMS / 6.2.6 | 500 | 19 |
| SALA DE DESENHO TÉCNICO | TECHNICAL DRAWING ROOMS / 6.2.8 | 750 | 16 |
| SALAS DE ARTES NUMA ESCOLA DE ARTES | ART ROOMS IN ART SCHOOLS / 6.2.7 | 750 | 19 |
| OFICINA E LABORATÓRIO (FÍSICA, QUÍMICA, LÍNGUAS, ETC.) | PRATICAL ROOMS AND LABORATORIES / 6.2.9 | 500 | 19 |
| SALA DE PREPARAÇÃO DO LABORATÓRIO | PREPARATION ROOMS AND WORKSHOPS / 6.2.15 | 500 | 22 |
| EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA | - | (1) 500 | 19 |
| ESTÚDIO DE MULTIMÉDIA | - | (2) 300 | 19 |
| SALAS DE APOIO AOS ESTUDANTES SEM A PRESENÇA DE DOCENTES | - | (2) 300 | 19 |
| ÁREA DESTINADA A TRABALHO DE DOCENTES | - | (1) 500 | 19 |
| ÁREAS DESTINADAS AO ENSINO-APRENDIZAGEM INFORMAL | - | (3) 300 | 19 |
| ÁREA DE ACTIVIDADES LECTIVAS COMPLEMENTARES (“CLUBES”) E A EXIBIÇÃO DE TRABALHOS / CONTEÚDOS DIDÁCTICOS | STUDENT COMMON ROOMS AND ASSEMBLY HALLS / 6.2.19 | 200 | 22 |

Figura 2.2.6- Documento de Referência para o nível de iluminação [13]

Espaços Verdes

Os espaços verdes em localidades urbanas é cada vez mais indispensável tanto por vias de qualidade do ambiente exterior ao edifício bem como de conforto visual, estético, psicológico entre outros fatores.

Cada vez mais nos grandes centros urbanos a poluição está presente por via do tráfego crescente bem como outros gases internos de edifícios ou funções generalizadas, sendo por isso de realçar a importância de vegetação nestes meios de forma a controlar o microclima, interferindo positivamente no controle da humidade, das radiações solares, na absorção de CO₂, no aumento de produção de oxigénio bem como uma maior proteção contra agentes climáticos. [3]

No caso de um edifício escolar a importância da presença de espaços verdes acaba por ser maior, visto poder proporcionar às crianças momentos de lazer em contacto direto com a natureza, bem como enquadramentos didáticos e de desportivos na utilização desse espaço, como é demonstrado na (Figura 2.2.7).



Figura 2.2.7 - Pátio Exterior com presença de Árvores - Escola do Refúgio, Covilhã

Conforto Acústico

O conforto acústico é um dos parâmetros importantes no conforto interior de um edifício, principalmente tem de ser responsável por manter o bem-estar dos ocupantes. Este é caracterizado pela quantidade de ruído produzido no seu interior bem como no seu exterior provenientes desde sons gerados no ar ou de impacto.

Nos edifícios escolares é de todo importante que este parâmetro seja assertivo e contínuo visto que influencia e muito a capacidade de concentração das crianças, condicionando a sua produtividade, para além de poder ser causador em casos excessivo de problemas auditivos e nervosos.

Numa sala de aula, sendo um compartimento fechado, a propagação do som vai depender essencialmente de como as paredes e teto irão refletir o som, da sua capacidade de absorção e do volume da sala.

O melhoramento das condições acústicas tem como objetivo impedir a transmissão sonora de um ambiente para o outro, podendo ser feitas através da utilização de vidros adequados às necessidades isolantes do local, bem como através da utilização de alguns materiais isolantes como a lã de vidro, vidro expandido, entre outros, tendo sempre como principal objetivo o melhoramento do conforto acústico dos ocupantes.

O RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios publicado pelo decreto de lei 96/2008 prevê para as salas de aula um tempo de reverberação médio nas frequências de 500, 1000, 2000 Hz inferior ou igual que $0,15 \times V^{1/3}$ (s), sendo V o volume da sala (Tabela 2.2.1).

Tabela 2.2.1 - Quadro III do anexo do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

| Locais | Tempo de reverberação (500 Hz — 2 kHz) |
|--|--|
| Salas de aula bibliotecas, salas polivalentes e refeitórios Ginásios | $T \leq 0,15 V^{1/3}$ [s] (V. artigo 9.º) |

V = volume interior do recinto em causa.

2.3 Termografia

“ A termografia é uma técnica baseada na deteção da radiação infravermelha emitida por objetos, possibilitando a medição de temperaturas e a observação de padrões de distribuição de calor em diversos sistemas “ [14].

A termografia é um instrumento importante para determinar e representar graficamente a distribuição da temperatura das superfícies das salas em estudo sem necessidade de contato com as mesmas. Deste modo pretendemos identificar os pontos singulares da envolvente e definir as ações mais adequadas para uma futura intervenção de reabilitação térmica. A termografia permite determinar as potenciais perdas de calor da sala como demonstrado na (Figura 2.3.1), devido ao mau isolamento ou simplesmente verificar tratar-se de uma construção inadequada para a prática da função de sala de aula, pois neste espaço os alunos deverão dispor das condições mínimas de conforto térmico nomeadamente no período de aquecimento.

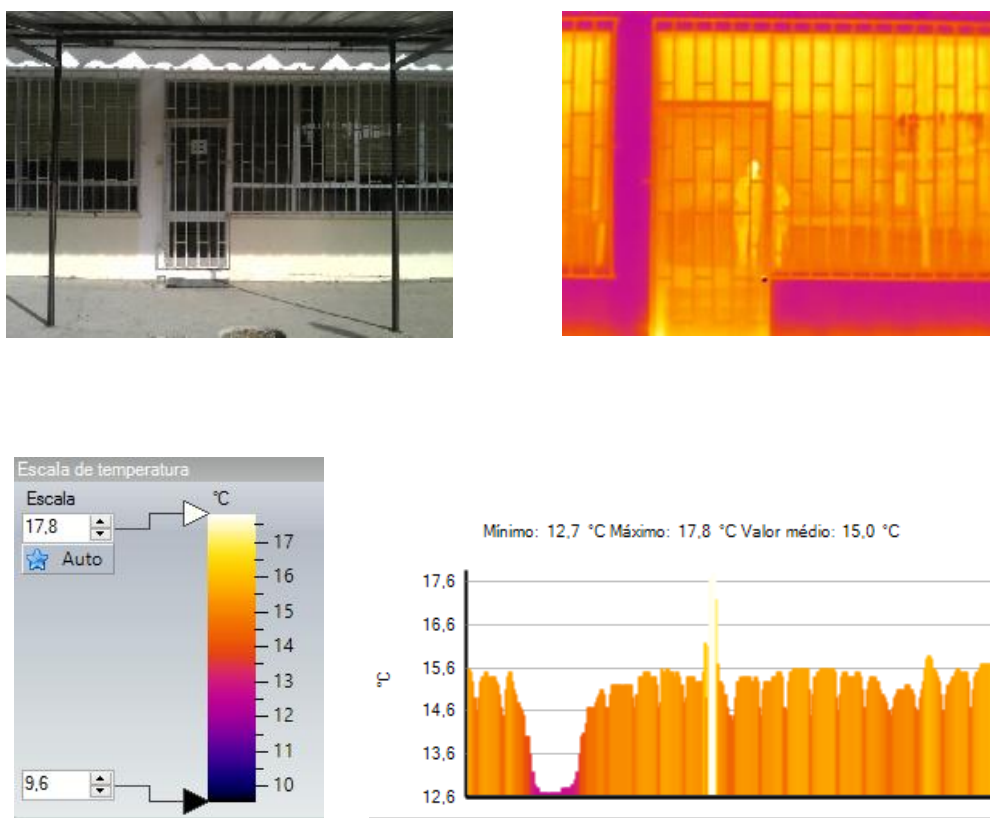


Figura 2.3.1 - Imagem ilustrativa de leitura de temperatura numa fachada

O estudo da termografia só é possível porque todos os objetos emitem radiação infravermelha cada um com uma intensidade diferente, dependendo da temperatura e da capacidade do

objeto radiar energia conhecida por emissividade. A radiação infravermelha traduz-se por uma maior radiação, ou seja quando a temperatura do objeto é maior. Na termografia é utilizado um “Corpo Negro Perfeito” definido quando o valor de emissividade é igual a 1, retratando-se como sendo um corpo que não reflete luz nenhuma e absorve toda a luz.

Através da utilização de aparelhos de leitura de infravermelhos é possível fazer a leitura das temperaturas ao longo da superfície detetando assim as várias emissividades dos materiais constituintes da fachada como também a temperatura e humidade relativa do interior da Habitação, entre outras aplicações como é demonstrado na (Figura 2.3.2).



□

Figura 2.3.2 - Aplicações da Termografia em Edifícios

A condução, convecção e Radiação são os três modos de transmissão de energia Térmica de uma zona mais quente para uma zona mais fria, sendo que o calor move-se com velocidades diferentes devido aos efeitos isolantes dos vários tipos de materiais que atravessa pois cada um tem apresenta um grau de isolamento diferente ou de condutividade Térmica.

A Termografia por sua vez poderá ser caracterizada através de duas técnicas diferentes, termografia passiva e termografia ativa, como é demonstrado na (Figura 2.3.3).

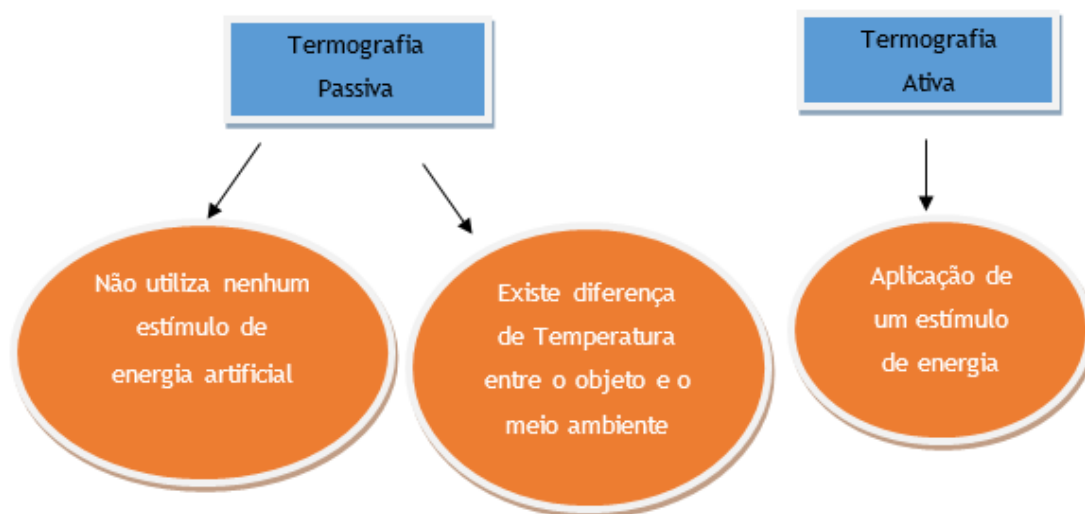


Figura 2.3.3 - Caracterização da Termografia

3.Procedimento adotado para as medições

- 3.1 Formaldeído (CH₂O)**
- 3.2 Dióxido de Carbono (CO₂)**
- 3.3 Monóxido de Carbono (CO)**
- 3.4 Compostos Voláteis (COV'S)**
- 3.5 Radão**
- 3.6 Humidade Relativa**
- 3.7 Temperatura Interior**
- 3.8 Iluminação**
- 3.9 Termografia**
- 3.10 Tempo de Reverberação**

3.1 Formaldeído

“A exposição ao formaldeído pode causar irritação nos olhos, nariz e no trato respiratório, tendo sido frequentemente associada à exacerbação da asma, especialmente em crianças mais sensíveis”.[15]

O formaldeído (HCHO) é designado com um gás incolor de forte odor, provocando irritação (para valores numa gama média de 0,5 ppm) e desperta a sensibilidade das mucosas. Dentro dos sintomas que pode criar no ocupante do edifício vão desde, dores de cabeça, a garganta seca ou dorida, a fadiga, problemas de memória, na concentração, náuseas, falta de ar, ardor nos olhos entre outros. Porém como os nossos utilizadores são em maioria crianças, sendo estes sensíveis, poderão desenvolver estes sintomas logo em concentrações inferiores a 0,01 ppm. Na (Figura 3.1.1) são indicados os diferentes tipos de efeitos na saúde dos ocupantes quando sujeitos a concentrações de formaldeído.

| Concentração de formaldeído (ppm) | Efeitos na saúde |
|-----------------------------------|--|
| < 0,05 | Não observados |
| 0,05 - 1,50 | Efeitos neurofisiológicos |
| 0,05 - 1,00 | Limite do odor |
| 0,01 - 2,00 | Irritação dos olhos |
| 0,10 - 25 | Irritação das vias respiratórias superiores |
| 5 - 30 | Irritação das vias respiratórias e efeitos nos pulmões |
| 50 - 100 | Edemas pulmonares, inflamações, pneumonia |
| > 100 | Coma, morte |

Figura 3.1.1 - Níveis de concentração de Formaldeído e efeitos consequentes na saúde [9]

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de formaldeído passou pela leitura no exterior da sala e no interior da mesma sendo esta feita com as portas fechadas, durante os intervalos das aulas em períodos de 1 em um minuto num total de 5 min valores pontuais de formaldeído sendo o procedimento repetido em várias alturas do dia, da parte da manhã e da parte da tarde, com diferentes tipos de ocupação, chegando mesmo a medir os valores de formaldeído em diferentes dias para base de comparação de valores como indica a (Tabela 3.1.1). As medições no interior e no exterior foram executadas em separado.

Tabela 3.1.1 - Exemplo de tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Formaldeído

| Escola básica do 1º ciclo do Refúgio | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------------|
| Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira | | Quarta-feira | | Sexta-feira | |
| | 02/05/2016 | | 04/05/2016 | | 06/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | 0,01 | 0,00 |
| | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | | |
| Média | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | 0,01 | 0,00 |
| Sala RE1 | 0,01 | 0,08 | 0,09 | | 0,08 | |
| | 0,03 | 0,05 | 0,13 | | 0,08 | |
| | 0,03 | 0,03 | 0,11 | | | |
| Média | 0,02 | 0,05 | 0,11 | | 0,05 | 0,00 |
| Sala RE2 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | | 0,09 | |
| | 0,15 | 0,08 | 0,19 | | 0,09 | |
| | 0,15 | 0,08 | 0,16 | | | |
| Média | 0,15 | 0,10 | 0,17 | | 0,09 | 0,00 |
| Sala RE3 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | | 0,10 | |
| | 0,07 | 0,10 | 0,13 | | 0,10 | |
| | | | | | | |
| Média | 0,08 | 0,10 | 0,12 | | 0,10 | 0,00 |

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento PPM formaldeído htV-m (Figura 3.1.2), onde através deste podemos efetuar medições com precisão de concentrações de formaldeído em partes por milhão (ppm) e mg/m³ numa faixa ampla de humidade e temperatura.



Figura 3.1.2 - Equipamento PPM utilizado na leitura de formaldeído

3.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

O CO₂ não é designado um gás prejudicial por natureza ao ser humano, não tendo componentes tóxicos sendo a sua principal fonte oriunda da respiração normal do ser humano mas também de outros processos, como o fumo do tabaco, processos de combustão, trânsito automóvel ou Indústrias.

No nosso caso de estudo, em edifícios escolares é bastante importante estudar e analisar os dados recolhidos quanto aos valores de CO₂ presentes nas salas de aula visto que o dióxido de carbono, é perigoso quando as suas concentrações numa determinada área são de valores consideráveis começando a substituir o oxigénio. As concentrações de dióxido de carbono (CO₂) tendem a aumentar durante o dia, dependendo das horas do dia. Os valores excessivos podem provocar náuseas, vômitos, asfixia ou até mesmo hemorragias gastrointestinais.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de CO₂ passou pela leitura no exterior da sala e no interior da mesma sendo esta feita com as portas fechadas, durante os intervalos das aulas em períodos de 1 em 1 minuto num total de 5 min valores pontuais de CO₂ sendo o procedimento repetido em várias alturas do dia, da parte da manhã e da parte da tarde, com diferentes tipos de ocupação, chegando mesmo a medir os valores de CO₂ em diferentes dias como indica na (Figura 3.2.1) para termos uma base de comparação maior.

| Escola básica do 1º ciclo do Rodrigo | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------------|
| Medições CO ₂ - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira | | Quarta-feira | | Sexta-feira | |
| | 09/05/2016 | | 11/05/2016 | | 13/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua | 299 | 290 | 298 | | 299 | 302 |
| | 294 | 291 | 312 | | 297 | 299 |
| | 292 | 291 | 298 | | 298 | 297 |
| | 293 | 291 | 297 | | 298 | 297 |
| | 294 | 290 | 299 | | 303 | 297 |
| Média | 294 | 291 | 301 | | 299 | 298 |
| Sala R1A | 3402 | 1607 | 2701 | | 1869 | 2524 |
| | 3188 | 1539 | 2601 | | 1682 | 2390 |
| | 3120 | 1450 | 2613 | | 1629 | 2146 |
| | 3086 | 1384 | 2568 | | 1515 | 2077 |
| | 3022 | 1319 | 2451 | | 1502 | 2068 |
| Média | 3164 | 1460 | 2587 | | 1639 | 2241 |
| Sala R2B | 2371 | 2687 | 2753 | | 2546 | 2260 |
| | 2340 | 2632 | 2634 | | 2440 | 2194 |
| | 2328 | 2598 | 2444 | | 2375 | 2193 |
| | 2324 | 2533 | 2395 | | 2362 | 2169 |
| | 2316 | 2505 | 2337 | | 2280 | 2144 |
| Média | 2336 | 2591 | 2514 | | 2401 | 2192 |
| Sala 5 | 3025 | 4148 | 2903 | | 2772 | 3414 |
| | 3112 | 4155 | 2885 | | 2765 | 3357 |
| | 3055 | 4042 | 2854 | | 2757 | 3355 |
| | 3070 | 3981 | 2821 | | 2676 | 3274 |
| | 3076 | 3829 | 2860 | | 2645 | 3310 |
| Média | 3068 | 4031 | 2865 | | 2723 | 3342 |

Figura 3.2.1 - Exemplo de tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de CO₂

É recomendável uma taxa mínima de ventilação de 10l/s por pessoa para assegurar uma boa qualidade do ar interior. No que à regulamentação Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RECS para novos edifícios é de 1250 ppmv.

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento TSI - 9565-P Velocicalc (Figura 3.2.2) foi possível efetuar medições das quantidades de CO2 existentes em cada sala.



Figura 3.2.2 - Sonda Multifunções 9565-P Velocicalc

3.3 Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás altamente prejudicial ao ser humano, tratando-se de um gás tóxico podendo provocar vários efeitos negativos para a saúde dos humanos principalmente afetando-o no seu trabalho, prejudicando-lhe a sua visão, tendo influência na sua destreza motora e psicológica, podendo levar mesmo até à sua morte. A principal característica do modo operacional deste gás é a redução do transporte do oxigénio para as células do corpo através da sua combinação com a hemoglobina no sangue. Este gás tem origem de processos de combustão, bem como o fumo do tabaco ou até mesmo do tráfego dos automóveis e de indústrias.

No nosso caso de estudo, em edifícios escolares é bastante importante estudar e analisar os dados recolhidos quanto aos valores de CO presentes nos edifícios, mas principalmente no interior das salas de aula onde se encontram as crianças praticamente quase todo o tempo.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de CO foi a leitura dos valores continuamente durante duas semanas, sendo o aparelho colocado a uma sexta-feira iniciando a leitura de CO durante as duas semanas seguintes, sendo retirado no dia de sexta-feira da última semana. A (Figura 3.3.1) exemplifica o tratamento dos dados recolhidos de CO, em tabela, indicando apenas um excerto de 22 dados correspondente ao dia 02/04/16, de 260 recolhidos no total.

| Numero de Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|--------------------|------------------|---------|
| 1 | 02/04/2016 00:00 | 0 |
| 2 | 02/04/2016 00:05 | 0 |
| 3 | 02/04/2016 00:10 | 0 |
| 4 | 02/04/2016 00:15 | 0 |
| 5 | 02/04/2016 00:20 | 0 |
| 6 | 02/04/2016 00:25 | 0 |
| 7 | 02/04/2016 00:30 | 0 |
| 8 | 02/04/2016 00:35 | 0 |
| 9 | 02/04/2016 00:40 | 0 |
| 10 | 02/04/2016 00:45 | 0 |
| 11 | 02/04/2016 00:50 | 0 |
| 12 | 02/04/2016 00:55 | 0 |
| 13 | 02/04/2016 01:00 | 0 |
| 14 | 02/04/2016 01:05 | 0 |
| 15 | 02/04/2016 01:10 | 0 |
| 16 | 02/04/2016 01:15 | 0 |
| 17 | 02/04/2016 01:20 | 0 |
| 18 | 02/04/2016 01:25 | 0 |
| 19 | 02/04/2016 01:30 | 0 |
| 20 | 02/04/2016 01:35 | 0 |
| 21 | 02/04/2016 01:40 | 0 |
| 22 | 02/04/2016 01:45 | 0 |

Figura 3.3.1 - Exemplo de tabela parcial referente à tabela de valores de CO

No que à norma Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RECS é de 10 mg/m³.

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento Easylog EL-USB (Fig 3.3.2) foi possível efetuar medições das quantidades de CO existentes em cada sala.



Figura 3.3.2 - Equipamento Easylog EL-USB para leituras de CO

3.4 COV´s

Os compostos voláteis cov´s são provenientes dos materiais usados no revestimento dos pavimentos, do mobiliário, dos produtos de limpeza, dos materiais de isolamento e colas entre outros. Como o nome indica são abrangidos mais do que um composto fazendo parte desta classificação todos os compostos que possuem pontos de ebulição entre os 50 °C e os 260 °C, sendo por si complicado a sua avaliação na totalidade devido ao elevado número de compostos voláteis, porém devido a esta dificuldade de classificação individual criou-se um parâmetro que engloba todos os cov´s detetados. Os efeitos que podem causar no humano depende muito quais dos compostos estão presentes como por exemplo: [5]

- Composto (2-(2-butoxi)etanol) - os efeitos causados vão ser ao nível da pele
- Composto (2 -etoxietanol)- os efeitos vão surgir ao nível da reprodução
- Composto (Benzeno) - os efeitos são carcinogéneos (leucemia entre outros)
- Composto (aldeído) - efeitos a nível da garganta, olhos , nariz
- Composto (Hexano, tolueno) - efeitos a nível do sistema nervoso

Podemos concluir então que os cov´s mesmo em concentrações inferiores aos valores limites podem ser bastante desconfortáveis desde causadores de stress, desconforto térmico para além da irritação natural, isto provocado apenas pela exposição entre 0.3 a 3 mg/m³, sendo que as pessoas asmáticas são mais vulneráveis, podendo reagir a níveis de concentração mais baixos que o normal, sendo assim necessário ter uma preocupação acrescida no controle de exposição de cov´s.

No que à norma Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RECS é de 600 ug/m³, fazendo parte vários compostos desde os Alcanos. Aldeídos a Hidrocarbonetos insaturados entre outros.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores dos compostos voláteis cov´s passou pela leitura no exterior da sala e no interior da mesma, durante os intervalos das aulas em períodos de 1 em um minuto num total de 5 min valores pontuais de cov´s, sendo o procedimento repetido em várias alturas do dia, da parte da manhã e da parte da tarde, com diferentes tipos de ocupação, chegando mesmo a medir os valores de cov´s em diferentes dias para uma base de comparação maior, como exemplifica a (Tabela 3.4.1).

Tabela 3.4.1 - Exemplo de tabela referente a valores de cov's

| Escola básica do 1º ciclo do Refúgio | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------------|
| Medições COV's - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira | | Quarta-feira | | Sexta-feira | |
| | 02/05/2016 | | 04/05/2016 | | 06/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| Média | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| Sala RE1 | 0,41 | 0,03 | 0,22 | | 0,27 | 0,3 |
| | 0,35 | 0,03 | 0,21 | | 0,27 | 0,3 |
| | 0,37 | 0,01 | 0,21 | | 0,27 | 0,3 |
| | 0,35 | 0 | 0,2 | | 0,28 | 0,3 |
| | 0,37 | 0 | 0,19 | | 0,29 | 0,3 |
| Média | 0,37 | 0,01 | 0,21 | | 0,28 | 0,30 |
| Sala RE2 | 0,26 | 0,12 | 0,4 | | 0,28 | 0,25 |
| | 0,26 | 0,11 | 0,42 | | 0,29 | 0,25 |
| | 0,25 | 0,1 | 0,43 | | 0,29 | 0,26 |
| | 0,25 | 0,1 | 0,42 | | 0,3 | 0,27 |
| | 0,24 | 0,09 | 0,42 | | 0,31 | 0,27 |
| Média | 0,25 | 0,10 | 0,42 | | 0,29 | 0,26 |
| Sala RE3 | 0,25 | 0 | 0,28 | | 0,29 | 0,25 |
| | 0,25 | 0 | 0,28 | | 0,29 | 0,26 |
| | 0,24 | 0 | 0,27 | | 0,3 | 0,26 |
| | 0,24 | 0 | 0,26 | | 0,31 | 0,27 |
| | 0,23 | 0,01 | 0,24 | | 0,32 | 0,27 |
| Média | 0,24 | 0,00 | 0,27 | | 0,30 | 0,26 |

Equipamento Utilizado

O equipamento utilizado na recolha de dados no exterior e no interior referentes aos (cov's) foi a sonda Multifunções 9565-P Velocicalc como se ilustra nas figuras anteriores (Figura 3.4.1 e Figura 3.4.2).



Figura 3.4.1 - Leitura de cov's no exterior do edifício



Figura 3.4.2 - Leitura de cov's no interior do edifício

3.5 Radão (Rn)

O radão é proveniente de solos que contêm urânio e granito, trata-se por tanto de um poluente com elevado perigo para a saúde quando atinge níveis altos dentro dos edifícios, uma vez que os níveis de radão são relativamente baixos no exterior.

No estudo das soluções para reduzir a contaminação radioativa provocada pelo radão no interior das habitações é de grande importância compreender: [16]

- Os fenómenos físicos da transformação atómica do urânio [^{238}U] até ao radão [^{222}Rn] e dos seus descendentes até se transformar em chumbo [^{206}Pb];
- A distribuição mineralógica destes elementos radioativos nas litologias geológicas e os fenómenos de mineralização secundária responsáveis pelas elevadas concentrações que se verificam em alguns locais das estruturas dos maciços graníticos ou das zonas de contacto com rochas sedimentares em que ocorrem estas mineralizações;
- Os processos de emanação, de migração, de difusão do radão no solo e deste para a atmosfera e para o interior dos edifícios
- A influência do clima (temperatura, vento e chuva) nos processos de emanação, de migração e de difusão do radão para o interior dos edifícios
- A influência do tipo de arquitetura dos edifícios, da sua relação com o solo e dos sistemas construtivos utilizados, nas taxas de concentração observadas no interior;
- A relação entre os sistemas de ventilação, taxas de renovação do ar e as concentrações de radão verificadas no interior dos edifícios;
- A relação entre a radiação externa natural, a estrutura geológica, a concentração de radão no solo e as taxas de radão no interior dos edifícios.
- A eficiência das barreiras anti radão combinadas com os vários sistemas de ventilação.

Pode provocar cancro, mas sendo que em Portugal o RECS apenas organiza a sua pesquisa nos edifícios localizados em zonas graníticas como é o caso do distrito de Castelo Branco, pois a sua infiltração é principalmente feita através do solo ou das paredes, como exemplifica a (Figura 3.5.1).

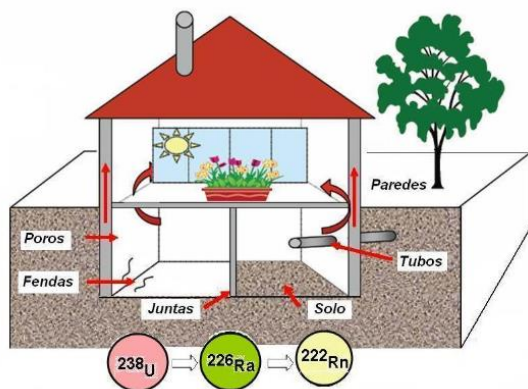


Figura 3.5.1 - Leitura de cov's no interior do edifício

No que à norma Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RSECE é de 400 Bq/m³, para edifícios novos.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de radão foi a leitura dos valores continuamente durante 180 dias, compreendidos entre 13/11/15 e 11/05/16 no interior das salas em estudo, apenas na escola Pêro da Covilhã. A (Tabela 3.5.1 exemplifica o método utilizado no tratamento de dados recolhidos, em tabela, referentes aos resultados obtidos no dia 13/11/15.

Tabela 3.5.1 - Exemplo de tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Radão

| Equipamento | Data inicio | Data de fecho | Dias | RAC (bq/m ³) |
|-------------|-------------|---------------|------|--------------------------|
| 225 119 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 60 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 62 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 48 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 58 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 61 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 38 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 58 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 11/05/2016 | 180 | 61 |

Equipamento Utilizado

O equipamento utilizado na recolha de dados no interior das salas referentes ao radão foi o medidor passivo de radão da Luseradon.

3.6 Humidade Relativa

A humidade relativa é um desencadeador da existência de microrganismos como bolores ou até mesmo ácaros nos edifícios, sendo que a exposição duradoura a valores desadequados poderá provocar problemas respiratórios aos seus ocupantes ou mesmo agravar os sintomas para aqueles que já sofram de asma, tosse ou outros problemas respiratórios.

A humidade relativa é mais suscetível de afetar as pessoas de idades inferiores a 14 anos, pelo que os cuidados a ter em edifícios escolares deverão ser redobrados visto que as crianças são mais sensíveis à existência de microrganismos, tentando desta forma que se tenha um maior controle na percentagem de humidade relativa dentro dos edifícios.

A temperatura interior e a humidade relativa estão de todo relacionadas, sendo que com valores aceitáveis de humidade relativa no interior (entre os 40% e os 60%) e uma temperatura relativamente elevada, faz com que os microrganismos sejam eliminados. Porém em locais onde a humidade relativa ultrapassa os 70%, o aumento da temperatura pode causar o crescimento destes microrganismos, piorando e muito o conforto interior e a saúde dos ocupantes.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de humidade relativa foi a leitura dos valores continuamente durante duas semanas, sendo o aparelho colocado a uma sexta-feira, iniciando a leitura de humidade relativa durante as duas semanas seguintes, sendo retirado no dia de sexta-feira da última semana. Este processo foi repetido para todas as salas de aula em estudo. Na Tabela 3.6.1 é exemplificado o modelo adotado no tratamento de dados referentes à humidade relativa, em tabela, do dia 02/04/16.

Tabela 3.6.1 - Exemplo de tabela referente ao modelo adotado de leituras de humidade relativa

| Número de Medições | Data / Hora | Humidade(%rh) |
|--------------------|------------------|---------------|
| 1 | 02/04/2016 00:00 | 53,5 |
| 2 | 02/04/2016 00:30 | 53,9 |
| 3 | 02/04/2016 01:00 | 54 |
| 4 | 02/04/2016 01:30 | 54,3 |
| 5 | 02/04/2016 02:00 | 54,7 |
| 6 | 02/04/2016 02:30 | 55,1 |
| 7 | 02/04/2016 03:00 | 55,1 |
| 8 | 02/04/2016 03:30 | 55,4 |
| 9 | 02/04/2016 04:00 | 55,4 |
| 10 | 02/04/2016 04:30 | 55,6 |
| 11 | 02/04/2016 05:00 | 55,8 |
| 12 | 02/04/2016 05:30 | 55,5 |
| 13 | 02/04/2016 06:00 | 55,9 |
| 14 | 02/04/2016 06:30 | 56,4 |
| 15 | 02/04/2016 07:00 | 56,3 |
| 16 | 02/04/2016 07:30 | 56,8 |
| 17 | 02/04/2016 08:00 | 57 |
| 18 | 02/04/2016 08:30 | 57,2 |
| 19 | 02/04/2016 09:00 | 57,1 |
| 20 | 02/04/2016 09:30 | 56,9 |

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento Easylog EL-GFX-2 (Figura 3.6.1), foi possível efetuar medições das quantidades de humidade relativa existente em cada sala, e verificar a sua evolução ao longo do dia e da semana.



Figura 3.6.1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2

3.7 Temperatura Interior

A temperatura no interior dos edifícios é um fator que têm de ser controlado visto que afeta diretamente desde o conforto dos ocupantes até à produtividade dos mesmos. A temperatura se for muito baixa ou muito alta poderá provocar desconforto e problemas de saúde nomeadamente problemas respiratórios e cardiovasculares. A temperatura de conforto interior deve variar entre os 20 e 25 °C e é importante que se mantenha dentro deste intervalo sem grandes variações. Porém em edifícios mais antigos existe uma dificuldade acrescida devido aos materiais usados no seu isolamento térmico, que provoca uma eficiência energética do edifício relativamente baixa.

Nos nossos casos de estudo tratando-se maioritariamente de edifícios antigos terá de ser ter um cuidado reforçado para tentar diminuir as perdas de calor, de modo a que a temperatura interior seja preservada tanto no inverno como no verão, o que significa garantir um bom isolamento térmico do interior para o exterior, e vice-versa, e também uma boa ventilação especialmente no período de verão em que as temperaturas são mais elevadas. No período de inverso a ventilação necessária deve ser controlada para evitar perdas térmicas exageradas.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores da temperatura ambiente foi o registo contínuo de valores durante duas semanas. Os aparelhos de medição foram colocados à sexta-feira, iniciando-se o registo das temperaturas durante as duas semanas seguintes e sendo retirados no dia de sexta-feira da última semana. Este processo foi repetido para todas as salas de aula em estudo. Na Tabela 3.7.1 é exemplificado o modelo adotado no tratamento de dados referentes à temperatura interior, em tabela, do dia 02/04/16.

Tabela. 3.7.1 - Exemplo de tabela referente ao modelo adotado de leituras de temperatura

| Número de Medições | Data / Hora | Temperatura(°C) |
|--------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 02/04/2016 00:00 | 19,2 |
| 2 | 02/04/2016 00:30 | 19,1 |
| 3 | 02/04/2016 01:00 | 18,9 |
| 4 | 02/04/2016 01:30 | 18,8 |
| 5 | 02/04/2016 02:00 | 18,7 |
| 6 | 02/04/2016 02:30 | 18,6 |
| 7 | 02/04/2016 03:00 | 18,5 |
| 8 | 02/04/2016 03:30 | 18,4 |
| 9 | 02/04/2016 04:00 | 18,3 |
| 10 | 02/04/2016 04:30 | 18,2 |
| 11 | 02/04/2016 05:00 | 18,1 |
| 12 | 02/04/2016 05:30 | 18 |
| 13 | 02/04/2016 06:00 | 18 |
| 14 | 02/04/2016 06:30 | 17,9 |
| 15 | 02/04/2016 07:00 | 17,8 |
| 16 | 02/04/2016 07:30 | 17,8 |
| 17 | 02/04/2016 08:00 | 17,8 |
| 18 | 02/04/2016 08:30 | 17,8 |
| 19 | 02/04/2016 09:00 | 17,8 |
| 20 | 02/04/2016 09:30 | 17,9 |

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento Easylog EL-GFX-2 (Figura 3.7.1), foi possível efetuar medições dos valores de temperatura ambiente registados em cada sala de aula.



Figura 3.7-1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2

3.8 Iluminação

“Existem duas formas de iluminação nos Edifícios: a iluminação natural e a iluminação artificial. Ambas podem proporcionar uma iluminação ambiente e uma iluminação específica centrada nas tarefas visuais. A primeira deve permitir um ambiente agradável e adequado às atividades correntes que não apelem de forma muito exigente à percepção visual - observação e deslocação. A segunda distingue-se pela possibilidade do desempenho das tarefas em que a visão é especialmente solicitada sem esforço e nem incómodo”. [17]

A iluminação é um fator importante para o conforto interior, principalmente em edifícios escolares visto que as condições de aprendizagem dos alunos nas salas de aula terão de ser feitas nas melhores das condições, uma das quais, as condições visuais. A incidência de luz natural nas salas de aula é de todo importante visto que proporciona aos ocupantes uma ampliação do campo de visão bem como uma acomodação visual diferente da luz artificial. Esta última também é importante nos edifícios nos momentos de incidência natural nula ou para compensar simplesmente a insuficiência da mesma, sendo necessário ter em especial atenção na utilização da luz artificial, a área a iluminar, bem como a finalidade e utilização do espaço.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de iluminação foi executado em três fases diferentes. A primeira destinou-se às leituras pontuais de iluminação com as persianas da sala fechadas e a luz artificial apagada, fazendo a leitura na fila junto às janelas, na fila do meio e na fila junto à porta de entrada. A segunda fase utilizou-se o mesmo modo operacional que a anterior, apenas alterando a condição da sala onde se procedeu à ligação das luzes artificiais. Numa última fase mantendo o mesmo modo operacional utilizado nas duas últimas, alterou-se novamente a condição da sala subindo as persianas e desligando a luz artificial. O objetivo desta nossa leitura é perceber se a incidência de luz natural é suficiente na sala ou se é necessário o auxílio da luz artificial, e se nos pontos onde esta está colocada se é eficiente ou não. Repetiu-se este método para todas as salas em estudo. Na Tabela 3.8.1 é ilustrado o método utilizado no tratamento de dados, em tabela, relativos à iluminação na sala A6 da escola Pêro da Covilhã, nomeadamente quanto às posições de leitura na sala bem como as condições em que é medida.

Tabela 3.8.1 - Tabela parcial relativa à recolha de dados de Iluminação nas salas de Aula

| nº da Sala : A6 | Data: 18 /11/15 | Posições (LUX) | | |
|---|-----------------|----------------|-------|-------|
| Persianas corridas e luz apagada | | Frente | Meio | Atrás |
| Fila da janela | | 286 | 294 | 277 |
| Fila do meio | | 116 | 134 | 168 |
| Fila da porta | | 52 | 55 | 115 |
| Persianas corridas e luz ligada | | | | |
| Fila da janela | | 562 | 519 | 617 |
| Fila do meio | | 462 | 329 | 460 |
| Fila da porta | | 265 | 255 | 365 |
| Persianas subidas e luz apagada | | | | |
| Fila da janela | | 32900 | 30990 | 2505 |
| Fila do meio | | 840 | 890 | 1450 |
| Fila da porta | | 367 | 450 | 634 |

Equipamento Utilizado

O Equipamento utilizado nas medições da intensidade da luz foi o aparelho da Testo 540 (Figura 3.8.1).



Figura 3.8.1 - Aparelho da Testo 540

3.9 Termografia

A termografia é um processo que nos permite determinar e representar graficamente a distribuição da temperatura das superfícies dos edifícios sem necessidade de contato direto com os mesmos, detetando a existência de incoerências nos padrões de temperatura dos elementos constituintes da construção, indicando deste modo a existência ou não de problemas.

Deste modo pretendemos identificar os pontos singulares da envolvente podendo assim determinar as potenciais perdas de calor da sala devido ao mau isolamento ou simplesmente construção inadequada para a prática da função de sala de aula onde nesta os alunos deverão ter todas as condições nomeadamente no inverno.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores através da termografia foi posicionado a câmara termográfica no exterior e interior das salas, como ilustra a (Figura 3.9.1), numa tentativa de identificar os pontos de perdas térmicas, infiltrações, humidades e temperatura das salas.



Figura 3.9.1 - Representação do programa utilizado Testo para tratamento de dados termográficos

Equipamento Utilizado

O equipamento utilizado no estudo da termografia foi a câmara termográfica Testo 885 (Figura 3.9.2).

As principais características técnicas do equipamento são as seguintes:

- Intervalo de medição -30 a $+100$ °C; 0 a $+350$ °C (selecionável); 0 a $+650$ °C (selecionável)
- Sensibilidade térmica < 30 mK a $+30$ °C
- Exatidão de temperaturas ± 2 °C, $\pm 2\%$ do v.m.
- Resolução infravermelha 320×240 pixels
- Resolução máxima 640×480 pixels



Figura 3.9.2 - Câmara Termográfica Testo 885

3.10 Tempo de Reverberação

A acústica dos edifícios entende-se pelo estudo da propagação do ruído. A exposição ao ruído no interior de um edifício pode provocar aos seus ocupantes graves problemas de saúde, nomeadamente a nível de perda de audição, a efeitos psicológicos, ao aumento de stress entre outros. É muito importante criar condições adequadas de reverberação interior para garantir uma adequada inteligibilidade da palavra nomeadamente numa situação de sala de aula onde é muito importante que os alunos tenham uma receção adequada dos ensinamentos que estão a ser transmitidos.

Existem vários tipos de ruído visto que podem existir várias fontes de onde é produzido, diferenciando-se entre si pela pressão sonora, dependendo das características da sua fonte e também das características da envolvente, sobretudo de reflexão, absorção e transmissão.

No estudo da acústica aplicada é frequente considerarem-se dois tipos de situações distintas sendo o primeiro considerado o mais importante no âmbito dos nossos casos de estudo: [18]

- 1) O estudo da propagação sonora em espaços fechados, que pode, por sua vez, ser subdividido em três áreas:
 - a) O estudo da propagação do som no interior de um espaço fechado, frequentemente denominado de condicionamento acústico interior, que depende sobretudo da geometria do espaço, do tipo de revestimentos interiores e do recheio (mobiliário e ocupação). Este estudo visa controlar o som produzido e propagado no interior de um determinado espaço fechado, de modo à obtenção de um ambiente acústico adequado ao seu volume e às suas funções.
 - b) Estudo da propagação de sons aéreos entre dois espaços, normalmente denominado isolamento sonoro, que depende preferencialmente da massa e da estanquidade dos vários elementos que separam os dois locais.
 - c) O estudo da propagação do som por via sólida, de sons ou ruídos de percussão, provenientes de choques ou de outras solicitações mecânicas aplicadas diretamente nos elementos de construção, que depende essencialmente do tipo de estrutura do edifício, da ligação entre elementos de compartimentação e das características do local de aplicação da solicitação.
- 2) Estudo da propagação sonora no exterior, quer na perspetiva da proteção dos edifícios (do exterior para o interior), quer na perspetiva da minimização dos níveis de ruído

transmitidos para o exterior (em relação a fontes do edifício existentes no exterior ou em relação a fontes no interior do edifício, considerando a própria radiação dos elementos envolventes do edifício).

O segundo caso descrito não tem um cariz importante pois os nossos casos de estudo localizam-se em zonas relativamente tranquilas, não sendo o efeito do ruído exterior predominante. Já o estudo do comportamento acústico interior se reveste do maior interesse para o nosso trabalho. Os dados recolhidos neste caso podem ser avaliados quanto ao seu valor, segundo as curvas isofónicas como ilustra a (Figura 3.10.1).

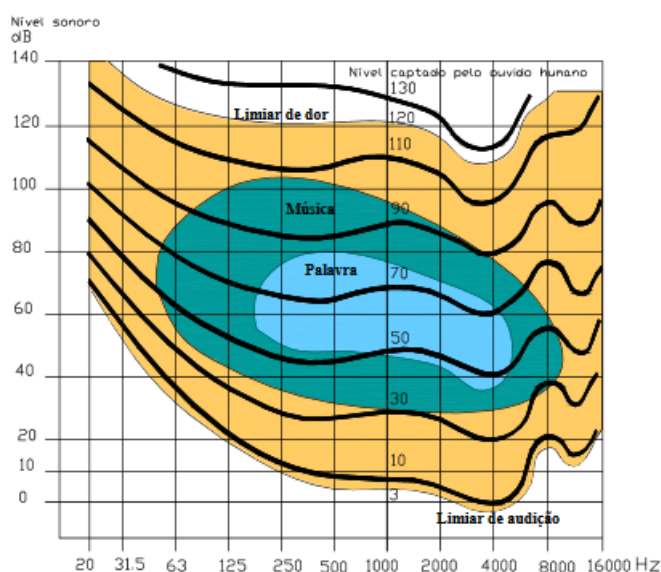


Figura 3.10.1 - Curvas de igual sensação sonora (isofónicas) / Superfície de audição [18]

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para o estudo da acústica foi seguido pelo procedimento operativo da avaliação do tempo de reverberação nas salas de aula onde nomeadamente foram seguidos os seguintes passos:

- 1º Foi calculada a área e o volume das salas com as respetivas distâncias em planta;
- 2º Foram marcadas com giz no chão as 2 posições distintas da fonte sonora, ficando sempre estas a uma distância mínima de 1,5 m das paredes, como ilustra a (Figura 3.10.2);
- 3º Foram marcadas as 6 posições do microfone, com uma distância mínima de 1,0 m das paredes;
- 4º Foi colocada a fonte sonora na posição TR1 e o microfone na posição nº1, estando este colocado a uma distância mínima de 2 metros do pavimento;

- 5º Foi iniciado a emissão sonora durante 3 segundos com a leitura na posição nº1 do microfone;
- 6º Foi-se alterando a posição do microfone pelas 5 posições, mantendo a posição da fonte sonora, procedendo assim à leitura de 6 valores para a posição TR1;
- 7º Alterou-se a posição da fonte sonora para a TR2 procedendo-se à leitura das 6 posições distintas do microfone.

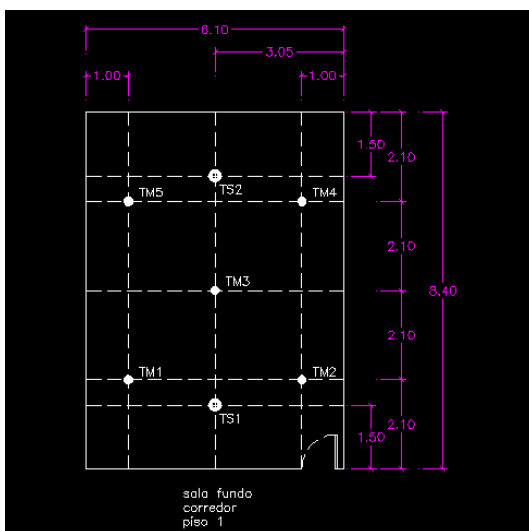


Figura 3.10.2 - Modelo tipo da colocação da Torre e Microfone

Equipamento Utilizado

O equipamento utilizado para a realização dos testes acústicos foi o sonómetro analisador espectral CESVA SC310 (Figura 3.10.3), um alta voz omnidirecional e amplificador/gerador de ruído AP601 CESVA FP 121 (Figura 3.10.4), e um portátil.



Figura 3.10.3 - Sonómetro analisador



Figura 3.10.4 - Amplificador AP601
CESVA FP 121

4. Casos de Estudo

4.1 Descrição Geral do Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã

4.2 Escola Pêro da Covilhã

4.2.1 Sala A1

4.2.2 Sala A5

4.2.3 Sala A6

4.2.4 Sala A8

4.2.5 Sala A26

4.2.6 Sala A25

4.3 Escola de Santo António

4.3.1 Sala SA2

4.3.2 Sala SA4

4.4 Escola do Rodrigo

4.4.1 Sala R1A

4.4.2 Sala R2B

4.4.3 Sala A5

4.5 Escola do Refúgio

4.5.1 Sala RE1

4.5.2 Sala RE2

4.5.3 Sala RE3

4.1 Descrição Geral do Agrupamento de Escolas da Pêro da Covilhã

O Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã foi constituído no ano letivo de 2003/2004. A Sede do Agrupamento de Escolas é a escola básica do 2.º ciclo Pêro da Covilhã localizada na rua Dr. Manuel Castro Martins, Covilhã, ilustrada na (Figura 4.1.1).



Figura 4.1.1 - Imagem de Satélite da Localização da Escola Pêro da Covilhã

O Agrupamento de Escolas engloba:

- Oito jardins-de-infância dos quais o jardim-de-infância do Rodrigo, jardim-de-infância de S. Silvestre, jardim-de-infância de Santo António, jardim-de-infância do Refúgio, jardim-de-infância da Boidobra, jardim-de-infância de Peraboa e o jardim de infância A Lã e a Neve.
- Oito Escolas Básicas do 1.º Ciclo das quais a escola EB de S. Silvestre, EB do Rodrigo, EB do Refúgio, EB de Santo António, EB A Lã e a Neve, EB da Boidobra, EB Jardim - Ferro e a escola EB D. M^a Amália de Vasconcelos em Peraboa.
- Uma Escola Básica do 2º Ciclo - a escola EB Pêro da Covilhã

Tendo em conta a localização dos estabelecimentos do Agrupamento e os dados populacionais do Censo de 2001, pode afirmar-se que o Agrupamento Vertical de Escolas Pêro da Covilhã serve uma população residente de cerca de 20 860 pessoas e 9 069 famílias.

4.2 Escola Pêro da Covilhã

A Escola Básica Pêro da Covilhã está situada na Rua Dr. Manuel Castro Martins, antiga estrada do campo de aviação, na zona de expansão da cidade. O terreno onde está implantada é acidentado o que dificulta a circulação entre os diferentes níveis de cota, como ilustrado na (Figura 4.2.2).

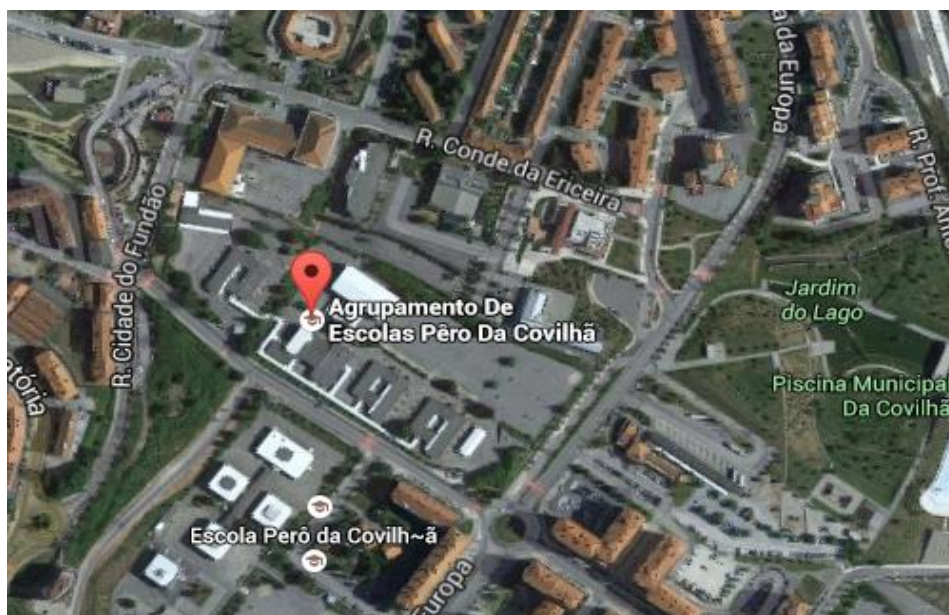


Figura 4.2.1 - Imagem de Satélite da Escola Pêro da Covilhã



Figura 4.2.2 - Imagem identificativa da Escola Pêro da Covilhã

O seu espaço escolar é limitado a:

- **Norte:** Serviço S.M.A.S. e parque de estacionamento camarário;
- **Sul:** Rua Dr. Manuel Castro Martins (antiga Estrada Campo de Aviação);
- **Este:** Eixo T. C. T ;
- **Oeste:** Rua Cidade do Fundão.

A escola Pêro da Covilhã é um estabelecimento de ensino público com ano de construção em 1979. A sua ocupação é exclusivamente escolar constituído por sete pavilhões, nomeadamente o Pavilhão A, Pavilhão B, Pavilhão C, Pavilhão D, Pavilhão E, Pavilhão Polivalente e um Pavilhão Gimnodesportivo.

As aulas nesta escola funcionam nos pavilhões A, B e C que têm características iguais, tanto em espaços como no tipo de materiais de construção. Nesse sentido escolhemos 4 salas de aula do pavilhão A para este estudo e 2 salas de música pertencentes ao pavilhão D.

O pavilhão A é constituído por um hall de entrada, duas casas de banho, uma sala de professores, cinco salas de aula normais, duas salas de educação visual e tecnologia com as respetivas arrecadações e uma sala de ciências da natureza e a respetiva arrecadação.

Para o nosso estudo escolhemos a sala de ciências da natureza (sala A1), uma das salas de EVT (sala A6) e duas salas normais de aulas (sala A5 e sala A8), já que estas diferem na orientação, na época de construção, nas dimensões, e nas características dos materiais de revestimento, e por certo nos poderão dar informações uteis para o nosso estudo.

A capacidade de alunos nestas salas é de 30 alunos englobando todas as salas vinte carteiras, uma secretaria do professor e armários. Todas as salas do pavilhão A têm o mesmo tipo de revestimento no teto, (aglomerado negro de cortiça), a caixilharia é toda em alumínio anodizado com vidro simples. O pavimento é revestido por tacos de madeira e nas zonas de entrada por mosaico cerâmico retangular de cor vermelha. As portas interiores da sala são em aglomerado de madeira e as exteriores em alumínio anodizado com vidro simples.

Estas salas têm uma ocupação diária de 8 horas, com início das aulas às 8:30 h e com o seu término pelas 17:50 h, com intervalos de 10 minutos após cada bloco de 90 minutos, e período de almoço entre as 13:20h e as 14:30h.

No âmbito do nosso estudo foram também escolhidas duas salas do pavilhão D, salas de música, sendo estas diferentes das restantes escolhidas no pavilhão A, a nível de dimensão e de materiais de revestimento.

A capacidade de alunos nestas salas é de 30 alunos, contendo ambas as salas 20 carteiras, uma secretaria do professor, armários e instrumentos musicais.

As salas são compostas por um teto falso com placas de lã de rocha sendo a sua caixilharia de alumínio com vidro simples.

O pavimento é flutuante com revestimento a película de madeira e as portas das salas são em caixilharia de alumínio anodizado e vidro simples com saída direta para um pequeno telheiro.

Estas salas têm uma ocupação diária de 8 horas, com início das aulas às 8:30 h e seu término pelas 17:50 h, com intervalos de 10 minutos após cada bloco de 90 minutos e período de almoço entre as 13:20 h e as 14:30h.

4.2.1 Sala de Aula A1

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se a ter duas fachadas envidraçadas perpendiculares em contacto com o exterior sendo uma localizada a Noroeste e outra a Sudoeste como ilustrado na (Figura 4.2.1.1), com grande incidência solar permitindo deste modo comparar os dados recolhidos com as restantes salas escolhidas. Nas (Figuras 4.2.1.2 e 4.2.1.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.

As áreas e volumes das salas em estudo são todas diferentes uma das outras, sendo cada uma analisada de forma singular e única.



Figura 4.2.1.1 - Localização por satélite referente ao Bloco A onde se localiza a Sala A1



Figura 4.2.1.2 - Exterior da Sala A1

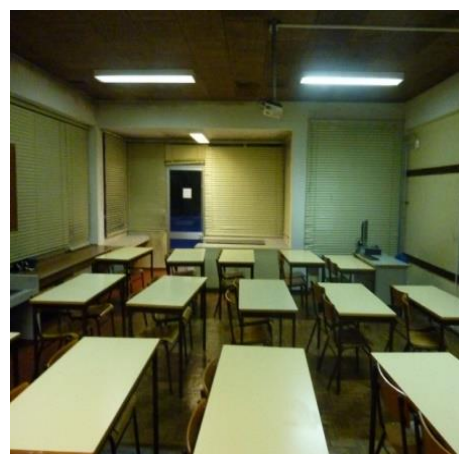


Figura 4.2.1.3 - Interior da sala A1

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.2.1.4).

| Escola Pêro da Covilhã | | |
|---------------------------|---|--|
| Sala A1 | | |
| Área | 57,43 m ² | |
| Pé direito livre | 3,04 m | |
| Volume | 174,58 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Painéis de aglomerado negro de cortiça | |
| Piso | Tacos de Madeira e mosaico cerâmicos retangular de cor vermelha nas zonas de entrada da sala | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 10 | Janelas em caixilharia de alumínio anodizado de cor cinzenta com vidro simples de espessura 6 mm, incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala |
| Elementos de Sombreamento | 10 | Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm |
| | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em alumínio anodizado incluindo vidro simples de 6mm |
| Pontos de Iluminação | Características | |
| | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Número de Alunos | 30 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 67% | |
| Número de Carteiras | 19 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 42 | |
| Outras Fontes de Calor | 1 Projetor / 4 radiadores de Parede | |

Figura 4.2.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala A1

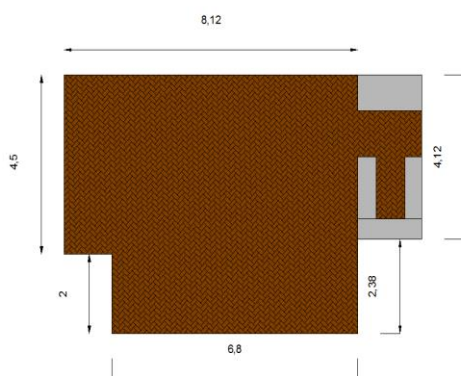


Figura 4.2.1.5 - Imagem em planta da sala A1



Figura 4.2.1.6 - Estores metálicos



Figura 4.2.1.7 - Janelas em alumínio exteriores

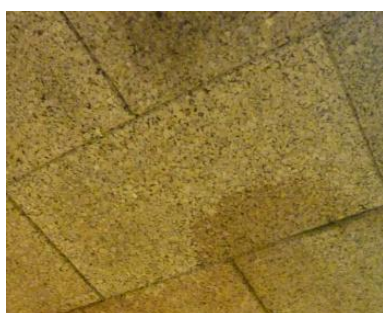


Figura 4.2.1.8 - Painéis de cortiça

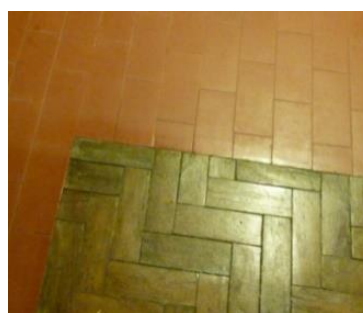


Figura 4.2.1.9 - Tacos de madeira e mosaico



Figura 4.2.1.10 - Porta exterior em alumínio

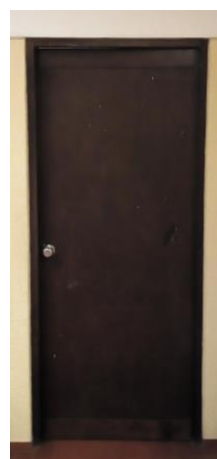


Figura 4.2.1.11 - Porta Interior em Madeira



Figura 4.2.1.12 - Luminárias

4.2.2 Sala de Aula A5

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo representada na (Figura 4.2.2.1) deveu-se principalmente à sua área, sendo a sala com maior área do nosso estudo, visto englobar um espaço de aula e um espaço de apoio para trabalhos manuais. A sala encontra-se dividida fisicamente por armários e tem duas portas de contato com o exterior, uma das quais dá acesso a um pátio interior. Devido à sua configuração e dimensão é de especial interesse confirmar as condições de iluminação e condicionamento acústico interior. Nas (Figuras 4.2.2.2 e 4.2.2.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.2.2.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a sala A5



Figura 4.2.2.2 - Exterior da sala A5



Figura 4.2.2.3 - Interior da sala A5

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.2.2.4).

| Escola Pêro da Covilhã | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala A5 | | |
| Área | 107,623 m ² | |
| Pé direito livre | 3,04 m | |
| Volume | 327,17 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Painéis de aglomerado negro de cortiça | |
| Piso | Tacos de madeira e mosaico cerâmico rectangular de cor vermelha na zonas de entrada da sala | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 10 | Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da Sala |
| Elementos de Sobreamento | 10 | Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm |
| | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 2 | Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm |
| Pontos de Iluminação | Características | |
| | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Características | |
| | Número | Características |
| | 2 | Armários em madeira |
| Número de Alunos | 30 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 73% | |
| Número de Carteiras | 22 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 48 | |
| Outras Fontes de Calor | 1 Projector / 4 radiadores de Parede | |

Figura 4.2.2.4 - Tabela de caraterísticas da sala A5

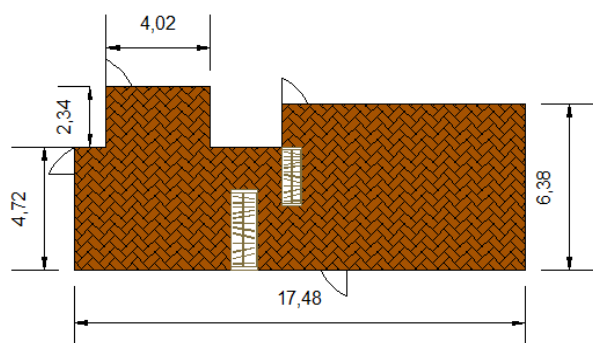


Figura 4.2.2.5 - Imagem em planta da sala A5



Figura 4.2.2.6 - Armários em madeira

4.2.3 Sala de Aula A6

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se a ter duas fachadas envidraçadas perpendiculares em contacto com o exterior identicamente à sala A1, sendo no entanto localizada uma Nordeste e outra a Sudeste, o que torna um dado válido para comparação de valores de iluminação, juntamente com a análise as restantes salas. Outro dos factores foi pelo facto de se situar na extremidade do edifício e com três ligações, uma para o exterior, duas para o interior, sendo estas de ligação a outras salas de aula, o que é interessante comparar os valores a nível de tempo de reverberação. Nas (Figuras 4.2.3.2 e 4.2.3.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.2.3.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a Sala A6



Figura 4.2.3.2 - Exterior da Sala A6



Figura 4.2.3.3 - Interior da Sala A6

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.2.3.4).

| Escola Pêro da Covilhã | | |
|---------------------------|---|---|
| Sala A6 | | |
| Área | 64,68 m ² | |
| Pé direito livre | 3,04 m | |
| Volume | 196,61,58 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Painéis de aglomerado negro de cortiça | |
| Piso | Tacos de madeira e mosaico retangular de cor vermelha nas zonas de entrada da sala | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 8 | Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da Sala |
| | 1 | Floreira envidraçada com 1 vidro de (4 x 2)m e 2 vidros de (1 x2) em ambos os lados com 6mm de espessura |
| 1 | Janela circular de raio 80 cm com 6mm de espessura | |
| Elementos de Sombreamento | 10 | Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm |
| | 1 | Porta em aglomerado de madeira de espessura de 4cm incluindo envidraçado de 4mm |
| | Exteriores | |
| Número | Características | |
| 1 | Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm | |
| Pontos de Iluminação | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Número de Alunos | 30 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 82% | |
| Número de Carteiras | 23 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 43 | |
| Outras Fontes de Calor | 1 Projetor / 4 radiadores de Parede | |

Figura 4.2.3.4 - Tabela de caraterísticas da sala A6

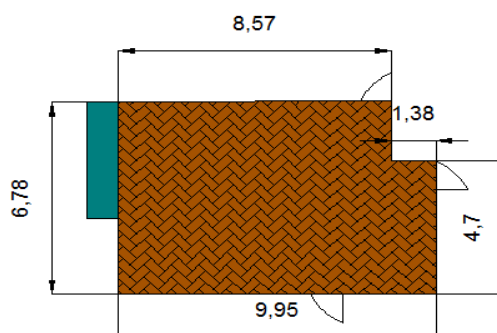


Figura 4.2.3.5 - Imagem em planta da sala A6



Figura 4.2.3.6 - Floreira



Figura 4.2.3.7 - Janela circular



Figura 4.2.3.8 - Porta interior incluindo envidraçado

4.2.4 Sala de Aula A8

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de a sua fachada envidraçada ser orientada a Este, como ilustra a (Figura 4.2.4.1), sendo assim de todo o interesse para a comparação de resultados. Outro dos fatores deveu-se à sua localização no próprio bloco A, visto ter ligação com o hall de entrada onde se inserem as casas de banho do edifício. Esta sala a Noroeste tem ligação com o pátio interior, a Nordeste com uma sala de aula, a Sudoeste o hall de entrada e a Este o pátio exterior, sendo assim a sala com mais ligações comparativamente com as anteriores referidas. Nas (Figuras 4.2.4.2 e 4.2.4.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.2.4.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde se localiza a sala A8



Figura 4.2.4.2 - Exterior da sala A8



Figura 4.2.4.3 - Interior da sala A8

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.2.4.4).

| Escola Pêro da Covilhã | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala A8 | | |
| Área | 108,88 m ² | |
| Pé direito livre | 3,04 m | |
| Volume | 331,00 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Painéis de aglomerado negro de Cortiça | |
| Piso | Tacos de madeira e mosaico rectangular de cor vermelha na zonas de entrada da sala | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 9 | Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala |
| 1 | Floreira envidraçada com 1 vidro de (4 x 2)m e um vidro de (1 x2) em um dos lados com 6mm de espessura | |
| Elementos de Sobreamento | 11 | Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm |
| | 1 | Porta em aglomerado de madeira de espessura de 4cm incluindo envidraçado de 4mm |
| | Exteriores | |
| Número | Características | |
| 1 | Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm | |
| Pontos de Iluminação | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Número de Alunos | 30 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 93% | |
| Número de Carteiras | 25 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 47 | |
| Outras Fontes de Calor | 1 Projector / 4 radiadores de Parede | |

Figura 4.2.4.4 - Tabela de caraterísticas da sala A8

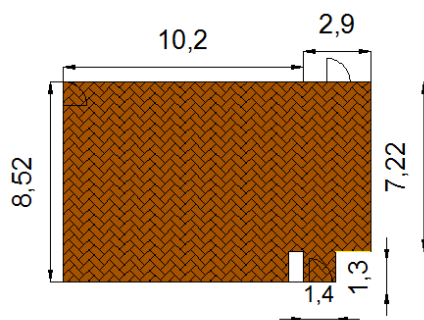


Figura 4.2.4.5 - Imagem em planta da sala A8

4.2.5 Sala de Aula A26

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de se localizarem num pavilhão com características construtivas diferentes e tendo as salas como finalidade a lecionação de aulas de música e por essa razão apresentar materiais de revestimento aparentemente apropriados. Esta sala apresenta uma fachada envidraçada orientada a sul, sendo compreendida entre duas salas de aulas a A 25 e a A 27 como ilustra a (Figura 4.2.5.1). Nas (Figuras 4.2.5.2 e 4.2.5.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.

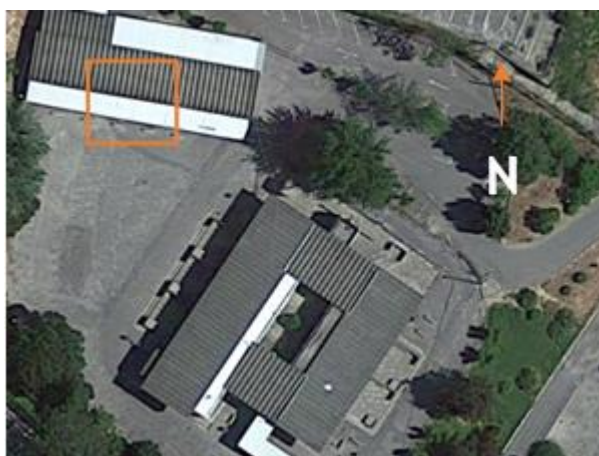


Figura 4.2.5.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde se localiza a sala A26



Figura 4.2.5.2 - Exterior da Sala A26



Figura 4.2.5.3 - Interior da Sala A26

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.2.5.4).

| Escola Pêro da Covilhã | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala A26 | | |
| Área | 52,67 m ² | |
| Pé direito livre | 3,08 m | |
| Volume | 162,23 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 11 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Teto falso com painéis amovíveis de gesso cartonado e manta de lã de vidro | |
| Piso | Pavimento flutuante com revestimento em película de madeira | |
| Exteriores | | |
| Janelas | Número | Características |
| | 4 | Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala |
| Elementos de Sobreamento | 4 | Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege |
| Exteriores | | |
| Portas | Número | Características |
| | 1 | Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm |
| Pontos de Iluminação | Número | Características |
| | 4 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Exteriores | |
| | 1 | Gradeamento em ferro cobrindo toda a zona envidraçada |
| | Interiores | |
| | 2 | Móveis em folheado de madeira |
| Número de Alunos | 30 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 45% | |
| Número de Carteiras | 17 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 31 | |
| Outras Fontes de Calor | 1 Projector / 2 radiadores de Parede | |

Figura 4.2.5.4 - Tabela de características da sala A26

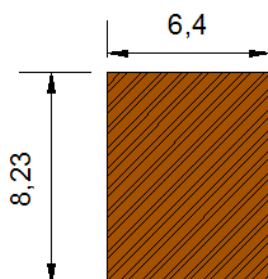


Figura 4.2.5.5 - Imagem em planta da sala A26



Figura 4.2.5.6 - Placas de lã de rocha



Figura 4.2.5.7 - Pavimento flutuante em madeira



Figura 4.2.5.8 - Gradeamento exterior metálico



Figura 4.2.5.9 - Móveis em madeira

4.2.6 Sala de Aula A25

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de apesar da mesma ter características construtivas e de revestimento semelhantes e a mesma orientação de fachada envidraçada que a sala A26, como ilustra a (Figura 4.2.6.1), possuindo no entanto alguns elementos diferenciadores, nomeadamente, a ausência de gradeamento em ferro o que poderá ter influência na incidência de luz natural. Por outro lado está posicionada na extremidade do pavilhão tendo portanto duas fachadas em contato com o exterior o que poderá ter interesse para verificar o comportamento térmico. Nas (Figuras 4.2.6.2 e 4.2.6.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.2.6.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde se localiza a sala A25



Figura 4.2.6.2 - Exterior da Sala A25



Figura 4.2.6.3 - Interior da Sala A25

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.2.6.4).

| Escola Pêro da Covilhã | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala A25 | | |
| Área | 52,67 m ² | |
| Pé direito livre | 3,08 m | |
| Volume | 162,23 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 11 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Painéis de lâ de rocha | |
| Piso | Piso flutuante em madeira | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 4 | Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala |
| Elementos de Sobreamento | 4 | Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege |
| Portas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm |
| Pontos de Iluminação | Características | |
| | Número | |
| | 4 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | Número | |
| | 2 | Móveis em aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 30 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 42% | |
| Número de Carteiras | 17 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 31 | |
| Outras Fontes de Calor | 1 Projector / 2 radiadores de Parede | |

Figura 4.2.6.4 - Tabela de caraterísticas da sala A25

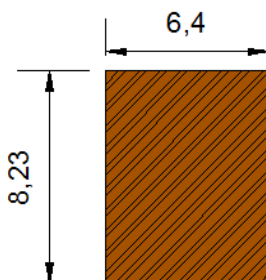


Figura 4.2.6.5 - Imagem em planta da sala A25

4.3 Escola de Santo António

A Escola Básica de Santo António está situada num bairro da cidade da Covilhã, o bairro de Santo António, como ilustra as (Figuras 4.3.1 e 4.3.2).

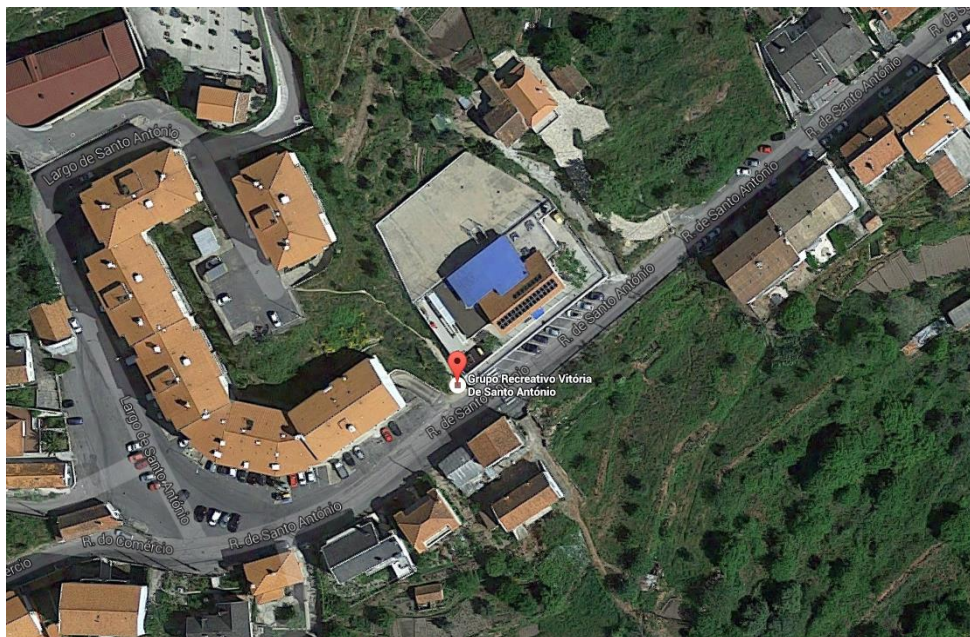


Figura 4.3.1 - Imagem de Satélite referente à localização da escola de Santo António, Covilhã



Figura 4.3.2 - Imagem identificativa da Escola de Santo António, Covilhã

O seu espaço escolar é limitado a:

- **Norte:** prédios de habitação
- **Sul:** estrada de Santo António
- **Este:** prédios de habitação
- **Oeste:** prédios de habitação

A escola básica de Santo António é um estabelecimento de ensino público construído entre os anos 1941 e 1956, com um total de quatro salas.

Em 2003 sofreu obras de ampliação com a construção de novas salas de aula, configurando-se no final por um edifício de dois andares, onde no piso 0 engloba um sector do 1º Ciclo e pré-escolar e no piso 1 o 1º Ciclo.

O piso 0 é constituído 3 casas de banho, 2 salas de aula, uma sala de ATL e 1 sala de refeições. No piso 1 incorpora uma biblioteca escolar, uma sala de professores, 1 gabinete e 2 salas de aula.

No âmbito do nosso estudo escolhemos uma sala de aula no piso 0, (sala 1º ano) e uma sala no piso 1 (sala do 4º), visto tratarem-se de salas de aula que diferem na orientação das suas fachadas envidraçadas e na sua localização no edifício.

A capacidade máxima de alunos nestas salas é de 26 alunos. Todas as salas têm 20 carteiras, uma secretária do professor e dois armários. A caixilharia é em alumínio lacado com vidro duplo e o pavimento é revestido em parquê de madeira ou revestimento vinílico.

Estas salas têm uma ocupação diária de 7 horas, com início das aulas às 9h00 e seu término pelas 17h30, com intervalos de 30 minutos após cada bloco de 120 minutos e período de almoço entre as 13h00 e as 14h30.

Alguns alunos frequentam o ATL entre as 7h 30 m e as 9h00 e após as 16 horas. Esta Escola é frequentada por um total de 96 alunos.

4.3.1 Sala de Aula SA2

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao fato de estar posicionada no piso 0 na extremidade do edifício, tendo assim duas fachadas em contato com o exterior, como ilustra a (Figura 4.3.1.1) o que poderá ter interesse para verificar o comportamento térmico e a influência na incidência de luz natural. A fachada com maior área envidraçada está orientada a sudeste e a outra a nordeste. Nas (Figuras 4.3.1.2 e 4.3.1.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.3.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala SA2 na Escola de Santo António



Figura 4.3.1.2 - Exterior da sala SA2



Figura 4.3.1.3 - Interior da sala SA2

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.3.1.4).

| Escola de Santo António | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala SA2 | | |
| Área | 68,19 m ² | |
| Pé direito livre | 3,06 m | |
| Volume | 208,67 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Reboco pintado | |
| Piso | Parquê em madeira e revestimento vinílico | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 4 | Janelas em alumínio lacado de cor azuk com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sobreamento | 4 | Blackout em plástico de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| Pontos de Iluminação | Número | Características |
| | 5 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | 1 | Móvel com lavatório e pedra de mármore |
| | 2 | Móveis aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 26 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 82% | |
| Número de Carteiras | 17 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 29 | |

Figura 4.3.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala SA2

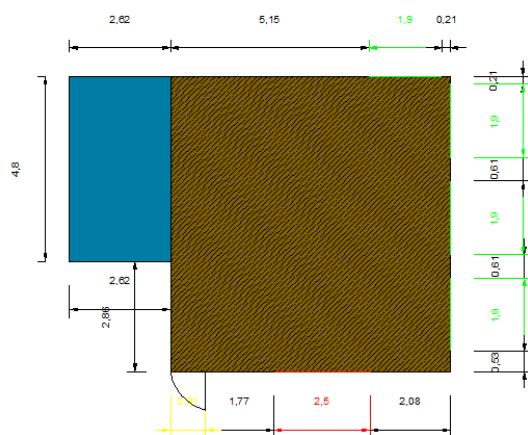


Figura 4.3.1.5 - Imagem em planta da sala SA2



Figura 4.3.1.6 - Móvel com lavatório e pedra e mármore



Figura 4.3.1.7 - Porta em madeira



Figura 4.3.1.8 - Revestimento vinílico



Figura 4.3.1.9 - Parquê em madeira



Figura 4.3.1.10 - Blackout em Plástico



Figura 4.3.1.11 - Janelas exteriores



Figura 4.3.1.12 - Iluminárias

4.3.2 Sala de Aula SA4

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de estar localizada ao contrário da sala SA2 no piso 1, tendo as suas fachadas envidraçadas orientadas a sudoeste e a sudeste, como ilustra a (Figura 4.3.2.1). Nas (Figuras 4.3.2.2 e 4.3.2.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.3.2.1 - Localização por satélite referente à localização da sala SA4 na escola de Santo António



Figura 4.3.2.2 - Exterior da sala SA4



Figura 4.3.2.3 - Interior da sala SA4

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.3.2.4).

| Escola de Santo António | | |
|---------------------------|---|---|
| Sala SA4 | | |
| Área | 66,49 m ² | |
| Pé direito livre | 3,06 m | |
| Volume | 197,68 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Reboco pintado | |
| Piso | Parquê em madeira e revestimento vinílico | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 4 | Janelas em alumínio lacado de cor azul com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sombreamento | 4 | Blackout em plástico de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em aglomerado de madeira |
| Pontos de Iluminação | Número | Características |
| | 5 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Móvel com lavatório e pedra de mármore |
| | 2 | Móveis aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 26 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 82% | |
| Número de Carteiras | 19 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 32 | |
| Outras Fontes de Calor | 2 radiadores de Parede | |

Figura 4.3.2.4 - Tabela de caraterísticas da sala SA4

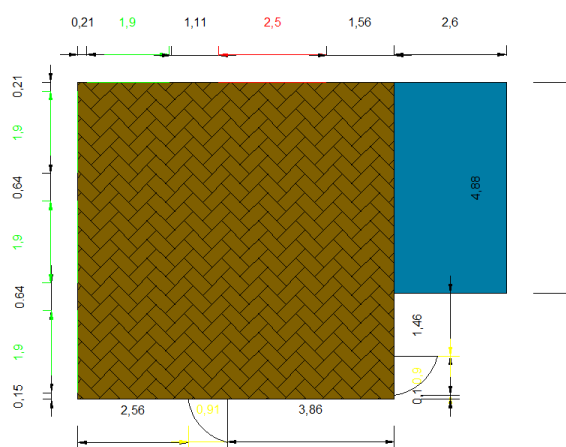


Figura 4.3.2.5 - Imagem em planta da sala SA4

O seu espaço escolar é limitado a:

- **Norte:** prédios de habitação
- **Sul:** Rua Mateus Fernandes
- **Este:** vivendas de habitação com pequenos quintais
- **Oeste:** prédios de habitação

A escola do Rodrigo é um estabelecimento de ensino público construído entre 1941 e 1956 no âmbito do “*Plano dos Centenários*”, com ocupação do edifício exclusivamente escolar com 8 salas de aula.

Em 2001 sofreu obras de ampliação com a construção de novas salas de aula. Nesse sentido escolhemos 3 salas de aula da Escola Básica para este estudo. Este pavilhão de dois andares é constituído por no piso 0 compreender um sector do 1º Ciclo e um piso 1 também com 1º Ciclo.

O piso 0 engloba 3 casas de banho, 4 salas de aula, uma sala ATL, 1 sala de refeições, uma biblioteca escolar, uma sala de professores, um ginásio, 2 gabinetes e 2 despensas. O piso 1 contém 4 salas de aula.

Para o nosso estudo escolhemos uma sala de aula no piso 0, (sala 1º ano) e duas salas no 1º andar (salas do 2º e 3º ano) já que são 3 tipos de salas diferentes ao nível de orientação de fachadas e de ocupação.

A capacidade máxima de alunos nestas salas é de 26 alunos, tendo todas as salas cerca de 20 carteiras, uma secretária do professor e armários.

Todas as salas têm caixilharia de alumínio com vidro duplo, piso flutuante aglomerado de madeira e as portas da sala são em madeira.

Estas salas têm uma ocupação diária de 7 horas, com início das aulas às 9h00 e seu término pelas 17h30, com intervalos de 30 minutos após cada bloco de 120 minutos e período de almoço entre as 13h00 e as 14h30. Alguns alunos frequentam o ATL entre as 7h 30 m e as 9h00 e após as 16 horas.

Esta Escola é frequentada por um total 196 alunos.

4.4.1 Sala de Aula R1A

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de estar posicionada no piso 0 na extremidade do edifício, tendo duas fachadas em contato com o exterior, como ilustra a (Figura 4.4.1.1) o que poderá ter interesse para verificar o comportamento térmico e às condições de iluminação natural. A sua fachada envidraçada está orientada a sudeste. Nas (Figuras 4.4.1.2 e 4.4.1.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.4.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala R1A na escola do Rodrigo



Figura 4.4.1.2 - Exterior da sala R1A



Figura 4.4.1.3 - Interior da Sala R1A

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.4.1.4).

| Escola de Rodrigo | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala R1A | | |
| Área | 72,32 m ² | |
| Pé direito livre | 3,08 m | |
| Volume | 222,74 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Teto falso juntamente com placas de aglomerado de madeira pintada | |
| Piso | Pavimento flutuante em aglomerado de madeira | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sobreamento | 3 | Blackout em plástico de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em madeira |
| Pontos de Iluminação | Características | |
| | Número | 6 |
| Complementos | Interiores | |
| | Número | 2 |
| | Móveis de aglomerado de madeira | |
| Número de Alunos | 26 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 100% | |
| Número de Carteiras | 20 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 42 | |
| Outras Fontes de Calor | 2 Radiadores de Parede | |

Figura 4.4.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala R1A



Figura 4.4.1.5 - Caixilharia

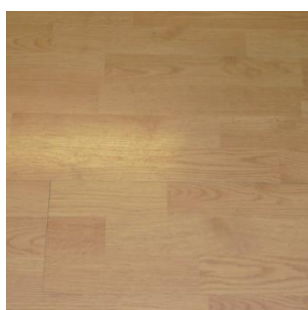


Figura 4.4.1.6 - Pavimento flutuante



Figura 4.4.1.8 - Porta em Madeira

4.4.2 Sala de Aula R2B

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 1 do edifício, tendo duas fachadas em contato com o exterior, e sendo a sua fachada envidraçada orientada a sudeste, como ilustra a (Figura 4.4.2.1). Nas (Figuras 4.4.2.2 e 4.4.2.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.4.2.1 - Localização por satélite referente à localização da sala R2B na escola do Rodrigo



Figura 4.4.2.2 - Exterior da sala R1A



Figura 4.4.2.3 - Interior da sala R2B

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.4.2.4).

| Escola de Rodrigo | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala R2B | | |
| Área | 72,32 m ² | |
| Pé direito livre | 3,08 m | |
| Volume | 222,74 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Teto falso juntamente com placas de aglomerado de madeira pintada | |
| Piso | Pavimento flutuante em aglomerado de madeira | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sobreamento | 3 | Blackout em plástico de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em madeira |
| Pontos de Iluminação | Características | |
| | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 2 | Móveis de aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 26 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 100% | |
| Número de Carteiras | 18 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 37 | |
| Outras Fontes de Calor | 2 Radiadores de Parede | |

Figura 4.4.2.4 - Tabela de caraterísticas da sala R2B

4.4.3 Sala de Aula 5

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 1 do edifício, numa fração distinta das salas anteriores, no bloco do lado esquerdo do edifício. Tem três fachadas em contato com o exterior, sendo que a sua fachada localizada a sudoeste, como ilustra a (Figura 4.4.3.1), apresentando vários sintomas de infiltração de água e acumulação de humidade de condensação acentuada no interior da sala. A sua fachada envidraçada é orientada a sudeste. Nas (Figuras 4.4.3.2 e 4.4.3.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.4.3.1 - Localização por satélite referente à localização da sala 5 na escola do Rodrigo



Figura 4.4.3.2 - Exterior da sala 5



Figura 4.4.3.3 - Interior da sala 5

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.4.3.4).

| Escola de Rodrigo | | |
|---------------------------|---|---|
| Sala R5 | | |
| Área | 72,32 m ² | |
| Pé direito livre | 3,08 m | |
| Volume | 222,74 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada | |
| Piso | Pavimento flutuante em aglomerado de madeira | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sombreamento | 3 | Blackout em plástico de cor bege |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em madeira |
| Pontos de Iluminação | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | 2 | Móveis de aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 26 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 100% | |
| Número de Carteiras | 19 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 36 | |
| Outras Fontes de Calor | 2 Radiadores de Parede | |

Figura 4.4.3.4 - Tabela de caraterísticas da sala R5

4.5 Escola do Refúgio

A escola Básica com Jardim de Infância do Refugio fica situada na rua Grupo Recreativo Refugiense, no Refúgio, junto da associação Grupo Recreativo Refugiense, na EN18, como ilustra a (Figura 4.5.1 e a Figura 4.5.2).



Figura 4.5.1 - Imagem de satélite referente à localização da escola do Refúgio, Covilhã



Figura 4.5.2 - Imagem identificativa da escola do Refúgio, Covilhã

O seu espaço escolar é limitado a:

- **Norte:** prédios de habitação - Rua do Forno
- **Sul:** Estrada Nacional 18
- **Este:** prédios de habitação
- **Oeste:** Restaurante

A escola do Refúgio é um estabelecimento de ensino público construído entre 1941 e 1956 no âmbito do “*Plano dos Centenários*”, com ocupação do edifício exclusivamente escolar com 3 salas de aula.

Em 2002 sofreu obras de ampliação com a construção de novas salas de aula e um Jardim de Infância. O edifício é constituído por dois andares, nomeadamente no piso 0 funciona um sector do 1º Ciclo e outro do Pré-escolar.

O Pré-escolar tem uma sala de atividades, um vestiário, um gabinete, uma despensa, duas casas de banho, uma sala de apoio as atividades de apoio à família e uma copa.

O piso 0 engloba três casas de banho, uma sala de aula, uma sala ATL, uma sala de refeições e uma biblioteca escolar. O piso 1 fazem parte um hall, uma casa de banho, uma sala de professores, três salas de aula, uma sala de informática, um gabinete e uma despensa.

Para o nosso estudo escolhemos uma sala de aula no rés-do-chão, (sala 1º ano) e duas salas no 1º andar (salas do 2º e 3º ano) já que são 3 tipos de salas com orientações, dimensões e características constitutivas diferentes, sendo que o piso 1 foi sujeito a reabilitação total na edificação.

A capacidade máxima de alunos nestas salas é de 26 alunos. Todas as salas têm 20 carteiras, uma secretaria de professor e armários. Todas as salas têm caixilharia em PVC com vidro duplo. O pavimento é revestido a vinil e as portas da sala são em madeira.

Estas salas têm uma ocupação diária de 7 horas, com início das aulas às 9h00 e seu término pelas 17h30, com intervalos de 30 minutos após cada bloco de 120 minutos e período de almoço entre as 13h00 e as 14h30. Alguns alunos frequentam o ATL entre as 7h 30 m e as 9h00 e após as 16 horas esta escola é frequentada por 96 alunos no 1º Ciclo e por 25 alunos do Jardim de Infância.

4.5.1 Sala de aula RE1

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 0 do edifício, como ilustra a (Figura 4.5.1.1). A sua fachada envidraçada encontra-se orientada a sul. Nas (Figuras 4.5.1.2 e 4.5.1.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.5.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala RE1 na escola do Rodrigo



Figura 4.5.1.2 - Exterior da sala RE1

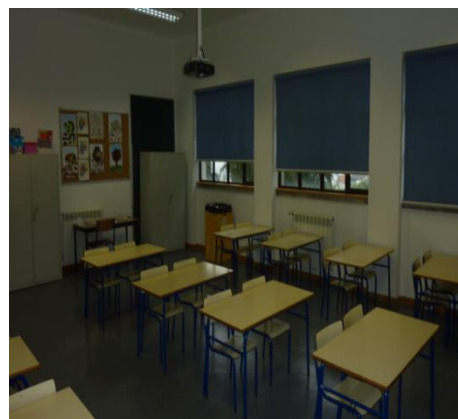


Figura 4.5.1.3 - Interior da sala RE1

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.5.1.4).

| Escola de Refugio | | |
|--------------------------|---|---|
| Sala RE1 | | |
| Área | 48,5 m ² | |
| Pé direito livre | 3,5 m | |
| Volume | 169,75 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada | |
| Piso | Pavimento vinilico | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sobreamento | 3 | Blackout em tecido |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em madeira |
| Pontos de Iluminação | Características | |
| | Número | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | Número | Móveis de aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 26 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 100% | |
| Número de Carteiras | 21 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 36 | |
| Outras Fontes de Calor | 2 radiadores de Parede | |

Figura 4.5.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala RE1



Figura 4.5.1.5 - Luminárias

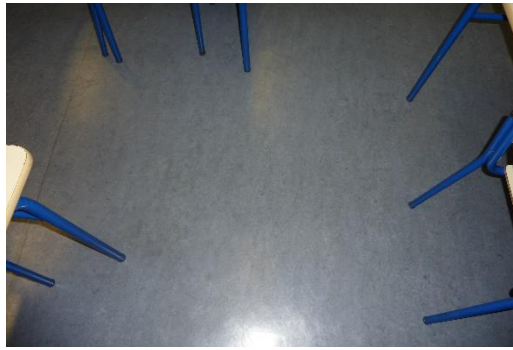


Figura 4.5.1.6 - Pavimento



Figura 4.5.1.7 - Janelas

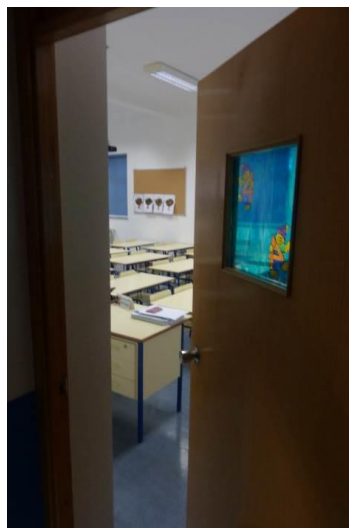


Figura 4.5.1.8 - Porta de sala de aula

4.5.2 Sala de aula RE2

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 1 do edifício. A sua fachada envidraçada encontra-se orientada a sul, como ilustra a (Figura 4.5.2.1) porém foi âmbito de reabilitação. Neste sentido seria interessante estudar as condições da mesma a nível do conforto e da qualidade do ar interior. Nas (Figuras 4.5.2.2 e 4.5.2.3) é ilustrado a fachada da sala bem como o seu interior.



Figura 4.5.2.1 - Localização por satélite referente à localização da sala RE2 na escola do Rodrigo



Figura 4.5.2.2 - Exterior da sala RE2



Figura 4.5.2.3 - Interior da sala RE2

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.5.2.4).

| Escola de Refugio | | |
|---------------------------|---|---|
| Sala RE2 | | |
| Área | 51,24 m ² | |
| Pé direito livre | 3,5 m | |
| Volume | 179,34 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada | |
| Piso | Pavimento vinílico | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sombreamento | 3 | Blackout em tecido |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em madeira |
| Pontos de Iluminação | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | 2 | Móveis de aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 25 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 100% | |
| Número de Carteiras | 20 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 34 | |
| Outras Fontes de Calor | 2 radiadores de parede | |

Figura 4.5.2.4 - Tabela de características da sala RE2

4.5.3 Sala de aula RE3

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 0 do edifício, como ilustra a (Figura 4.5.3.1). A sua fachada envidraçada encontra-se orientada a sudoeste. Na (Figura 4.5.3.2 é ilustrada o seu interior.



Figura 4.5.3.1 - Localização por satélite referente à localização da sala RE3 na escola do Rodrigo



Figura 4.5.3.2 - Interior da sala R3

Foram recolhidos todos os dados referentes à sala em estudo sendo organizados numa tabela como é ilustrado na (Figura 4.2.3.3).

| Escola de Refugio | | |
|---------------------------|---|---|
| Sala RE3 | | |
| Área | 47,14 m ² | |
| Pé direito livre | 3,5 m | |
| Volume | 165 m ³ | |
| Paredes | Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face | |
| Teto | Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada | |
| Piso | Pavimento vinílico | |
| Janelas | Exteriores | |
| | Número | Características |
| | 3 | Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm . |
| Elementos de Sombreamento | 3 | Blackout em tecido |
| Portas | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 1 | Porta em madeira |
| Pontos de Iluminação | Características | |
| | Número | Características |
| | 6 | Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W |
| Complementos | Interiores | |
| | Número | Características |
| | 2 | Móveis de aglomerado de madeira |
| Número de Alunos | 22 (máx. / hora) | |
| Idade Média de Alunos | 11 (dos 10 aos 12 anos) | |
| % Média de Ocupação | 100% | |
| Número de Carteiras | 19 | |
| Número de Quadros | 1 | |
| Número de Cadeiras | 26 | |
| Outras Fontes de Calor | 2 radiadores de Parede | |

Figura 4.5.3.3 - Tabela de características da sala RE2

5. Medições registadas e análise de resultados

5.1 Formaldeído

5.2 Dióxido de carbono (co₂)

5.3 Monóxido de carbono (co)

5.4 Compostos orgânicos voláteis (cov´s)

5.5 Radão

5.6 Humidade relativa e temperatura ambiente

5.7 Iluminação

5.8 Acústica

5.9 Termografia

5.10 Resumo de Medições

5.1 Formaldeído

Escola Pêro da Covilhã

Como se verifica nas figuras (Fig. 5.1.1 e Fig. 5.1.2), podemos constatar que os valores de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 16/11/15 e 27/11/15, nas seis salas em estudo da escola Pêro da Covilhã, encontram-se na maioria abaixo do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,01 e 0,11 ppm.

| Escola Pêro da Covilhã | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda-feira 16/11/2015 | | Quarta-feira 18/11/2015 | | Sexta-feira 20/11/2015 | | Segunda-feira 23/11/2015 | | Quarta-feira 25/11/2015 | | Sexta-feira 27/11/2015 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Exterior Sala A1 | 0,00 | 0,02 | | 0,00 | 0,01 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | 0,03 | | 0,00 | 0,02 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | | | | | 0,01 | | | | | | | |
| Média | 0,00 | 0,03 | | 0,00 | 0,01 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| Sala A1 | 0,04 | 0,06 | | 0,03 | 0,08 | 0,04 | | | 0,05 | | | |
| | 0,04 | 0,06 | | 0,03 | 0,09 | 0,04 | | | 0,05 | | | |
| | | | | | 0,09 | | | | | | | |
| Média | 0,04 | 0,06 | | 0,03 | 0,09 | 0,04 | | | 0,05 | | | |
| Exterior Sala A5 | | 0,06 | | 0,03 | | 0,00 | 0,01 | | | | 0,01 | |
| | | 0,04 | | 0,03 | | 0,00 | 0,01 | | | | 0,01 | |
| | | 0,06 | | | | | | | | | | |
| Média | | 0,06 | | 0,03 | | 0,00 | 0,01 | | | | 0,01 | |
| Sala A5 | | 0,01 | 0,01 | 0,11 | | 0,01 | 0,01 | | | | 0,02 | |
| | | 0,01 | 0,00 | 0,12 | | 0,01 | 0,02 | | | | 0,03 | |
| | | | | 0,11 | | | 0,01 | | | | 0,03 | |
| Média | | 0,01 | 0,01 | 0,11 | | 0,01 | 0,01 | | | | 0,03 | |
| Exterior Sala A6 | 0,00 | | | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,01 | 0,01 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Média | 0,00 | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | | | | | | |
| Sala A6 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,10 | 0,03 | 0,01 | | | | | | |
| | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,07 | 0,05 | 0,01 | | | | | | |
| | | | 0,01 | 0,06 | 0,05 | | | | | | | |
| Média | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,04 | 0,01 | | | | | | |
| Exterior Sala A8 | | | | 0,01 | | 0,00 | 0,01 | | | | 0,02 | |
| | | | | 0,01 | | 0,00 | 0,02 | | | | 0,02 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Média | | | | 0,01 | | 0,00 | 0,02 | | | | 0,02 | |
| Sala A8 | 0,03 | | 0,02 | 0,01 | | 0,14 | 0,02 | | | | 0,06 | |
| | 0,03 | | 0,02 | 0,01 | | 0,13 | 0,02 | | | | 0,05 | |
| | | | | | | 0,12 | | | | | 0,05 | |
| Média | 0,03 | | 0,02 | 0,01 | | 0,13 | 0,02 | | | | 0,05 | |
| Exterior Sala A25 | | 0,02 | | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | | 0,00 | | | |
| | | 0,01 | | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | | 0,00 | | | |
| | | 0,01 | | 0,00 | | | | | | | | |
| Média | | 0,01 | | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | | 0,00 | | | |
| Sala A25 | | 0,04 | | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,02 | | 0,02 | | | |
| | | 0,02 | | 0,21 | 0,11 | 0,11 | 0,02 | | 0,02 | | | |
| | | 0,02 | | 0,21 | 0,09 | 0,11 | | | | | | |
| Média | | 0,03 | | 0,18 | 0,10 | 0,11 | 0,02 | | 0,02 | | | |
| Exterior Sala A26 | 0,00 | 0,02 | | | 0,01 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,01 | | | 0,01 | 0,00 | | | | | | |
| | | 0,01 | | | | | | | | | | |
| Média | 0,00 | 0,01 | | | 0,01 | 0,00 | | | | | | |
| Sala A26 | 0,03 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | | | | | | |
| | 0,03 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | | | | | | |
| | | | 0,03 | | | | | | | | | |
| Média | 0,03 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | | | | | | |

Figura 5.1.1 - Tabela referente aos resultados de formaldeído recolhidos na escola Pêro da Covilhã

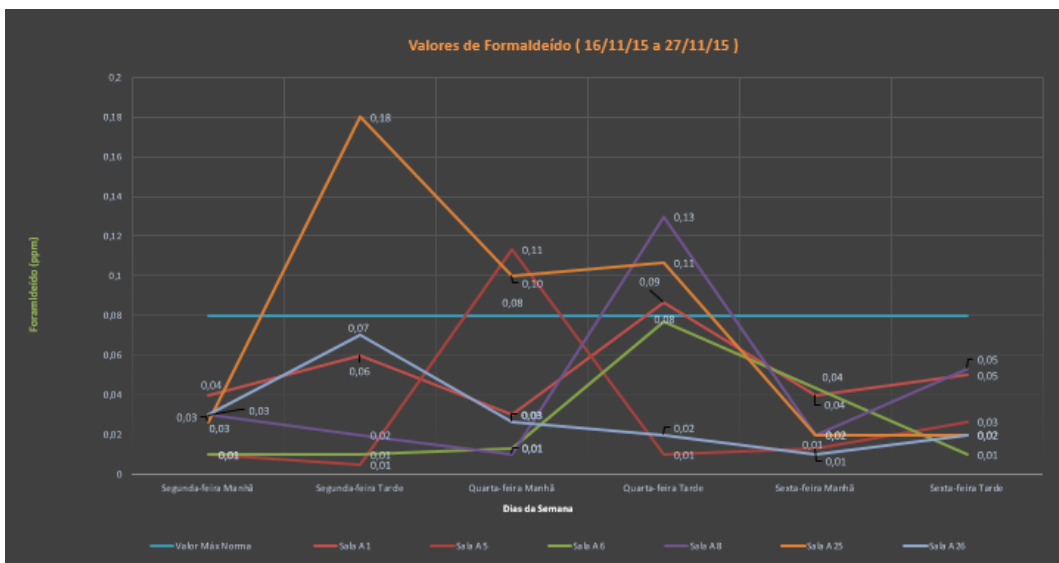


Figura 5.1.2 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola Pêro da Covilhã

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário são idênticos teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

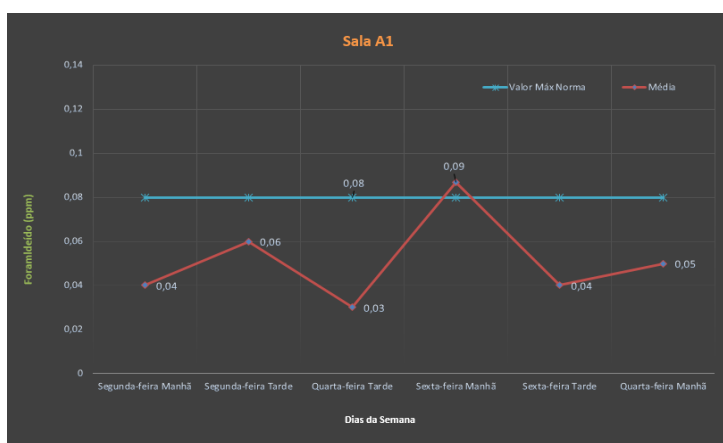


Figura 5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A1 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.4, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm apenas na quarta-feira da parte da tarde, registando um valor de 0,11 ppm, decrescendo durante a tarde, mantendo-se na restante semana e no início da seguinte entre os intervalos de 0,01 e 0,03 ppm.

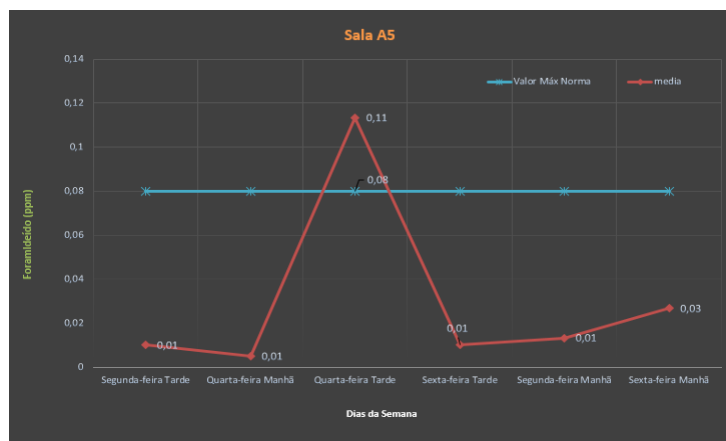


Figura 5.1.4 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A5 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.5, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,08 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm, apenas registando na quarta-feira de tarde o seu maior valor, 0,08 ppm.

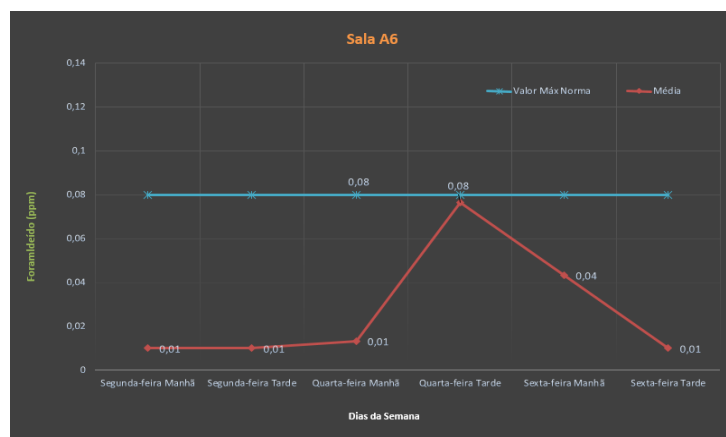


Figura 5.1.5 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A6 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.6, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,13 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm apenas na sexta-feira da parte da tarde, registando um valor máximo de 0,13 ppm.

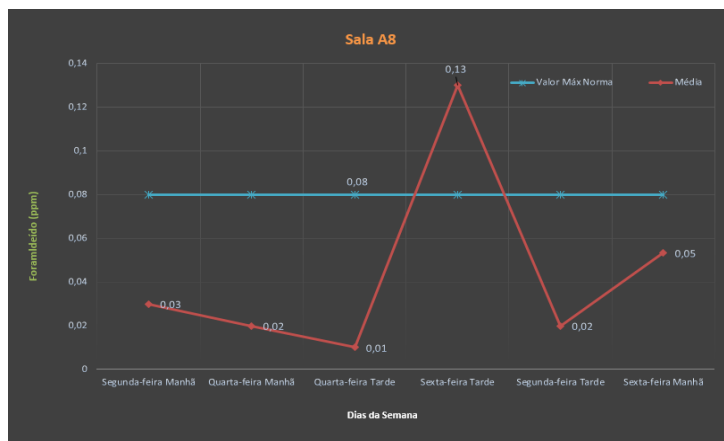


Figura 5.1.6 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A8 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.7, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,02 a 0,18 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm praticamente em toda a 1ª semana, registando o seu valor máximo de 0,18 ppm na quarta-feira de tarde, decrescendo nos dias seguintes da semana. Apenas na segunda-feira da 2ª semana regista valores abaixo do valor de referência.

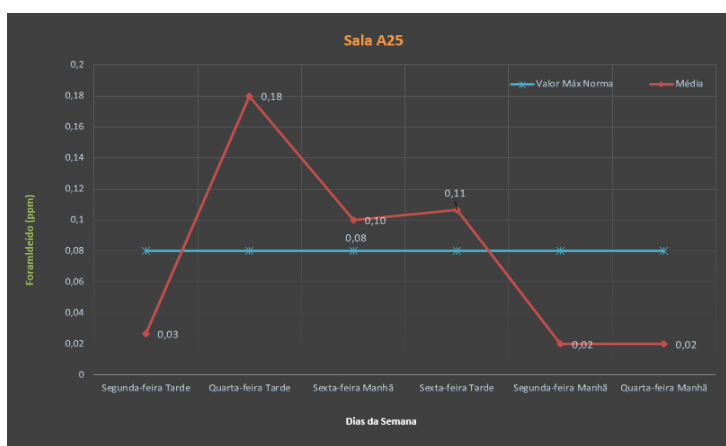


Figura 5.1.7 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.8, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,07 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm, apenas registando na segunda-feira de tarde o seu maior valor, 0,07 ppm.

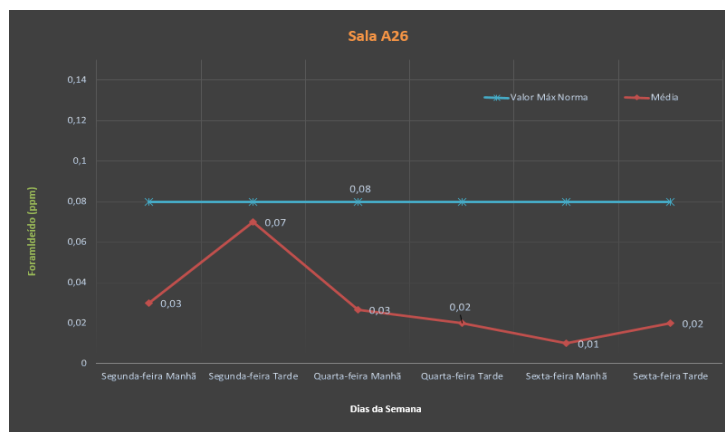


Figura 5.1-8 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala A5 e de 0,13 ppm na sala A8, são valores pontuais visto decrescerem no decorrer das horas seguintes. Estas variações podem ter sido originadas por limpeza do pavimento ou utilização de alguns materiais dentro da sala de aula, nomeadamente materiais nas atividades de artes plásticas que originassem a subida do valor deste parâmetro. As descidas acentuadas de valores podem ser explicadas pelo aumento de ventilação nomeadamente abertura de janelas.
- Quanto aos valores obtidos na sala A25, praticamente na 1ª semana todos ultrapassam o valor recomendando de 0,08 ppm. A explicação para o registo destes valores poderá estar na libertação de componentes dos materiais em aglomerado de madeira existentes na sala ou de equipamentos em funcionamento, visto tratar-se de uma sala de música, sendo a caixilharia destas salas mais estanque o que pode contribuir para uma menor ventilação do espaço.
- No que diz respeito aos valores obtidos nas salas A6 e A26 estes não representam qualquer risco para os utilizadores, visto não ultrapassarem o valor recomendado de 0,08 ppm.

Escola de Santo António

Como se verifica na tabela 5.1.1 e na Fig. 5.1.9 podemos constatar que os valores de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 04/04/16 e 08/04/16, nas duas salas em estudo da escola de Santo António, encontram-se quase sempre acima do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,02 e 0,20 ppm.

Tabela 5.1.1 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola de Santo António

| Escola básica do 1º ciclo Stº António | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------|
| Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira | | Quarta-feira | | Sexta-feira | |
| | 04/04/2016 | | 06/04/2016 | | 08/04/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua entrada principal | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Média | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Sala SA2 | 0,04 | 0,11 | 0,14 | 0,11 | 0,02 | |
| | 0,04 | 0,11 | 0,09 | 0,11 | 0,03 | |
| | | | 0,10 | | 0,02 | |
| Média | 0,04 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,02 | |
| Sala SA4 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,02 | 0,18 | |
| | 0,09 | 0,13 | 0,10 | 0,03 | 0,20 | |
| | | 0,13 | | 0,03 | 0,22 | |
| Média | 0,09 | 0,12 | 0,11 | 0,03 | 0,20 | |
| Rua acesso recreio piso 1 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | |
| | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | |
| Média | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | |

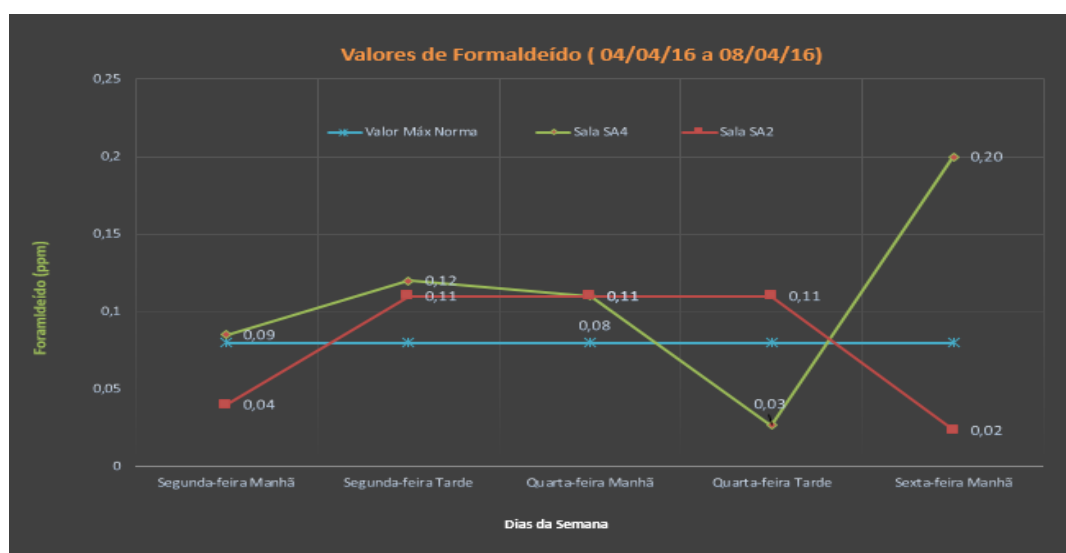


Figura 5.1.9 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola de Santo António

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário é idêntico teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da Fig. 5.1.10, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,02 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm praticamente em toda a semana, iniciando-se com uma subida acentuada na segunda-feira de manhã, até registar o seu valor máximo de 0,11 ppm, entre segunda-feira de tarde e quarta-feira de tarde, decrescendo até um valor mínimo de 0,02 ppm na sexta-feira.

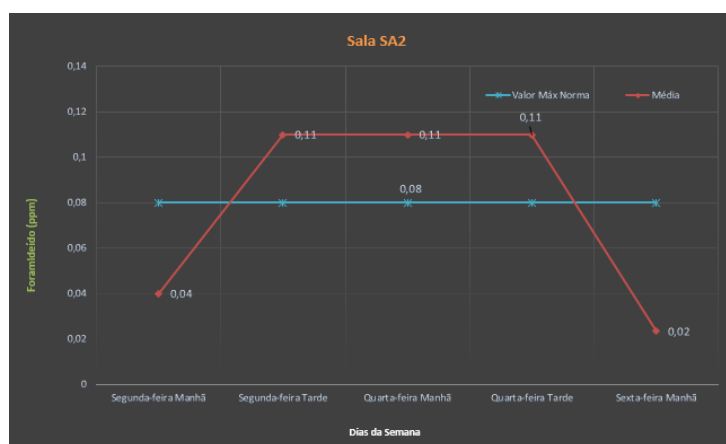


Figura 5.1.10 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA2 de Santo António

Em análise da Fig. 5.1.11, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,03 a 0,20 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm praticamente em toda a semana, iniciando-se na segunda-feira de manhã, até registar o seu valor máximo de 0,12 ppm na parte da tarde. Durante o dia de quarta-feira os valores registados sofrem um decréscimo, voltando a subir acentuadamente durante a semana atingindo o seu valor máximo de 0,20 ppm, muito acima do valor de referência.

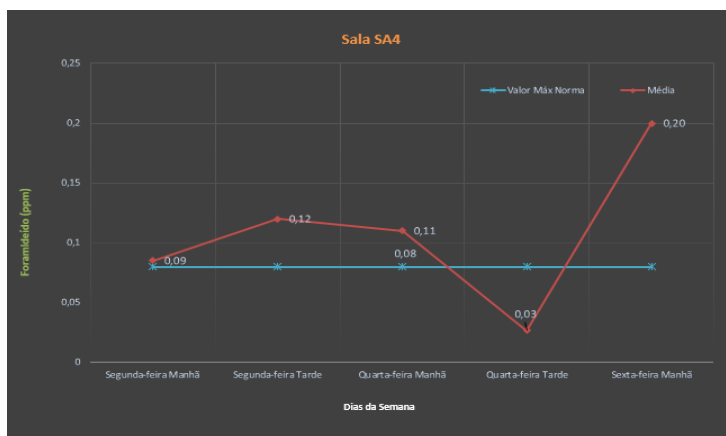


Figura 5.1.11 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA4 de Santo António

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, e sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos, e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala SA2 podem ter sido originados pela utilização de alguns materiais, ou de equipamentos dentro da sala de aula, que originassem a subida do valor deste parâmetro. O facto deste valor se ter mantido nos restantes dias da semana pode ser explicado pela insuficiente ventilação, nomeadamente a não abertura de janelas.
- Quanto aos valores obtidos na sala SA4, praticamente durante a semana ultrapassam o valor recomendando de 0,08 ppm. A explicação para o registo destes valores poderá estar na libertação de componentes dos materiais em aglomerado de madeira existentes na sala, de equipamentos em funcionamento ou na utilização de materiais nomeadamente de artes plásticas, acentuando-se no final da semana, atingindo o valor de 0,20 ppm, muito acima do valor de referência, causado pela continuidade das ações e condições sem um aumento de ventilação.
- Uma das razões possíveis para a obtenção destes valores na sua maioria acima do valor de referência deve-se ao tipo de caixilharia existente, bem como à vedação utilizada, tornando os espaços mais estanques. Com estas características se a ventilação for deficiente, nomeadamente a abertura de janelas periodicamente é fraca, provocará o aumento ou a manutenção dos valores de concentração de formaldeído.

Escola do Rodrigo

Como se verifica na tabela 5.1.2 e figura Fig. 5.1.12 podemos constatar que os valores da concentração de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 09/05/16 e 13/05/16, nas três salas em estudo da escola do Rodrigo, que se encontram na maioria acima do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,07 e 0,17 ppm. Podemos assim concluir que este parâmetro corresponde a um risco para a saúde dos utilizadores destas salas.

Tabela 5.1.2 - Tabela referente aos resultados de formaldeído recolhidos na escola do Rodrigo

| Escola básica do 1º ciclo do Rodrigo | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------|---------------------------|-------------|
| Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira 09/05/2016 | | Quarta-feira 11/05/2016 | | Sexta-feira 13/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| | Exterior | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| Média | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| Sala R1A | 0,11 | 0,07 | 0,07 | | 0,08 | 0,08 |
| | 0,11 | 0,06 | 0,07 | | 0,09 | 0,08 |
| | | 0,07 | | | 0,09 | |
| Média | 0,11 | 0,07 | 0,07 | | 0,09 | 0,08 |
| Sala R2B | 0,08 | 0,13 | 0,09 | | 0,13 | 0,07 |
| | 0,10 | 0,13 | 0,09 | | 0,13 | 0,07 |
| | 0,08 | | | | | |
| Média | 0,09 | 0,13 | 0,09 | | 0,13 | 0,07 |
| Sala 5 | 0,13 | 0,17 | 0,14 | | 0,14 | 0,13 |
| | 0,15 | 0,17 | 0,14 | | 0,14 | 0,13 |
| | 0,15 | | | | | |
| Média | 0,14 | 0,17 | 0,14 | | 0,14 | 0,13 |

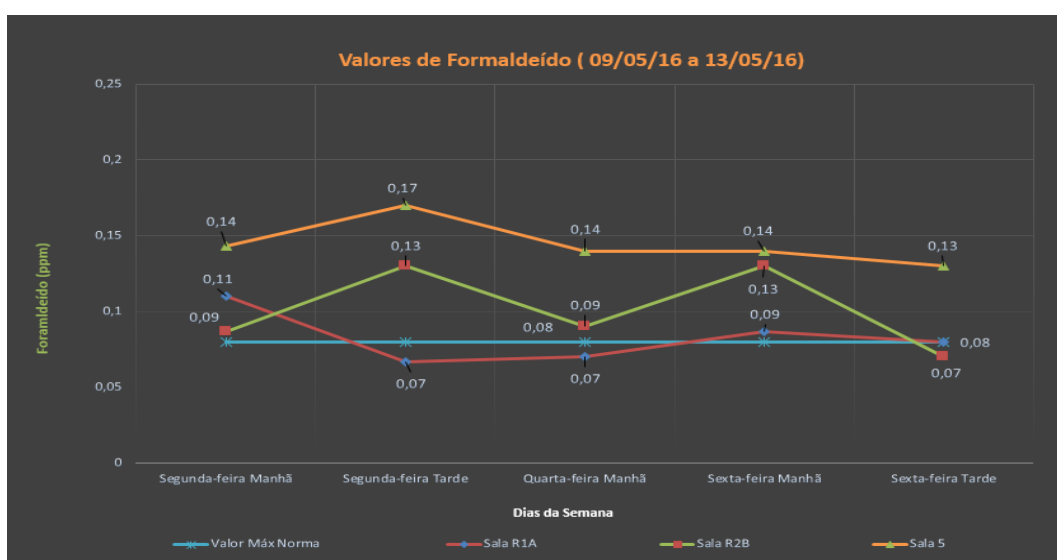


Figura 5.1.12 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola do Rodrigo

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, de utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário é idêntico teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da Fig. 5.1.13, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,07 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm na maior parte da semana, tendo o seu maior pico sido alcançado na segunda - feira de manhã, decrescendo durante a tarde, mantendo-se durante a restante semana entre os intervalos de 0,07 e 0,09 ppm.

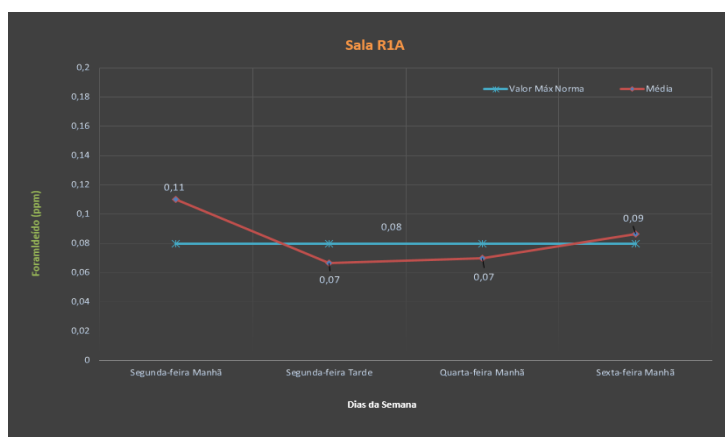


Figura 5.1.13 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo

Em análise da Fig. 5.1.14, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,09 a 0,19 ppm, muito acima do valor de referência de 0,08 ppm em praticamente toda a semana, tendo sido registados dois grandes picos de valor de 0,13 ppm, segunda - feira de tarde, e sexta-feira de manhã, terminando no final da semana com o único valor aceitável de 0,07 ppm.

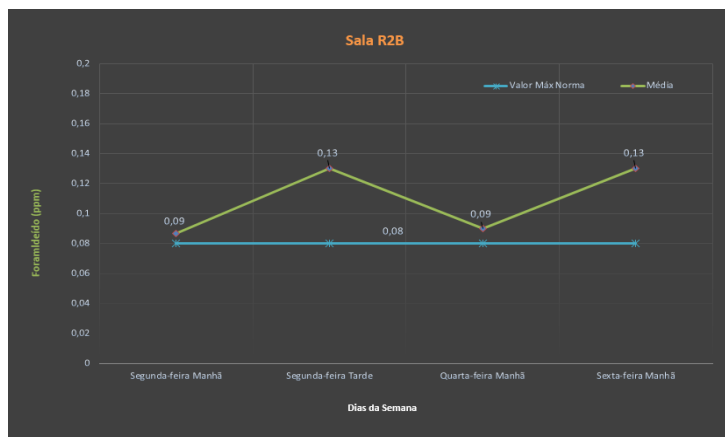


Figura 5.1.14 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R2B da escola do Rodrigo

Em análise da Fig. 5.1.15, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,13 a 0,17 ppm, muito acima do valor de referência de 0,08 ppm em todos os dias da semana, tendo sido o seu maior valor 0,17 registado segunda - feira de tarde.



Figura 5.1.15 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo

Em análise da Fig. 5.1.16, pode verificar-se que não foi registado qualquer valor de formaldeído no exterior do edifício, obtendo um valor de 0,0 ppm.

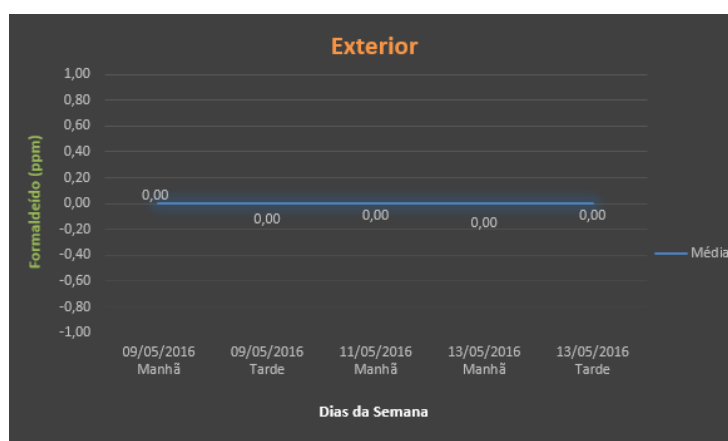


Figura 5.1.16 - Resultados de formaldeído referente ao exterior da escola do Rodrigo

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala R1A e de 0,13 ppm na sala R2B, são valores pontuais visto decrescerem no decorrer das horas seguintes. Estas variações podem ter sido originadas por limpeza do pavimento ou utilização de alguns materiais dentro da sala de aula, nomeadamente materiais nas atividades de artes plásticas que originassem a subida do valor deste parâmetro. As descidas acentuadas de valores podem ser explicadas pelo aumento de ventilação nomeadamente abertura de janelas.
- Quanto aos valores obtidos na sala 5, todos ultrapassam o valor recomendando de 0,08 ppm. A explicação para o registo destes valores poderá estar na libertação de componentes dos materiais em aglomerado de madeira existentes na sala, de equipamentos em funcionamento, ou devido ao facto da sala de se localizar em frente a uma sala de informática.

Escola do Refúgio

Como se verifica na tabela 5.1.3 e na figura 5.1.17 podemos constatar que os valores de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 02/05/16 e 06/05/16, nas três salas em estudo da escola do Refúgio, se encontram na maioria acima do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,02 e 0,17 ppm.

Tabela 5.1.3 - Tabela referente aos resultados de formaldeído recolhidos na escola do Refúgio

| Escola básica do 1º ciclo do Refúgio | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------------|
| Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira | | Quarta-feira | | Sexta-feira | |
| | 02/05/2016 | | 04/05/2016 | | 06/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | 0,01 | 0,00 |
| | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | 0,01 | 0,00 |
| Média | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | 0,01 | 0,00 |
| Sala RE1 | 0,01 | 0,08 | 0,09 | | 0,08 | |
| | 0,03 | 0,05 | 0,13 | | 0,08 | |
| | 0,03 | 0,03 | 0,11 | | | |
| Média | 0,02 | 0,05 | 0,11 | | 0,05 | 0,00 |
| Sala RE2 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | | 0,09 | |
| | 0,15 | 0,08 | 0,19 | | 0,09 | |
| | 0,15 | 0,08 | 0,16 | | | |
| Média | 0,15 | 0,10 | 0,17 | | 0,09 | 0,00 |
| Sala RE3 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | | 0,10 | |
| | 0,07 | 0,10 | 0,13 | | 0,10 | |
| Média | 0,08 | 0,10 | 0,12 | | 0,10 | 0,00 |

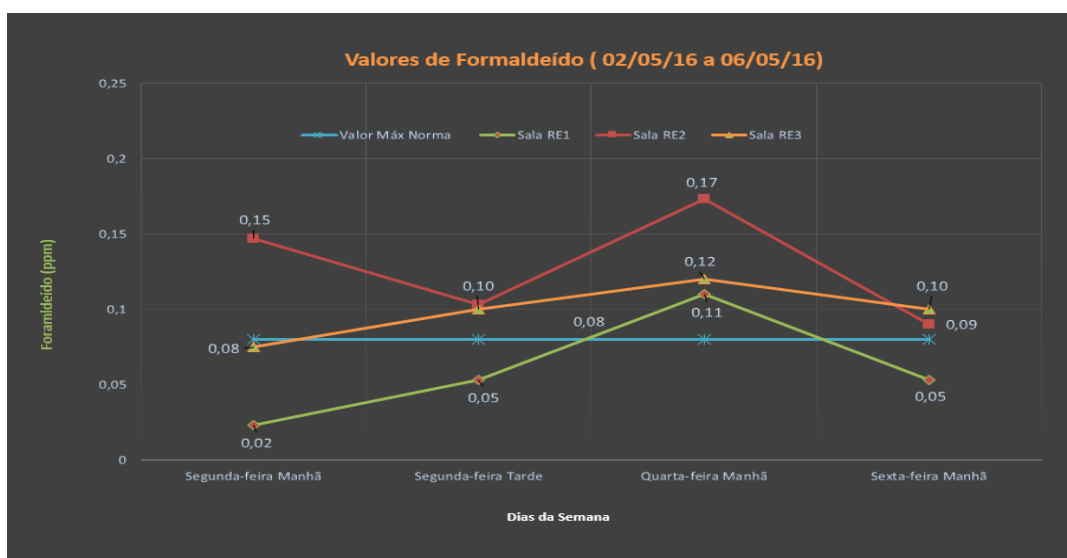


Fig. 5.1.17 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola do Refúgio

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, de utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário são idênticos teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da Fig. 5.1.18, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,02 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm apenas na quarta-feira de manhã, registrando um valor de 0,11 ppm.

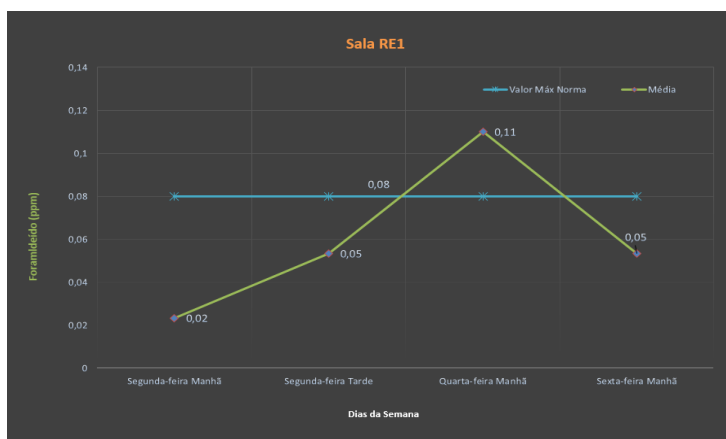


Figura 5.1.18 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE1 da escola do Refúgio

Em análise da Fig. 5.1.19, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,09 a 0,17 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm em toda a semana, registrando o seu valor máximo de 0,17 ppm na quarta-feira de manhã, decrescendo nos dias seguintes da semana até atingir um valor próximo, mas superior do valor de referência, de 0,09 ppm.

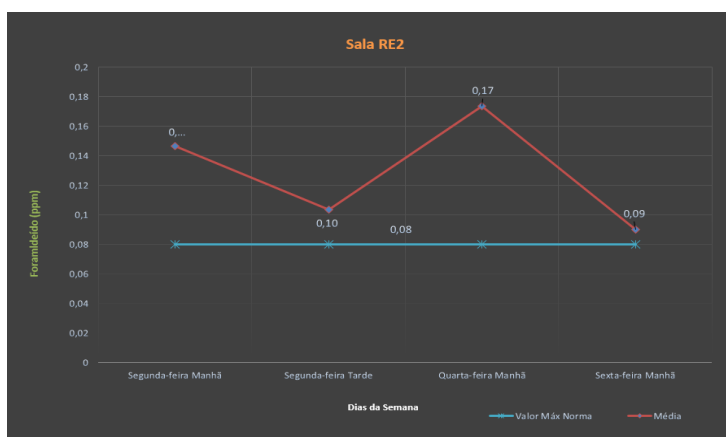


Figura 5.1.19 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE2 da escola do Refúgio

Em análise da Fig. 5.1.20, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,08 a 0,12 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm em praticamente toda a semana, registando o seu valor máximo de 0,12 ppm na quarta-feira de manhã, mantendo-se acima do valor de referência até sexta-feira.

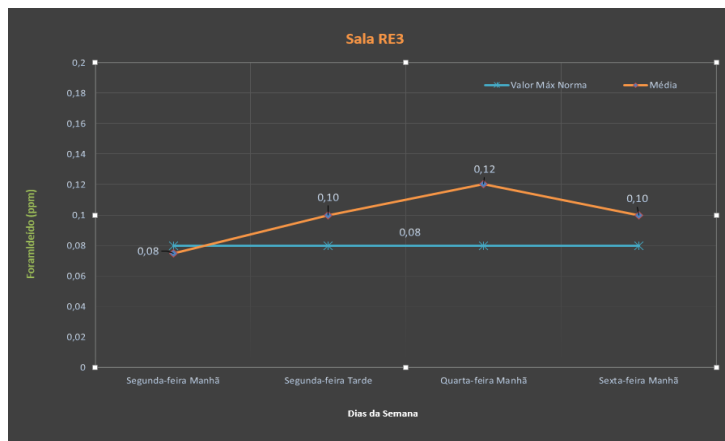


Figura 5.1.20 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE3 da escola do Refúgio

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, e sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos, e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala RE1, de 0,17 ppm na sala RE2 e de 0,12 ppm na sala RE3 são valores pontuais, devido a que os valores foram recolhidos durante o decorrer de atividades de artes plásticas nessas salas, durante a manhã de quarta-feira, nomeadamente o uso de cola e outros materiais que originou a subida do valor de formaldeído. As descidas de valores que se verificaram na sexta-feira podem ser explicadas pelo aumento de ventilação, nomeadamente abertura de janelas.

5.2 Dióxido de Carbono (CO2)

Escola Pêro da Covilhã

Como se verifica nas figuras (Fig. 5.2.1 e Fig. 5.2.2) podemos constatar que os valores de dióxido de carbono recolhidos no período compreendido entre os dias 16/11/15 e 27/11/15, nas seis salas em estudo da escola Pêro da Covilhã, se encontram na maioria acima do valor máximo admissível de 1250 ppm, variando entre 389 e 2514 ppm, sendo registado apenas na sala A5 e na sala A6 valores sempre abaixo do valor máximo admissível.

| Escola Pêro da Covilhã | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|------------|----------------------------|-------------|---------------------------|------------|
| Medições CO2 - ppm | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda-feira 16/11/2015 | | Quarta-feira 18/11/2015 | | Sexta-feira 20/11/2015 | | Segunda-feira 23/11/2015 | | Quarta-feira 25/11/2015 | | Sexta-feira 27/11/2015 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Exterior Sala A1 | 437 | 349 | 435 | 426 | 426 | 319 | | | | 375 | | |
| | 411 | 339 | 389 | 395 | 395 | 317 | | | | 349 | | |
| | 373 | 338 | 383 | 386 | 386 | 316 | | | | 331 | | |
| | 354 | 361 | 353 | 386 | 315 | 315 | | | | 314 | | |
| | 351 | 380 | 352 | 372 | 315 | 315 | | | | 320 | | |
| Média | 385 | 353 | 382 | 393 | 316 | 316 | | | | 338 | | |
| Sala A1 | 2363 | 2404 | 2418 | 2312 | 991 | | | | | 2163 | | |
| | 2253 | 2536 | 2447 | 2327 | 986 | | | | | 2254 | | |
| | 2320 | 2513 | 2467 | 2291 | 989 | | | | | 2311 | | |
| | 2398 | 2564 | 2492 | 2302 | 1024 | | | | | 2369 | | |
| | 2398 | 2554 | 2554 | 2299 | 1006 | | | | | 2323 | | |
| Média | 2346 | 2514 | 2476 | 2306 | 999 | | | | | 2284 | | |
| Exterior Sala A5 | | 336 | 340 | 324 | 371 | 387 | | | | | | 346 |
| | | 336 | 334 | 322 | 355 | 333 | | | | | | 348 |
| | | 336 | 332 | 322 | 332 | 322 | | | | | | 343 |
| | | 330 | 331 | 320 | 333 | 317 | | | | | | 329 |
| | | 330 | 330 | 320 | 337 | 320 | | | | | | 324 |
| Média | | 334 | 333 | 322 | 346 | 336 | | | | | | 338 |
| Sala A5 | | 560 | 423 | 719 | 603 | 1072 | | | | | | 866 |
| | | 515 | 394 | 674 | 648 | 1045 | | | | | | 767 |
| | | 506 | 386 | 664 | 544 | 1007 | | | | | | 803 |
| | | 506 | 375 | 669 | 520 | 964 | | | | | | 863 |
| | | 511 | 369 | 668 | 528 | 927 | | | | | | 857 |
| Média | | 520 | 389 | 679 | 569 | 1003 | | | | | | 831 |
| Exterior Sala A6 | | 342 | | 330 | 364 | 325 | | | | | | |
| | | 337 | | 328 | 364 | 318 | | | | | | |
| | | 335 | | 332 | 362 | 315 | | | | | | |
| | | 338 | | 335 | 361 | 323 | | | | | | |
| | | 337 | | 328 | 359 | 311 | | | | | | |
| Média | 338 | | 331 | 362 | 318 | | | | | | | |
| Sala A6 | | 490 | 516 | 802 | 498 | 710 | 586 | | | | | |
| | | 489 | 479 | 732 | 483 | 662 | 590 | | | | | |
| | | 486 | 497 | 707 | 471 | 665 | 581 | | | | | |
| | | 494 | 534 | 711 | 465 | 654 | 571 | | | | | |
| | | 492 | 576 | 654 | 474 | 628 | 567 | | | | | |
| Média | 490 | 520 | 721 | 478 | 664 | 579 | | | | | | |
| Exterior Sala A8 | | 345 | | 379 | 370 | 340 | | 323 | | | | 499 |
| | | 333 | | 357 | 355 | 334 | | 308 | | | | 391 |
| | | 329 | | 350 | 357 | 332 | | 310 | | | | 345 |
| | | 331 | | 334 | 371 | 332 | | 309 | | | | 334 |
| | | 328 | | 336 | 355 | 330 | | 311 | | | | 343 |
| Média | 333 | | 351 | 362 | 334 | | 312 | | | | 382 | |
| Sala A8 | | 1251 | | 1371 | 447 | 1640 | | 678 | | | | 2411 |
| | | 1206 | | 1327 | 450 | 1602 | | 680 | | | | 2331 |
| | | 1187 | | 1298 | 464 | 1640 | | 655 | | | | 2273 |
| | | 1189 | | 1308 | 469 | 1687 | | 655 | | | | 2259 |
| | | 1183 | | 1310 | 470 | 1659 | | 660 | | | | 2218 |
| Média | 1203 | | 1323 | 460 | | 1646 | | 666 | | | 2298 | |
| Exterior Sala A25 | | | 409 | | | 338 | 391 | | 337 | | | |
| | | | 347 | | | 330 | 348 | | 314 | | | |
| | | | 330 | | | 327 | 318 | | 313 | | | |
| | | | 327 | | | 321 | 319 | | 316 | | | |
| | | | 327 | | | 321 | 320 | | 325 | | | |
| Média | | 348 | | | 327 | 339 | | 321 | | | | |
| Sala A25 | | | 627 | 1874 | | 1991 | 832 | 1960 | | | | 744 |
| | | | 631 | 2009 | | 2091 | 825 | 1908 | | | | 696 |
| | | | 580 | 1967 | | 1988 | 834 | 1967 | | | | 732 |
| | | | 586 | 1880 | | 2129 | 838 | 2052 | | | | 729 |
| | | | 631 | 1470 | | 2154 | 842 | 2136 | | | | 757 |
| Média | | 611 | 1840 | | 2071 | 834 | 2005 | | | | 732 | |
| Exterior Sala A26 | | | 358 | 409 | | 428 | 385 | 338 | | | | |
| | | | 332 | 347 | | 371 | 384 | 330 | | | | |
| | | | 339 | 330 | | 348 | 387 | 327 | | | | |
| | | | 327 | 327 | | 336 | 389 | 321 | | | | |
| | | | 326 | 327 | | 329 | 387 | 321 | | | | |
| Média | | 336 | 348 | | 362 | 386 | 327 | | | | | |
| Sala A26 | | | 735 | 2241 | | 769 | 729 | 444 | 363 | | | |
| | | | 749 | 2209 | | 780 | 734 | 446 | 363 | | | |
| | | | 760 | 2206 | | 800 | 719 | 452 | 377 | | | |
| | | | 764 | 2202 | | 758 | 708 | 449 | 377 | | | |
| | | | 741 | 2227 | | 768 | 685 | 440 | 370 | | | |
| Média | | 750 | 2217 | | 775 | 715 | 446 | 371 | | | | |

Figura 5.2.1 - Tabela referente aos resultados de CO2 recolhidos na escola Pêro da Covilhã

Na figura 5.5.2 é ilustrado um gráfico com uma apresentação diferente dos já apresentados, devido a que as 6 medições pontuais de CO₂ efetuadas em cada uma das 6 salas durante as duas semanas compreendidas entre 16/11/15 a 27/11/15, não ocorreram todas nos mesmos dias, sendo desta forma a apresentação de dados mais perceptível para análise global.

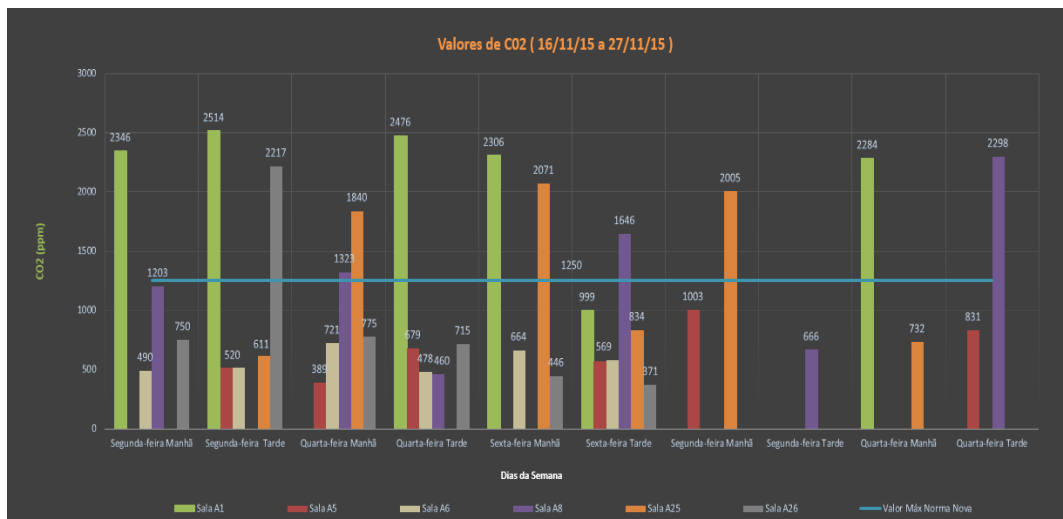


Figura 5.2.2 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhidos nas salas de aula da escola Pêro da Covilhã

Os valores de CO₂ foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 6 salas com valores máximos na maioria das salas que ultrapassam o valor máximo limite, notando-se desta forma que mais de metade das salas em estudo possuem condições de ventilação insuficiente, existindo apenas duas salas, a sala A6 e a sala A5, que registam valores aceitáveis, abaixo de 1250 ppm.

Os valores registados que ultrapassam o valor máximo recomendado estão diretamente condicionados pela quantidade de CO₂ libertado pela respiração dos ocupantes, o volume das salas, bem como o tipo de caixilharia existente.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes iremos analisar em mais pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da fig. 5.2.3 podemos concluir que se registou um máximo de 2514 ppm na parte da tarde de segunda-feira e um mínimo de 999 ppm na tarde da sexta-feira da mesma semana. Os valores recolhidos apresentam-se na sua maioria sempre acima do máximo recomendado de 1250 ppm, apenas atingindo numa leitura um valor aceitável

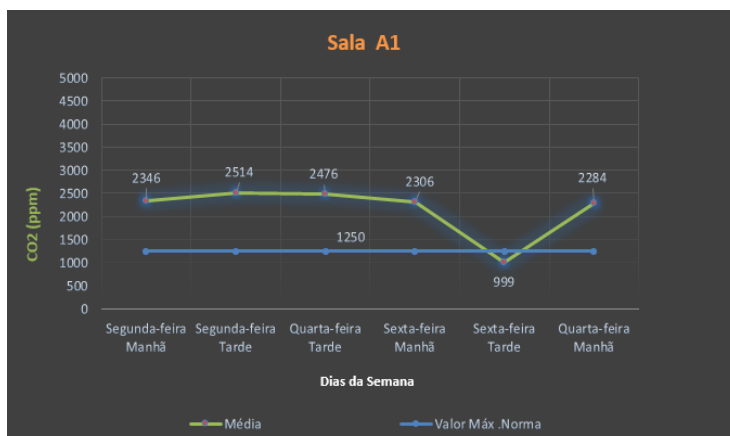


Figura 5.2.3 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos na sala A1 da escola Pêro da Covilhã

Como as medições foram efetuadas durante os intervalos das aulas, podemos concluir que os máximos são registados no decurso das mesmas, provavelmente por ausência de ventilação adequada.

Em análise da fig. 5.2.4 podemos concluir que se registou um máximo de 1003 ppm na parte da manhã da segunda-feira da segunda semana, e um mínimo de 389 ppm na manhã da quarta-feira da primeira semana. Os valores recolhidos apresentam-se todos abaixo do máximo recomendado de 1250 ppm, indicando uma boa ventilação do espaço.

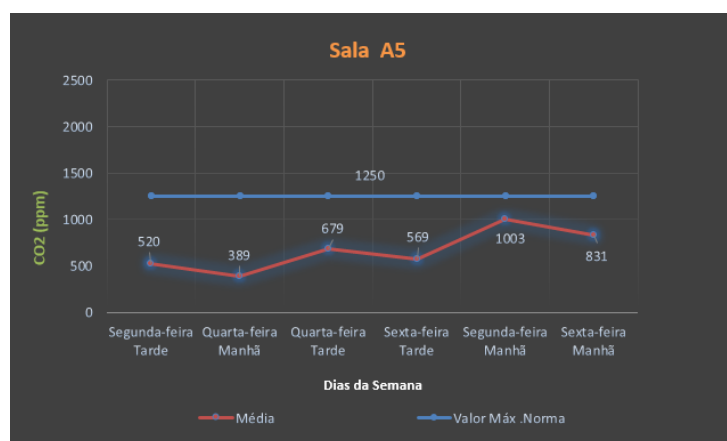


Figura 5.2.4 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos na sala A5 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da fig. 5.2.5 podemos concluir que se registou um máximo de 721 ppm na parte da manhã de quarta-feira, e um mínimo de 478 ppm na tarde do mesmo dia. Os valores recolhidos apresentam-se todos abaixo do máximo recomendado de 1250 ppm, indicando uma boa ventilação do espaço.

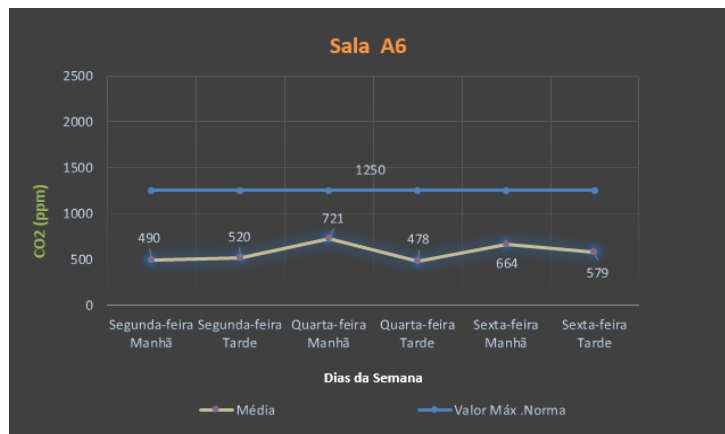


Figura 5.2.5 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos na sala A6 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da fig. 5.2.6 podemos concluir que se registou um máximo de 2298 ppm na parte da manhã da sexta-feira da segunda semana, e um mínimo de 460 ppm na tarde da quarta-feira da primeira semana. Os valores recolhidos apresentam-se na sua maioria acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, indicando uma má ventilação da sala.

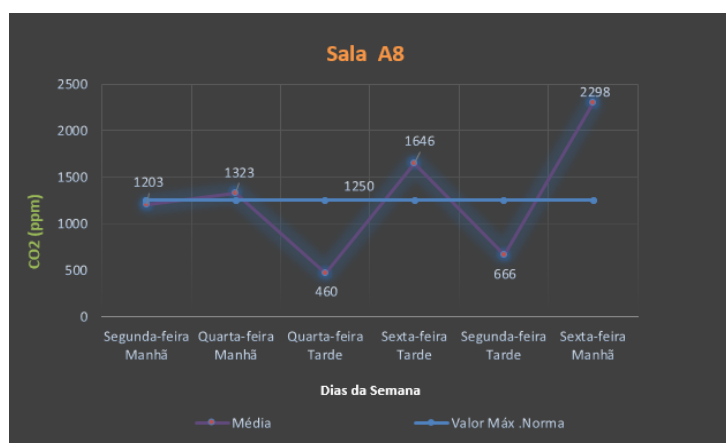


Figura 5.2.6 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos na sala A8 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da fig. 5.2.7 podemos concluir que se registou um máximo de 2071 ppm na parte da manhã da sexta-feira da primeira semana, e um mínimo de 611 ppm na tarde de segunda-feira da primeira semana. As medições foram efetuadas durante os intervalos das aulas, podendo concluir que os valores recolhidos, na sua maioria acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, dever-se-á provavelmente à ausência de ventilação adequada.

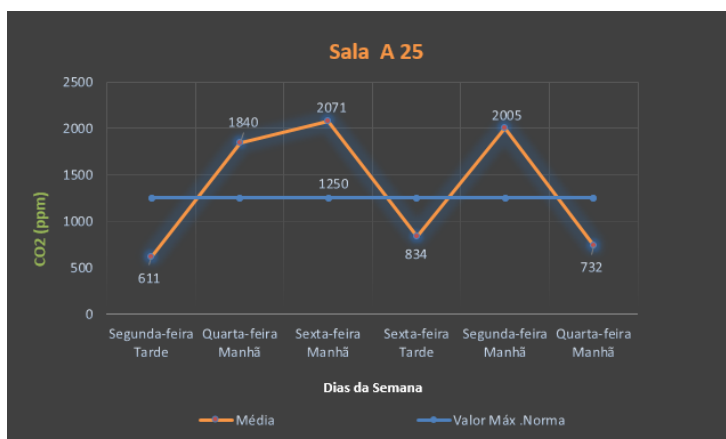


Figura 5.2.7 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos na sala A25 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da fig. 5.2.8 podemos concluir que se registou um máximo de 2217 ppm na parte da tarde de segunda-feira, e um mínimo de 371 ppm na tarde de sexta-feira, ocorrendo um decréscimo contínuo de concentração de CO2 durante a semana. Os valores recolhidos apresentam-se na sua maioria abaixo do valor máximo recomendado de 1250 ppm, sendo o seu maior valor registado no dia com maior ocupação. Como as medições foram efetuadas durante os intervalos das aulas, podemos concluir que os máximos são registados no decurso das mesmas, provavelmente por ausência de ventilação adequada.

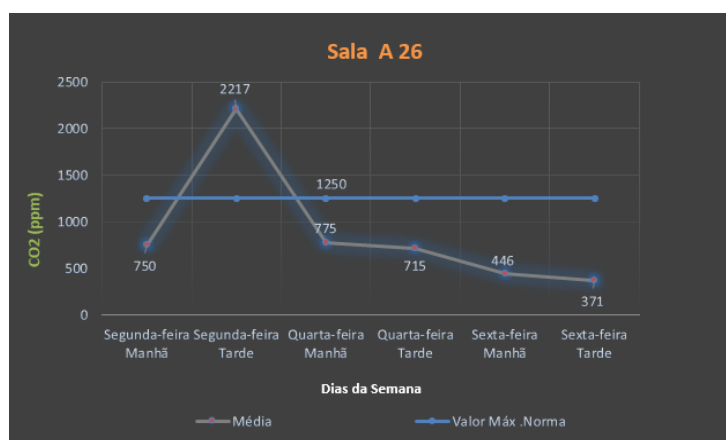


Figura 5.2.8 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos na sala A26 da escola Pêro da Covilhã

Escola de Santo António

Como se verifica na tabela 5.2.1 e na Fig. 5.2.9 apresentadas anteriormente podemos constatar que os valores de dióxido de carbono recolhidos durante uma semana, no período compreendido entre os dias 04/04/16 e 08/04/16, nas duas salas em estudo da escola de Santo António, se encontram na maioria acima do valor máximo admissível de 1250 ppm, variando entre 975 e valores superiores a 5000 ppm.

Tabela 5.2.1 - Tabela referente aos resultados de CO2 recolhidos na escola de Santo António

| Escola básica do 1º ciclo Stº António | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Medições CO2 - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira 04/04/2016 | | Quarta-feira 06/04/2016 | | Sexta-feira 08/04/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua entrada principal | | 395 | 297 | 314 | 291 | |
| | | 312 | 352 | 297 | 316 | 292 |
| | | 305 | 335 | 298 | 310 | 293 |
| | | 289 | 331 | 299 | 315 | 294 |
| | | 290 | 334 | 298 | 374 | 294 |
| Média | 299 | 349 | 298 | 326 | 293 | |
| Sala SA2 | | 1701 | 4349 | 2628 | 3763 | 1315 |
| | | 1652 | 4327 | 2607 | 3721 | 1011 |
| | | 1643 | 4325 | 2502 | 3735 | 915 |
| | | 1632 | 4310 | 2401 | 3764 | 841 |
| | | 1653 | 4249 | 2408 | 3668 | 794 |
| Média | 1656 | 4312 | 2509 | 3730 | 975 | |
| Sala SA4 | | 2619 | Invalid | 3778 | 1182 | 3748 |
| | | 2631 | Invalid | 3671 | 1184 | 3694 |
| | | 2611 | Invalid | 3326 | 1219 | 3750 |
| | | 2573 | Invalid | 3359 | 1210 | 3716 |
| | | 2555 | Invalid | 3395 | 1209 | 3461 |
| Média | 2598 | #DIV/0! | 3506 | 1201 | 3674 | |
| Rua acesso recreio piso 1 | | 309 | 297 | 313 | 304 | 401 |
| | | 305 | 301 | 311 | 301 | 328 |
| | | 302 | 299 | 318 | 298 | 332 |
| | | 300 | 291 | 341 | 295 | 316 |
| | 346 | 298 | 326 | 293 | 330 | |
| Média | 312 | 297 | 322 | 298 | 341 | |

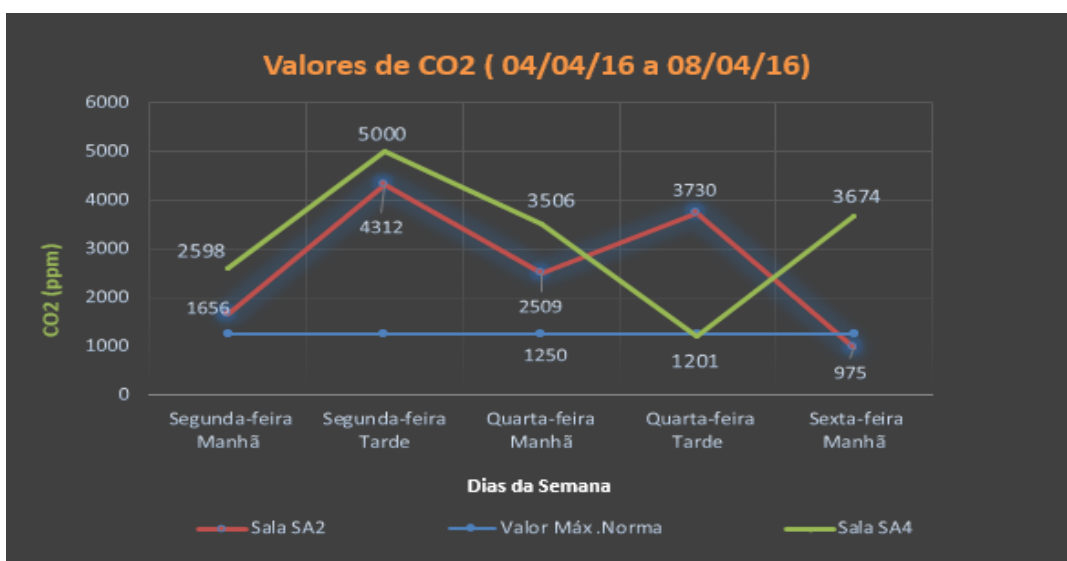


Figura 5.2.9 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos nas salas de aula de Santo António

Os valores de CO₂ foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 2 salas com valores máximos na maioria que ultrapassam o valor máximo limite de 1250 ppm, notando-se desta forma que praticamente todas as salas em estudo possuem condições de ventilação insuficiente.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes iremos analisar em mais pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da fig. 5.2.10 podemos concluir que se registou um máximo de 4312 ppm na parte da tarde de segunda-feira, e um mínimo de 975 ppm registado no final da semana na tarde de sexta-feira. As medições foram efetuadas durante os intervalos das aulas, podendo concluir que os valores recolhidos, na sua maioria acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, dever-se-á provavelmente à ausência de ventilação adequada.

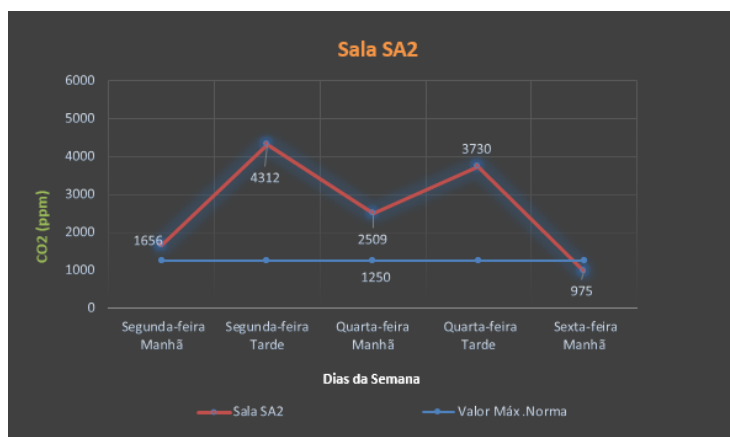


Figura 5.2.10 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhidos na sala SA2 da escola de Santo António

Em análise da fig. 5.2.11 podemos concluir que se registou um máximo de 5000 ppm na parte da tarde de segunda-feira, e um mínimo de 1201 ppm registado na tarde de quarta-feira. As medições foram efetuadas durante os intervalos das aulas, podendo concluir que os valores recolhidos, na sua maioria acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, dever-se-á provavelmente à ausência de ventilação adequada.

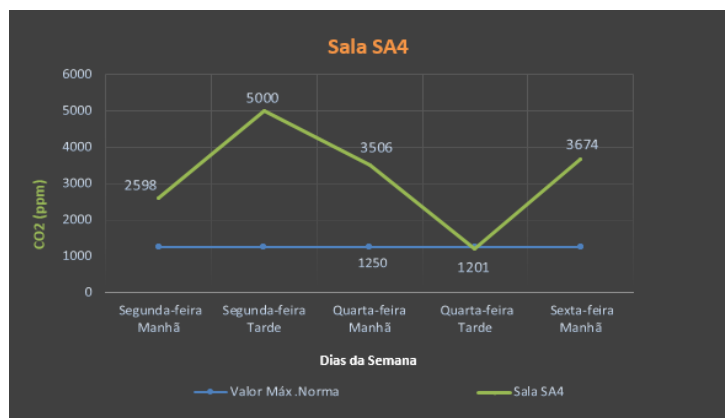


Figura 5.2.11 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhidos na sala SA4 da escola de Santo António

- Os valores recolhidos referentes à concentração de dióxido de carbono nas duas salas da escola de Santo António, ultrapassam em praticamente toda a semana o valor máximo de 1250 ppm. Visto tratarem-se de salas quase equivalentes a nível de área, e com a mesma caixilharia e ocupação podemos afirmar que ambas as salas têm franca ventilação.

Escola do Rodrigo

Como se verifica na tabela 5.2.2 e na Fig. 5.2.12 podemos constatar que os valores de dióxido de carbono recolhidos durante uma semana, no período compreendido entre os dias 09/05/16 e 13/05/16, nas três salas em estudo da escola do Rodrigo, se encontram na totalidade acima do valor máximo admissível de 1250 ppm, variando entre 1460 e valores superiores a 4031 ppm.

Tabela 5.2.2 - Tabela referente aos resultados de CO2 recolhidos na escola do Rodrigo

| Medições CO2 - ppm | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------|---------------------------|-------------|
| | Segunda-feira 09/05/2016 | | Quarta-feira 11/05/2016 | | Sexta-feira 13/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| | Rua | 299 | 290 | 298 | | 299 |
| | 294 | 291 | 312 | | 297 | 299 |
| | 292 | 291 | 298 | | 298 | 297 |
| | 293 | 291 | 297 | | 298 | 297 |
| | 294 | 290 | 299 | | 303 | 297 |
| Média | 294 | 291 | 301 | | 299 | 298 |
| Sala R1A | 3402 | 1607 | 2701 | | 1869 | 2524 |
| | 3188 | 1539 | 2601 | | 1682 | 2390 |
| | 3120 | 1450 | 2613 | | 1629 | 2146 |
| | 3086 | 1384 | 2568 | | 1515 | 2077 |
| | 3022 | 1319 | 2451 | | 1502 | 2068 |
| Média | 3164 | 1460 | 2587 | | 1639 | 2241 |
| Sala R2B | 2371 | 2687 | 2759 | | 2546 | 2260 |
| | 2340 | 2632 | 2634 | | 2440 | 2194 |
| | 2328 | 2598 | 2444 | | 2375 | 2193 |
| | 2324 | 2533 | 2395 | | 2362 | 2169 |
| | 2316 | 2505 | 2337 | | 2280 | 2144 |
| Média | 2336 | 2591 | 2514 | | 2401 | 2192 |
| Sala 5 | 3025 | 4148 | 2903 | | 2772 | 3414 |
| | 3112 | 4155 | 2885 | | 2765 | 3357 |
| | 3055 | 4042 | 2854 | | 2757 | 3355 |
| | 3070 | 3981 | 2821 | | 2676 | 3274 |
| | 3076 | 3829 | 2860 | | 2645 | 3310 |
| Média | 3068 | 4031 | 2865 | | 2723 | 3342 |

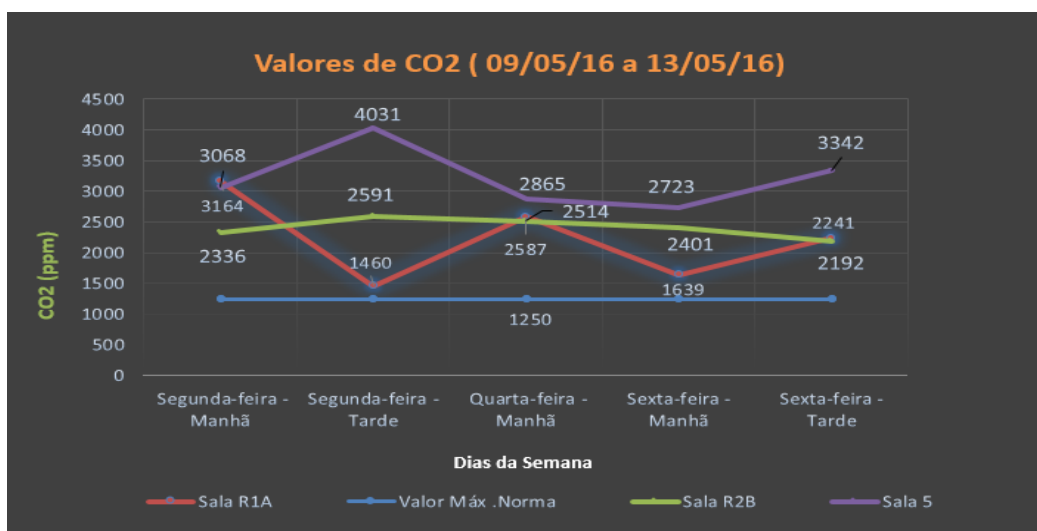


Figura 5.2.12 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos nas salas de aula da escola do Rodrigo

Os valores de CO₂ foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 3 salas com valores mínimos e máximos que na totalidade ultrapassam o valor máximo limite de 1250 ppm, notando-se desta forma que todas as salas em estudo possuem condições de ventilação insuficiente.

Em análise da fig. 5.2.13 podemos concluir que se registou um máximo de 3164 ppm na parte da manhã de segunda-feira, e na parte da tarde um mínimo de 1460 ppm. Todos os valores obtidos se encontram acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, sendo registado um decréscimo acentuado no dia de segunda-feira devido a um aumento de ventilação da sala de aula.

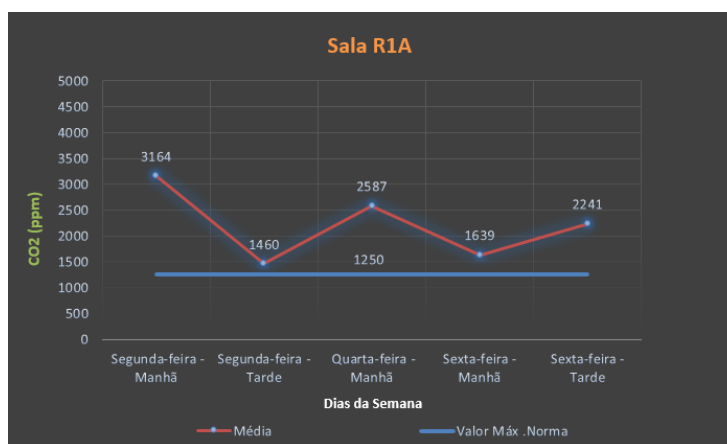


Figura 5.2.13 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo

Em análise da fig. 5.2.14 podemos concluir que se registou um máximo de 2591 ppm na parte da tarde de segunda-feira, e um mínimo de 2192 ppm registado no final da semana na tarde de sexta-feira. Todos os valores recolhidos encontram-se acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, praticamente uniformes nos mesmos níveis durante toda a semana, devendo-se à ausência de ventilação adequada.

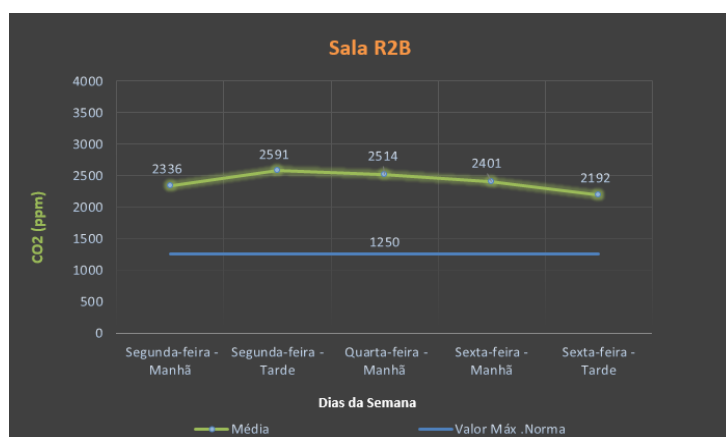


Figura 5.2.14 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhido na sala R2B da escola do Rodrigo

Em análise da fig. 5.2.15 podemos concluir que se registou um máximo de 4031 ppm na parte da tarde de segunda-feira, e um mínimo de 2723 ppm registado na manhã de sexta-feira, ambos muito acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm.

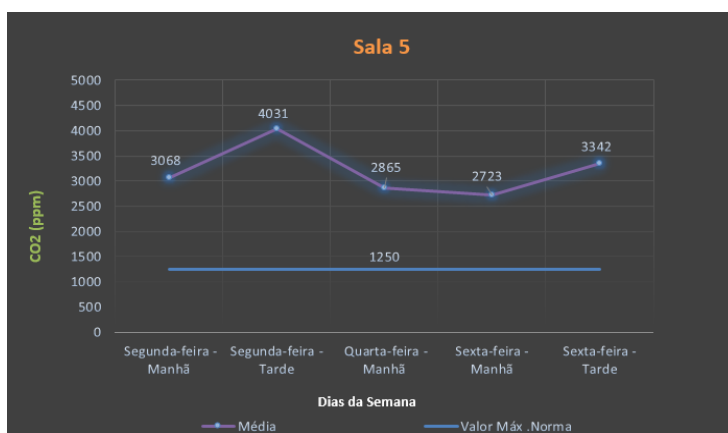


Figura 5.2.15 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo

Escola do Refúgio

Os valores de dióxido de carbono recolhidos durante uma semana, no período compreendido entre os dias 02/05/16 e 06/05/16, nas três salas em estudo da escola do Refúgio, se encontram na totalidade acima do valor máximo admissível de 1250 ppm, variando entre 1377 e valores superiores a 3970 ppm, como se verifica na tabela 5.2.3 e na Fig. 5.2.16.

Tabela 5.2.3 - Tabela referente aos resultados de CO2 recolhidos na escola do Refúgio

| Escola básica do 1º ciclo do Refúgio | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------------|
| Medições CO2 - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira | | Quarta-feira | | Sexta-feira | |
| | 02/05/2016 | | 04/05/2016 | | 06/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua | 302 | 296 | 295 | | 298 | 292 |
| | 297 | 295 | 296 | | 297 | 292 |
| | 297 | 296 | 298 | | 297 | 292 |
| | 306 | 296 | 299 | | 297 | 291 |
| | 333 | 296 | 300 | | 296 | 291 |
| Média | 307 | 296 | 298 | | 297 | 292 |
| Sala RE1 | 2350 | 1504 | 2405 | | 3639 | 3788 |
| | 2120 | 1507 | 2301 | | 3623 | 3796 |
| | 2121 | 1394 | 2265 | | 3627 | 3755 |
| | 2120 | 1278 | 2195 | | 3668 | 3701 |
| | 2080 | 1203 | 2129 | | 3675 | 3767 |
| Média | 2158 | 1377 | 2259 | | 3646 | 3761 |
| Sala RE2 | 3135 | 4183 | 2660 | | 3369 | 3297 |
| | 3040 | 4077 | 2736 | | 3392 | 3342 |
| | 3118 | 4002 | 2788 | | 3417 | 3326 |
| | 2982 | 3772 | 2785 | | 3457 | 3315 |
| | 2917 | 3818 | 2717 | | 3458 | 3318 |
| Média | 3038 | 3970 | 2737 | | 3419 | 3320 |
| Sala RE3 | 2767 | 2632 | 2094 | | 3442 | 3130 |
| | 2699 | 2513 | 2055 | | 3422 | 3139 |
| | 2647 | 2470 | 1976 | | 3413 | 3118 |
| | 2600 | 2412 | 1936 | | 3390 | 3107 |
| | 2495 | 2333 | 1857 | | 3415 | 3108 |
| Média | 2642 | 2472 | 1984 | | 3416 | 3120 |

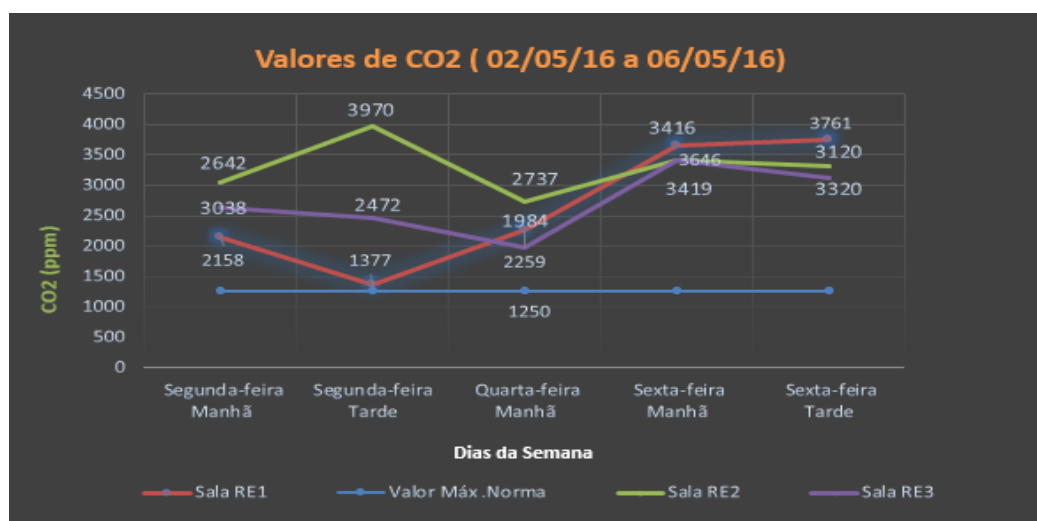


Figura 5.2.16 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhidos nas salas de aula da escola do Refúgio

Os valores de CO₂ foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 3 salas com valores mínimos e máximos que na totalidade ultrapassam o valor máximo limite de 1250 ppm, notando-se desta forma que todas as salas em estudo possuem condições de ventilação insuficiente.

Em análise da fig. 5.2.17 podemos concluir que se registou um máximo de 3761 ppm na parte da tarde de sexta-feira, e um mínimo de 1377 ppm na parte da tarde de Segunda-feira. Todos os valores obtidos se encontram acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, sendo registado um crescimento gradual da concentração de CO₂ durante o decorrer da semana, indicando desta forma uma ventilação insuficiente da sala.

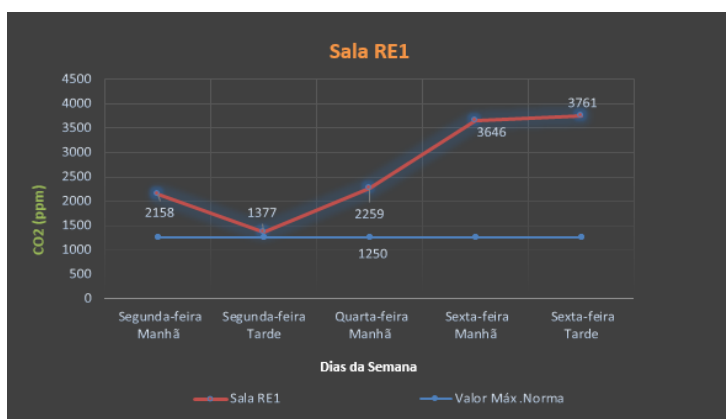


Figura 5.2.17 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhido na sala RE1 da escola do Refúgio

Em análise da fig. 5.2.18 podemos concluir que se registou um máximo de 3970 ppm na parte da tarde de segunda-feira, e um mínimo de 2737 ppm na parte da manhã de quarta-feira. Todos os valores obtidos se encontram acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, sendo registados crescimentos e decréscimos da concentração de CO₂ durante o decorrer da semana, indicando desta forma que o fator principal para a variação se trata da eficiência da ventilação da sala

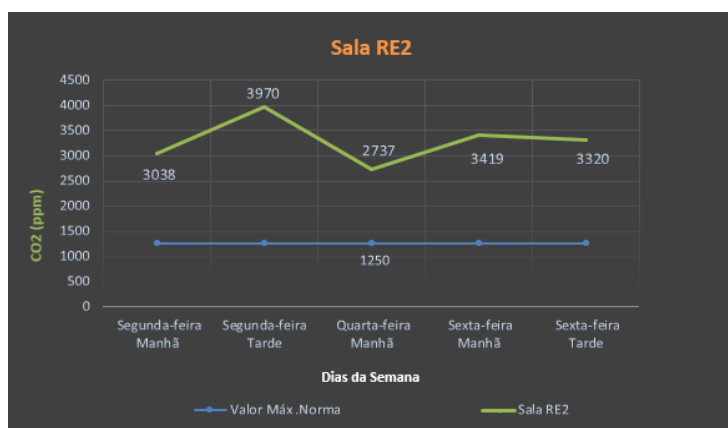


Figura 5.2.18 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhido na sala RE2 da escola do Refúgio

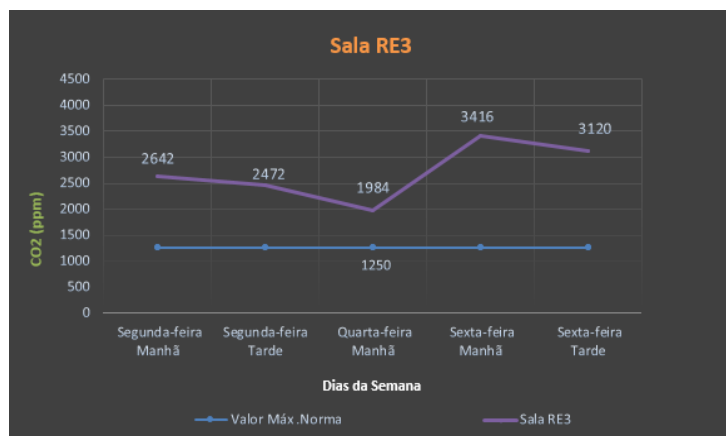


Figura 5.2.19 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido na sala RE3 da escola do Refúgio

Em análise da fig. 5.2.19 podemos concluir que se registou um máximo de 3416 ppm na parte da manhã de sexta-feira, e um mínimo de 1984 ppm na parte da manhã de quarta-feira. Todos os valores obtidos se encontram acima do valor máximo recomendado de 1250 ppm, sendo registados crescimentos e decréscimos da concentração de CO2 durante o decorrer da semana, indicando desta forma que o fator principal para a variação se trata da eficiência da ventilação da sala

- Numa análise global das três salas podemos constatar que os valores obtidos nas salas RE2 e RE3 a nível de concentração de CO2, são em média superior aos obtidos na sala RE1. Uma possível razão é o facto de esta última se encontrar no piso 0, tendo ligação com o hall principal que dá acesso ao átrio de entrada do edifício, criando deste modo uma maior ventilação aquando da abertura da porta da sala de aula, em comparação com as salas RE2 e RE3 que se situam no piso 1.

5.3 Monóxido de Carbono (CO)

Escola Pêro da Covilhã

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala A1 em contínuo, iniciando-se na data de 14/11/15 às 00:00 h e terminando em 27/11/15 às 10:00 h, sendo recolhidos um total de 3863 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a (Figura 5.3.1).

| Nº Medições | Data | Tempo | CO(ppm) |
|-------------|------------|----------|---------|
| 1029 | 17/11/2015 | 13:40:00 | 4 |
| 1030 | 17/11/2015 | 13:45:00 | 4 |
| 1031 | 17/11/2015 | 13:50:00 | 4 |
| 1032 | 17/11/2015 | 13:55:00 | 4 |
| 1033 | 17/11/2015 | 14:00:00 | 4 |
| 1034 | 17/11/2015 | 14:05:00 | 4 |
| 1035 | 17/11/2015 | 14:10:00 | 4 |
| 1036 | 17/11/2015 | 14:15:00 | 4 |
| 1037 | 17/11/2015 | 14:20:00 | 4 |
| 1038 | 17/11/2015 | 14:25:00 | 4 |
| 1039 | 17/11/2015 | 14:30:00 | 4 |
| 1040 | 17/11/2015 | 14:35:00 | 4 |
| 1041 | 17/11/2015 | 14:40:00 | 4 |
| 1042 | 17/11/2015 | 14:45:00 | 4 |
| 1043 | 17/11/2015 | 14:50:00 | 3,5 |
| 1044 | 17/11/2015 | 14:55:00 | 4,5 |
| 1045 | 17/11/2015 | 15:00:00 | 4 |
| 1046 | 17/11/2015 | 15:05:00 | 4,5 |
| 1047 | 17/11/2015 | 15:10:00 | 4,5 |
| 1048 | 17/11/2015 | 15:15:00 | 4,5 |
| 1049 | 17/11/2015 | 15:20:00 | 4 |
| 1050 | 17/11/2015 | 15:25:00 | 4 |
| 1051 | 17/11/2015 | 15:30:00 | 4,5 |
| 1052 | 17/11/2015 | 15:35:00 | 4,5 |
| 1053 | 17/11/2015 | 15:40:00 | 4,5 |
| 1054 | 17/11/2015 | 15:45:00 | 4,5 |
| 1055 | 17/11/2015 | 15:50:00 | 4,5 |
| 1056 | 17/11/2015 | 15:55:00 | 4,5 |
| 1057 | 17/11/2015 | 16:00:00 | 4,5 |
| 1058 | 17/11/2015 | 16:05:00 | 4 |
| 1059 | 17/11/2015 | 16:10:00 | 4,5 |
| 1060 | 17/11/2015 | 16:15:00 | 4 |
| 1061 | 17/11/2015 | 16:20:00 | 4,5 |
| 1062 | 17/11/2015 | 16:25:00 | 4 |
| 1063 | 17/11/2015 | 16:30:00 | 4 |

Figura 5.3.1 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala A1 da escola Pêro da Covilhã

Os dados recolhidos de CO registaram valores compreendidos entre 0 e 6,5 ppm, inferiores ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Contudo foram registados na maior parte dos dias valores compreendidos

entre 3 e 4,5 ppm, devendo-se ao facto de a sala se localizar numa zona muito próxima de circulação interna e de estacionamento de veículos, como também por se localizar numa extremidade do edifício a menos de 30 m de uma via de tráfego principal, no exterior dos limites da escola, contribuindo assim para uma emissão considerável de CO na sua envolvente.

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala A5 em contínuo, iniciando-se na data de 14/11/15 às 00:00 h e terminando em 27/11/15 às 09:50 h, sendo recolhidos um total de 3863 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos , como ilustra a Figura 5.3.2.

| Nº Medições | Data | Tempo | CO (ppm) |
|-------------|------------|----------|----------|
| 1 | 14/11/2015 | 00:00:00 | 0 |
| 2 | 14/11/2015 | 00:05:00 | 0 |
| 3 | 14/11/2015 | 00:10:00 | 0 |
| 4 | 14/11/2015 | 00:15:00 | 0 |
| 5 | 14/11/2015 | 00:20:00 | 0 |
| 6 | 14/11/2015 | 00:25:00 | 0 |
| 7 | 14/11/2015 | 00:30:00 | 0 |
| 8 | 14/11/2015 | 00:35:00 | 0 |
| 9 | 14/11/2015 | 00:40:00 | 0 |
| 10 | 14/11/2015 | 00:45:00 | 0 |
| 11 | 14/11/2015 | 00:50:00 | 0 |
| 12 | 14/11/2015 | 00:55:00 | 0 |
| 13 | 14/11/2015 | 01:00:00 | 0 |
| 14 | 14/11/2015 | 01:05:00 | 0 |
| 15 | 14/11/2015 | 01:10:00 | 0 |
| 16 | 14/11/2015 | 01:15:00 | 0 |
| 17 | 14/11/2015 | 01:20:00 | 0 |
| 18 | 14/11/2015 | 01:25:00 | 0 |
| 19 | 14/11/2015 | 01:30:00 | 0 |
| 20 | 14/11/2015 | 01:35:00 | 0 |
| 21 | 14/11/2015 | 01:40:00 | 0 |
| 22 | 14/11/2015 | 01:45:00 | 0 |
| 23 | 14/11/2015 | 01:50:00 | 0 |
| 24 | 14/11/2015 | 01:55:00 | 0 |
| 25 | 14/11/2015 | 02:00:00 | 0 |
| 26 | 14/11/2015 | 02:05:00 | 0 |
| 27 | 14/11/2015 | 02:10:00 | 0 |
| 28 | 14/11/2015 | 02:15:00 | 0 |
| 29 | 14/11/2015 | 02:20:00 | 0 |
| 30 | 14/11/2015 | 02:25:00 | 0 |
| 31 | 14/11/2015 | 02:30:00 | 0 |
| 32 | 14/11/2015 | 02:35:00 | 0 |
| 33 | 14/11/2015 | 02:40:00 | 0 |
| 34 | 14/11/2015 | 02:45:00 | 0 |

Figura 5.3.2 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala A5 da escola Pêro da Covilhã

Todos os valores recolhidos registaram um valor de 0 ppm, inferior ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe

da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente.

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala A6 em contínuo, iniciando-se na data de 14/11/15 às 00:00 h e terminando em 27/11/15 às 09:55 h, sendo recolhidos um total de 3864 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.3.

| Nº Medições | Data | Tempo | CO (ppm) |
|-------------|------------|----------|----------|
| 1 | 14/11/2015 | 00:00:00 | 0 |
| 2 | 14/11/2015 | 00:05:00 | 0 |
| 3 | 14/11/2015 | 00:10:00 | 0 |
| 4 | 14/11/2015 | 00:15:00 | 0 |
| 5 | 14/11/2015 | 00:20:00 | 0 |
| 6 | 14/11/2015 | 00:25:00 | 0 |
| 7 | 14/11/2015 | 00:30:00 | 0 |
| 8 | 14/11/2015 | 00:35:00 | 0 |
| 9 | 14/11/2015 | 00:40:00 | 0 |
| 10 | 14/11/2015 | 00:45:00 | 0 |
| 11 | 14/11/2015 | 00:50:00 | 0 |
| 12 | 14/11/2015 | 00:55:00 | 0 |
| 13 | 14/11/2015 | 01:00:00 | 0 |
| 14 | 14/11/2015 | 01:05:00 | 0 |
| 15 | 14/11/2015 | 01:10:00 | 0 |
| 16 | 14/11/2015 | 01:15:00 | 0 |
| 17 | 14/11/2015 | 01:20:00 | 0 |
| 18 | 14/11/2015 | 01:25:00 | 0 |
| 19 | 14/11/2015 | 01:30:00 | 0 |
| 20 | 14/11/2015 | 01:35:00 | 0 |
| 21 | 14/11/2015 | 01:40:00 | 0 |
| 22 | 14/11/2015 | 01:45:00 | 0 |
| 23 | 14/11/2015 | 01:50:00 | 0 |
| 24 | 14/11/2015 | 01:55:00 | 0 |
| 25 | 14/11/2015 | 02:00:00 | 0 |
| 26 | 14/11/2015 | 02:05:00 | 0 |
| 27 | 14/11/2015 | 02:10:00 | 0 |
| 28 | 14/11/2015 | 02:15:00 | 0 |
| 29 | 14/11/2015 | 02:20:00 | 0 |
| 30 | 14/11/2015 | 02:25:00 | 0 |
| 31 | 14/11/2015 | 02:30:00 | 0 |
| 32 | 14/11/2015 | 02:35:00 | 0 |
| 33 | 14/11/2015 | 02:40:00 | 0 |
| 34 | 14/11/2015 | 02:45:00 | 0 |

Figura 5.3.3 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala A6 da escola Pêro da Covilhã

Todos os valores recolhidos registaram um valor de 0 ppm, inferior ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente.

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala A8 em contínuo, iniciando-se na data de 14/11/15 às 00:00 h e terminando em 27/11/15 às 09:50 h, sendo recolhidos um total de 3863 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.4.

| Nº Medições | Data | Tempo | CO (ppm) |
|-------------|------------|----------|----------|
| 1 | 14/11/2015 | 00:00:00 | 0 |
| 2 | 14/11/2015 | 00:05:00 | 0 |
| 3 | 14/11/2015 | 00:10:00 | 0 |
| 4 | 14/11/2015 | 00:15:00 | 0 |
| 5 | 14/11/2015 | 00:20:00 | 0 |
| 6 | 14/11/2015 | 00:25:00 | 0 |
| 7 | 14/11/2015 | 00:30:00 | 0 |
| 8 | 14/11/2015 | 00:35:00 | 0 |
| 9 | 14/11/2015 | 00:40:00 | 0 |
| 10 | 14/11/2015 | 00:45:00 | 0 |
| 11 | 14/11/2015 | 00:50:00 | 0 |
| 12 | 14/11/2015 | 00:55:00 | 0 |
| 13 | 14/11/2015 | 01:00:00 | 0 |
| 14 | 14/11/2015 | 01:05:00 | 0 |
| 15 | 14/11/2015 | 01:10:00 | 0 |
| 16 | 14/11/2015 | 01:15:00 | 0 |
| 17 | 14/11/2015 | 01:20:00 | 0 |
| 18 | 14/11/2015 | 01:25:00 | 0 |
| 19 | 14/11/2015 | 01:30:00 | 0 |
| 20 | 14/11/2015 | 01:35:00 | 0 |
| 21 | 14/11/2015 | 01:40:00 | 0 |
| 22 | 14/11/2015 | 01:45:00 | 0 |
| 23 | 14/11/2015 | 01:50:00 | 0 |
| 24 | 14/11/2015 | 01:55:00 | 0 |
| 25 | 14/11/2015 | 02:00:00 | 0 |
| 26 | 14/11/2015 | 02:05:00 | 0 |
| 27 | 14/11/2015 | 02:10:00 | 0 |
| 28 | 14/11/2015 | 02:15:00 | 0 |
| 29 | 14/11/2015 | 02:20:00 | 0 |
| 30 | 14/11/2015 | 02:25:00 | 0 |
| 31 | 14/11/2015 | 02:30:00 | 0 |
| 32 | 14/11/2015 | 02:35:00 | 0 |
| 33 | 14/11/2015 | 02:40:00 | 0 |
| 34 | 14/11/2015 | 02:45:00 | 0 |

Figura 5.3.4 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala A8 da escola Pêro da Covilhã

Todos os valores recolhidos registaram um valor de 0 ppm, inferior ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente.

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala A25 em contínuo, iniciando-se na data de 14/11/15 às 00:00 h e terminando em 27/11/15 às 10:00 h, sendo recolhidos um total de 3865 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.5.

| Nº Medições | Data | Tempo | CO(ppm) |
|-------------|------------|----------|---------|
| 691 | 16/11/2015 | 09:30:00 | 0,5 |
| 692 | 16/11/2015 | 09:35:00 | 0,5 |
| 693 | 16/11/2015 | 09:40:00 | 0,5 |
| 694 | 16/11/2015 | 09:45:00 | 0,5 |
| 695 | 16/11/2015 | 09:50:00 | 0,5 |
| 696 | 16/11/2015 | 09:55:00 | 0,5 |
| 697 | 16/11/2015 | 10:00:00 | 0,5 |
| 698 | 16/11/2015 | 10:05:00 | 0,5 |
| 699 | 16/11/2015 | 10:10:00 | 0,5 |
| 700 | 16/11/2015 | 10:15:00 | 0,5 |
| 701 | 16/11/2015 | 10:20:00 | 1 |
| 702 | 16/11/2015 | 10:25:00 | 0,5 |
| 703 | 16/11/2015 | 10:30:00 | 0,5 |
| 704 | 16/11/2015 | 10:35:00 | 0,5 |
| 705 | 16/11/2015 | 10:40:00 | 0,5 |
| 706 | 16/11/2015 | 10:45:00 | 0,5 |
| 707 | 16/11/2015 | 10:50:00 | 0,5 |
| 708 | 16/11/2015 | 10:55:00 | 0,5 |
| 709 | 16/11/2015 | 11:00:00 | 0,5 |
| 710 | 16/11/2015 | 11:05:00 | 0,5 |
| 711 | 16/11/2015 | 11:10:00 | 0,5 |
| 712 | 16/11/2015 | 11:15:00 | 0,5 |
| 713 | 16/11/2015 | 11:20:00 | 1 |
| 714 | 16/11/2015 | 11:25:00 | 1 |
| 715 | 16/11/2015 | 11:30:00 | 1 |
| 716 | 16/11/2015 | 11:35:00 | 1 |
| 717 | 16/11/2015 | 11:40:00 | 0,5 |
| 718 | 16/11/2015 | 11:45:00 | 0,5 |
| 719 | 16/11/2015 | 11:50:00 | 0,5 |
| 720 | 16/11/2015 | 11:55:00 | 0,5 |
| 721 | 16/11/2015 | 12:00:00 | 0,5 |
| 722 | 16/11/2015 | 12:05:00 | 0,5 |
| 723 | 16/11/2015 | 12:10:00 | 0,5 |
| 724 | 16/11/2015 | 12:15:00 | 0,5 |
| 725 | 16/11/2015 | 12:20:00 | 1 |

Figura 5.3.5 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã

Os dados recolhidos de CO registaram valores compreendidos entre 0 e 6 ppm, inferiores ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Contudo foram registados na maior parte dos dias valores compreendidos entre 0,5 e 1 ppm, devendo-se ao facto de a sala se localizar numa zona muito próxima de estacionamento e de circulação interna de veículos, contribuindo assim para uma emissão de CO na sua envolvente.

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala A26 em contínuo, iniciando-se na data de 14/11/15 às 00:00 h e terminando em 27/11/15 às 10:00 h, sendo recolhidos um total de 3865 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.6.

| Nº Medições | Data | Tempo | CO(ppm) |
|-------------|------------|----------|---------|
| 1348 | 18/11/2015 | 16:15:00 | 0 |
| 1349 | 18/11/2015 | 16:20:00 | 0.5 |
| 1350 | 18/11/2015 | 16:25:00 | 0.5 |
| 1351 | 18/11/2015 | 16:30:00 | 0.5 |
| 1352 | 18/11/2015 | 16:35:00 | 0 |
| 1353 | 18/11/2015 | 16:40:00 | 0.5 |
| 1354 | 18/11/2015 | 16:45:00 | 0 |
| 1355 | 18/11/2015 | 16:50:00 | 0 |
| 1356 | 18/11/2015 | 16:55:00 | 0 |
| 1357 | 18/11/2015 | 17:00:00 | 0.5 |
| 1358 | 18/11/2015 | 17:05:00 | 0 |
| 1359 | 18/11/2015 | 17:10:00 | 0 |
| 1360 | 18/11/2015 | 17:15:00 | 0.5 |
| 1361 | 18/11/2015 | 17:20:00 | 0 |
| 1362 | 18/11/2015 | 17:25:00 | 0 |
| 1363 | 18/11/2015 | 17:30:00 | 0 |
| 1364 | 18/11/2015 | 17:35:00 | 0 |
| 1365 | 18/11/2015 | 17:40:00 | 0 |
| 1366 | 18/11/2015 | 17:45:00 | 0.5 |
| 1367 | 18/11/2015 | 17:50:00 | 0 |
| 1368 | 18/11/2015 | 17:55:00 | 0.5 |
| 1369 | 18/11/2015 | 18:00:00 | 0 |
| 1370 | 18/11/2015 | 18:05:00 | 0.5 |
| 1371 | 18/11/2015 | 18:10:00 | 0 |
| 1372 | 18/11/2015 | 18:15:00 | 0.5 |
| 1373 | 18/11/2015 | 18:20:00 | 0.5 |
| 1374 | 18/11/2015 | 18:25:00 | 0 |
| 1375 | 18/11/2015 | 18:30:00 | 0.5 |
| 1376 | 18/11/2015 | 18:35:00 | 0 |
| 1377 | 18/11/2015 | 18:40:00 | 0 |
| 1378 | 18/11/2015 | 18:45:00 | 0 |
| 1379 | 18/11/2015 | 18:50:00 | 0.5 |
| 1380 | 18/11/2015 | 18:55:00 | 0.5 |
| 1381 | 18/11/2015 | 19:00:00 | 0.5 |
| 1382 | 18/11/2015 | 19:05:00 | 0.5 |

Figura 5.3.6 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala A26 da escola Pêro da Covilhã

Os dados recolhidos de CO registaram valores compreendidos entre 0 e 1 ppm, inferiores ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Contudo foram registados na maior parte dos dias valores compreendidos entre 0 e 0,5 ppm, devendo-se ao facto de a sala se localizar numa zona muito próxima de estacionamento de veículos, contribuindo assim para uma emissão de CO na sua envolvente.

Escola de Santo António

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala SA2 em contínuo, iniciando-se na data de 02/04/16 às 00:00 h e terminando em 08/04/16 às 12:10 h, sendo recolhidos um total de 1875 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.7.

| Numero de Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|--------------------|------------------|---------|
| 1 | 02/04/2016 00:00 | 0 |
| 2 | 02/04/2016 00:05 | 0 |
| 3 | 02/04/2016 00:10 | 0 |
| 4 | 02/04/2016 00:15 | 0 |
| 5 | 02/04/2016 00:20 | 0 |
| 6 | 02/04/2016 00:25 | 0 |
| 7 | 02/04/2016 00:30 | 0 |
| 8 | 02/04/2016 00:35 | 0 |
| 9 | 02/04/2016 00:40 | 0 |
| 10 | 02/04/2016 00:45 | 0 |
| 11 | 02/04/2016 00:50 | 0 |
| 12 | 02/04/2016 00:55 | 0 |
| 13 | 02/04/2016 01:00 | 0 |
| 14 | 02/04/2016 01:05 | 0 |
| 15 | 02/04/2016 01:10 | 0 |
| 16 | 02/04/2016 01:15 | 0 |
| 17 | 02/04/2016 01:20 | 0 |
| 18 | 02/04/2016 01:25 | 0 |
| 19 | 02/04/2016 01:30 | 0 |
| 20 | 02/04/2016 01:35 | 0 |
| 21 | 02/04/2016 01:40 | 0 |
| 22 | 02/04/2016 01:45 | 0 |
| 23 | 02/04/2016 01:50 | 0 |
| 24 | 02/04/2016 01:55 | 0 |
| 25 | 02/04/2016 02:00 | 0 |
| 26 | 02/04/2016 02:05 | 0 |
| 27 | 02/04/2016 02:10 | 0 |
| 28 | 02/04/2016 02:15 | 0 |
| 29 | 02/04/2016 02:20 | 0 |
| 30 | 02/04/2016 02:25 | 0 |
| 31 | 02/04/2016 02:30 | 0 |
| 32 | 02/04/2016 02:35 | 0 |
| 33 | 02/04/2016 02:40 | 0 |
| 34 | 02/04/2016 02:45 | 0 |

Figura 5.3.7 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala SA2 da escola de Santo António

Todos os valores recolhidos registaram um valor de 0 ppm, inferior ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente.

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala SA4 em contínuo, iniciando-se na data de 02/04/16 às 00:00 h e terminando em 08/04/16 às 12:05 h, sendo recolhidos um total de 1874 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.8.

| Nº de Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|----------------|------------------|---------|
| 770 | 04/04/2016 16:05 | 0 |
| 771 | 04/04/2016 16:10 | 0 |
| 772 | 04/04/2016 16:15 | 0 |
| 773 | 04/04/2016 16:20 | 0 |
| 774 | 04/04/2016 16:25 | 0 |
| 775 | 04/04/2016 16:30 | 0 |
| 776 | 04/04/2016 16:35 | 0 |
| 777 | 04/04/2016 16:40 | 0 |
| 778 | 04/04/2016 16:45 | 0,5 |
| 779 | 04/04/2016 16:50 | 0 |
| 780 | 04/04/2016 16:55 | 0 |
| 781 | 04/04/2016 17:00 | 0 |
| 782 | 04/04/2016 17:05 | 0 |
| 783 | 04/04/2016 17:10 | 0,5 |
| 784 | 04/04/2016 17:15 | 0,5 |
| 785 | 04/04/2016 17:20 | 0,5 |
| 786 | 04/04/2016 17:25 | 0 |
| 787 | 04/04/2016 17:30 | 0,5 |
| 788 | 04/04/2016 17:35 | 0 |
| 789 | 04/04/2016 17:40 | 0 |
| 790 | 04/04/2016 17:45 | 0 |
| 791 | 04/04/2016 17:50 | 0 |
| 792 | 04/04/2016 17:55 | 0 |
| 793 | 04/04/2016 18:00 | 0 |
| 794 | 04/04/2016 18:05 | 0 |
| 795 | 04/04/2016 18:10 | 0 |
| 796 | 04/04/2016 18:15 | 0 |
| 797 | 04/04/2016 18:20 | 0 |
| 798 | 04/04/2016 18:25 | 0 |
| 799 | 04/04/2016 18:30 | 0 |
| 800 | 04/04/2016 18:35 | 0 |
| 801 | 04/04/2016 18:40 | 0 |
| 802 | 04/04/2016 18:45 | 0 |
| 803 | 04/04/2016 18:50 | 0 |
| 804 | 04/04/2016 18:55 | 0 |

Figura 5.3.8 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala SA4 da escola de Santo António

Os dados recolhidos de CO registaram valores compreendidos entre 0 e 0,5 ppm, inferiores ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes.

Os valores de 0,5 ppm foram registados apenas no dia 04/04/16 tratando-se assim de um valor pontual, sendo nos restantes dias registado o valor de 0 ppm. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente.

Escola do Rodrigo

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala R1A em contínuo, iniciando-se na data de 07/05/16 às 00:00 h e terminando em 16/05/16 às 12:15 h, sendo recolhidos um total de 2740 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.9.

| Nº Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|-------------|------------------|---------|
| 1331 | 11/05/2016 14:50 | 0 |
| 1332 | 11/05/2016 14:55 | 0 |
| 1333 | 11/05/2016 15:00 | 0 |
| 1334 | 11/05/2016 15:05 | 0 |
| 1335 | 11/05/2016 15:10 | 0 |
| 1336 | 11/05/2016 15:15 | 0 |
| 1337 | 11/05/2016 15:20 | 0 |
| 1338 | 11/05/2016 15:25 | 0,5 |
| 1339 | 11/05/2016 15:30 | 0,5 |
| 1340 | 11/05/2016 15:35 | 0,5 |
| 1341 | 11/05/2016 15:40 | 0,5 |
| 1342 | 11/05/2016 15:45 | 0,5 |
| 1343 | 11/05/2016 15:50 | 0,5 |
| 1344 | 11/05/2016 15:55 | 0,5 |
| 1345 | 11/05/2016 16:00 | 0,5 |
| 1346 | 11/05/2016 16:05 | 0,5 |
| 1347 | 11/05/2016 16:10 | 0 |
| 1348 | 11/05/2016 16:15 | 0 |
| 1349 | 11/05/2016 16:20 | 0 |
| 1350 | 11/05/2016 16:25 | 0 |
| 1351 | 11/05/2016 16:30 | 0 |
| 1352 | 11/05/2016 16:35 | 0 |
| 1353 | 11/05/2016 16:40 | 0 |
| 1354 | 11/05/2016 16:45 | 0 |
| 1355 | 11/05/2016 16:50 | 0 |
| 1356 | 11/05/2016 16:55 | 0 |
| 1357 | 11/05/2016 17:00 | 0 |
| 1358 | 11/05/2016 17:05 | 0 |
| 1359 | 11/05/2016 17:10 | 0 |
| 1360 | 11/05/2016 17:15 | 0 |
| 1361 | 11/05/2016 17:20 | 0 |
| 1362 | 11/05/2016 17:25 | 0 |
| 1363 | 11/05/2016 17:30 | 0 |
| 1364 | 11/05/2016 17:35 | 0 |
| 1365 | 11/05/2016 17:40 | 0 |

Figura 5.3.9 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo

Os dados recolhidos de CO registaram valores compreendidos entre 0 e 3 ppm, inferiores ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Contudo foram registados em 2 dos dias valores compreendidos entre 0 e 0,5 ppm, sendo nos restantes dias registados valores de 0 ppm, e apenas no dia 13/05/16 registar-se um valor pontual de 3 ppm às 17:00 h.

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala R2B em contínuo, iniciando-se na data de 07/05/16 às 00:00 h e terminando em 16/05/16 às 12:00 h, sendo recolhidos um total de 2739 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.10.

| Nº Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|--------------------|--------------------|----------------|
| 1 | 07/05/2016 00:00 | 0 |
| 2 | 07/05/2016 00:05 | 0 |
| 3 | 07/05/2016 00:10 | 0 |
| 4 | 07/05/2016 00:15 | 0 |
| 5 | 07/05/2016 00:20 | 0 |
| 6 | 07/05/2016 00:25 | 0 |
| 7 | 07/05/2016 00:30 | 0 |
| 8 | 07/05/2016 00:35 | 0 |
| 9 | 07/05/2016 00:40 | 0 |
| 10 | 07/05/2016 00:45 | 0 |
| 11 | 07/05/2016 00:50 | 0 |
| 12 | 07/05/2016 00:55 | 0 |
| 13 | 07/05/2016 01:00 | 0 |
| 14 | 07/05/2016 01:05 | 0 |
| 15 | 07/05/2016 01:10 | 0 |
| 16 | 07/05/2016 01:15 | 0 |
| 17 | 07/05/2016 01:20 | 0 |
| 18 | 07/05/2016 01:25 | 0 |
| 19 | 07/05/2016 01:30 | 0 |
| 20 | 07/05/2016 01:35 | 0 |
| 21 | 07/05/2016 01:40 | 0 |
| 22 | 07/05/2016 01:45 | 0 |
| 23 | 07/05/2016 01:50 | 0 |
| 24 | 07/05/2016 01:55 | 0 |
| 25 | 07/05/2016 02:00 | 0 |
| 26 | 07/05/2016 02:05 | 0 |
| 27 | 07/05/2016 02:10 | 0 |
| 28 | 07/05/2016 02:15 | 0 |
| 29 | 07/05/2016 02:20 | 0 |
| 30 | 07/05/2016 02:25 | 0 |
| 31 | 07/05/2016 02:30 | 0 |
| 32 | 07/05/2016 02:35 | 0 |
| 33 | 07/05/2016 02:40 | 0 |
| 34 | 07/05/2016 02:45 | 0 |

Figura 5.3.10 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala R2B da escola do Rodrigo

Todos os valores recolhidos registaram um valor de 0 ppm, inferior ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala 5 em contínuo, iniciando-se na data de 07/05/16 às 00:00 h e terminando em 16/05/16 às 12:20 h, sendo recolhidos um total de 2741 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.11.

| Nº Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|--------------------|--------------------|----------------|
| 51 | 07/05/2016 04:10 | 1 |
| 52 | 07/05/2016 04:15 | 1 |
| 53 | 07/05/2016 04:20 | 1 |
| 54 | 07/05/2016 04:25 | 1 |
| 55 | 07/05/2016 04:30 | 1 |
| 56 | 07/05/2016 04:35 | 1 |
| 57 | 07/05/2016 04:40 | 1,5 |
| 58 | 07/05/2016 04:45 | 1 |
| 59 | 07/05/2016 04:50 | 1 |
| 60 | 07/05/2016 04:55 | 1 |
| 61 | 07/05/2016 05:00 | 1 |
| 62 | 07/05/2016 05:05 | 1 |
| 63 | 07/05/2016 05:10 | 1 |
| 64 | 07/05/2016 05:15 | 1 |
| 65 | 07/05/2016 05:20 | 1,5 |
| 66 | 07/05/2016 05:25 | 1 |
| 67 | 07/05/2016 05:30 | 1,5 |
| 68 | 07/05/2016 05:35 | 1 |
| 69 | 07/05/2016 05:40 | 1,5 |
| 70 | 07/05/2016 05:45 | 1 |
| 71 | 07/05/2016 05:50 | 1 |
| 72 | 07/05/2016 05:55 | 1 |
| 73 | 07/05/2016 06:00 | 1 |
| 74 | 07/05/2016 06:05 | 1 |
| 75 | 07/05/2016 06:10 | 1 |
| 76 | 07/05/2016 06:15 | 1 |
| 77 | 07/05/2016 06:20 | 1,5 |
| 78 | 07/05/2016 06:25 | 1,5 |
| 79 | 07/05/2016 06:30 | 1 |
| 80 | 07/05/2016 06:35 | 1 |
| 81 | 07/05/2016 06:40 | 1 |
| 82 | 07/05/2016 06:45 | 1 |
| 83 | 07/05/2016 06:50 | 1 |
| 84 | 07/05/2016 06:55 | 1,5 |
| 85 | 07/05/2016 07:00 | 1 |

Figura 5.3.11 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo

Os dados recolhidos de CO registaram valores compreendidos entre 0 e 4 ppm, inferiores ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Contudo foram registados na maior parte dos dias valores compreendidos entre 1 e 1,5 ppm, devendo-se ao facto de a sala se localizar numa extremidade do edifício a menos de 18 m de uma via de tráfego principal, no exterior dos limites da escola, contribuindo assim para uma emissão considerável de CO na sua envolvente.

Escola do Rodrigo

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala RE1 em contínuo, iniciando-se na data de 30/04/16 às 00:00 h e terminando em 09/05/16 às 12:00 h, sendo recolhidos um total de 2737 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.12.

| Nº Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|-------------|------------------|---------|
| 1 | 30/04/2016 00:00 | 0 |
| 2 | 30/04/2016 00:05 | 0 |
| 3 | 30/04/2016 00:10 | 0 |
| 4 | 30/04/2016 00:15 | 0 |
| 5 | 30/04/2016 00:20 | 0 |
| 6 | 30/04/2016 00:25 | 0 |
| 7 | 30/04/2016 00:30 | 0 |
| 8 | 30/04/2016 00:35 | 0 |
| 9 | 30/04/2016 00:40 | 0 |
| 10 | 30/04/2016 00:45 | 0 |
| 11 | 30/04/2016 00:50 | 0 |
| 12 | 30/04/2016 00:55 | 0 |
| 13 | 30/04/2016 01:00 | 0 |
| 14 | 30/04/2016 01:05 | 0 |
| 15 | 30/04/2016 01:10 | 0 |
| 16 | 30/04/2016 01:15 | 0 |
| 17 | 30/04/2016 01:20 | 0 |
| 18 | 30/04/2016 01:25 | 0 |
| 19 | 30/04/2016 01:30 | 0 |
| 20 | 30/04/2016 01:35 | 0 |
| 21 | 30/04/2016 01:40 | 0 |
| 22 | 30/04/2016 01:45 | 0 |
| 23 | 30/04/2016 01:50 | 0 |
| 24 | 30/04/2016 01:55 | 0 |
| 25 | 30/04/2016 02:00 | 0 |
| 26 | 30/04/2016 02:05 | 0 |
| 27 | 30/04/2016 02:10 | 0 |
| 28 | 30/04/2016 02:15 | 0 |
| 29 | 30/04/2016 02:20 | 0 |
| 30 | 30/04/2016 02:25 | 0 |
| 31 | 30/04/2016 02:30 | 0 |
| 32 | 30/04/2016 02:35 | 0 |
| 33 | 30/04/2016 02:40 | 0 |
| 34 | 30/04/2016 02:45 | 0 |

Figura 5.3.12 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala RE1 da escola do Refúgio

Todos os valores recolhidos registaram um valor de 0 ppm, inferior ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala RE2 em contínuo, iniciando-se na data de 30/04/16 às 00:00 h e terminando em 09/05/16 às 12:15 h, sendo recolhidos um total de 2738 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.13

| Nº Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|-------------|------------------|---------|
| 1 | 30/04/2016 00:00 | 0 |
| 2 | 30/04/2016 00:05 | 0 |
| 3 | 30/04/2016 00:10 | 0 |
| 4 | 30/04/2016 00:15 | 0 |
| 5 | 30/04/2016 00:20 | 0 |
| 6 | 30/04/2016 00:25 | 0 |
| 7 | 30/04/2016 00:30 | 0 |
| 8 | 30/04/2016 00:35 | 0 |
| 9 | 30/04/2016 00:40 | 0 |
| 10 | 30/04/2016 00:45 | 0 |
| 11 | 30/04/2016 00:50 | 0 |
| 12 | 30/04/2016 00:55 | 0 |
| 13 | 30/04/2016 01:00 | 0 |
| 14 | 30/04/2016 01:05 | 0 |
| 15 | 30/04/2016 01:10 | 0 |
| 16 | 30/04/2016 01:15 | 0 |
| 17 | 30/04/2016 01:20 | 0 |
| 18 | 30/04/2016 01:25 | 0 |
| 19 | 30/04/2016 01:30 | 0 |
| 20 | 30/04/2016 01:35 | 0 |
| 21 | 30/04/2016 01:40 | 0 |
| 22 | 30/04/2016 01:45 | 0 |
| 23 | 30/04/2016 01:50 | 0 |
| 24 | 30/04/2016 01:55 | 0 |
| 25 | 30/04/2016 02:00 | 0 |
| 26 | 30/04/2016 02:05 | 0 |
| 27 | 30/04/2016 02:10 | 0 |
| 28 | 30/04/2016 02:15 | 0 |
| 29 | 30/04/2016 02:20 | 0 |
| 30 | 30/04/2016 02:25 | 0 |
| 31 | 30/04/2016 02:30 | 0 |
| 32 | 30/04/2016 02:35 | 0 |
| 33 | 30/04/2016 02:40 | 0 |
| 34 | 30/04/2016 02:45 | 0 |

Figura 5.3.13 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala RE2 da escola do Refúgio

Todos os valores recolhidos registaram um valor de 0 ppm, inferior ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Uma das razões para a obtenção destes valores deve-se ao facto de a sala se localizar numa zona longe da via pública mais próxima, não tendo deste modo nenhum emissor principal de CO na sua envolvente

Os valores de monóxido de carbono foram medidos na sala RE3 em contínuo, iniciando-se na data de 07/05/16 às 00:00 h e terminando em 16/05/16 às 12:20 h, sendo recolhidos um total de 2739 valores pontuais de CO num intervalo de 5 em 5 minutos, como ilustra a Figura 5.3.14.

| Nº Medições | Data / Hora | CO(ppm) |
|-------------|------------------|---------|
| 1 | 30/04/2016 00:00 | 0 |
| 2 | 30/04/2016 00:05 | 0 |
| 3 | 30/04/2016 00:10 | 0,5 |
| 4 | 30/04/2016 00:15 | 0,5 |
| 5 | 30/04/2016 00:20 | 0 |
| 6 | 30/04/2016 00:25 | 0 |
| 7 | 30/04/2016 00:30 | 0 |
| 8 | 30/04/2016 00:35 | 0 |
| 9 | 30/04/2016 00:40 | 0,5 |
| 10 | 30/04/2016 00:45 | 0 |
| 11 | 30/04/2016 00:50 | 0,5 |
| 12 | 30/04/2016 00:55 | 0 |
| 13 | 30/04/2016 01:00 | 0,5 |
| 14 | 30/04/2016 01:05 | 0,5 |
| 15 | 30/04/2016 01:10 | 0,5 |
| 16 | 30/04/2016 01:15 | 0 |
| 17 | 30/04/2016 01:20 | 0,5 |
| 18 | 30/04/2016 01:25 | 0 |
| 19 | 30/04/2016 01:30 | 0 |
| 20 | 30/04/2016 01:35 | 0 |
| 21 | 30/04/2016 01:40 | 0,5 |
| 22 | 30/04/2016 01:45 | 0,5 |
| 23 | 30/04/2016 01:50 | 0,5 |
| 24 | 30/04/2016 01:55 | 0,5 |
| 25 | 30/04/2016 02:00 | 0 |
| 26 | 30/04/2016 02:05 | 0 |
| 27 | 30/04/2016 02:10 | 0 |
| 28 | 30/04/2016 02:15 | 0,5 |
| 29 | 30/04/2016 02:20 | 0,5 |
| 30 | 30/04/2016 02:25 | 0,5 |
| 31 | 30/04/2016 02:30 | 0,5 |
| 32 | 30/04/2016 02:35 | 0,5 |
| 33 | 30/04/2016 02:40 | 0,5 |
| 34 | 30/04/2016 02:45 | 0,5 |

Figura 5.3.14 - Tabela representativa dos resultados de CO recolhido na sala RE3 da escola do Refúgio

Os dados recolhidos de CO registaram valores compreendidos entre 0 e 2,5 ppm, inferiores ao valor máximo permitido de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus ocupantes. Contudo foram registados na maior parte dos dias valores compreendidos entre 0 e 0,5 ppm, devendo-se ao facto de a sala se localizar no 1º piso numa extremidade do edifício a menos de 30 m de uma via de tráfego principal, no exterior dos limites da escola, contribuindo assim para uma emissão considerável de CO na sua envolvente.

- Os valores de CO foram medidos em contínuo em todas as 14 salas das 4 escolas em estudo, onde foram registados durante um período mínimo de 8 dias de leitura contínua no interior das salas, valores inferiores ao valor recomendável de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus utilizadores.
- As salas que apresentaram valores diferentes de 0 ppm na sua maioria deve-se à sua localização, nomeadamente no caso das salas da escola Perô da Covilhã, salas A26 e A25, estão muito próximas de fontes emissoras de dióxido de carbono, veículos, visto que fazem parte da sua envolvente exterior, parques de estacionamento.
- Quanto às restantes salas, nomeadamente a sala A1 da escola Pêro da Covilhã e a sala 5 da escola do Rodrigo, estas apresentam praticamente em todo o período de recolha de dados, valores diferentes de 0 ppm, visto localizarem-se nas extremidades do edifício, estando deste modo mais próximas das vias de tráfego automóvel, um dos principais emissores de CO.

5.4 Compostos Orgânicos Voláteis (cov's)

Escola Pêro da Covilhã

Na tabela 5.4.1 é representada o método de tratamento de dados relativos aos cov's, com indicação dos dias de leitura bem como as salas em que foram efetuadas as medições.

| Escola Pêro da Covilhã | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|---------------------------|-------------|
| Medições COV's - ppm | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda-feira 16/11/2015 | | Quarta-feira 18/11/2015 | | Sexta-feira 20/11/2015 | | Segunda-feira 23/11/2015 | | Quarta-feira 25/11/2015 | | Sexta-feira 27/11/2015 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Exterior Sala A1 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| Média | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| Sala A1 | 0,00 | 0,21 | | 0,00 | 0,19 | 0,00 | | | 0,26 | | | |
| | 0,00 | 0,22 | | 0,00 | 0,18 | 0,00 | | | 0,25 | | | |
| | 0,00 | 0,21 | | 0,00 | 0,18 | 0,00 | | | 0,25 | | | |
| | 0,00 | 0,21 | | 0,00 | 0,19 | 0,00 | | | 0,24 | | | |
| | 0,00 | 0,21 | | 0,00 | 0,19 | 0,00 | | | 0,24 | | | |
| Média | 0,00 | 0,21 | | 0,00 | 0,19 | 0,00 | | | 0,25 | | | |
| Exterior Sala A5 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| Média | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | 0,00 | |
| Sala A5 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,06 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,04 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,03 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,03 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,03 | | | | | | 0,00 |
| Média | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,04 | | | | | | 0,00 |
| Exterior Sala A6 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| Média | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| Sala A6 | 0,37 | 0,00 | | 0,00 | 0,97 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,34 | 0,00 | | 0,00 | 0,92 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,31 | 0,00 | | 0,00 | 0,86 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,29 | 0,00 | | 0,00 | 0,82 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,27 | 0,00 | | 0,00 | 0,81 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| Média | 0,32 | 0,00 | | 0,00 | 0,88 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| Exterior Sala A8 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| Média | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | 0,00 |
| Sala A8 | 0,00 | | | 0,03 | 0,00 | 3,9 | 0,00 | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,02 | 0,00 | 3,85 | 0,00 | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,02 | 0,00 | 3,85 | 0,00 | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,02 | 0,00 | 4,09 | 0,00 | | | | | 0,00 |
| | 0,00 | | | 0,02 | 0,00 | 3,8 | 0,00 | | | | | 0,00 |
| Média | 0,00 | | | 0,02 | 0,00 | 3,90 | 0,00 | | | | | 0,00 |
| Exterior Sala A25 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| Média | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| Sala A25 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| Média | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| Exterior Sala A26 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| Média | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| Sala A26 | 0,00 | 0,01 | 0 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,02 | 0 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,02 | 0 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,03 | 0 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | | | | | | |
| | 0,00 | 0,03 | 0 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | | | | | | |
| Média | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | | | | | | |

Figura 5.4.1 - Tabela representativa dos resultados de cov's recolhidos na escola Pêro da Covilhã

Na figura 5.4.2 é ilustrado um gráfico com uma apresentação diferente dos já apresentados, devido a que as 6 medições pontuais de cov's efetuadas em cada uma das 6 salas durante as duas semanas compreendidas entre 16/11/15 a 27/11/15, não ocorreram todas nos mesmos dias, sendo desta forma a apresentação de dados mais perceptível para análise global.

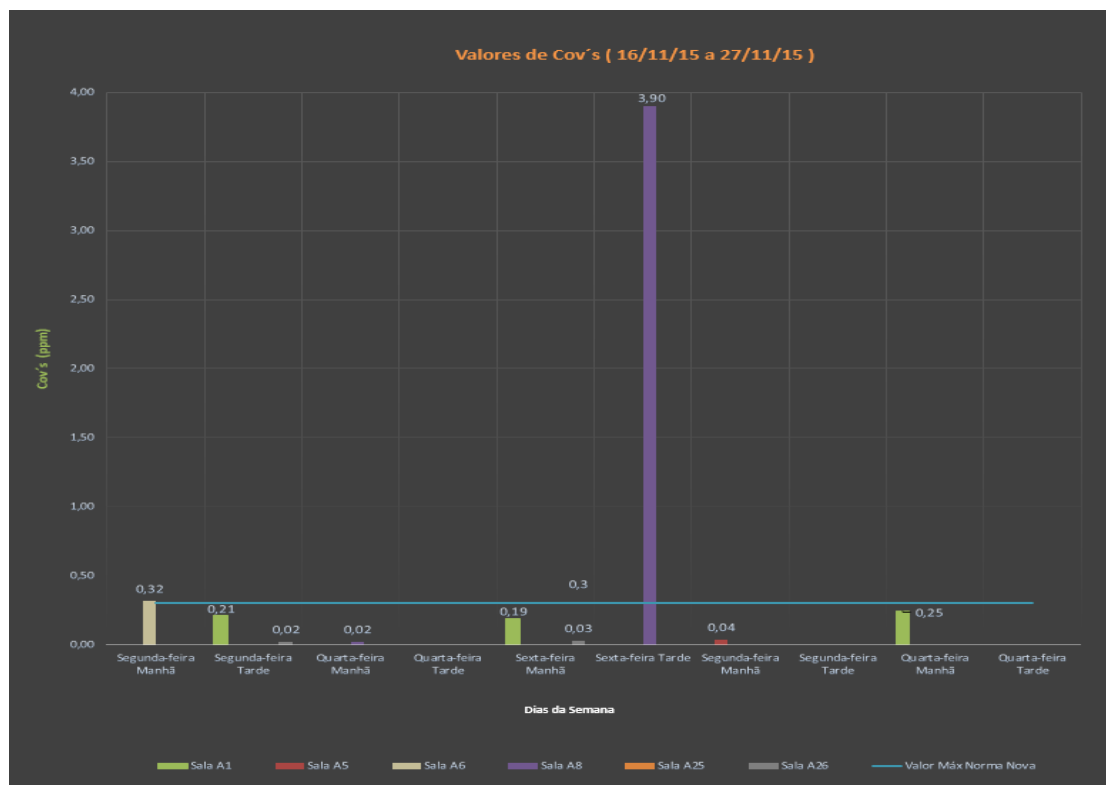


Figura 5.4.2 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos nas salas de aula da escola Pêro da Covilhã

Os valores de cov's foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 6 salas, revelando estarem na sua maioria abaixo do valor de referência 0,3 ppm, apenas registando valores superiores em duas salas, sala A6 e sala A8, tratando-se de valores pontuais.

Os valores registados que ultrapassam o valor máximo recomendado estão diretamente condicionados pela utilização da sala de aula.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes iremos analisar em mais pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da Fig. 5.4.3, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,00 a 0,25 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, registando apenas picos de valores pontuais devido à utilização da sala, não representando nenhum risco para os seus ocupantes.

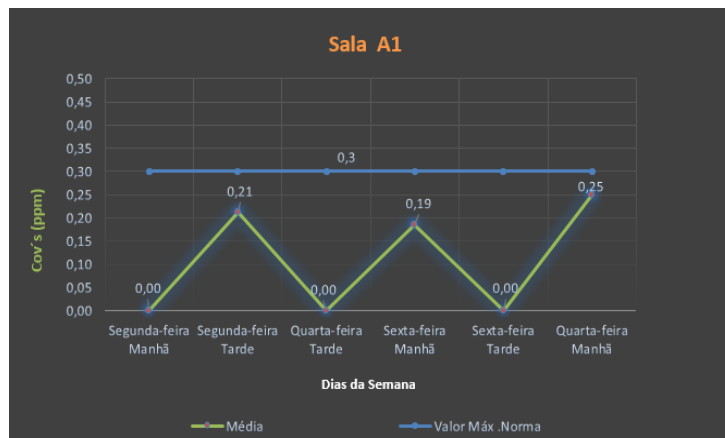


Figura 5.4.3 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala A1

Em análise da Fig. 5.4.4, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,00 a 0,04 ppm, muito inferiores ao valor de referência de 0,3 ppm, registando apenas um valor máximo de 0,04 ppm na parte da manhã de segunda-feira, tratando-se de um valor pontual devido à utilização da sala, não representando nenhum risco para os seus ocupantes.

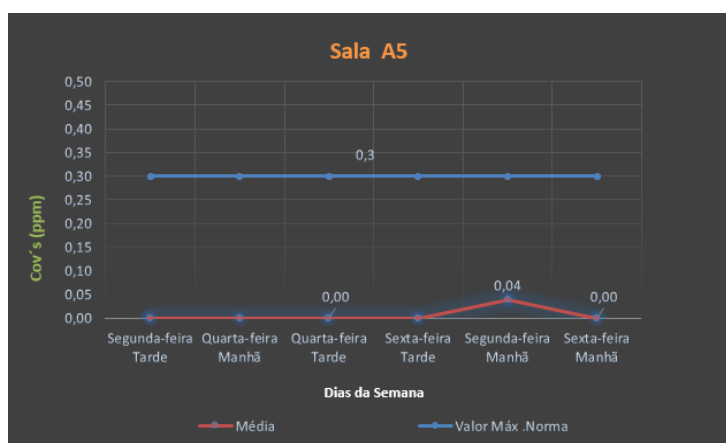


Figura 5.4.4 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala A5

Em análise da Fig. 5.4.5, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,00 a 0,88 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, nomeadamente na manhã de segunda-feira e na manhã de sexta-feira, sendo este último explicado provavelmente pelo uso de produtos de limpeza no interior da sala, visto que o valor decresce ao longo do dia até atingir o valor mínimo de 0,0 ppm.

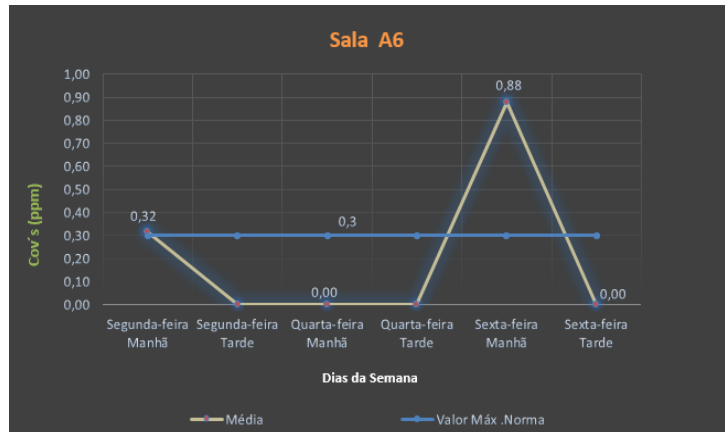


Figura 5.4.5 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala A6

Em análise da Fig. 5.4.6, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,00 a 0,88 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, nomeadamente na manhã de quarta-feira e na tarde de sexta-feira, sendo este último explicado provavelmente pelo uso de produtos de limpeza no interior da sala.

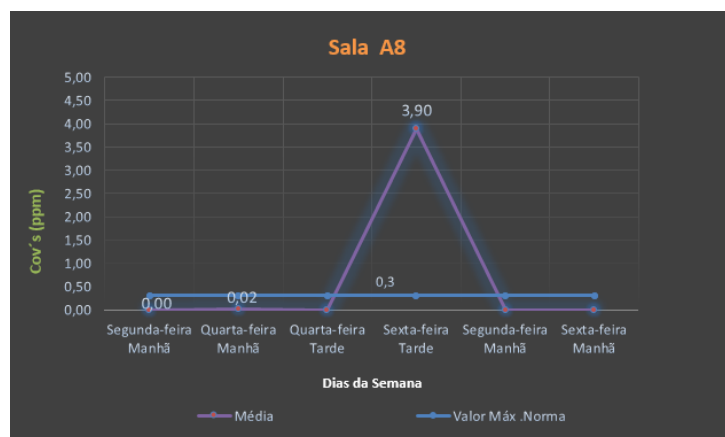


Figura 5.4.6 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala A8

Em análise da Fig. 5.4.7, verifica-se que os valores obtidos têm todo o valor de 0,00 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, não representando assim nenhum risco para a saúde dos ocupantes.

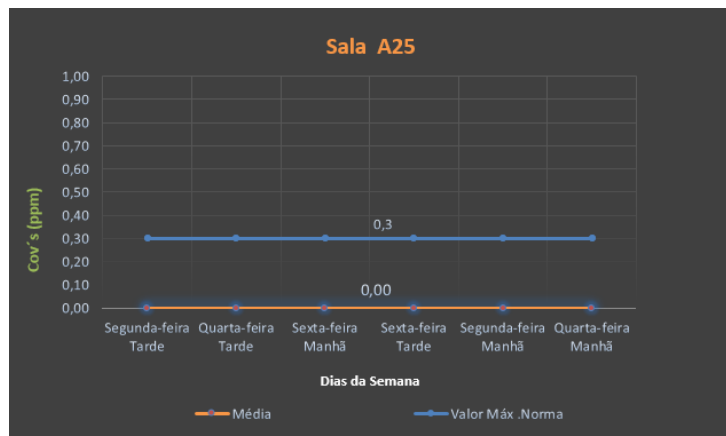


Figura 5.4.7 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala A25

Em análise da Fig. 5.4.8, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,00 a 0,03 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, apenas apresentando pequenos picos de valor devido à utilização de materiais no interior da sala de aula, visto tratar-se de uma sala de música

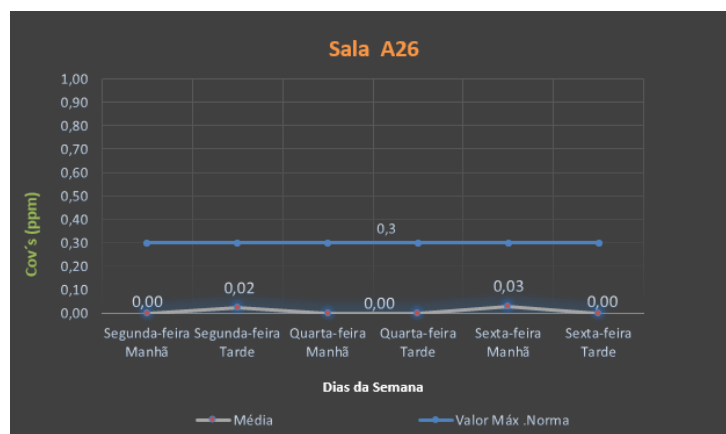


Figura 5.4.8 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala A26

Escola de Santo António

Na tabela 5.4.1 e na fig. 5.4.9 são apresentados os valores de 5 medições pontuais de cov's efetuadas em cada uma das 2 salas durante uma semana, compreendida entre 04/04/16 a 08/04/16.

Tabela 5.4.1 - Tabela referente aos resultados de cov's recolhidos na escola de Santo António

| Escola básica do 1º ciclo Stº António | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|-------|--------------|-------|-------------|-------|
| Medições COV's - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira | | Quarta-feira | | Sexta-feira | |
| | 04/04/2016 | | 06/04/2016 | | 08/04/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Rua entrada principal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Média | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Sala SA2 | 0 | 0,2 | 0,42 | 0,1 | 0 | |
| | 0,01 | 0,2 | 0,42 | 0,1 | 0 | |
| | 0,01 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0 | |
| | 0,02 | 0,2 | 0,36 | 0,09 | 0 | |
| | 0,03 | 0,21 | 0,38 | 0,09 | 0 | |
| Média | 0,01 | 0,20 | 0,40 | 0,10 | 0,00 | |
| Sala SA4 | 0,04 | 0,13 | 0,17 | 0 | 0,25 | |
| | 0,04 | 0,14 | 0,16 | 0 | 0,26 | |
| | 0,04 | 0,15 | 0,15 | 0 | 0,25 | |
| | 0,04 | 0,16 | 0,16 | 0 | 0,25 | |
| | 0,04 | 0,17 | 0,16 | 0 | 0,25 | |
| Média | 0,04 | 0,15 | 0,16 | 0,00 | 0,25 | |
| Rua acesso recreio piso 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Média | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |

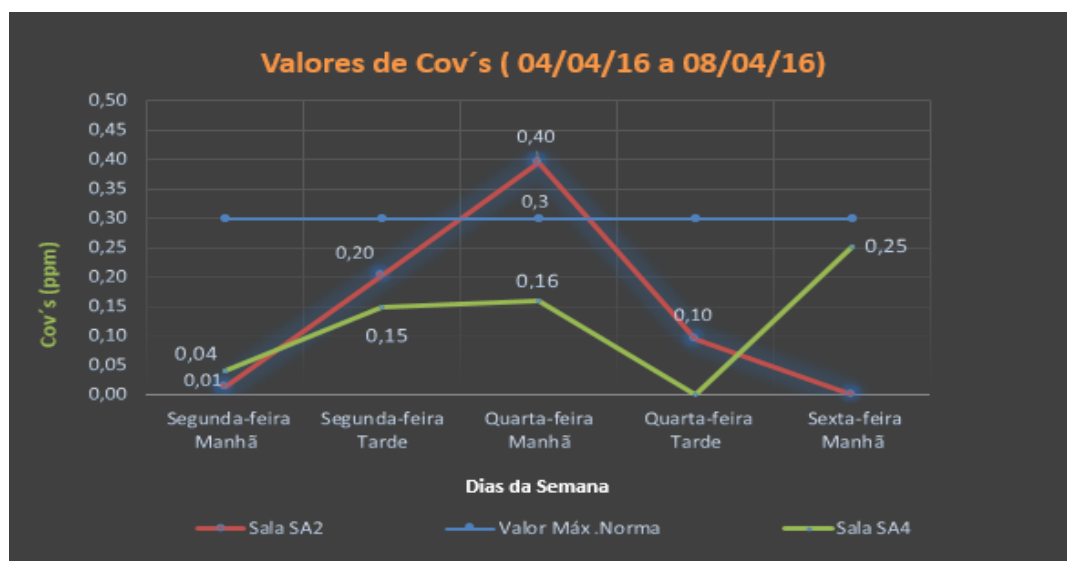


Figura 5.4.9 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos nas salas de aula da escola de Santo António

Os valores de $\text{COV}'\text{s}$ foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 2 salas, estando na sua maioria abaixo do valor de referência 0,3 ppm, apenas registando um valor superior na sala SA2, na parte da manhã de quarta-feira.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes iremos analisar em mais pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da Fig. 5.4.10, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,00 a 0,40 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, nomeadamente na manhã de quarta-feira, sendo este explicado provavelmente pelo uso de produtos de limpeza, ou utilização de materiais no interior da sala, visto que se trata de um valor pontual, decrescendo durante o decorrer do dia.

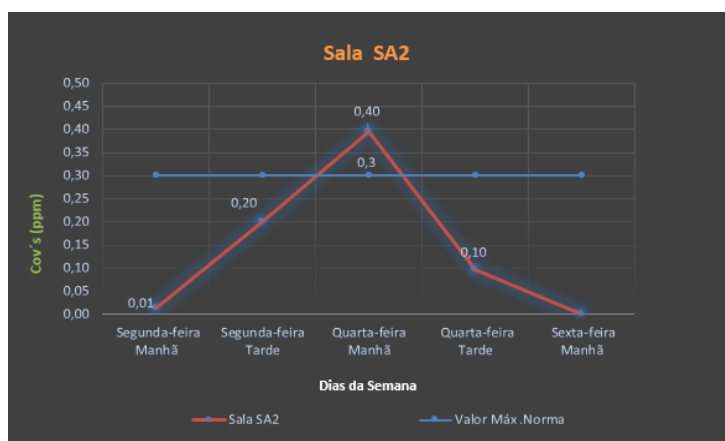


Figura 5.4.10 - Gráfico representativo dos resultados de $\text{COV}'\text{s}$ recolhidos na sala SA2

Em análise da Fig. 5.4.11, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,04 a 0,25 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, contudo apresenta alguns valores pontuais, onde no caso do valor de 0,16 ppm este é atingido da parte da manhã, mas decresce durante a tarde de quarta-feira.

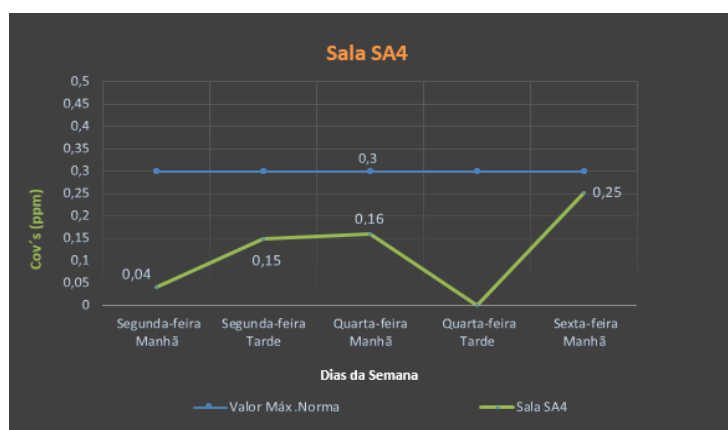


Figura 5.4.11 - Gráfico representativo dos resultados de $\text{COV}'\text{s}$ recolhidos na sala SA4

Escola do Rodrigo

Na tabela 5.4.2 e na fig. 5.4.12 são apresentados os valores de 5 medições pontuais de cov's efetuadas em cada uma das 3 salas durante uma semana, compreendida entre 09/05/16 a 13/05/16.

Tabela 5.4.2 - Tabela referente aos resultados de cov's recolhidos na escola do Rodrigo

| Escola básica do 1º ciclo do Rodrigo | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Medições COV's - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira 09/05/2016 | | Quarta-feira 11/05/2016 | | Sexta-feira 13/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| | Rua | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| Média | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| Sala R1A | 0,21 | 0,1 | 0,12 | | 0,13 | 0,12 |
| | 0,22 | 0,11 | 0,14 | | 0,14 | 0,12 |
| | 0,23 | 0,11 | 0,17 | | 0,14 | 0,12 |
| | 0,24 | 0,11 | 0,18 | | 0,14 | 0,12 |
| | 0,25 | 0,11 | 0,19 | | 0,14 | 0,13 |
| Média | 0,23 | 0,11 | 0,16 | | 0,14 | 0,12 |
| Sala R2B | 0,18 | 0,2 | 0,18 | | 0,3 | 0,14 |
| | 0,18 | 0,2 | 0,18 | | 0,29 | 0,14 |
| | 0,18 | 0,2 | 0,18 | | 0,29 | 0,14 |
| | 0,18 | 0,2 | 0,18 | | 0,29 | 0,14 |
| | 0,17 | 0,2 | 0,18 | | 0,28 | 0,14 |
| Média | 0,18 | 0,20 | 0,18 | | 0,29 | 0,14 |
| Sala 5 | 0,16 | 0,22 | 0,19 | | 0,19 | 0,18 |
| | 0,16 | 0,22 | 0,19 | | 0,19 | 0,17 |
| | 0,16 | 0,22 | 0,19 | | 0,19 | 0,18 |
| | 0,16 | 0,21 | 0,19 | | 0,19 | 0,17 |
| | 0,16 | 0,21 | 0,18 | | 0,18 | 0,17 |
| Média | 0,16 | 0,22 | 0,19 | | 0,19 | 0,17 |

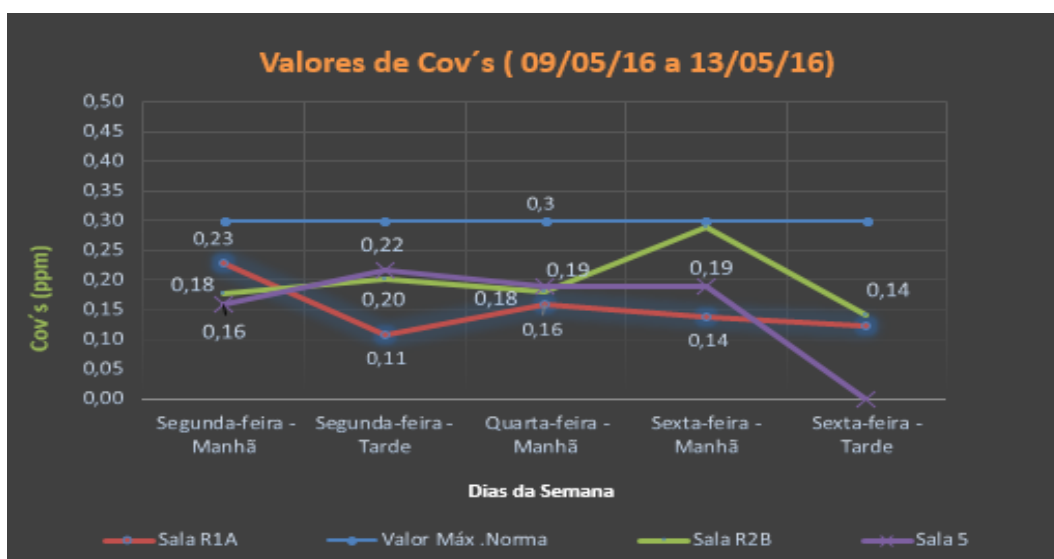


Figura 5.4.12 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos nas salas de aula da escola do Rodrigo

Os valores de $\text{COV}'\text{s}$ foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 3 salas, sempre abaixo do valor de referência 0,3 ppm, registando um valor máximo de 0,29 ppm na sala RE2, na parte da manhã de sexta-feira.

Os valores registados que ultrapassam o valor máximo recomendado estão diretamente condicionados pela utilização da sala de aula.

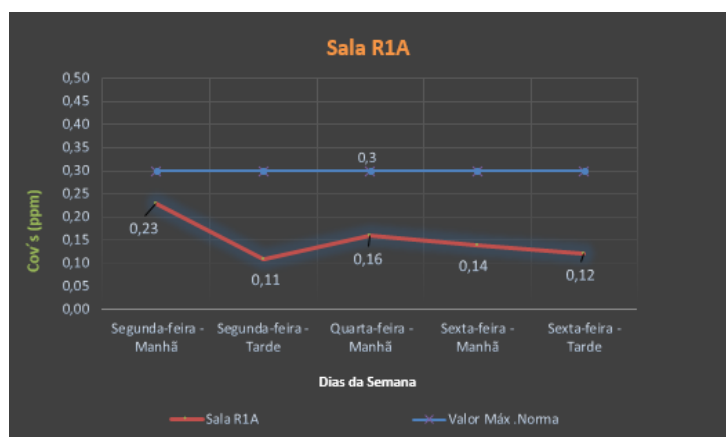


Figura 5.4.13 - Gráfico representativo dos resultados de $\text{COV}'\text{s}$ recolhidos na sala R1A

Em análise da Fig. 5.4.13, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,11 a 0,23 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, contudo apresenta alguns valores pontuais, nomeadamente o seu valor máximo atingido na manhã de segunda-feira, decrescendo depois no decorrer do dia. Na restante semana ocorrem oscilações, terminando com valores de 0,12 ppm na tarde de sexta-feira.

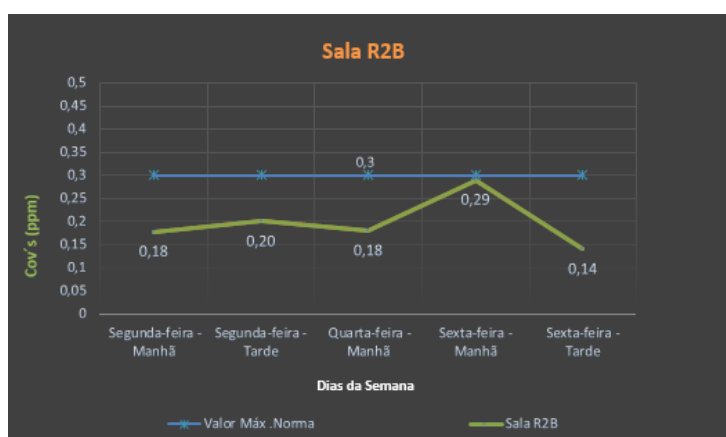


Figura 5.4.14 - Gráfico representativo dos resultados de $\text{COV}'\text{s}$ recolhidos na sala R2B

Em análise da Fig. 5.4.14, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,14 a 0,29 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, contudo apresenta alguns valores pontuais, nomeadamente o seu valor máximo atingido na manhã de sexta-feira, decrescendo depois no decorrer do dia para valores de 0,14 ppm.

Em análise da Fig. 5.4.15, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,0 a 0,22 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, contudo apresenta alguns valores pontuais, nomeadamente o seu valor máximo atingido na tarde de segunda-feira, registando-se depois uma descida gradual no decorrer da semana, até atingir o seu valor mínimo de 0,0 ppm na tarde de sexta-feira.

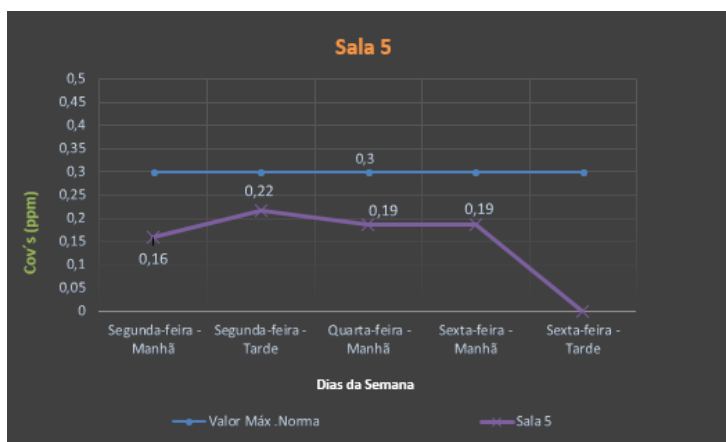


Figura 5.4.15 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala 5

- Em análise global podemos constatar que os valores máximos de cov's recolhidos nas salas de aula da escola do Rodrigo, em geral se tratam de valores pontuais derivados do tipo de ocupação que se deu em cada sala de aula, nomeadamente a utilização de materiais, colas entres outros.
- Os valores recolhidos em média entre os intervalos de 0,11 a 0,29 ppm deve-se aos materiais de revestimento utilizados nestas salas, proporcionando uma libertação contínua deste composto, originando sempre a presença de compostos orgânicos no interior das salas de aula.
- Contudo em nenhum dos casos o valor máximo limite de 0,3 ppm foi ultrapassado, não contribuindo desta forma como um risco de saúde dos ocupantes.

Escola do Refúgio

Na tabela 5.4.3 e na fig. 5.4.16 são apresentados os valores de 5 medições pontuais de cov's efetuadas em cada uma das 3 salas durante uma semana, compreendida entre 02/05/16 a 06/05/16.

Tabela 5.4.3 - Tabela referente aos resultados de cov's recolhidos na escola do Refúgio

| Escola básica do 1º ciclo do Refúgio | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------|---------------------------|-------------|
| Medições COV's - ppm | | | | | | |
| | Segunda-feira 02/05/2016 | | Quarta-feira 04/05/2016 | | Sexta-feira 06/05/2016 | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| | Rua | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| Média | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| Sala RE1 | 0,41 | 0,03 | 0,22 | | 0,27 | 0,3 |
| | 0,35 | 0,03 | 0,21 | | 0,27 | 0,3 |
| | 0,37 | 0,01 | 0,21 | | 0,27 | 0,3 |
| | 0,35 | 0 | 0,2 | | 0,28 | 0,3 |
| | 0,37 | 0 | 0,19 | | 0,29 | 0,3 |
| Média | 0,37 | 0,01 | 0,21 | | 0,28 | 0,30 |
| Sala RE2 | 0,26 | 0,12 | 0,4 | | 0,28 | 0,25 |
| | 0,26 | 0,11 | 0,42 | | 0,29 | 0,25 |
| | 0,25 | 0,1 | 0,43 | | 0,29 | 0,26 |
| | 0,25 | 0,1 | 0,42 | | 0,3 | 0,27 |
| | 0,24 | 0,09 | 0,42 | | 0,31 | 0,27 |
| Média | 0,25 | 0,10 | 0,42 | | 0,29 | 0,26 |
| Sala RE3 | 0,25 | 0 | 0,28 | | 0,29 | 0,25 |
| | 0,25 | 0 | 0,28 | | 0,29 | 0,26 |
| | 0,24 | 0 | 0,27 | | 0,3 | 0,26 |
| | 0,24 | 0 | 0,26 | | 0,31 | 0,27 |
| | 0,23 | 0,01 | 0,24 | | 0,32 | 0,27 |
| Média | 0,24 | 0,00 | 0,27 | | 0,30 | 0,26 |

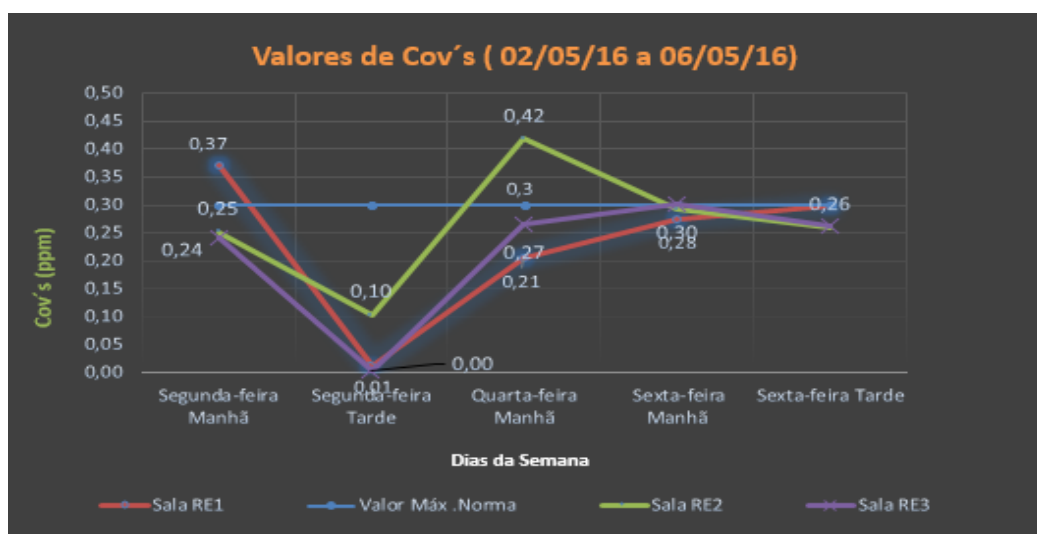


Figura 5.4.16 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos nas salas de aula da escola do Refúgio

Os valores de $\text{COV}'\text{s}$ foram recolhidos pontualmente durante os intervalos da parte da manhã e da parte da tarde, num total de 3 salas, na maioria sempre abaixo do valor de referência 0,3 ppm, registando contudo valores superiores nas salas de aula RE1 e RE2, de 0,37 ppm e 0,42 ppm respetivamente.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes iremos analisar em mais pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

Em análise da Fig. 5.4.17, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,37 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm na manhã de segunda-feira, contudo na restante semana apresenta valores inferiores.

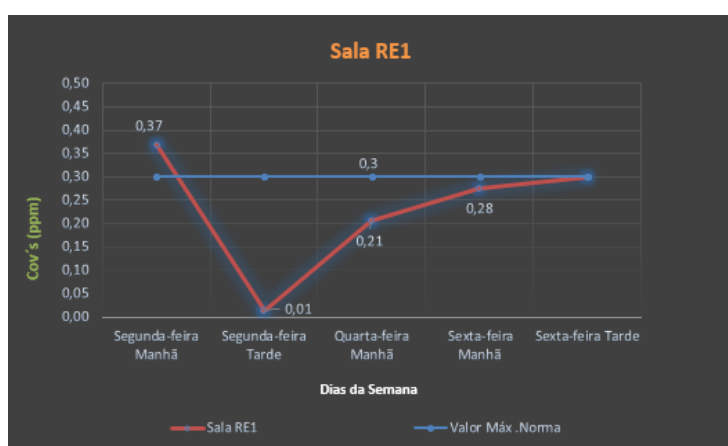


Figura 5.4.17 - Gráfico representativo dos resultados de $\text{COV}'\text{s}$ recolhidos na sala RE1

O valor de 0,37 ppm trata-se de um valor pontual, visto que no decorrer do dia diminui substancialmente indicando que uma das causas possíveis foi a utilização de materiais de limpeza, atingindo mesmo um valor na parte da tarde de 0,01 ppm. No decorrer da semana houve um aumento gradual da concentração deste composto estando associado a utilização de materiais nomeadamente colas entre outros, visto tratar-se de salas de aula de 1º ciclo.

Em análise da Fig. 5.4.18, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,10 a 0,42 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm apenas na manhã de quarta-feira, contudo na restante semana apresenta valores inferiores.

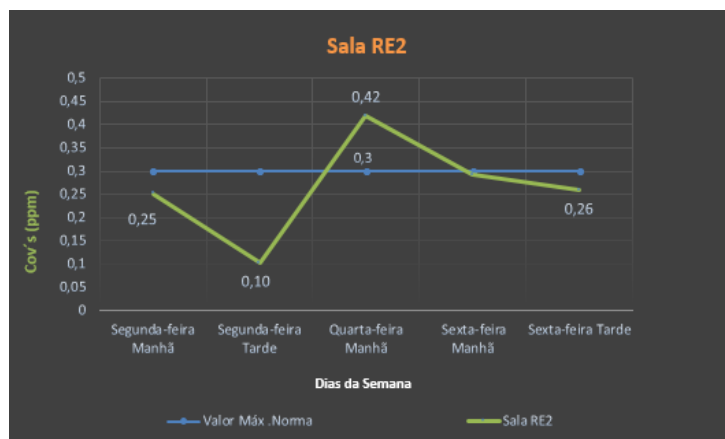


Figura 5.4.18 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala RE2

Em análise da Fig. 5.4.19, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,0 a 0,3 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,3 ppm, atingindo o seu máximo na manhã de sexta-feira, depois de se ter verificado uma subida gradual ao longo da semana.

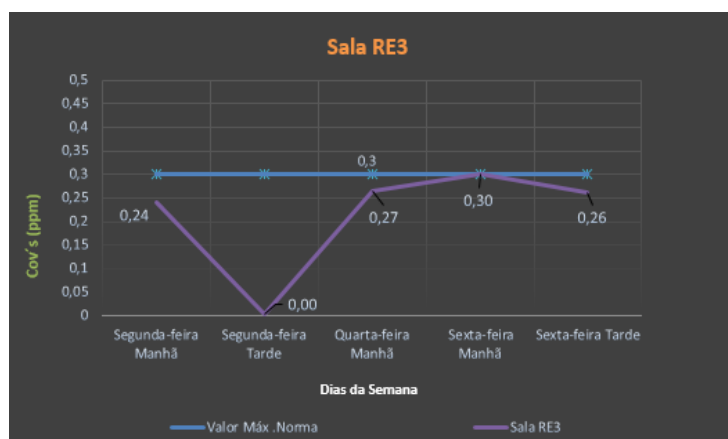


Figura 5.4.19 - Gráfico representativo dos resultados de cov's recolhidos na sala RE3

- Em análise global podemos constatar que em todas as salas da escola do Refúgio os valores recolhidos na manhã de segunda-feira, são todos valores perto do máximo admissível de 0,3 ppm, sendo mesmo registado um valor superior na sala RE1. Contudo entende-se que estes valores sejam pontuais visto que em todas as salas os mesmos sofrem uma descida acentuada para valores muito próximos ou iguais a 0,0 ppm.

- Pode-se constatar também que em todas as salas a partir da tarde de terça-feira ocorre uma subida gradual ao longo da semana dos valores de $COV's$, chegando mesmo a ultrapassar o valor máximo admissível na sala RE2 na manhã de quarta-feira.
- Todos estes valores máximos são pontuais visto que no mesmo dia do seu registo ocorre uma descida de valores, notando-se assim que a razão para tal ocorrência poderá ser devida a uma libertação contínua deste composto, proveniente dos materiais usados no revestimento dos pavimentos, do mobiliário, dos produtos de limpeza bem como de colas e outros materiais utilizados em artes plásticas.

5.5 Radão

Os valores de radão (Rn) foram obtidos durante um período de 180 dias contínuos, como indica a Figura (5.5.1). Este parâmetro apenas foi âmbito de estudo na escola Pêro da Covilhã, tendo sido obtidos em todas as salas, valores inferiores ao valor de referência de 400 bq/m³

| Equipamento | Data | Dias | RAC (bq/m ³) |
|-------------|------------|------|--------------------------|
| 225 119 | 13/11/2015 | 180 | 60 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 180 | 62 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 180 | 48 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 180 | 58 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 180 | 61 |
| 225 119 | 13/11/2015 | 180 | 38 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 180 | 58 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 180 | 61 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 180 | 67 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 180 | 65 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 180 | 70 |
| 223 506 | 13/11/2015 | 180 | 63 |
| 223 529 | 13/11/2015 | 180 | 310 |
| 223 529 | 13/11/2015 | 180 | 317 |
| 223 529 | 13/11/2015 | 180 | 318 |
| 223 529 | 13/11/2015 | 180 | 314 |
| 223 529 | 13/11/2015 | 180 | 316 |
| 223 529 | 13/11/2015 | 180 | 314 |
| 223 783 | 13/11/2015 | 180 | 304 |
| 223 783 | 13/11/2015 | 180 | 304 |
| 223 783 | 13/11/2015 | 180 | 304 |
| 223 783 | 13/11/2015 | 180 | 302 |
| 223 783 | 13/11/2015 | 180 | 305 |
| 223 783 | 13/11/2015 | 180 | 297 |
| 223 764 | 13/11/2015 | 180 | 64 |
| 223 764 | 13/11/2015 | 180 | 66 |
| 223 764 | 13/11/2015 | 180 | 70 |
| 223 764 | 13/11/2015 | 180 | 67 |
| 223 764 | 13/11/2015 | 180 | 67 |
| 224 912 | 13/11/2015 | 180 | 43 |
| 224 912 | 13/11/2015 | 180 | 49 |
| 224 912 | 13/11/2015 | 180 | 48 |
| 224 912 | 13/11/2015 | 180 | 46 |
| 224 912 | 13/11/2015 | 180 | 44 |
| 224 912 | 13/11/2015 | 180 | 46 |

Figura 5.5.1 - Tabela representativa dos valores recolhidos de Radão na Escola Pêro da Covilhã

Na comparação entre os diferentes valores podemos confirmar que as salas pertencentes ao polo A registam valores baixos entre os 43 e 70 bq/m³. Contudo as Salas A26 e A25 de construção mais recente registam valores muito superiores às salas do bloco A, constatando que o terreno onde se encontra o Polo D, facilita a infiltração pelo solo deste parâmetro, o que aliado a uma ventilação insuficiente e ao tipo de arquitetura do edifício, poderá explicar as elevadas taxas de concentração de radão registadas no interior das salas.

5.6 Humidade Relativa e Temperatura Interior

Pêro da Covilhã

Na Figura 5.6.1 ilustra a temperatura interior e a humidade relativa medidas na sala A1, sendo visíveis as suas variâncias ao longo das horas.

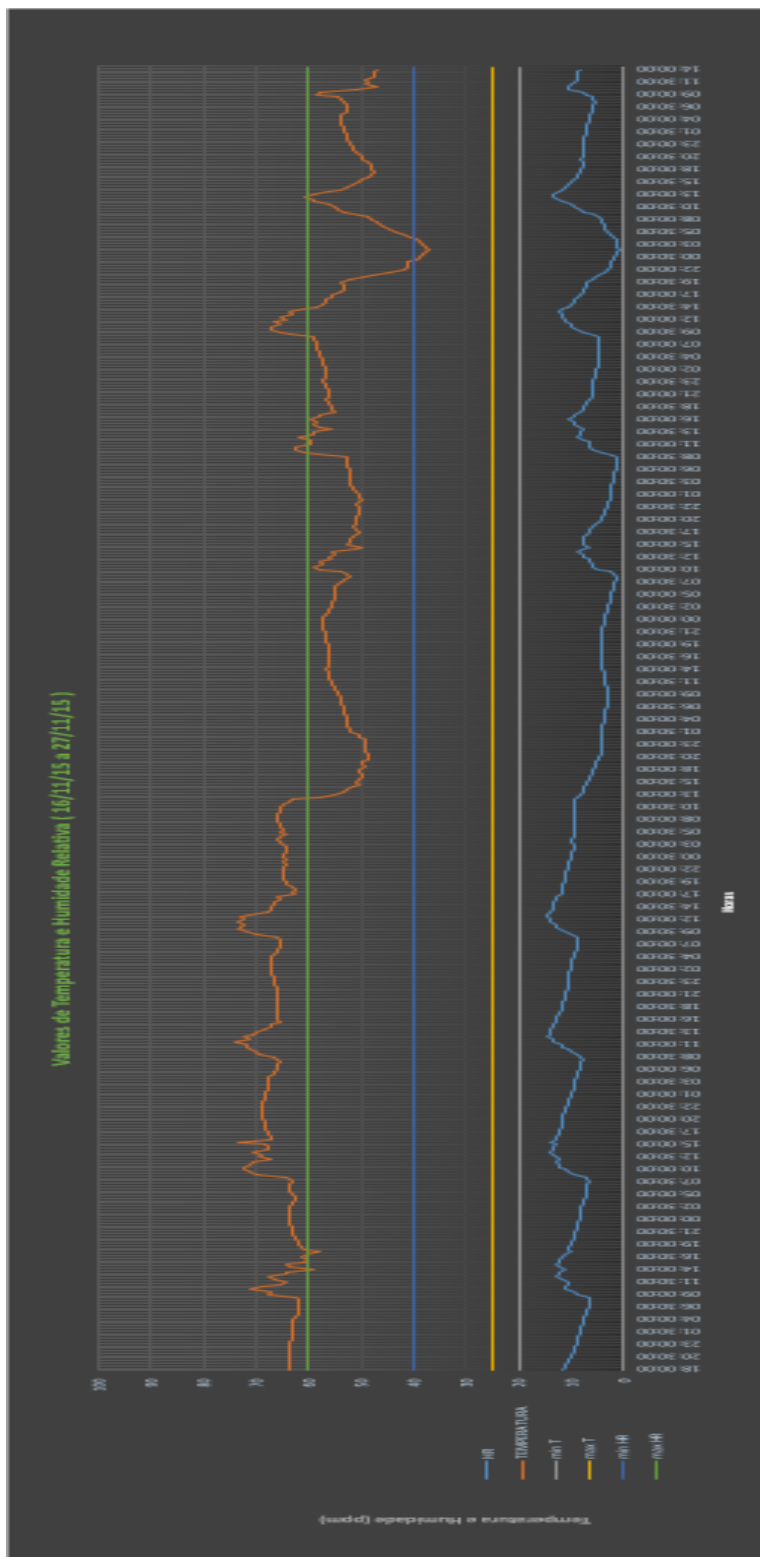


Fig. 5.6.1 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A1

Na Figura 5.6.2 ilustra a temperatura interior e a humidade relativa medidas na sala A5, sendo visíveis as suas variâncias ao longo das horas.

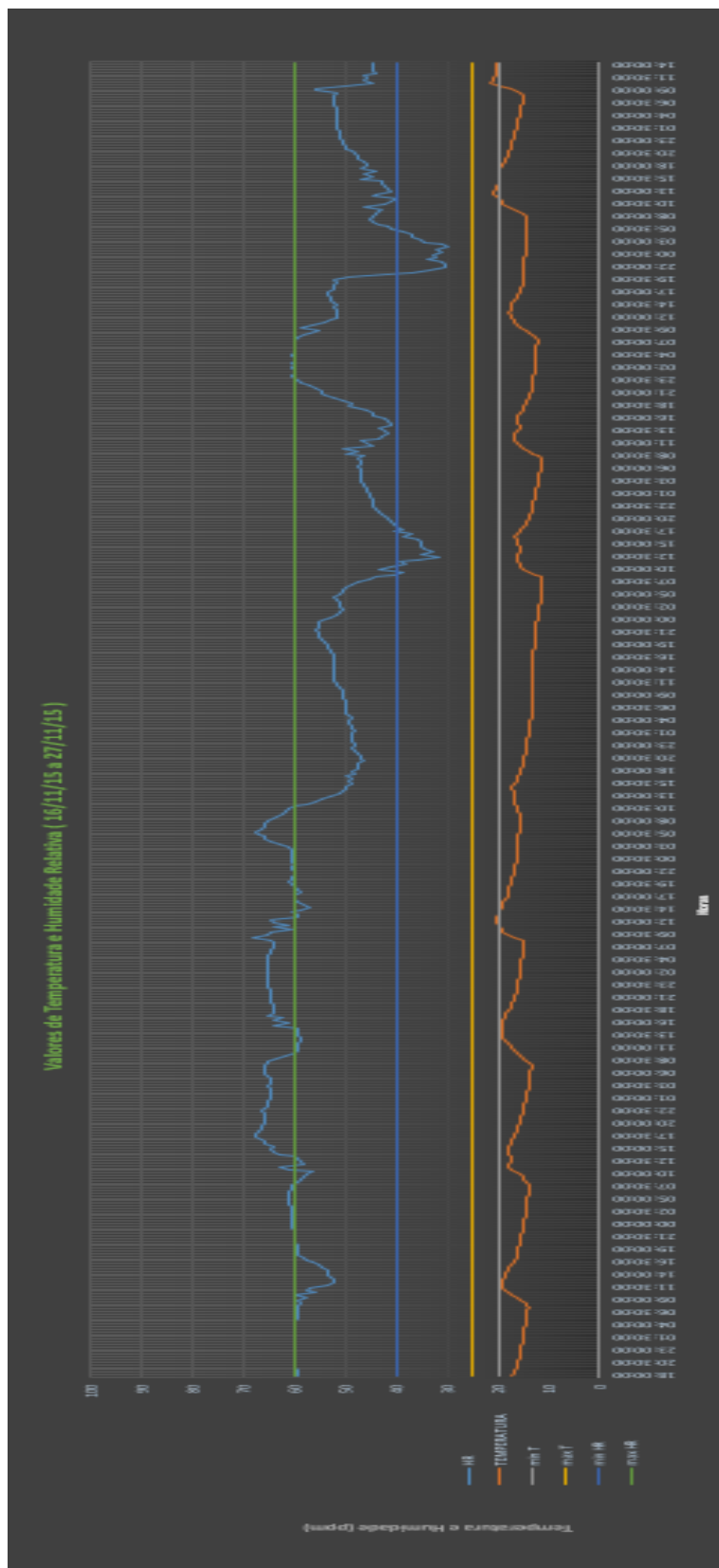


Fig. 5.6.2 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e temperatura da sala A5

Na Figura 5.6.3 ilustra a temperatura interior e a humidade relativa medidas na sala A1, sendo visíveis as suas variâncias ao longo das horas.

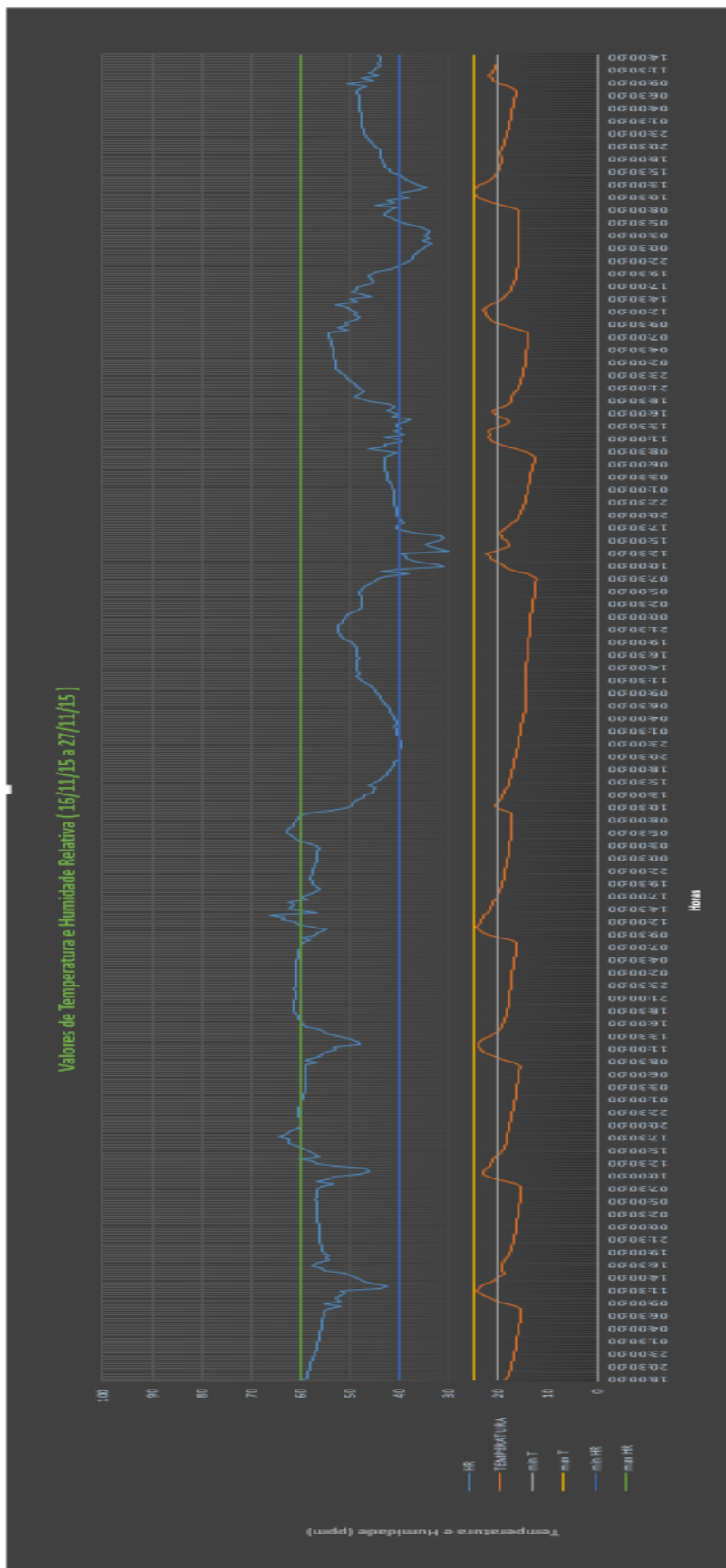


Fig.5.6.3 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A8

Na Figura 5.6.4 ilustra a temperatura interior e a humidade relativa medidas na sala A8, em pormenor durante as horas letivas.

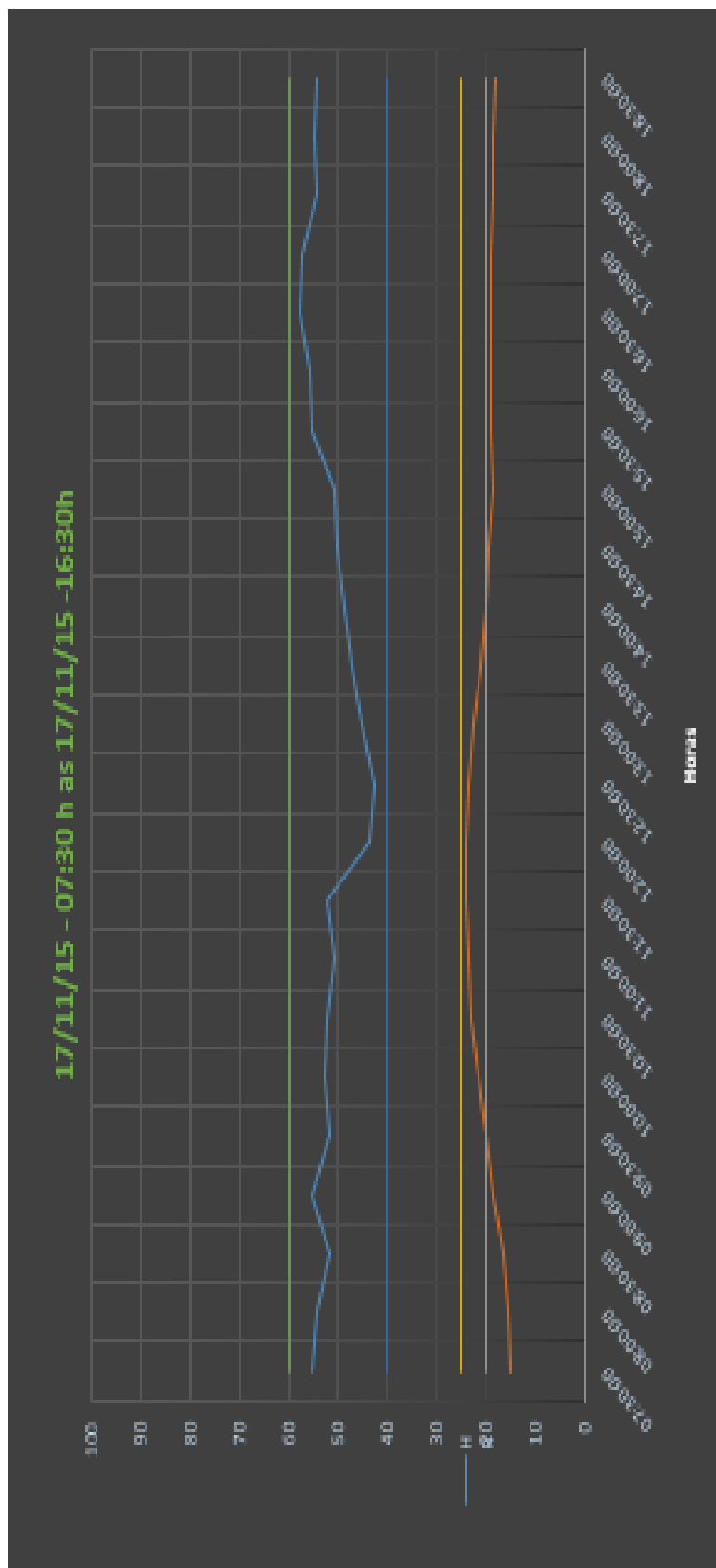


Fig.5.6.4 - Tabela ilustrativa dos valores em pormenor referentes à humidade e temperatura da sala A8

Na Figura 5.6.5 ilustra a temperatura interior e a humidade relativa medidas na sala A25, sendo visíveis as suas variâncias ao longo das horas.

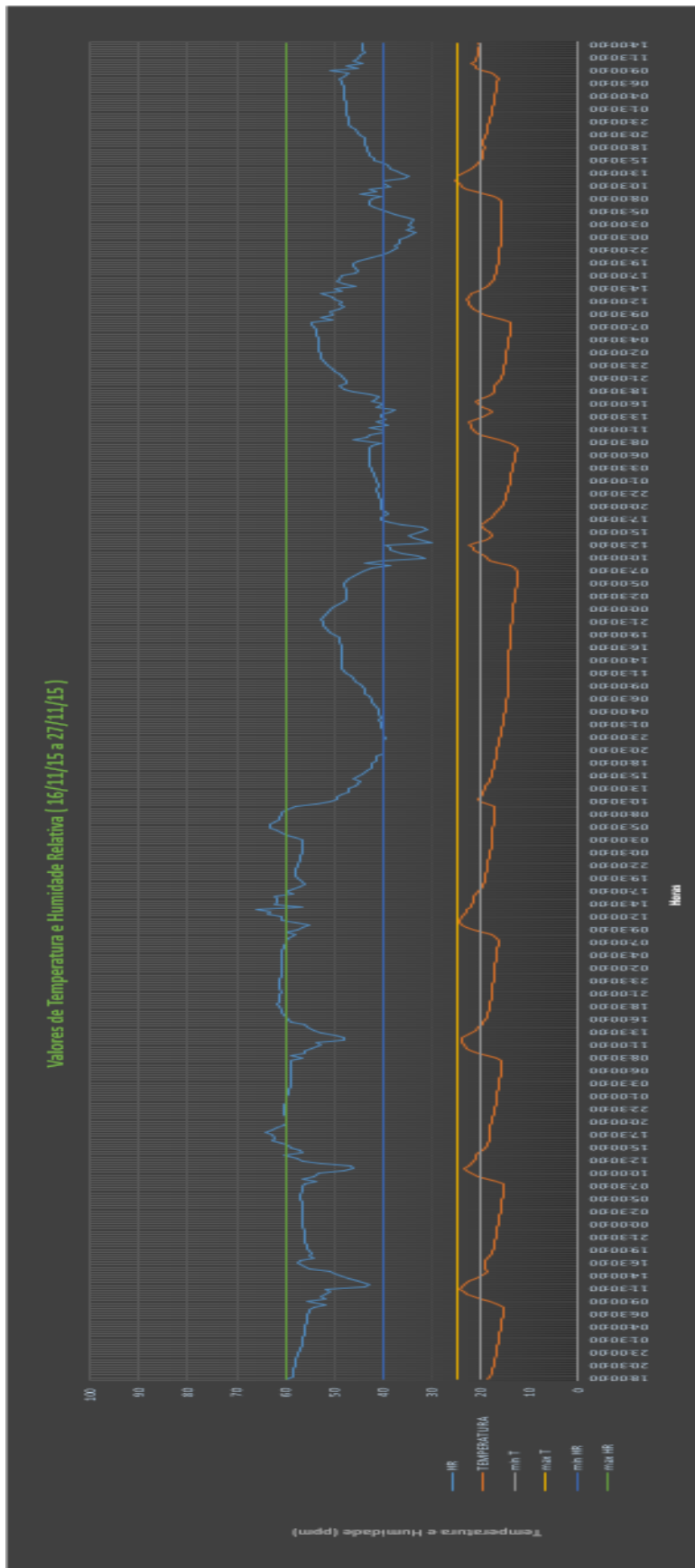


Fig.5.6.5 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A25

Escola Rodrigo

Na Figura 5.6.7 ilustra a temperatura interior e a humidade relativa medidas na sala 6, sendo visíveis as suas variâncias ao longo das horas.

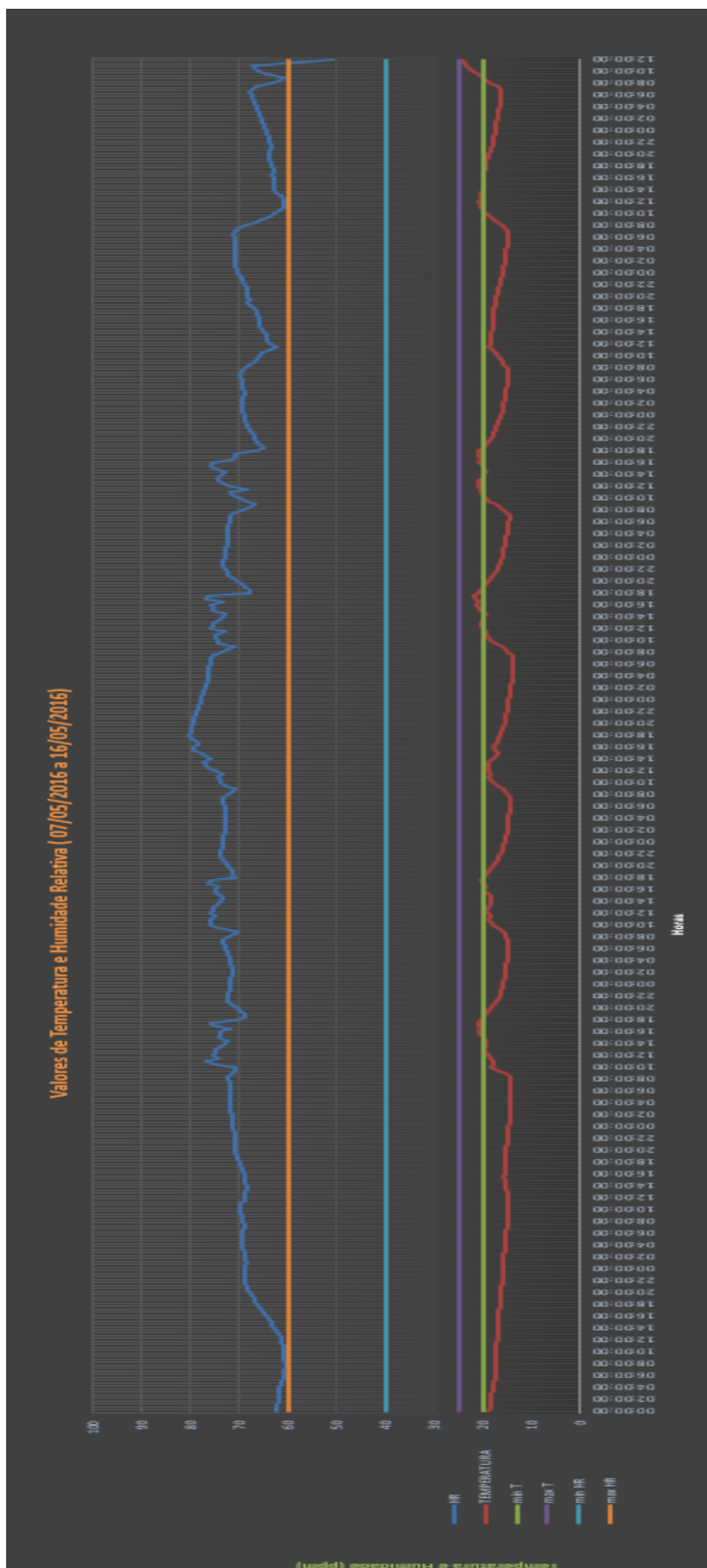


Fig.5.6.7 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e temperatura da sala 5

Na Figura 5.6.8 ilustra a temperatura interior e a humidade relativa medidas na sala R1A, sendo visíveis as suas variâncias ao longo das horas.

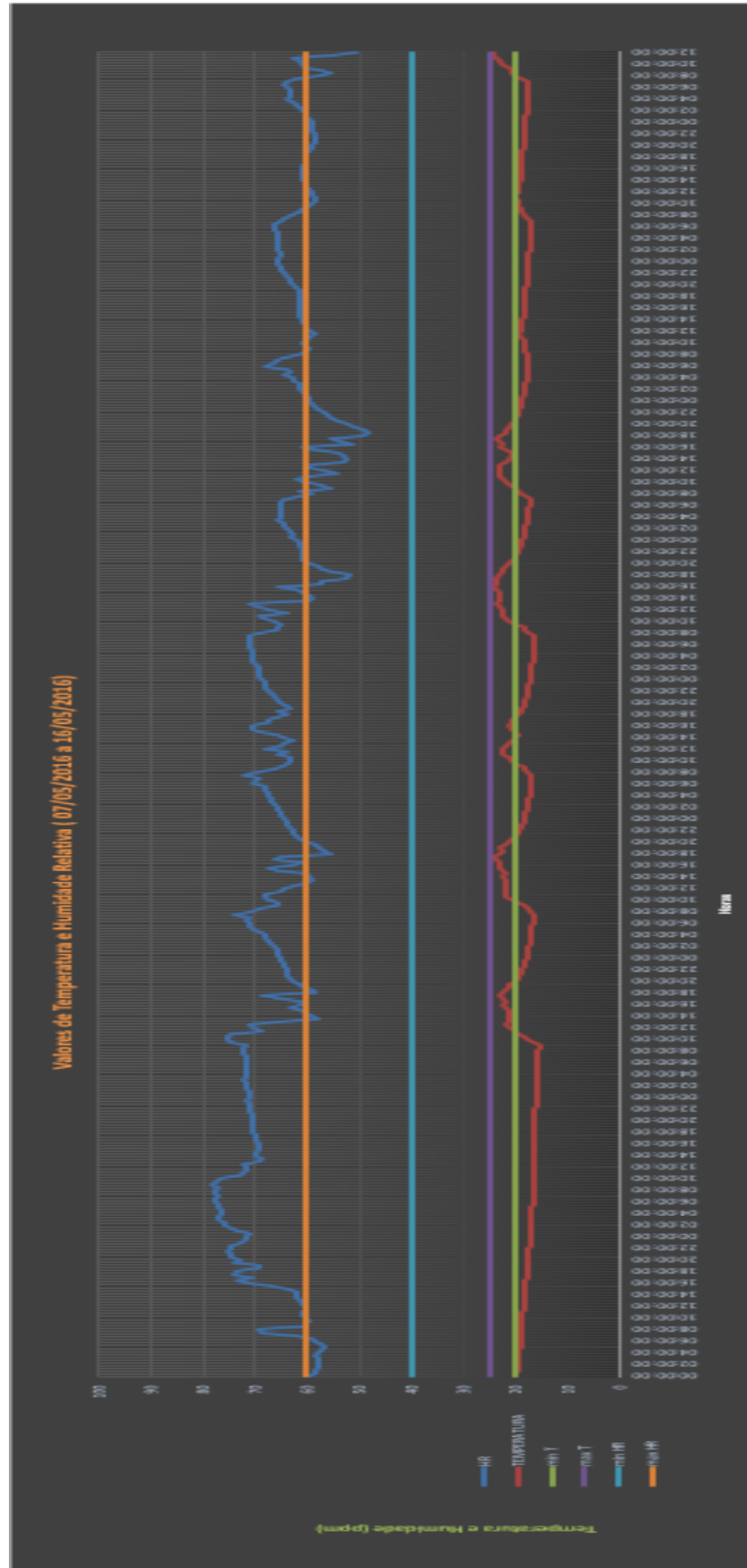


Fig.5.6.8 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala R1A

- A temperatura ambiente foi registada durante 2 semanas de leitura periódica em todas as salas em estudo, conclui-se que em nenhuma delas se registaram valores mínimos acima do intervalo da temperatura de conforto (20°C a 25°C), correspondendo desta forma a que o conforto térmico nas escolas em estudo não é garantido na sua totalidade.
- Em relação à Humidade Relativa foram registados valores em 6 das 14 salas em estudo que, tanto para os valores mínimos, como para valores máximos, não se cumpre o intervalo de conforto entre os 40 e 60 % HR.
- 5 das 6 salas em que os valores de humidade relativa se registam elevados, localizam-se na escola Pêro da Covilhã, estando estes valores relacionados com a fraca qualidade das caixilharias existentes nas salas, nomeadamente, caixilharias em alumínio sem corte térmico e vidro simples.
- É de realçar que a temperatura durante o período letivo entre as 8h e as 18h , começa num mínimo de 14°C demorando cerca de 4 horas a estabelecer um valor aceitável dentro dos parâmetros recomendáveis de 20°C a 25 °C, notando-se desta forma uma necessidade de tornar mais eficiente as condições de isolamento, mantendo a temperatura constante, bem como uma avaliação das horas necessárias para o arranque do aquecimento, de modo a compensar estes valores.

5.7 Iluminação

Apresentam-se na fig. 5.7.1 os resultados das medições por luxímetro nas 6 salas da escola Pêro da Covilhã.

| Valores de Referência | | Escola Pêro da Covilhã | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|------------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--|
| | | Sala A1 | | | Sala A5 | | | Sala A6 | | | Sala A8 | | | Sala A25 | | | Sala A26 | | | | |
| Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | |
| 38 | 72 | 119 | 42 | 54 | 74 | 286 | 294 | 277 | 350 | 292 | 247 | 23 | 33 | 25 | 39 | 43 | 35 | | | | |
| 31 | 42 | 61 | 32 | 30 | 63 | 116 | 134 | 168 | 138 | 135 | 104 | 32 | 36 | 36 | 69 | 59 | 49 | | | | |
| 25 | 36 | 127 | 28 | 38 | 159 | 52 | 55 | 115 | 68 | 66 | 55 | 85 | 90 | 74 | 96 | 336 | 140 | | | | |
| Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | | | | |
| 145 | 160 | 245 | 226 | 205 | 268 | 562 | 519 | 617 | 584 | 468 | 423 | 64 | 84 | 76 | 82 | 91 | 74 | | | | |
| 114 | 109 | 147 | 266 | 223 | 290 | 462 | 329 | 460 | 388 | 311 | 255 | 119 | 160 | 172 | 197 | 215 | 154 | | | | |
| 114 | 141 | 242 | 376 | 280 | 415 | 265 | 255 | 365 | 325 | 254 | 233 | 135 | 133 | 137 | 167 | 290 | 201 | | | | |
| Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila do meio | Fila de trás | | | | |
| 100 | 310 | 780 | 734 | 837 | 1105 | 32900 | 30990 | 2505 | 2267 | 3485 | 3265 | 370 | 470 | 404 | 235 | 270 | 227 | | | | |
| 89 | 178 | 272 | 508 | 513 | 863 | 840 | 890 | 1450 | 1066 | 1280 | 1162 | 444 | 490 | 530 | 345 | 349 | 342 | | | | |
| 76 | 153 | 558 | 355 | 387 | 814 | 367 | 450 | 634 | 710 | 693 | 606 | 980 | 788 | 836 | 627 | 791 | 848 | | | | |

Fig. 5.7.1 - Tabela ilustrativa dos valores obtidos na leitura de LUX na escola Pêro da Covilhã

Como se verifica na fig. 5.7.1 a medição das condições de iluminação apenas foi realizado nas salas de aula da escola Pêro da Covilhã. Regista em geral uma boa relação, pavimento - iluminação, no que diz respeito à incidência de luz natural, visto que os valores medidos são em praticamente todas as salas, superiores ao valor de referência de 300 LUX, com persianas abertas e com a luz artificial desligada.

Quanto aos valores obtidos na sequência da leitura com persianas fechadas e luz artificial ligada, podemos afirmar que os equipamentos existentes para a incidência de luz artificial são insuficientes, ou mal posicionados, transmitindo assim uma incidência de luz artificial inferior ao necessário, aspecto que deverá ser corrigido com a instalação de um sistema de iluminação artificial devidamente dimensionado e corretamente distribuído.

5.8 Tempo de Reverberação

Escola Pêro da Covilhã

Sala 1

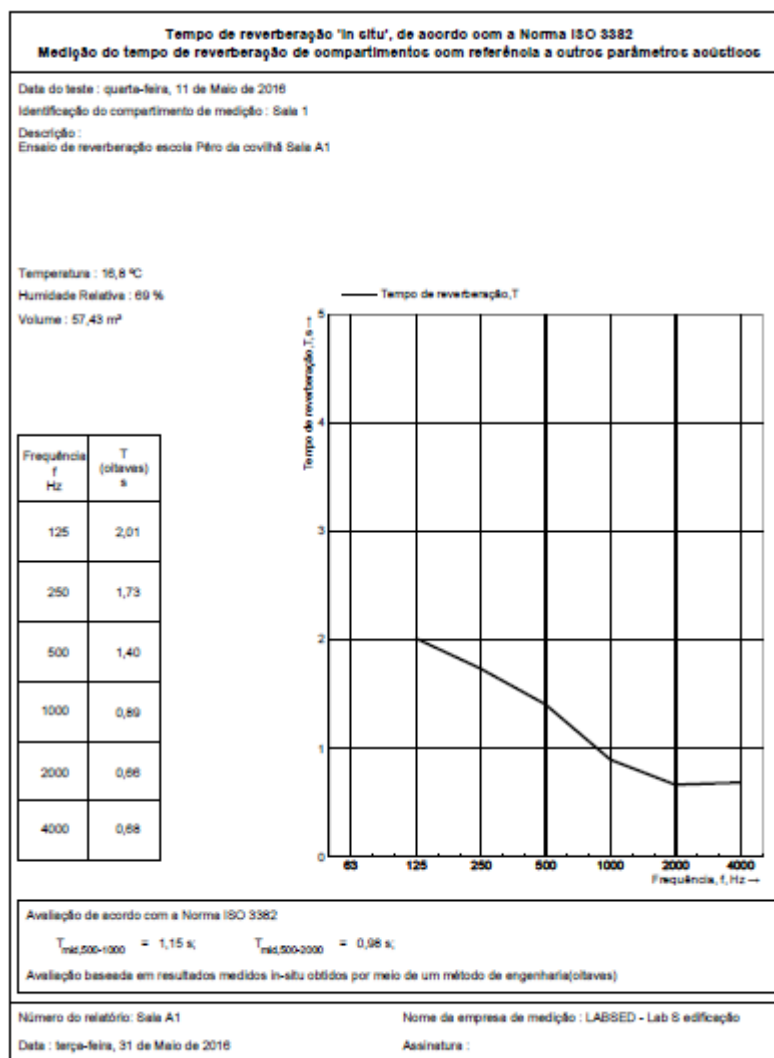


Fig 5.8.1 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala A1

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

| Volume m3 | Tr de referência Tr <= 0.15V ^{1/3} | incerteza (25%) I | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I valor de Tr |
|-------------|--|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 174,58 | 0,84 | 0,21 | 0,98 | 0,77 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I 0,77 | condição <= | Tr de referência 0,84 | Resultado TR correto |

Fig 5.8.2 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala A1

Sala A5

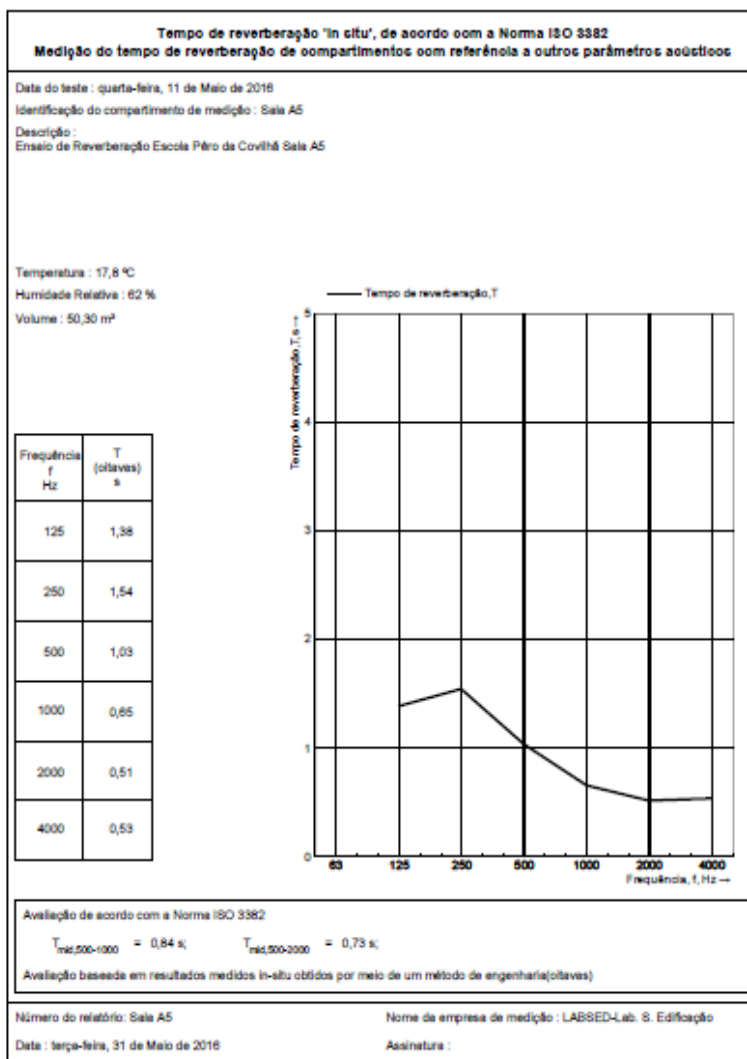


Fig 5.8.3 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala A5

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|---|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Volume m3 | Tr de referência Tr <=0.15V ^{1/3} | incerteza (25%) I | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I valor de Tr |
| 152,91 | 0,80 | 0,20 | 0,73 | 0,53 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I 0,53 | condição <= | Tr de referência 0,80 | Resultado TR correto |

Fig 5.8.4 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala A5

Sala A6

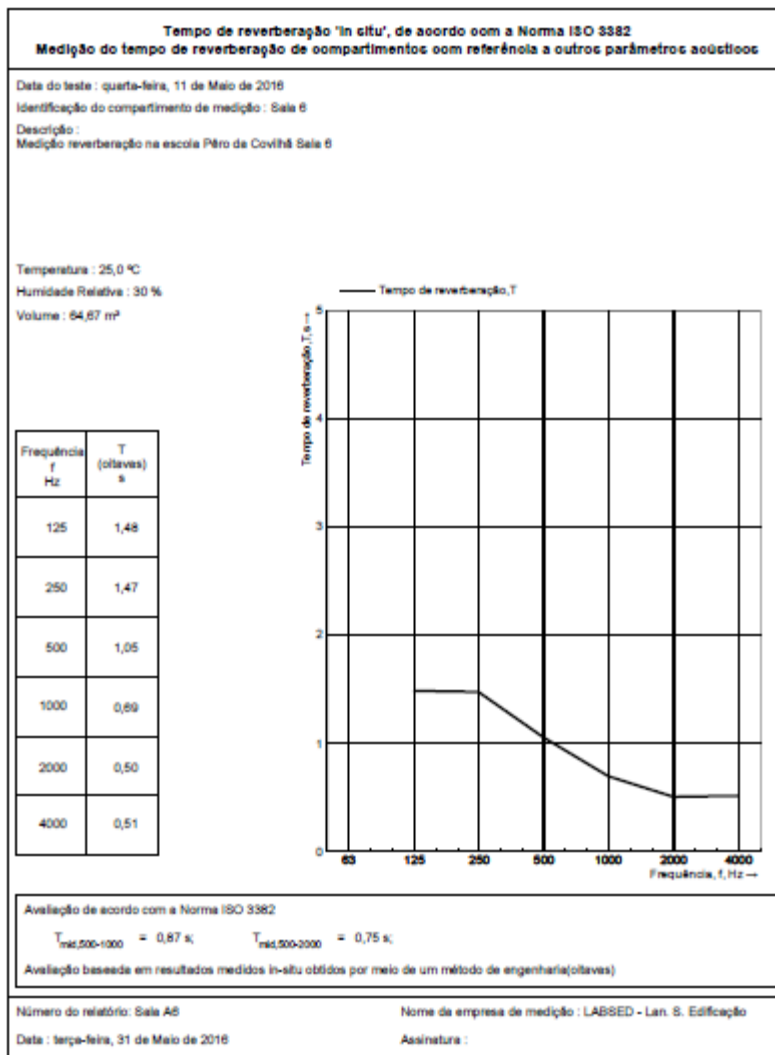


Fig 5.8.5 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala A6

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I |
| | $Tr \leq 0.15V^{1/3}$ | I | | valor de Tr |
| 227,04 | 0,92 | 0,23 | 0,75 | 0,52 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 0,52 | \leq | 0,92 | TR correto |

Fig 5.8.6 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala A6

Sala A8

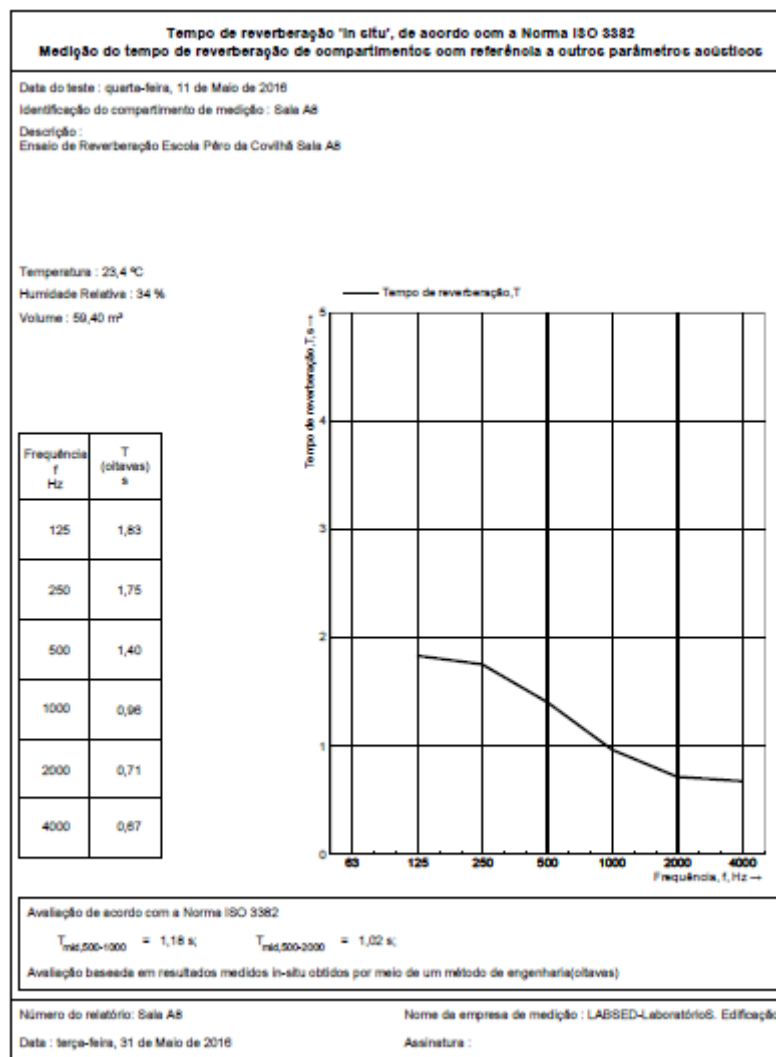


Fig 5.8.7 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala A8

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

| Volume m3 | Tr de referência Tr <=0.15V ^{1/3} | incerteza (25%) I | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I valor de Tr |
|-------------|---|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 180,57 | 0,85 | 0,21 | 1,02 | 0,81 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I 0,81 | condição <= | Tr de referência 0,85 | Resultado TR correto |

Fig 5.8.8 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala A8

Escola de Santo António

Sala SA2

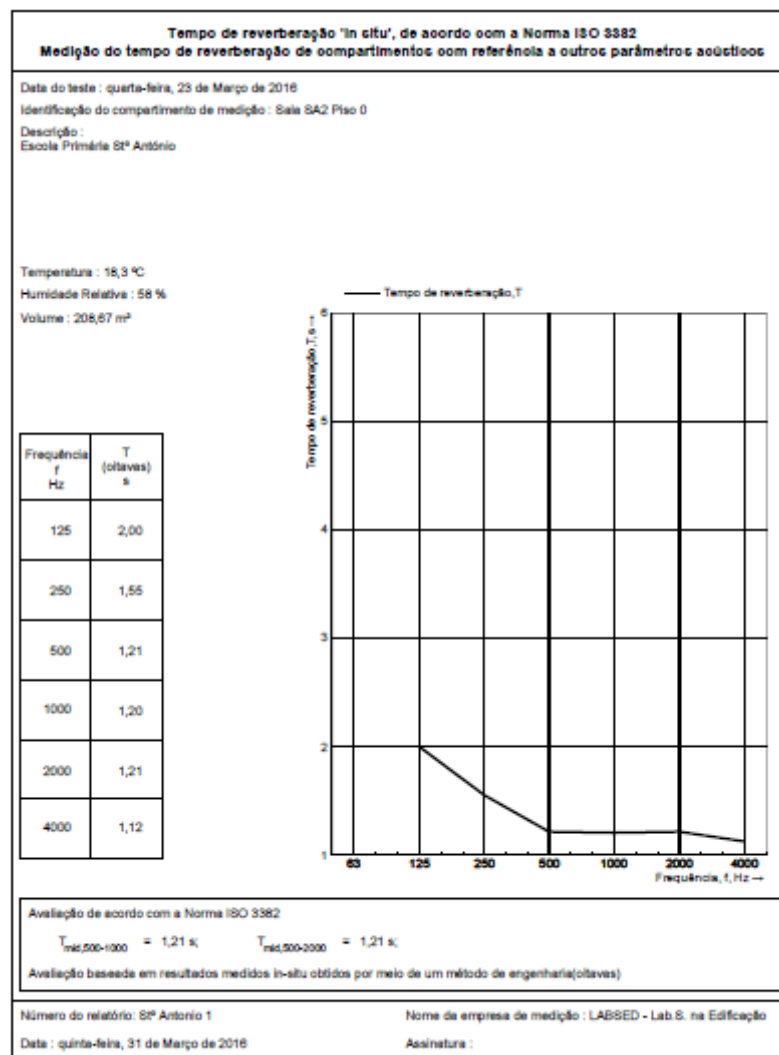


Fig 5.8.9 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala SA2

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I |
| | $Tr \leq 0.15V^{1/3}$ | I | | valor de Tr |
| 208,67 | 0,89 | 0,22 | 1,21 | 0,99 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 0,99 | \leq | 0,89 | Tr incorreto |

Fig 5.8.10 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala SA2

Sala SA4

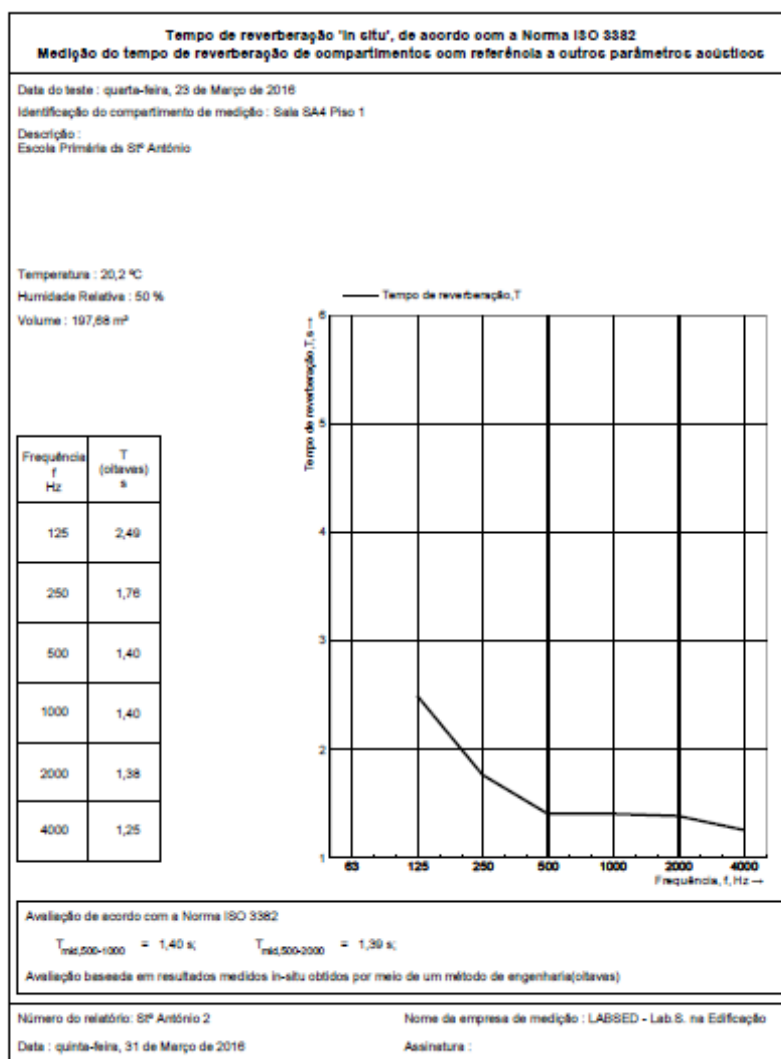


Fig 5.8.11 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala SA4

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I valor de Tr |
| | $Tr <= 0.15V^{1/3}$ | I | | |
| 197,68 | 0,87 | 0,22 | 1,39 | 1,17 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 1,17 | <= | 0,87 | Tr incorreto |

Fig 5.8.12 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala SA4

Escola do Rodrigo

Sala R1A

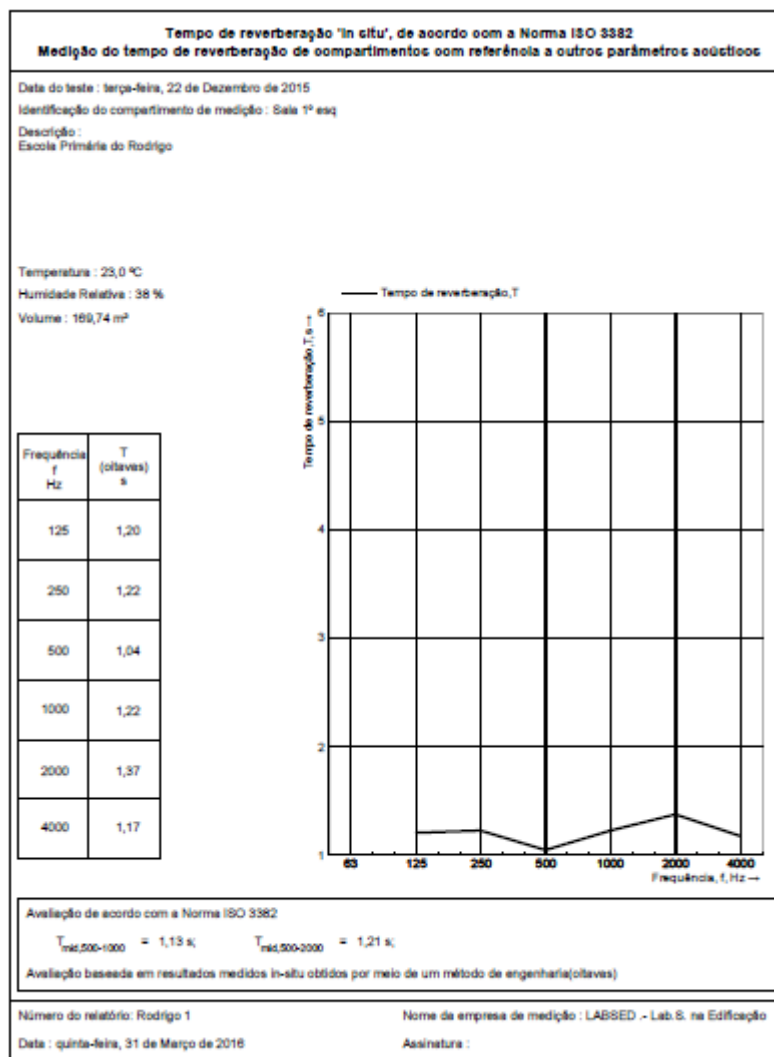


Fig 5.8.13 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala R1A

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I valor de Tr |
| 169,74 | 0,83 | 0,21 | 1,21 | 1,00 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 1,00 | <= | 0,83 | Tr incorreto |

Fig 5.8.14 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala R1A

Sala 5

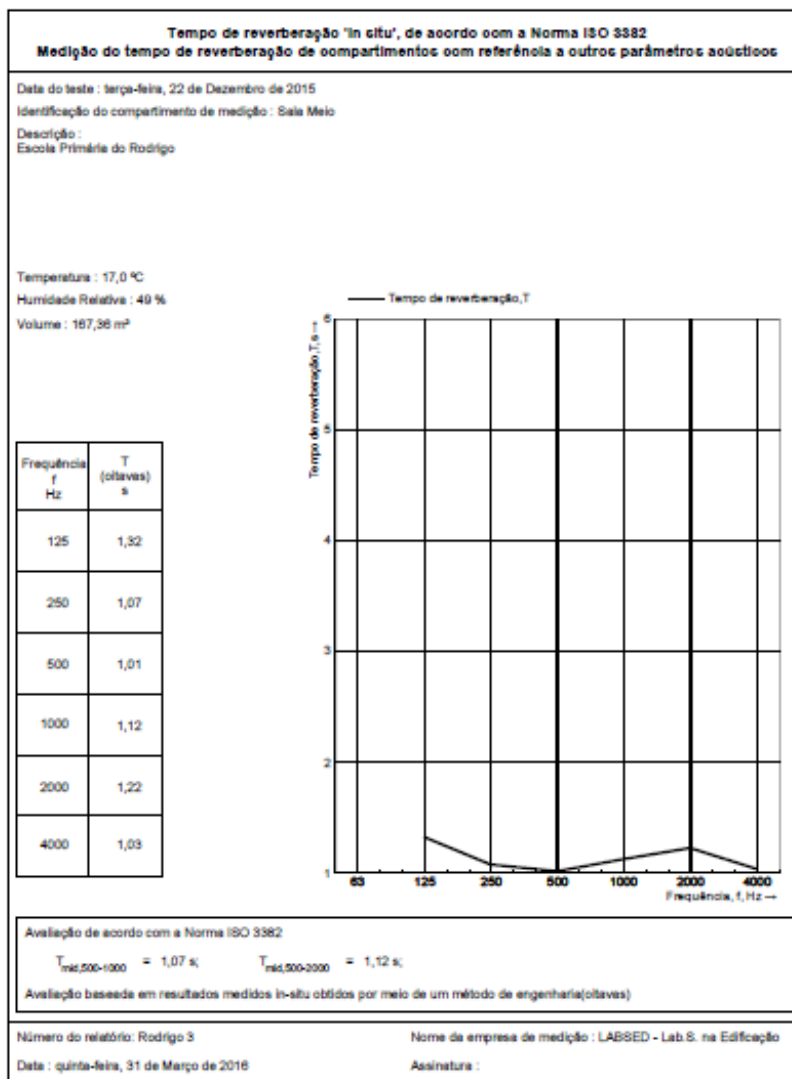


Fig 5.8.17 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala 5

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I |
| | $Tr \leq 0.15V^{1/3}$ | l | | valor de Tr |
| 167,36 | 0,83 | 0,21 | 1,12 | 0,91 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 0,91 | <= | 0,83 | Tr incorreto |

Fig 5.8.18 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala 5

Escola do Refúgio

Sala RE1

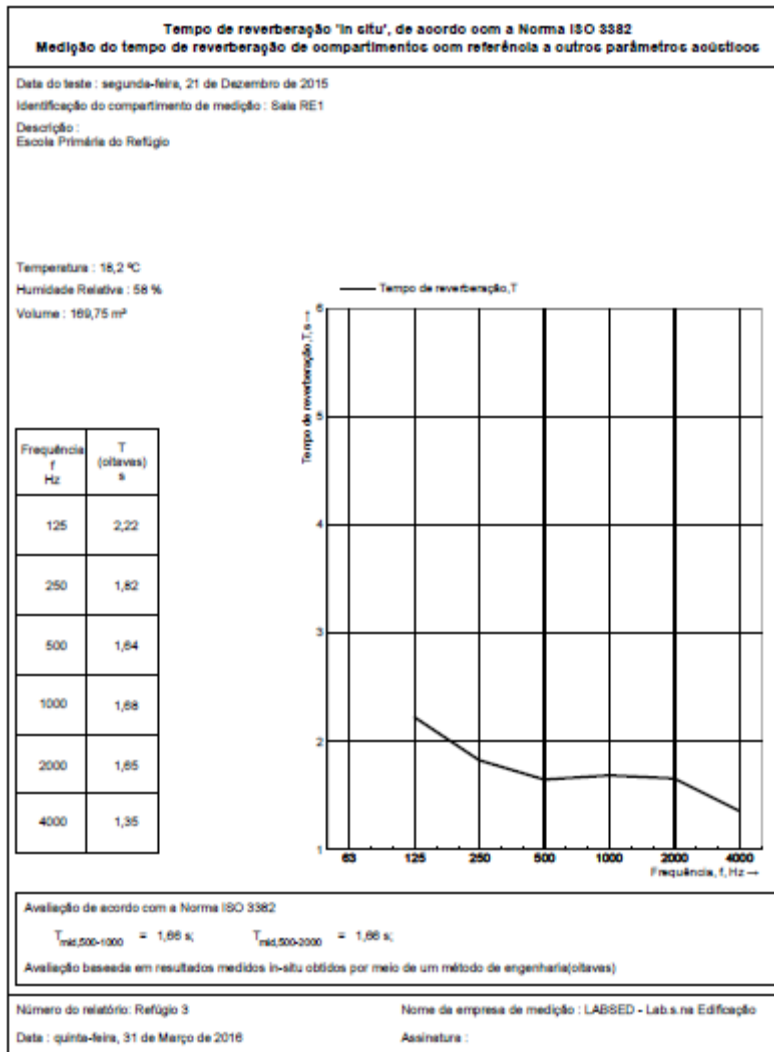


Fig 5.8.19 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala RE1

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I |
| | $Tr <= 0.15V^{1/3}$ | I | | valor de Tr |
| 169,75 | 0,83 | 0,21 | 1,66 | 1,45 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 1,45 | <= | 0,83 | Tr incorreto |

Fig 5.8.20 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala RE1

Sala RE2

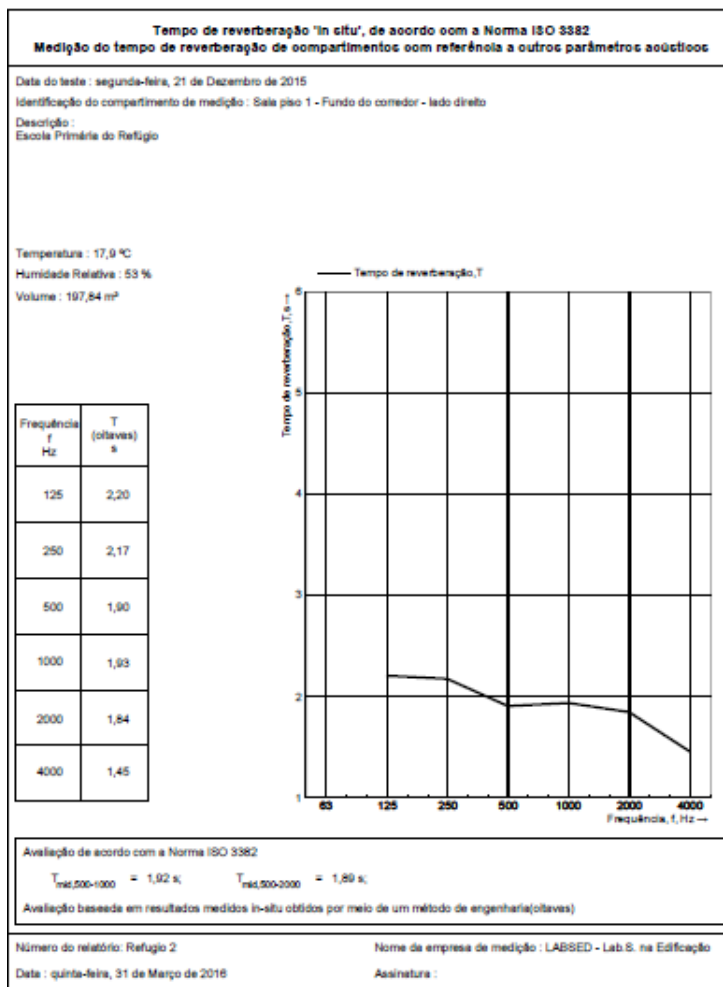


Fig 5.8.21 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala RE2

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I |
| | $Tr <= 0.15V^{\wedge}1/3$ | I | | valor de Tr |
| 197,84 | 0,87 | 0,22 | 1,89 | 1,67 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 1,67 | <= | 0,87 | Tr incorreto |

Fig 5.8.22 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala RE2

Sala RE3

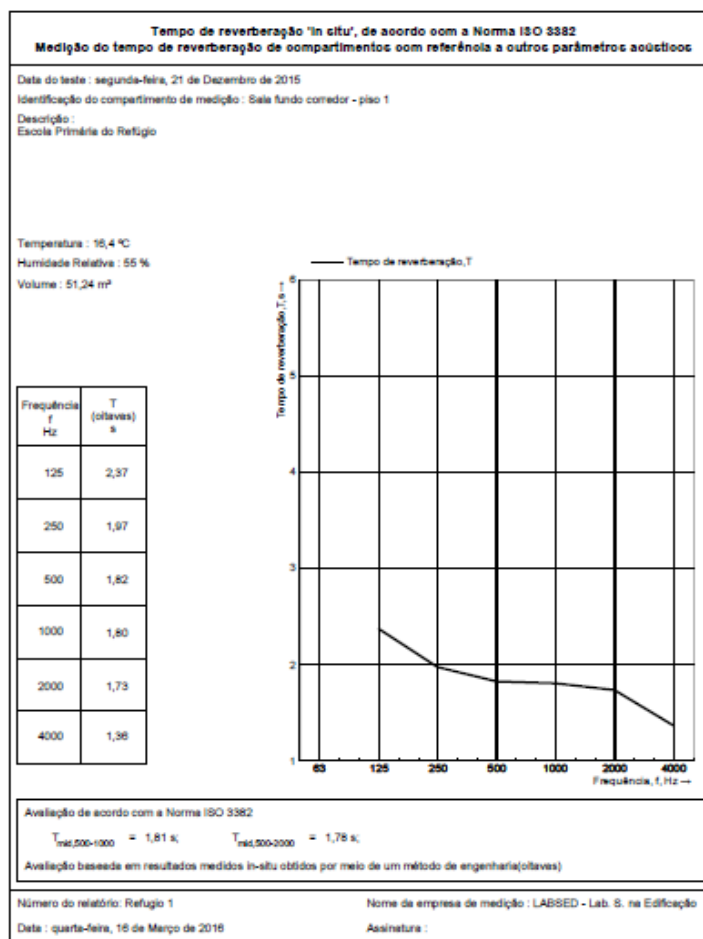


Fig 5.8.23 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala RE3

| CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Volume m3 | Tr de referência | incerteza (25%) | Tr 500-2KHz | Tr 500-2KHz-I |
| | $Tr \leq 0.15V^{1/3}$ | I | | valor de Tr |
| 133,82 | 0,77 | 0,19 | 1,55 | 1,36 |
| Verificação | Tr 500-2KHz-I | condição | Tr de referência | Resultado |
| | 1,36 | \leq | 0,77 | Tr incorreto |

Fig 5.8.24 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala RE3

Com base na comparação dos valores obtidos do valor do tempo de reverberação com o valor de TR de referência podemos afirmar:

- **Escola Pêro da Covilhã**

Nas salas A1, A5, A6 e sala A8:

- Teto: Revestimento em painéis de aglomerado de cortiça
- Pavimento: tacos em madeira
- Envidraçados: Janelas de alumínio anodizado de vidro simples
- Média de áreas: 80 m²

Nas salas A25 e A26:

- Teto: Placas de lã de rocha
- Pavimento: flutuante em madeira
- Envidraçados: Janelas de alumínio anodizado de vidro simples
- Média de áreas: 50 m²

Todas as salas cumprem as condições acústicas $TR \leq TR$ de Referência

- **Escola de St. António**

Nas salas SA2 e SA4

- Teto: Reboco pintado
- Pavimento: Parquê em madeira e revestimento vinílico
- Envidraçados: Janelas de alumínio lacado de vidro duplo
- Média de áreas: 66 m²

Nenhuma sala cumpre as condições acústicas, $TR \geq TR$ de Referência

- **Escola do Rodrigo**

Nas Salas R1A, R2B e sala 5:

- Teto: Teto falso juntamente com placas de aglomerado de madeira pintada

- Pavimento: flutuante em aglomerado de madeira
- Envidraçados: Janelas em alumínio lacado de vidro duplo
- Média de áreas: 70 m²

Nenhuma sala cumpre as condições acústicas, $TR \geq TR$ de Referência

- **Escola do Refúgio**

- Teto: Teto falso juntamente com placas de aglomerado de madeira pintada
- Pavimento: Pavimento vinílico
- Envidraçados: Janelas em alumínio lacado de vidro duplo
- Média de áreas: 48 m²

Nenhuma sala cumpre as condições acústicas, $TR \geq TR$ de Referência

Podemos concluir que apenas nas salas da escola Pêro da Covilhã o tempo de reverberação obtido pelas medições realizadas é inferior ao TR de referência, tendo as restantes escolas obtido valores que não verificam a qualidade acústica necessária. Este fator deve-se sobretudo aos materiais de revestimento distintos existentes nas várias escolas, onde no caso da escola Pêro da Covilhã as placas de aglomerado de cortiça existentes no teto das salas A1, A5, A6 e A8, podem explicar o seu melhor comportamento acústico, visto que este material tem como uma das suas características o controlo da reverberação. Quanto às salas A25 e A26 estas obtiveram também um tempo de reverberação inferior ao TR de referência, onde mesmo não tendo placas de aglomerado de cortiça como nas salas referidas anteriormente são reverstidas no seu teto por placas de lã de rocha e o seu pavimento por flutuante em madeira, conferindo-lhe assim um bom comportamento acústico, sendo já espectável este resultado visto tratarem-se de salas de música.

As escolas de Santo António, do Rodrigo e do Refúgio apresentam envidraçados mais adequados, janelas em alumínio lacado de vidro duplo, do que nas salas da escola Pêro da Covilhã, porém os seus materiais de revestimento são menos eficazes no controlo da reverberação, obtendo em todas as salas de aula um TR de referência superior ao tempo de reverberação.

É de todo importante referir que as escolas de Santo António, do Refúgio e Rodrigo apesar de terem sido alvo de remodelações/ ampliações, nos anos de 2001 a 2003, se ter notado neste estudo que este foi um dos parâmetros que não foi tomado em conta, como um parâmetro de conforto dos ocupante, não cumprindo assim com as expectativas.

5.9 Termografia

Os resultados obtidos através da leitura da termografia, como ilustrado nas (Figuras 5.91, 5.92, 5.93 e 5.94) permite identificar os pontos singulares da envolvente podendo assim determinar as potenciais perdas de calor da sala devido ao mau isolamento ou simplesmente construção inadequada para a prática da função de sala de aula onde os alunos deverão ter todas as condições nomeadamente no inverno.



Fig.5.9.1 - Identificação da fachada sala A5

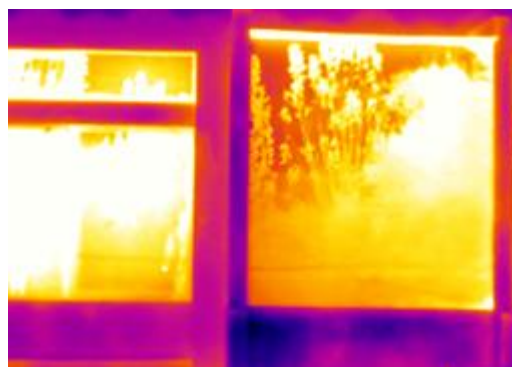


Fig.5.9.2 - Identificação das pontos singulares da sala A5

As temperaturas variam entre os 17,1 °C no ponto mais frio para 102 °C no ponto mais quente



Fig.5.9.3 - Identificação da fachada sala A6

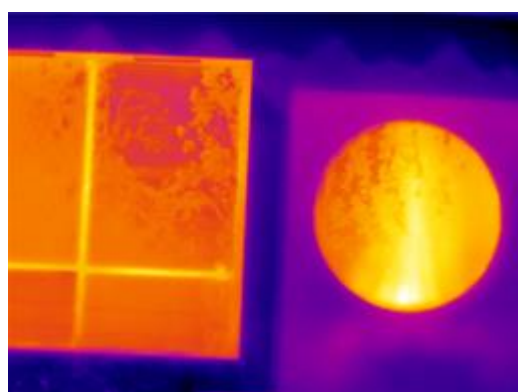


Fig.5.9.4 - Identificação das pontos singulares da sala A6

5.10 Resumo das Medições

Para tornar mais fácil uma comparação entre as salas em estudo, apresenta-se na figura 5.10.1 um resumo dos diferentes valores registados com a atribuição cores que nos dão a informação relativa ao cumprimento / incumprimento relativamente aos valores recomendados em cada parâmetro, para a escola Pêro da Covilhã.

| Parâmetros | Escola Pêro da Covilhã | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| | Sala A1 | Sala A5 | Sala A6 | Sala A8 | Sala A25 | Sala A26 | | | | | | | | | | | | | |
| Valores de Referência | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Formaldeído | 0,03 - 0,09 | 0,01 - 0,11 | 0,01 - 0,08 | 0,01 - 0,13 | 0,02 - 0,18 | 0,01 - 0,07 | | | | | | | | | | | | | |
| CO2 | 2284 - 2514 | 389 - 1003 | 478 - 721 | 480 - 2298 | 732 - 2071 | 371 - 2217 | | | | | | | | | | | | | |
| CO | 0 - 0 | 0 - 0 | 0 - 0 | 0 - 0 | 0 - 6 | 0 - 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura interior | 11 - 20 | 12 - 20 | 12 - 25 | 13 - 24 | 11 - 24 | 12 - 24 | | | | | | | | | | | | | |
| Humidade relativa | 41 - 71 | 31 - 67 | 26 - 65 | 34 - 63 | 31 - 68 | 32 - 66 | | | | | | | | | | | | | |
| Cov's | 0 - 0,25 | 0 - 0,04 | 0 - 0,88 | 0 - 3,9 | 0 | 0 - 0,03 | | | | | | | | | | | | | |
| Radiação (FRAC) | 43 - 49 | 38 - 62 | 58 - 70 | 64 - 70 | 297 - 305 | 310 - 318 | | | | | | | | | | | | | |
| Tempo de reverberação(s) | 0,77 ≤ 0,84 | 0,53 ≤ 0,80 | 0,53 ≤ 0,87 | 0,54 ≤ 0,82 | 0,67 ≤ 0,82 | 0,68 ≤ 0,82 | | | | | | | | | | | | | |
| Iluminação medida com persianas fechadas e luz desligada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fila da janela | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | | | | | | |
| | 38 | 72 | 119 | 42 | 54 | 74 | 286 | 294 | 277 | 350 | 292 | 247 | 23 | 33 | 25 | 39 | 43 | 35 | |
| Fila do meio | 31 | 42 | 61 | 32 | 30 | 63 | 116 | 134 | 168 | 138 | 135 | 104 | 32 | 36 | 36 | 69 | 59 | 49 | |
| Fila da porta | 25 | 36 | 127 | 28 | 38 | 159 | 52 | 55 | 115 | 68 | 66 | 55 | 85 | 90 | 74 | 96 | 336 | 140 | |
| Iluminação medida com persianas abertas e luz ligada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fila da janela | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás |
| | 145 | 160 | 245 | 226 | 205 | 268 | 562 | 519 | 617 | 594 | 468 | 423 | 64 | 84 | 76 | 82 | 91 | 74 | |
| Fila do meio | 114 | 109 | 147 | 266 | 223 | 230 | 462 | 329 | 460 | 388 | 311 | 255 | 119 | 160 | 172 | 197 | 216 | 154 | |
| Fila da porta | 114 | 141 | 242 | 376 | 280 | 415 | 265 | 255 | 365 | 325 | 254 | 233 | 135 | 133 | 137 | 167 | 290 | 201 | |
| Iluminação medida com persianas abertas e luz desligada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fila da janela | Fila do meio | Fila de trás | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás | Fila do meio | Fila da Frente | Fila de trás |
| | 400 | 310 | 780 | 734 | 837 | 1105 | 32900 | 30990 | 2505 | 2267 | 3485 | 3285 | 370 | 470 | 404 | 235 | 270 | 227 | |
| Fila do meio | 89 | 178 | 272 | 508 | 513 | 863 | 840 | 890 | 1450 | 1066 | 1280 | 1162 | 444 | 490 | 530 | 345 | 349 | 342 | |
| Fila da porta | 76 | 153 | 558 | 355 | 387 | 814 | 367 | 450 | 634 | 710 | 693 | 606 | 980 | 788 | 836 | 627 | 791 | 848 | |

Fig. 5.10.1 - Tabela com valores obtidos dos vários parâmetros em estudo em comparação com os valores obtidos na escola Pêro da Covilhã

Para tornar mais fácil uma comparação entre as salas em estudo, apresenta-se na figura 5.10.2 um resumo dos diferentes valores registados com a atribuição cores que nos dão a informação relativa ao cumprimento / incumprimento relativamente aos valores recomendados em cada parâmetro, para as escolas de Santo. António, Refúgio e Rodrigo.

| Parâmetros | Valores de Referência | Escola do Rodrigo | | | Escola do Refúgio | | | Escola de St. António | | |
|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | | RIA | R2B | Sala 5 | RE1 | RE2 | RE3 | SA2 | SA4 | SA4 |
| Formaldeído | 0,08 | 0,07 - 0,11 | 0,07 - 0,13 | 0,13 - 0,17 | 0,02 - 0,11 | 0,09 - 0,17 | 0,08 - 0,12 | 0,02 - 0,11 | 0,03 - 0,20 | 0,03 - 0,20 |
| C02 | 1250 ppmv | 1460 - 3164 | 2192 - 2591 | 2192 - 2591 | 1377 - 3761 | 2737 - 3970 | 1984 - 3416 | 2723 - 4031 | 1201 - 3674 | 1201 - 3674 |
| CO | 9 ppmv | 0-3 | 0 - 2,5 | 0 - 4 | 0 - 0 | 0 - 0 | 0 - 2,5 | 0 - 0 | 0 - 0,5 | 0 - 0,5 |
| Temperatura interior | 20-25 | 15,5 - 24,5 | 13,5 - 26,3 | 13,7 - 24,5 | 18,2 - 25 | 16,1 - 25,8 | 15,3 - 27,1 | 15,8 - 25,8 | 14,7 - 23,3 | 14,7 - 23,3 |
| Humidade relativa | 40-60 | 40,5 - 78,2 | 42,4 - 79,4 | 51,1 - 80,4 | 49,1 - 76 | 40,6 - 80,2 | 44,3 - 82,8 | 31,6 - 71,2 | 40,3 - 76,3 | 40,3 - 76,3 |
| Cov's | 0,3 | 0,11 - 0,23 | 0,14 - 0,29 | 0,16 - 0,22 | 0,10 - 0,42 | 0 - 0,3 | 0,01 - 0,37 | 0 - 0,4 | 0 - 0,25 | 0 - 0,25 |
| Radão (RAC) | 400 bq/m ³ | 1,00 ≥ 0,83 | 0,88 ≥ 0,82 | 0,91 ≥ 0,83 | 1,45 ≥ 0,83 | 1,67 ≥ 0,87 | 1,57 ≥ 0,85 | 0,99 ≥ 0,89 | 1,17 ≥ 0,87 | 1,17 ≥ 0,87 |
| Tempo de reverberação(s) | Tr ≤ 0,15 Y - 1/3 | | | | | | | | | |

Fig. 5.10.2 - Tabela com valores obtidos dos vários parâmetros em estudo em comparação com os valores obtidos nas restantes escolas em estudo

Através das tabelas resumo descritas na Fig.5.10.1 e Fig 5.10.2 observamos:

- **Formaldeído** - Em cada sala em estudo foram obtidos no mínimo 5 leituras deste componente, tendo sido efetuadas em dias e períodos do ano diferentes. Em resultado dos valores obtidos podemos observar que das 14 salas em estudo apenas duas, sala A6 e sala A26, registam valores mínimos e máximos, abaixo ou iguais ao valor de referência. Foram no entanto referenciadas duas salas, (sala 5 e sala RE2), em escolas distintas que registam valores elevados de formaldeído em todo o período de medição.

As restantes salas registaram picos elevados, mas nunca passando de valores pontuais, podendo terem sido originadas por limpeza do pavimento ou utilização de alguns materiais dentro da sala de aula, nomeadamente materiais nas atividades de artes plásticas que originassem a subida do valor deste parâmetro. As descidas acentuadas de valores podem ser explicadas pelo aumento de ventilação nomeadamente abertura de janelas.

- **Dióxido de carbono** - Os valores de CO₂ recolhidos, registaram um total de 8 salas com valores máximos e mínimos que ultrapassam o valor recomendado, notando-se desta forma que mais de metade das salas em estudo possuem condições de ventilação insuficiente, existindo apenas duas salas, a sala A6 e a sala A26, que registam valores aceitáveis, abaixo de 1250 ppm.

No que diz respeito à escola da Pêro da Covilhã, de Santo António e da escola do Rodrigo os valores recolhidos referentes à concentração de dióxido de carbono nas salas, ultrapassam em praticamente toda a semana o valor máximo de 1250 ppm. Visto tratarem-se de salas quase equivalentes a nível de área, e com a mesma caixilharia e ocupação podemos afirmar que ambas as salas têm franca ventilação

Em relação à escola do Refúgio numa análise global das três salas podemos constatar que os valores obtidos nas salas RE2 e RE3 a nível de concentração de CO₂, são em média superior aos obtidos na sala RE1. Uma possível razão é o facto de esta última se encontrar no piso 0, tendo ligação com o hall principal que dá acesso ao átrio de entrada do edifício, criando deste modo uma maior ventilação aquando da abertura da porta da sala de aula, em comparação com as salas RE2 e RE3 que se situam no piso 1.

- **Monóxido de Carbono** - Em todas as 14 salas em estudo foi registado, depois de um período mínimo de 8 dias de leitura contínua no interior das salas, valores inferiores ao valor recomendável de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus utilizadores.

As salas que apresentaram valores diferentes de 0 ppm na sua maioria deve-se à sua localização, nomeadamente no caso das salas da escola Perô da Covilhã, salas A26 e A25, estão muito próximas de fontes emissoras de dióxido de carbono, veículos, visto que fazem parte da sua envolvente exterior, parques de estacionamento.

Quanto às restantes salas, nomeadamente a sala A1 da escola Pêro da Covilhã e a sala 5 da escola do Rodrigo, estas apresentam praticamente em todo o período de recolha de dados, valores diferentes de 0 ppm, visto localizarem-se nas extremidades do edifício, estando deste modo mais próximas das vias de tráfego automóvel, um dos principais emissores de CO.

- **Temperatura ambiente** - Os valores recolhidos durante 2 semanas de leitura periódica em todas as salas em estudo revelam que, em nenhuma delas se registaram valores mínimos acima do intervalo da temperatura de conforto (20°C a 25°C), correspondendo desta forma a que o conforto térmico nas escolas em estudo não é garantido na sua totalidade.

É de realçar que a temperatura durante o período letivo entre as 8h e as 18h, começa num mínimo de 14°C demorando cerca de 4 horas a estabelecer um valor aceitável dentro dos parâmetros recomendáveis de 20°C a 25 °C, notando-se desta forma uma necessidade de tornar mais eficiente as condições de isolamento, mantendo a temperatura constante, bem como uma avaliação das horas necessárias para o arranque do aquecimento, de modo a compensar estes valores.

- **Humidade Relativa** - Foram registados valores em 6 salas das 14 em estudo que, tanto para os valores mínimos, como para valores máximos, não cumprem o intervalo de conforto entre os 40 e 60 % HR. 5 das 6 salas em que os valores de humidade relativa se registam elevados, localizam-se na escola Pêro da Covilhã, estando assim estes valores relacionados com a fraca qualidade das caixilharias existentes nas salas, nomeadamente, caixilharias em alumínio sem corte térmico e vidro simples.

- **Compostos Orgânicos Voláteis (Cov's)** - Na maioria das salas em estudo, os valores obtidos estão abaixo do valor de referência 0.3 ppm. Apenas regista valores superiores em 5 salas, sendo na sua maioria trata-se de valores pontuais. Na sala A6 é registado um valor máximo 3 vezes superior a 0,3 ppm, correspondendo desta forma para um risco para os seus ocupantes.

Todos estes valores máximos são pontuais visto que no mesmo dia do seu registo ocorre uma descida de valores, notando-se assim que a razão para tal ocorrência poderá ser devida a uma libertação contínua deste composto, proveniente dos materiais usados no revestimento dos pavimentos, do mobiliário, dos produtos de limpeza bem como de colas e outros materiais utilizados em artes plásticas

- **Radão (Rn)** - Este parâmetro apenas foi âmbito de estudo na escola Pêro da Covilhã. Foram registados em todas as salas valores inferiores ao valor de referência de 400 bq/m³. Na comparação entre os diferentes valores podemos confirmar que as salas pertencentes ao polo A registam valores baixos entre os 43 e 70 bq/m³. Contudo as Salas A26 e A25 registam valores muito superiores às salas do bloco A, constatando que o terreno onde se encontra o Polo D, facilita a infiltração pelo solo deste parâmetro, o que aliado a uma ventilação insuficiente e ao tipo de arquitetura do edifício, poderá explicar as elevadas taxas de concentração de radão registadas no interior das salas.
- **Tempo de Reverberação** - O tempo de reverberação obtido pelas medições realizadas, apenas é inferior ao TR de referência nas salas da escola Pêro da Covilhã, tendo as restantes escolas registado valores que não verificam a qualidade acústica necessária. Este fator deve-se sobretudo aos materiais de revestimento distintos existentes nas várias escolas. As placas de aglomerado de cortiça existentes no teto das salas de aula da escola Pêro da Covilhã, podem explicar o seu melhor comportamento acústico.

As escolas de Santo António, do Rodrigo e do Refúgio apresentam envidraçados mais adequados, janelas em alumínio lacado de vidro duplo, do que nas salas da escola Pêro da Covilhã, porém os seus materiais de revestimento são menos eficazes no controlo da reverberação, obtendo em todas as salas de aula um TR de referência superior ao tempo de reverberação.

É de todo importante referir que as escolas de Santo António, do Refúgio e Rodrigo apesar de terem sido alvo de remodelações/ ampliações, nos anos de 2001 a 2003, se

ter notado neste estudo que este foi um dos parâmetros que não foi tomado em conta, como um parâmetro de conforto dos ocupante, não cumprindo assim com as expectativas

- **Iluminação** - Este parâmetro apenas foi medido nas salas de aula da escola Pêro da Covilhã, registando-se em geral uma boa relação, pavimento - iluminação, no que diz respeito à incidência de luz natural, visto que os valores recolhidos são em praticamente todas as salas, superiores ao valor de referência de 300 LUX, com persianas abertas e com a luz artificial desligada. Quanto aos valores obtidos na sequência da medição com persianas fechadas e luz artificial ligada, podemos afirmar que os equipamentos existentes para a incidência de luz artificial são insuficientes, ou mal posicionados, transmitindo assim uma incidência de luz artificial inferior à necessária.

6. Conclusões

6.1 Considerações Finais

6.2 Possíveis alterações para melhoria de condições

6.3 Sugestão para trabalhos futuros

6.1 Considerações Finais

A relação entre um edifício e seus ocupantes têm vindo a ser um desafio constante, tanto para o processo de construção, como para processo de reabilitação. Desde sempre o principal objetivo e compromisso de um engenheiro se entende por averiguar, compreender, solucionar, melhorar as condições interiores e exteriores de um edifício, de modo a que a saúde e a produtividade dos seus utilizadores esteja sempre assegurada.

Com a conclusão deste trabalho, é possível verificar que foram atingidos os objetivos propostos inicialmente. Durante o capítulo 4 apresentámos e analisámos os vários dados recolhidos, enaltecendo os casos com situações mais prejudiciais à saúde dos seus utilizadores, nomeadamente as crianças, tentando compreender as suas causas. Quase todas resultantes de situações de deficiência do conforto e da qualidade do ambiente interior, que só é possível detetar após a realização de medições e um conhecimento dos elementos de revestimento e eficiência térmica dos edifícios, pormenorizando em cada caso o estado geral de habitação e conservação, o que se tratou de um grande desafio.

Compreender as condições e os cuidados especiais que nos obriga a ter, quando tratamos de fatores que afetam um edifício e quem o utiliza é bastante importante, de modo a poder minimizar os pontos em mais deficientes no seu funcionamento, principalmente tratando-se de edifícios escolares. A preocupação e a atenção necessária é compreendida desde o aquecimento, à ventilação interior, à iluminação, ao tipo de materiais existentes no seu interior, de modo a que todos estes fatores não contribuam para problemas na saúde, na compreensão e no desenvolvimento das crianças, sendo estas objeto de uma maior necessidade e preocupação pelo seu conforto e qualidade de funcionamento.

Na legislação portuguesa em vigor relativa aos limites dos vários fatores que afetam a qualidade do ar interior, têm vindo a surgir melhorias nas condições mínimas, tentando assim maximizar o conforto e qualidade da parte dos utilizadores no interior dos edifícios.

Com as ilações retiradas do capítulo 4 quanto às condições atuais dos edifícios escolares de 1º ciclo pertencentes ao agrupamento de escolas Pêro da Covilhã, foi possível identificar alguns pontos sugestivos quanto a melhorias e intervenções já executadas e que se revelam menos eficazes.

No que diz respeito à escola do Refúgio, esta apresenta valores negativos quando comparados com os de referência em praticamente todos os parâmetros analisados. Não é compreensível que um edifício que foi alvo de uma reabilitação /ampliação, à relativamente poucos anos, não se tenha tido o cuidado para que as condições mínimas, do tempo de reverberação, do

conforto térmico, e das condições de ventilação, fossem cumpridas para que não hajam registos de uma temperatura fora dos limites de conforto e de uma humidade relativa excessiva, podendo causar ou agravar doenças aos seus utilizadores, maioritariamente crianças. O mesmo acontece na escola do Rodrigo, também ela sujeita a intervenções recentes de reabilitação / ampliação, não atingindo igualmente os requisitos principais de temperatura, humidade relativa e conforto acústico, pelo menos na fase de utilização.

Ambas as escolas, Rodrigo e Refúgio foram construídas entre os anos de 1941 e 1956, no “*Plano dos Centenários*” e a escola Pêro da Covilhã foi construída no ano de 1979 com características bem diferentes. Após a análise dos dados obtidos ao longo do trabalho podemos afirmar que salvo melhor opinião, as intervenções de reabilitação executadas nas escolas do “*Plano dos Centenários*”, não foram com o intuito de melhorar as condições da qualidade do ar interior, nem de conforto interior, mas sim de um aumento da capacidade do edifício com ampliações, procedendo apenas com o melhoramento visual, através da pintura de fachadas, substituição de pavimentos e reabilitação de tetos, pensando apenas na quantidade de utilização do edifício que pode prestar e não na qualidade da utilização do mesmo.

Para a escola da Pêro da Covilhã, depois da análise dos resultados, sugere-se a melhoria da renovação de ar nas salas de aula, com a substituição dos caixilhos permitindo assim uma maior manutenção da temperatura interior e humidade relativa de conforto dentro das salas de aula.

Conclui-se portanto que o conforto térmico e o conforto acústico melhoram com o ano de construção, sendo que as reabilitações aos edifícios existentes terão de ter mais em consideração esses parâmetros, não esquecendo um maior controlo também ao nível dos compostos orgânicos voláteis e formaldeído, para que a saúde e o conforto dos utilizadores estejam assegurados.

Uma das estratégias úteis para o melhor funcionamento e desempenho dos edifícios seria estabelecer planos de manutenção e utilização das instalações, de modo a que se tornem mais confortáveis e com melhor qualidade do ar interior, bem como a continuidade das medições e o aumento da sensibilidade por parte dos utilizadores para estes fatores. Outra possibilidade seria a prevenção física dos edifícios por forma a melhorar as suas condições e instalações.

6.2 Possíveis alterações para melhoria de condições

Com a análise dos resultados obtidos, propomos soluções de reabilitação para a sala de aula que nos dados em análise ao longo deste trabalho, não cumpre com os valores de referência em mais do que um parâmetro.

O caso mais suscetível a reabilitação será a sala RE3 da escola do Refúgio, que se verificou não cumprir os valores recomendados de CO₂ de 1250 ppm, nem do tempo de reverberação. Nos outros parâmetros, nomeadamente na temperatura interior o valor mínimo está muito abaixo do desejado e a nível de humidade relativa atinge valores máximos muito altos em comparação com os valores do intervalo de conforto. No que diz respeito aos compostos orgânicos voláteis (COV's) atinge um valor máximo muito superior ao valor recomendado, o mesmo acontece relativamente ao formaldeído.

Uma das propostas possíveis de reabilitação passaria pelo aumento considerável da ventilação do ar interior, reduzindo consideravelmente a concentração de formaldeído e de COV's, como também pela diminuição dos valores elevados de humidade relativa, passando por uma melhoria ou alteração dos materiais de revestimento e envidraçados para que se torne possível o cumprimento do tempo de reverberação, aumentando assim o conforto acústico. Quanto à temperatura, passaria por uma melhoria dos equipamentos de aquecimento do espaço ou uma melhor eficiência dos existentes, tentando perceber em pormenor as horas do dia em que é necessário manter a temperatura, e as horas em que é necessário aumentá-la.

6.3 Sugestão para trabalhos futuros

Com a presente dissertação pretendeu-se um melhor entendimento sobre as condições gerais dos edifícios escolares de 1º ciclo do Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã, tentando retirar algumas conclusões válidas e concretas para futuros trabalhos.

A grande limitação desta dissertação foi o pouco tempo que houve disponível para a sua elaboração, visto que se trata de muitas escolas, muitos parâmetros a analisar e poucos meios materiais e pessoais disponíveis para um levantamento e tratamento de dados tão extenso.

Pretendeu-se contudo fazer uma análise crítica sobre as condições existentes nas escolas de 1º ciclo, nomeadamente a nível da qualidade do ar interior, conforto térmico e conforto acústico, tirando deste modo ilações sobre as condições gerais a que os alunos estão sujeitos no interior das escolas. Demonstrámos ainda, através da análise dos dados que os edifícios mais recentes reúnem maiores condições gerais. Contudo há que reabilitar os edifícios existentes mas não pensando apenas no exterior, na atração visual, mas sim no melhoramento de condições interiores.

Algumas sugestões para a realização de trabalhos futuros:

- Alargar o número de escolas em estudo; executando a recolha de dados nas quatro estações do ano (Verão, Inverno, Outono e Primavera);
- Consciencializar os utilizadores em geral que a qualidade do ar interior é um ponto muito importante a ter em conta;
- Um estudo geral da importância de um aumento de fiscalização sobre os valores mínimos a cumprir em edifícios públicos, nomeadamente escolas e hospitais;
- Desenvolver projetos de sensibilização e alargamento de métodos para análise e manutenção dos valores mínimos necessários para que seja mantido uma boa qualidade do ar interior e de conforto no interior dos edifícios.

Bibliografia

- [1] Consultado em “Óscar Ricardo Pires Vila Pouca (Universidade do Porto) - “ Escolas Primárias - Edifícios com propósito” (2012)
- [2] Consultado em “Carla Andreia Galvão de Carvalho (Universidade Lusíada de Lisboa) - “A evolução da arquitetura escolar portuguesa” (2012)
- [3] Acedido em “<http://193.137.22.223/pt/patrimonio-educativo/museu-virtual/exposicoes/os-edificios-escolares-do-plano-dos-centenarios/os-novos-projetos-do-plano-dos-centenarios/>”
- [4] Acedido em “<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10245>”
- [5] Acedido em “http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/POST_12MC06_03.PDF”
- [6] Acedido em “<http://revistas.ua.pt/index.php/captar/article/viewFile/2716/2568>”
- [7] Acedido em “<https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>”
- [8] Consultado em “Portaria nº353-A/2013 do Diário da República, 1ª série - Nº 235 - 4 de dezembro de 2013”
- [9] Acedido em “http://www.masterantiga.iag.usp.br/conforto/parametros_do_CT.html”
- [10] Acedido em “<http://pt.slideshare.net/grazielleclarino1/estrategias-bioclimticas>”
- [11] Acedido em “<http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/404.pdf>”
- [12] Consultado em “Iluminacion en Edifícios ”- Artigo Espanhol de Iluminação
- [13] Consultado em “Manual de projeto de instalações técnicas referentes à iluminação”
- [14] Acedido “<http://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/113>”
- [15] Acedido em “https://www.researchgate.net/profile/Celia_Alves2/publication/262656913_Formaldehyde_in_schools_A_review/links/55a7935208aeceb8cad63b70.pdf”
- [16] Acedido em “<http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/1885/1/70-91.pdf>”
- [17] Acedido em “<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60323/1/000137090.pdf>”
- [18] Acedido em “[http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=122&tx_ttnews\[backPid\]=1&cHash=8678c9adfc](http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=122&tx_ttnews[backPid]=1&cHash=8678c9adfc)”
- [19] Consultado em “Ochoa, J.H.; Araújo, D.L; Sattler, M.A “Ambiente Construído”, Porto Alegre / Mar 2012”